



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

FRANCELITA COELHO CASTRO

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL À SALINIZAÇÃO DOS SOLOS NA
SUB-BACIA DO RIACHO DO PONTAL – SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO DO
RIO SÃO FRANCISCO**

FORTALEZA

2024

FRANCELITA COELHO CASTRO

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL À SALINIZAÇÃO DOS SOLOS NA SUB-
BACIA DO RIACHO DO PONTAL – SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO DO
RIO SÃO FRANCISCO

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Geografia. Área de concentração: Dinâmica ambiental e territorial.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento.

Coorientador: Prof. Dr. Antonio Marcos dos Santos.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C351v Castro, Francelita Coelho.

Vulnerabilidade socioambiental à salinização dos solos na Sub-bacia do Riacho do Pontal – Semiárido Pernambucano do Rio São Francisco / Francelita Coelho Castro. – 2024.
242 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento.

Coorientação: Prof. Dr. Antonio Marcos dos Santos .

1. Susceptibilidade ambiental. 2. Semiárido. 3. Modelagem ambiental. 4. Solos salinizados. 5. Bacia hidrográfica. I. Título.

CDD 910

FRANCELITA COELHO CASTRO

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL À SALINIZAÇÃO DOS SOLOS NA SUB-
BACIA DO RIACHO DO PONTAL – SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO DO
RIO SÃO FRANCISCO

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Geografia. Área de concentração: Dinâmica ambiental e territorial.

Aprovada em: 29/07/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antonio Marcos dos Santos (Coorientador)
Universidade de Pernambuco (UPE *Campus* Petrolina)

Prof^a. Dr^a. Marta Celina Linhares Sales
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Helena Paula de Barros Silva
Universidade de Pernambuco (UPE *Campus* Mata Norte)

Dr. Francisco Gilney Silva Bezerra
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Prof^a. Dr^a. Claudia Maria Sabóia de Aquino
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Dedico este trabalho a todos aqueles que possuem a nobreza de sentirem-se felizes pela realização dos sonhos dos outros.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por me conceder o dom da vida, o amor pela construção de conhecimento, proteção, sabedoria, conforto espiritual e pela oportunidade de ser exatamente quem sou.

Gostaria também de agradecer à minha família: mãe, pai, irmãs, irmão, sobrinhas, sobrinhos e demais pessoas da minha família que torcem pelo meu bem pessoal e sucesso profissional.

Às minhas amigas e amigos, vocês fizeram a minha caminhada ser mais leve e agradável. Muito obrigada pelas ajudas, pela torcida, pelas boas energias, gargalhadas, abraços e toque de cuidado nessa caminhada.

Ao meu orientador, professor Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento, e ao meu coorientador, professor Dr. Antonio Marcos dos Santos, pelas orientações, pelo tempo dedicado ao meu trabalho, pela confiança, boa vontade em me ajudar e por toda construção de conhecimento, muito obrigada. Continuem as lindas caminhadas de vocês e espero poder continuar fazendo parte do caminhar de sucesso de vocês.

Aos meus colegas de turma de doutorado, aos meus amigos e amigas que me receberam tão bem no Ceará, com abraços apertados, gargalhadas e brilho no olhar, muito obrigada.

A todos os meus ex-alunos e atuais, muito obrigada pela construção conjunta de conhecimento e por proporcionarem experiências que me deram ainda mais a certeza do amor que tenho pela minha profissão.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado; ao Grupo de Trabalho em Monitoramento Ambiental, Geotecnologia e Ensino (GTMAGEO), vinculado ao Grupo de Pesquisa em Sociedade e Natureza no Vale do São Francisco (GPSNVSF); e ao laboratório de solos do IF-Sertão Pernambucano Zona Rural, em nome do professor Dr. Fábio Freire de Oliveira, pelas condições técnicas para a realização do presente estudo, muito obrigada.

E a todas as mulheres que ousam sonhar.

Muito Obrigada!

“Todo solo é um corpo individual na natureza, com suas características próprias, sua história de vida e sua capacidade de sustentar plantas e animais” (Hans Jens, 1899-1992).

RESUMO

A salinização dos solos, processo que envolve o acúmulo de sais solúveis em quantidades prejudiciais ao desenvolvimento das plantas não halófitas, é uma preocupação crescente, especialmente em regiões de clima seco. Este fenômeno resulta da interação entre fatores naturais — como características climáticas, topográficas, geológicas e edáficas — e atividades humanas, notavelmente a agricultura irrigada sem manejo adequado. Apesar de sua importância, há uma lacuna significativa no entendimento específico da susceptibilidade ambiental e da vulnerabilidade socioambiental à salinização dos solos em áreas específicas, como a sub-bacia do Riacho do Pontal, no semiárido de Pernambuco. Portanto, o propósito desta pesquisa é analisar a susceptibilidade ambiental e a vulnerabilidade socioambiental à salinização dos solos na referida sub-bacia, contribuindo para o preenchimento dessa lacuna. Para alcançar este objetivo, adotou-se uma metodologia que inclui o mapeamento de seis atributos físico-naturais (litologia, clima, relevo, canais fluviais, água e solos) e um antropogênico (uso e cobertura das terras). Além disso, avaliou-se a vulnerabilidade socioambiental da população local, considerando o acesso a informações sobre manejo adequado dos solos e água, rendimento familiar e acesso a financiamentos para atividades agropecuárias. Os dados foram coletados de bases documentais do IBGE, IPA, prefeituras municipais e CPRM. Os resultados revelaram que 0,65% da área da sub-bacia tem muito alta susceptibilidade ambiental à salinização, enquanto 3,60% apresenta alta susceptibilidade, 23,70% média susceptibilidade, 60,17% baixa susceptibilidade e 11,85% muito baixa susceptibilidade. Em relação à vulnerabilidade socioambiental, 0,07% da população local tem muito alta vulnerabilidade, 1,06% alta vulnerabilidade, 14,84% média vulnerabilidade, 75,19% baixa vulnerabilidade e 8,81% muito baixa vulnerabilidade. Os diferentes níveis de vulnerabilidade socioambiental foram impulsionados por fatores sociais como escolaridade, renda média familiar, acesso a políticas de extensão rural e acessibilidade a financiamentos atrelados à susceptibilidade ambiental à salinização. Conclui-se que a sub-bacia do Riacho do Pontal apresenta um cenário de alerta para o processo de salinização dos solos, especialmente nas áreas com média susceptibilidade ambiental e média vulnerabilidade socioambiental. Essas áreas, próximas ou dentro de zonas de irrigação agrícola, exigem atenção imediata para a implementação de políticas públicas de extensão rural focadas no suporte aos agricultores.

Palavras-chave: susceptibilidade ambiental; semiárido; modelagem ambiental; solos salinizados; bacia hidrográfica.

ABSTRACT

Soil salinization, a process involving the accumulation of soluble salts in quantities harmful to the development of non-halophyte plants, is a growing concern, especially in dry climate regions. This phenomenon results from the interaction between natural factors — such as climatic, topographic, geological, and edaphic characteristics — and human activities, notably irrigated agriculture without proper soil and water management. Despite its importance, there is a significant gap in the specific understanding of environmental susceptibility and socio-environmental vulnerability to soil salinization in specific areas, such as the Riacho do Pontal sub-basin in the semiarid region of Pernambuco. Therefore, the purpose and this research is to analyze drainage environmental susceptibility and socio-environmental vulnerability to soil salinization in the said sub-basin, contributing to filling this gap. To achieve this goal, a methodology that includes mapping six physical-natural attributes (lithology, climate, relief, fluvial channels, water, and soils) and one anthropogenic (land use and cover) was adopted. In addition, the local population's socio-environmental vulnerability was assessed, considering access to information on proper soil and water management, family income, and access to financing for agricultural activities. The data were collected from documentary bases of IBGE, IPA, municipal governments, and CPRM. The results revealed that 0.65% of the sub-basin area has very high environmental susceptibility to salinization, while 3.60% presents high susceptibility, 23.70% medium susceptibility, 60.17% low susceptibility, management 11.85% very low susceptibility. Regarding socio-environmental vulnerability, 0.07% of the local population has very high vulnerability, 1.06% high vulnerability, 14.84% medium vulnerability, 75.19% low vulnerability, and 8.81% very low vulnerability. The different levels of socio-environmental vulnerability were driven by social factors such as schooling, average family income, access to rural extension policies and accessibility to financing linked to environmental susceptibility to salinization. It is concluded that the Riacho do Pontal sub-basin presents an alert scenario for the soil salinization process, especially in areas with medium environmental susceptibility and medium socio-environmental vulnerability. These areas, close to or within agricultural irrigation zones, require immediate attention for the implementation of public extension policies focused on supporting farmers.

Keywords: environmental susceptibility; semi-arid; environmental modeling; salinized soils; watershed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Mapa de localização da Sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal, estado de Pernambuco – Brasil.....	18
Figura 2 –	Estrutura metodológica para desenvolvimento do estudo.....	39
Figura 3 –	Carta dos litotipos geológicos da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	57
Figura 4 –	Carta de evapotranspiração potencial média anual da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	60
Figura 5 –	Carta de temperatura média anual do ar da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	62
Figura 6 –	Carta de precipitação pluviométrica média anual da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	63
Figura 7 –	Carta de susceptibilidade climática à salinização da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	65
Figura 8 –	Carta de declividade e tipologia do relevo da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	66
Figura 9 –	Carta de canais fluviais da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	68
Figura 10 –	Carta da CE das águas superficiais da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	70
Figura 11 –	Carta da CE das águas subterrâneas da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	71
Figura 12 –	Carta de solos da sub-bacia do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	73
Figura 13 –	Carta de uso e cobertura das terras da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	78
Figura 14 –	Estrutura do projeto Pontal Sul e áreas de implantação de agricultura irrigada com exemplo de lotes comerciais (A) e (B) e agricultura irrigada com água de poços artesianos (C).....	80
Figura 15 –	Áreas de produção de Uva irrigada (A); sistema de drenagem (B); e área salinizada (C).....	82

Figura 16 – Desmatamento (A); Queimadas (B); Retirada da vegetação nativa para construção de cercas (C); Olaria (D); Preparo do solo para Agricultura de Sequeiro (E); Agricultura de Sequeiro (Plantio de feijão) (F); Área de Agricultura de Sequeiro pós-colheita (G); Área de solo degradado (H) na Sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	84
Figura 17 – Pastagem de capim Buffel (<i>Cenchrus ciliaries</i>) (A) Pastagem degradada (B) na Sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	87
Figura 18 – Caatinga Fechada (CF) (A); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA) (B) na Sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	88
Figura 19 – Áreas cobertas por Algarobas (AL) em canais fluviais (A) e uso das Algarobas (AL) para alimento de ovinos no Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	89
Figura 20 – Carta de susceptibilidade ambiental à salinização dos solos da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	98
Figura 21 – Áreas de agricultura irrigada com água de poços artesianos na parte norte da sub-bacia do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	101
Figura 22 – (A) canal de 5º ordem com acúmulo de água; (B) área de acúmulo de água próximo a canal onde recebe dejetos dos sistemas de drenagem das áreas de agricultura irrigada da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	103
Figura 23 – Carta do atributo de acesso à Informação e Extensão Rural da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	106
Figura 24 – Carta do atributo Econômico da sub-bacia do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	111
Figura 25 – Carta do atributo de acesso às infraestruturas de produção agrícola da sub-bacia do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	114
Figura 26 – Carta de vulnerabilidade socioambiental à salinização dos solos da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	118

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Quantitativo de áreas ocupadas pelas classes de uso e cobertura das terras na sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal.....	79
Gráfico 2 –	(a) Calibrações do modelo de mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização a partir do coeficiente de Nash-Sutcliffe; (b) Calibrações do modelo de mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização a partir da Estatística de Índice de Exatidão Global; (c) Calibrações do modelo de mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização a partir da Estatística do R-Quadrado.....	92
Gráfico 3 –	(a) Calibração do modelo de mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização a partir do coeficiente de Nash-Sutcliffe; (b) Validação do modelo de mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização a partir do coeficiente de Nash-Sutcliffe.....	94
Gráfico 4 –	Quantitativo de áreas ocupadas pelas classes de susceptibilidade ambiental à salinização dos solos.....	99
Gráfico 5 –	Quantitativo de áreas ocupadas pelas classes de vulnerabilidade socioambiental à salinização dos solos.....	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características dos sistemas físicos naturais e de uso e cobertura das terras secas que contribuem para o processo de salinização dos solos e estudos basilares.....	40
Quadro 2 – Informações das estações meteorológicas ou postos pluviométricos fornecedoras dos dados utilizados para análise do atributo Clima.....	42
Quadro 3 – Caracterização das classes de uso e cobertura das terras da sub-bacia do Riacho do Pontal.....	47
Quadro 4 – Valores de interpretação do método estatístico de Kappa.....	49
Quadro 5 – Classificação dos níveis de intensidade da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos.....	50
Quadro 6 – Informações dos solos da sub-bacia do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco.....	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	ÁREA DE ESTUDO, PROBLEMÁTIZAÇÃO DA PESQUISA E OBJETIVOS.....	17
2.1	Localização e Caracterização da área de estudo.....	17
2.2	Escolha da área de estudo, problematização da pesquisa e objetivos.....	19
3	ABORDAGEM METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS DE PESQUISA.....	23
3.1	Base conceitual e teórica.....	24
3.1.1	<i>Salinização dos solos.....</i>	24
3.1.2	<i>Bacia hidrográfica.....</i>	26
3.1.3	<i>Susceptibilidade Ambiental.....</i>	30
3.1.4	<i>As Vulnerabilidades: Social, Ambiental e Socioambiental.....</i>	33
3.1.5	<i>Modelagem Ambiental.....</i>	36
3.2.	Operacionalização da pesquisa.....	38
3.2.1	<i>Carta de Susceptibilidade ambiental à salinização dos solos.....</i>	40
3.2.2	<i>Carta de Vulnerabilidade Socioambiental à salinização dos solos.....</i>	52
4	SUSCEPTIBILIDADE AMBIENTAL AO PROCESSO DE ACÚMULO DE SAIS DA SUB-BACIA DO RIACHO DO PONTAL - SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.....	56
4.1	Classificação dos atributos para susceptibilidade à salinização dos solos.....	56
4.1.1	<i>Atributo Litologia.....</i>	56
4.1.2	<i>Atributo Clima</i>	60
4.1.3	<i>Atributo Relevo (Declividade).....</i>	65
4.1.4	<i>Atributo Canais Fluviais (Hierarquização fluvial)</i>	67
4.1.5	<i>Atributo Água (condutividade elétrica)</i>	69
4.1.6	<i>Atributo Solos.....</i>	72
4.1.7	<i>Atributo Uso e Cobertura das Terras.....</i>	77
4.2	Desempenho do modelo de susceptibilidade ambiental.....	91
4.3	Susceptibilidade ambiental ao processo de salinização dos solos da sub-bacia do Riacho do Pontal.....	97

5	VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DAS COMUNIDADES RURAIS EM DECORRÊNCIA DA SUSCEPTIBILIDADE AMBIENTAL AO ACÚMULO DE SAIS NOS SOLOS.....	105
5.1	Classificação dos atributos para Vulnerabilidade social à salinização dos solos.....	105
5.1.1	<i>Atributo de Acesso à Informação e Extensão Rural (AIER).....</i>	105
5.1.2	<i>Atributo Econômico (AE).....</i>	110
5.1.3	<i>Atributo de acesso a infraestruturas de produção agrícola (AIPA).....</i>	113
5.2	Vulnerabilidade socioambiental das comunidades rurais em decorrência da susceptibilidade ambiental ao processo de salinização dos solos.....	117
6	CONCLUSÃO.....	124
	REFERÊNCIAS.....	126
	APÊNDICE A – QUADROS COM AS SIMULAÇÕES DE CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE SUSCEPTIBILIDADE AMBIENTAL À SALINIZAÇÃO DOS SOLOS....	148

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas as problemáticas ambientais tornaram-se um dos temas mais frequentes perpassando desde o ambiente acadêmico, político, chegando ao senso comum com vigor. Diversos recursos naturais estão continuamente sendo degradados em todo Planeta, com destaque aos solos – cujos, aproximadamente, 33% encontram-se degradados (FAO, 2018).

Entre os principais processos de degradação dos solos estão: erosão, compactação e degradação física, acidificação, poluição e salinização dos solos (FAO, 2015). Este último é tema central da presente tese de doutorado, a qual abordará os conceitos de susceptibilidade ambiental e vulnerabilidade socioambiental ao processo de salinização dos solos na sub-bacia do Riacho do Pontal em Pernambuco, afluente da margem esquerda da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, inserida na região semiárida brasileira.

Dentre os principais processos de degradação, a salinização dos solos destaca-se por seu impacto adverso no desenvolvimento de plantas não halófitas, levando à perda de fertilidade, produtividade, biodiversidade e à diminuição da capacidade dos solos de prover serviços essenciais aos seres humanos, especialmente em regiões áridas (Ma *et al.*, 2017; Sahab *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2021; Nascimento, 2023). Este fenômeno é resultado da interação entre fatores naturais e atividades humanas, como a irrigação mal manejada, uso de água rica em sais e práticas agrícolas inadequadas (Taghizadeh-Mehrjardi *et al.*, 2021; Zhu *et al.*, 2021).

A combinação de tais fatores resulta em acúmulo excessivo de sais nos solos que acarretam a deterioração das características físicas, químicas (Kanzari *et al.*, 2018; Fu *et al.*, 2020) e biológicas dos mesmos (Amini *et al.*, 2016; Kanzari *et al.*, 2018), culminando em sua degradação e conseqüentemente contribuindo para o processo de desertificação (Yang *et al.*, 2020; Wei *et al.*, 2021; Zhu *et al.*, 2021; Nascimento, 2023). Este processo é definido como a ação de degradação das terras localizadas nas zonas climáticas áridas, semiáridas e subúmidas secas de todo o ecúmeno terrestre decorrentes das ações antrópicas e/ou naturais (UNCCD, 1994). Sendo assim, a salinização dos solos que ocorre nessas zonas climáticas contribui para o processo de desertificação.

A salinização dos solos se tornou um importante problema agrícola mundial, principalmente nas regiões secas, sendo considerada uma ameaça global à produção agrícola (Ivushkin *et al.*, 2019a; Akça *et al.*, 2020; Sahab *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2023) atingindo mais de 100 países com uma estimativa mundial de 1 bilhão de hectares (FAO, 2015). Conseqüente, afetando cerca de 25% a 30% das terras irrigadas (Shahid; Zaman; Heng, 2018) contribuindo

para perda da produtividade mundial (Meena *et al.*, 2019) provocando perdas econômicas e ameaçando a sustentabilidade da produção agropecuária (Korkanç; Korkanç, 2016). Problema que vem despertando preocupações e necessidade de estudos considerando que as áreas de produção agrícola são limitadas e a necessidade de alimentos ampliam-se a cada ano (Zewdu; Suryabhagavan; Balakrishnan, 2016; Kopittke *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2020).

Com base no relatório sobre a Situação dos Recursos do Solo no Mundo (FAO, 2015) a distribuição dos solos afetados por sais (solos salinos e sódicos) atingem várias áreas do mundo sendo encontrados, principalmente, na Austrália (357,6 milhões ha), Ásia Setentrional e Central (211,7 milhões ha), África (209,6 milhões ha) e América do Sul (129,3 milhões ha). Entre os países ganham destaque China, Índia, Paquistão, Irã, Austrália e Estados Unidos da América (Wang *et al.*, 2021). Para Sahab *et al.* (2021) acrescenta-se aos anteriores Egito, Rússia, Tailândia e Síria.

Aliás, a irrigação é uma das práticas humanas que mais contribui com o processo de salinização dos solos. De acordo com dados disponibilizados pelo relatório sobre a Situação dos Recursos do Solo no Mundo (FAO, 2015), 3,2 milhões de hectares de solos com excesso de sais no Paquistão, 20 milhões de hectares na Índia, 7 milhões de hectares na China e 5,2 milhões de hectares no Estados Unidos, são exemplos de áreas com acúmulo de sais advindos de práticas inadequadas no manejo da irrigação.

No Brasil o acúmulo de sais nos solos já foi registrado no Pantanal Mato-Grossense, no Rio Grande do Sul e na região Nordeste, principal área de ocorrência (Ribeiro; Ribeiro Filho; Jocomine, 2016). De acordo com a FAO (2015) a região Nordeste brasileira é uma das áreas mais afetadas pela salinização dos solos na América Latina e Caribe, incluindo também México, Cuba, Peru e sul da Argentina. E para a CODEVASF (2017) a região Nordeste do Brasil apresenta aproximadamente 30% das áreas irrigadas dos projetos públicos com problemas de salinização. Corroborando com Nascimento (2013) que aponta a salinização como principal agente de degradação das áreas irrigadas dessa região.

Uma das principais causas da salinização dos solos em distritos/perímetros de irrigação é a utilização da água para a irrigação com altas concentrações de sais. Fato observado na região produtora de frutas na Chapada do Apodi no Rio Grande do Norte. Por apresentar custos inferiores para serem abertos, a água de poços do calcário Jandaíra com elevado grau de restrição de uso para irrigação em decorrência principalmente da presença elevada de íons de cálcio originado da calcita e da dolomita, está sendo aplicada na agricultura irrigada (Medeiros *et al.*, 2017).

Os perímetros irrigados localizados na região semiárida do Brasil estão sendo degradados de acordo com Feitosa *et al.* (2018) e Freire *et al.* (2020) devido à irrigação inadequada, com uso de água de baixa qualidade e irrigação sem sistema de drenagem sobre solos frágeis, resultando em áreas improdutivas que são abandonadas por terem altos custos de recuperação.

Neste contexto, a Microrregião de Petrolina, estado de Pernambuco (envolvendo os municípios de Afrânio, Cabrobó, Dormentes, Lagoa Grande, Orocó, Petrolina, Santa Maria da Boa Vista e Terra Nova) é conhecida internacionalmente pela produção da fruticultura irrigada; e a realidade sobre degradação dos solos e acúmulo de sais não é diferente das áreas anteriormente citadas. De acordo com Castro e Santos (2015), em estudo aplicado em cinco desses municípios, constatou que mais de 40% das terras localizadas em municípios da citada região apresentam de média a alta susceptibilidade à salinização. Para Castro (2018) e Castro, Santos e Araújo (2019) em Santa Maria da Boa Vista são visíveis terras abandonadas devido ao acúmulo de sais solúveis. Constatando segundo Castro (2018) e Castro e Santos (2020) em ambos os estudos mudanças na paisagem, assim como, impactos na dinâmica de produção dos agricultores locais.

Diante da complexidade que apresenta o processo de acúmulo de sais nos solos com causas atreladas às características físicas como clima, geologia, relevo e solos como também a contribuição das ações de manejos inadequados dos solos e das águas, que culminam em perdas biofísicas, sociais e econômicas. A partir deste cenário, foi definido como área de análise para o presente trabalho de pesquisa a sub-bacia do Riacho do Pontal no semiárido pernambucano, afluente da margem esquerda da bacia hidrográfica do Rio São Francisco (Figura 1).

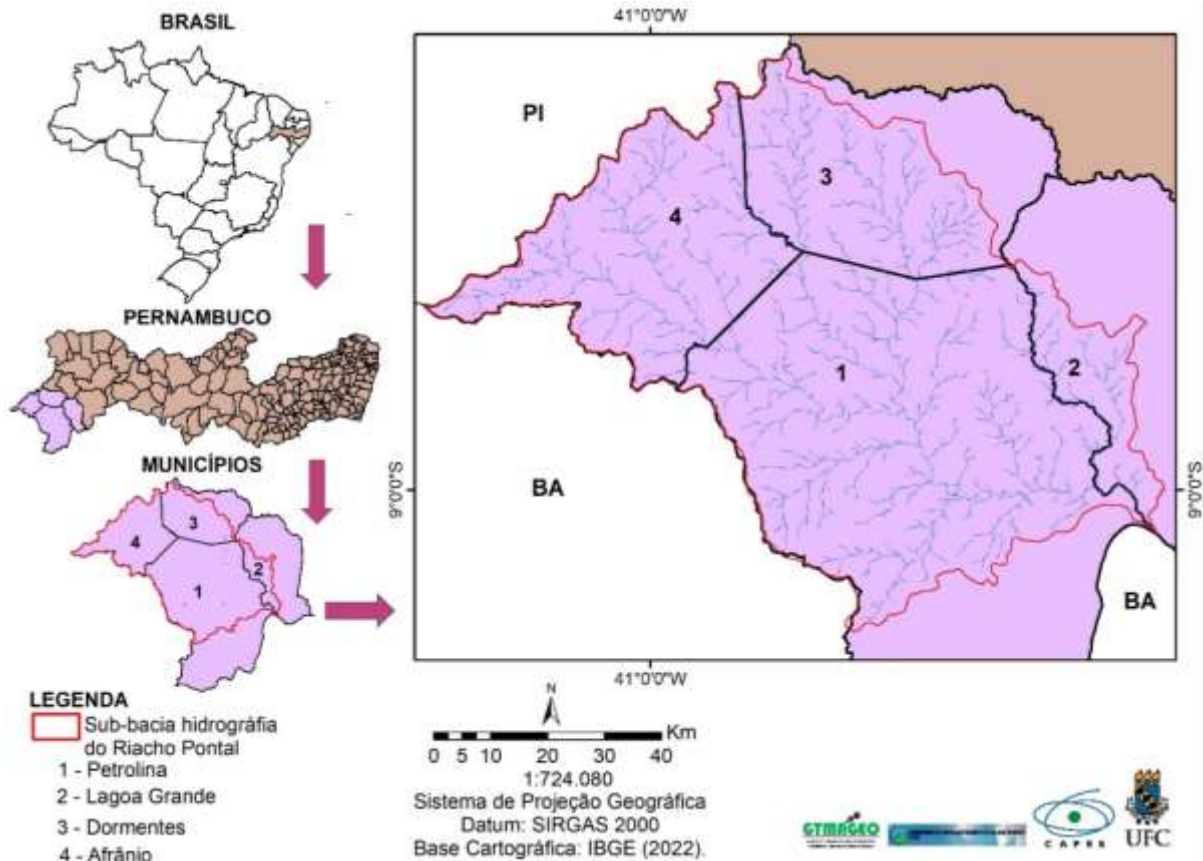
2 ÁREA DE ESTUDO, PROBLEMATIZAÇÃO DA PESQUISA E OBJETIVOS

2.1 Localização e Caracterização da área de estudo

A sub-bacia do Riacho do Pontal localizada no extremo oeste do Estado de Pernambuco, entre 08°20'00" e 09°13'40" de latitude sul, e 40°11'24" e 41°20'53" de longitude oeste, abrangendo parte dos territórios dos municípios de Petrolina, Dormentes, Lagoa Grande e todo o território do município de Afrânio. Tem uma área de drenagem de 6.046,00 km², e 178,62 km de comprimento do curso d'água principal, representando 6,12% da área total do Estado de Pernambuco. Trata-se de um contribuinte, pela margem esquerda, da bacia hidrográfica do Rio

São Francisco em seu médio curso, na cidade de Lagoa Grande (Silva *et al.*, 2012; Lopes; Leal; Ramos, 2018), vide Figura 1.

Figura 1 - Localização da Sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal, estado de Pernambuco – Brasil



Fonte: autora (2022).

O Riacho do Pontal recebe o nome de Riacho Cachoeira do Roberto na sua nascente, no município de Afrânio e passa a ser chamado pelo nome dado a sua sub-bacia quando entra no território do município de Petrolina (Silva *et al.*, 2012). Com direção no sentido noroeste-sudeste (Silva *et al.*, 2012; Lopes; Leal; Ramos, 2018).

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (2022) a sub-bacia do Riacho do Pontal é a Unidade de Planejamento Hídrico – UP15 juntamente com o grupo de bacias de pequenos rios interiores - GI8 e não apresenta Comitê de Bacia Hidrográfica específico pra ela que atenda ao seu planejamento territorial (APAC, 2023). No entanto, como afluente do Rio São Francisco é uma das 34 regiões fisiográficas ou sub-bacia (nível 3) do comitê de tal bacia (Castro; Pereira, 2019).

Quanto aos aspectos físicos, a sub-bacia apresenta clima predominante da região, o tropical semiárido, com temperatura média de 27°C, com período seco entre 6 e 8 meses (Beltrão *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2012). A precipitação pluviométrica média anual está entre 400 e 650 mm, ocorrendo de forma irregular e, concentrada em 2 a 5 meses do ano (dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril), havendo chuvas intensas de 120 a 130 mm em um período de 24 horas (Silva *et al.*, 2012).

Do ponto de vista geológico, a sub-bacia do Riacho do Pontal está sobre a Província São Francisco (domínio tectônico do Cráton do São Francisco) representado por unidades geológicas de idades Cenozoicas e Quaternárias (Holoceno e Pleistoceno), limite Neógeno-Quaternário, Paleoproterozóico e Arqueno, e sobre em sua maior parte territorial na Província Borborema (zona de cisalhamento Lineamento Pernambuco), com unidades que vão do Limite Neógeno-Quaternário ao Neoproterozóico, Mesoproterozóico e Paleoproterozóico (Lira, 2014; Neves; Schmus; Angelim, 2015).

Localizada na Unidade Morfoestrutural da Depressão Sertaneja (Lira, 2014) com predomínio de relevo plano e suave ondulado resultado da superfície rebaixada e em geral pouco movimentada, na qual, por vezes emergem relevos residuais, de forma esparsa, quebrando a monotonia do relevo (Neves; Schmus; Angelim, 2015).

Quanto a cobertura vegetal predomina a vegetação de Caatinga constituída por formações xerófilas, lenhosas, decíduais, normalmente espinhosas, com presença de plantas suculentas, tanto com padrão arbóreo como arbustivo, com extrato herbáceo estacional variando de pouco densa a densa (Silva *et al.*, 2012).

No tocante aos solos, devido às características climáticas da região, os mesmos passam maior parte do ano desprotegidos, recebendo diretamente a incidência da radiação solar, passivos à erosão eólica e hídrica intensificada pelas chuvas concentradas. Outros contribuintes para degradação dos solos na sub-bacia é a criação de animais com sobrepastoreio (bovinos, caprinos e ovinos) que causa compactação e degradação física. Assim como, aplicação de agroquímicos e irrigação mal manejada que favorecem ao desenvolvimento do processo de salinização (Ferreira *et al.*, 2017).

2.2 Escolha da área de estudo, problematização da pesquisa e objetivos

A ocorrência de salinização dos solos e degradação ambiental na sub-bacia do Riacho do Pontal, afluente da mais importante bacia hidrográfica do Semiárido Brasileiro, o Rio São

Francisco, foi eleita como objeto espacial desta tese. A sub-bacia objeto desta tese está localizada em uma região conhecida, internacionalmente, pela produção da fruticultura irrigada, prática essa apontada como principal ação humana contribuidora do desenvolvimento de acúmulo de sais nos solos no Nordeste do Brasil.

Há crescimento significativo das áreas exploradas com essa prática de agricultura irrigada, com projeções de ampliação dessas áreas para além das proximidades da margem do Rio São Francisco, com implantação de projetos para aproveitamento da potencialidade agrícola dos solos da região. Também há agregação de novas áreas de produção a esse ambiente, já consolidado como um polo do agronegócio irrigado no país (CODEVASF, 2013). Acrescenta-se o aumento do quantitativo de perfuração de poços artesianos e uso dessas águas para irrigação, na maioria dos casos, apresentando altas concentrações de sais advindas do contato com rochas cristalinas. Consequentemente, a depender do manejo dos solos, ocorrem ampliação das áreas salinizadas (Castro; Santos, 2015; Ribeiro; Ribeiro Filho; Jacomine, 2016; Castro; Santos; Araújo, 2021; Nascimento, 2023).

Investimentos em novos projetos são comuns na região. Há investimentos federais em infraestrutura no Projeto de irrigação do Pontal realizado pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF). A área Sul do Projeto Pontal contou com cerca de R\$400 milhões para atender 3,5 mil hectares de área irrigável, com 299 lotes familiares (de até 06 hectares) e 37 lotes empresariais (de 20 a 70 hectares). A área norte encontra-se em fase de implantação, com planejamento de atender 4,7 mil hectares e, com investimento, até o momento, de R\$150 milhões. Assim, o projeto atenderá, ao todo, 8,2 mil hectares irrigáveis na sub-bacia do Riacho do Pontal (CODEVASF, 2023).

Quanto ao recorte da sub-bacia hidrográfica, alguns aspectos levaram a essa decisão. Primeiro, foi baseado em estudos como de Wang *et al.* (2018) desenvolvido em bacias hidrográficas da China, no qual apontam para características intrínsecas desses sistemas ambientais que são determinantes para distribuição espacial e acúmulo de sais nos solos. Como, também, trabalhos que analisaram a salinização dos solos utilizando o sistema hidrográfico como área de estudo, são os casos por exemplo dos estudos de: Minhas, Yadav e Bali (2020); Perri *et al.* (2020); Shi *et al.* (2021); Zhang *et al.* (2022); Wang *et al.* (2023) ou trabalho que indica os vales fluviais e planícies aluviais como áreas de acúmulo de sais (Shahid; Zaman; Heng, 2018).

Além do anteriormente citado, a bacia hidrográfica é considerada uma unidade de estudo adequada por resguardar as paisagens para realização de análises de forma sistêmica, pois

ocorrem importantes interações ambientais, socioeconômicas e humanas, a partir de demandas e ofertas existentes em sua área e externamente (Carvalho; Nascimento, 2004; Carvalho, 2020), como também é importante para o planejamento territorial, auxiliando no desenvolvimento de ações e medidas estruturais e não estruturais, para integração da gestão dos recursos hídricos e ambientais (Carvalho; Nascimento, 2004; Costa; Oliveira, 2019; Carvalho, 2020). Questões que favorecem as análises da salinização dos solos, visto que, esse processo é decorrente de um conjunto de fatores físicos naturais em conjunto com a contribuição das ações humanas.

Para além das características favoráveis que um sistema hidrográfico apresenta voltadas ao acúmulo de sais e, como unidade de estudo, uma sub-bacia inserida no Semiárido Brasileiro apresenta características físicas-naturais consideradas favoráveis ao desenvolvimento do processo de salinização dos solos, devido a: altas taxas de evapotranspiração; elevadas temperaturas; baixas precipitações pluviométricas; litologia que favorece a formação de solos com concentração de sais; solos rasos e com deficiência de drenagem, como também, atividades socioeconômicas que contribuem para o aceleração do acúmulo de sais, como: agricultura irrigada sem os devidos cuidados com os sistemas de irrigação e drenagem, e aplicação de água de baixa qualidade.

Em razão do exposto, há necessidades imediatas de ampliação de pesquisas que foquem sobre a real compreensão da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos da área de estudo. Paralelamente, é importante analisar os diferentes graus de vulnerabilidades das populações locais frente a um eventual processo de salinização dos solos decorrente das características ambientais locais e das práticas agrícolas desenvolvidas.

Neste contexto, a ciência geográfica tem papel crucial na análise e discussão dessa temática. O processo de salinização é o reflexo de uma combinação de fatores físico-naturais interligados que influenciam mutuamente determinando as áreas atingidas pelo acúmulo de sais, e as ações humanas a intensificação desse processo a partir da contribuição ao desequilíbrio dos sistemas ou subsistemas envolvidos, resultando no desenvolvimento de áreas degradadas pelo excesso de sais nos solos.

A degradação ambiental acarreta consequências não apenas aos sistemas físico-naturais, mas também impactos econômicos, políticos e culturais, provocando a vulnerabilidade socioambiental das populações. Então a ciência geográfica permite análise completa, desde o desequilíbrio sistêmico, as consequências sociais. Ainda, permitindo entendimento sobre o papel dos agentes externos que, também influencia, como por exemplo, a falta de investimentos em ações destinadas à Extensão rural, sistemas de drenagem e dessalinizadores.

Para isso, metodologias pouco utilizadas e outras, não testadas, foram empregadas, tendo como ponto central a relação entre o processo de produção do espaço geográfico e a dinâmica dos sistemas físicos naturais a partir da modelagem ambiental. Neste contexto, serão empregados modelos matemáticos determinísticos para mapeamento da susceptibilidade ambiental e da vulnerabilidade socioambiental das populações ao processo de salinização dos solos.

Metodologias justificadas pela importância do sensoriamento remoto para análise e monitoramento de problemas ambientais que atingem os mais diversos sistemas ambientais, por exemplo, monitoramento do desmatamento das vegetações naturais, exploração mineral, e a salinização dos solos. Tais instrumentos podem fornecer a resolução espacial e temporal necessária (Ivushkin *et al.*, 2019b), além de apresentar vantagens como, menores custos de mão de obra e de materiais, obtenção de dados em áreas que os humanos não podem alcançar facilmente, dados de observação das áreas a longo prazo, além de fornecer métodos de detecção eficiente para monitoramento da dinâmica do acúmulo de sais, proporcionando atender às necessidades práticas para informações de gerenciamento de terras salino-sódicas e planejamento do desenvolvimento regional sustentável (Zhang *et al.*, 2023).

Monitorar o acúmulo de sais nos solos e, revelar suas características, é essencial para planejamento e gestão de atividades como irrigação e drenagem, definições de políticas hídricas e ambientais, tanto para restauração deste atributo que compõe os sistemas físicos-naturais, como, também para sustentabilidade econômica dos sistemas agrícolas (Whitney *et al.*, 2018; Yu *et al.*, 2021). Portanto, é necessário um mapeamento de salinização preciso e confiável para monitorar e avaliar as áreas com acúmulo de sais, visto que, tal problema apresenta poder destrutivo para o crescimento econômico, a proteção ecológica, a conservação da água e dos próprios solos (Naimi *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2023).

A partir daí, surgem dois questionamentos que balizarão o desenvolvimento desta pesquisa:

- 1) Quais os níveis de susceptibilidade ambiental ao acúmulo de sais nos horizontes agricultáveis dos solos na sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal, diante dos diferentes manejos agrícolas, cobertura vegetal e dos sistemas físicos naturais locais?
- 2) Quais os níveis de vulnerabilidade socioambiental da população local ao desenvolvimento do processo de salinização dos solos e, perda de áreas para produção agrícola; visto que a população local tem nas atividades agropecuárias importante fonte de renda?

As hipóteses de estudo estão centradas nas respostas dos questionamentos listados no parágrafo anterior, as quais apontam para:

- A ausência e/ou reduzido manejo adequado aos diferentes tipos e características dos solos e, demais elementos do sistema físicos-naturais da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal, estão contribuindo para abrangência de áreas com altos graus de susceptibilidade a salinização, contribuindo para que os solos, outrora agricultáveis, estejam em franco processo ao acúmulo de sais solúveis em superfície.

- O baixo investimento em assistência técnica, condicionantes sociais incluindo a baixa escolaridade e renda familiar aliadas às reduzidas políticas públicas como a extensão rural, contribuirão à não modificação dos manejos aplicados e para os maiores níveis de vulnerabilidade da população local a tal processo de degradação.

Nada obstante o objetivo geral do presente trabalho é analisar a susceptibilidade ambiental e a vulnerabilidade socioambiental das populações rurais à salinização dos solos em áreas de drenagens do rio São Francisco, no semiárido de Pernambuco, em seu afluente sub-bacia do Riacho do Pontal.

Nesta trajetória, os objetivos específicos estão citados a seguir:

1. Definir a estrutura de um modelo determinístico para mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização;
2. Analisar a susceptibilidade ambiental para salinização dos solos da área de estudo;
3. Mapear os diferentes graus de exposição social das populações rurais da área de estudo frente em lidar com a salinização dos solos;
4. Avaliar o grau de vulnerabilidade socioambiental das populações rurais da sub-bacia de estudo diante da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos.

3 ABORDAGEM METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Este estudo adota uma abordagem mista, combinando métodos quantitativos e qualitativos para explorar a complexidade da susceptibilidade ambiental e da vulnerabilidade socioambiental à salinização dos solos na sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal, no semiárido de Pernambuco. A escolha dessa abordagem é justificada pela necessidade de abordar tanto os aspectos mensuráveis e objetivos quanto as experiências subjetivas e percepções das comunidades afetadas, proporcionando uma compreensão holística e multifacetada do fenômeno estudado.

3.1 Base conceitual e teórica

3.1.1 Salinização dos solos

A salinização dos solos consiste no acúmulo de sais solúveis nas camadas agricultáveis em quantidades excessivas para o bom desenvolvimento do ciclo biológico das plantas não halófitas (Ribeiro; Ribeiro Filho; Jocomine, 2016; Fu *et al.*, 2020; Sahab *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2021), acarretando perda de fertilidade, produtividade, biodiversidade e queda na capacidade ao longo prazo dos solos proverem serviços aos seres humanos, principalmente nas regiões de terras secas (Peng *et al.*, 2016; Ma *et al.*, 2017; Kopittke *et al.*, 2019; Sahab *et al.*, 2021; Nascimento, 2023). Processo esse resultante de características ambientais e/ou ações ligadas ao processo de produção e reprodução do espaço geográfico (Daliakopoulos *et al.*, 2016; Yang *et al.*, 2020; Taghizadeh-Mehrjardi *et al.*, 2021).

Tais fatores naturais (salinização primária) e humanos (salinização secundária) ocorrem em diferentes escalas espaciais e temporais (Shokri-Kuehni *et al.*, 2020; Zhu *et al.*, 2021). Os fatores naturais estão atrelados às características climáticas com precipitação pluviométrica limitada e elevada evapotranspiração, as oceânicas com a intrusão das águas subterrâneas salinas (essa não se aplica a área de estudo da presente tese), topográficas com acúmulo de sal em áreas baixas e planas, e lençóis freáticos rasos, geológicas com intemperismo de rochas ricas em sais, e edáficas com baixa capacidade de lixiviação dos sais e presença de camadas impermeáveis nos solos (Pedrotti *et al.*, 2015; Ribeiro; Ribeiro Filho; Jocomine, 2016; Shokri-Kuehni *et al.*, 2020). Os fatores humanos incluem irrigação mal manejada, utilização de água com valores significativos de sais, sistemas de drenagem deficiente, aplicação de agroquímicos e fertilizantes (Ribeiro; Ribeiro Filho; Jocomine, 2016; Shokri-Kuehni *et al.*, 2020).

Considerando a presença de sódio nos solos, destaca-se a Austrália, com mais de 70% do território classificado como semiárido ou árido e mais de 60% dos solos das regiões agricultáveis considerados parcialmente sódicos (Maucieri *et al.*, 2017). Representa a maior área de solos afetados por sódio, com mais de 50% de todos os solos sódicos do planeta (Meena *et al.*, 2019; Mukhopadhyay *et al.*, 2021). Além das características climáticas também contribuem para a sodificação dos solos da Austrália, o intemperismo mineral, o transporte eólico, a água de irrigação derivada de águas subterrâneas profundas com contato direto com sedimentos Neógenos marinhos (Muyen; Moore; Wrigley, 2011).

A China tem mais de 30% dos solos salinos em escala global (Wang *et al.*, 2021), tendo como uma das principais áreas de ocorrência de acúmulo de sais a Província Xinjiang, com cerca de 60,6% da área salina total do país. Trata-se de uma das áreas de maior contribuição em área salinizada da Ásia (Wang *et al.*, 2020). O acúmulo de sais nos solos da China são reflexos da intensidade das atividades humanas. Particularmente, a irrigação combinada com características ambientais favoráveis que ameaçam o desenvolvimento sustentável de ecossistemas de oásis e o futuro agrícola do país (Ma *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2020; Wei *et al.*, 2021).

Outro país que apresenta perdas consideradas de áreas de solos férteis causadas pelo acúmulo de sais é o Irã, com cerca de 6,8 milhões de hectares ameaçados pela salinidade. Desses 62% apresentam limitação à produção da maioria dos cultivos agrícolas e são adequados apenas para um pequeno número de culturas que são altamente resistentes a salinização de acordo com Taghizadeh-Mehrjardi *et al.* (2021), corroborando com o estudo de Fathizad *et al.* (2020) no qual analisou as áreas salinizadas de 1986 a 2016 apontando que durante esse período o tamanho da área salinizada na faixa de 4-8 dS/m⁻¹ e >32 dS/m⁻¹ aumentou de 1,6 para 3,1%, e de 13,1 a 18,3%, respectivamente.

No continente africano a relação clima e uso das terras, também atua como principal contribuinte no processo de salinização dos solos. Isto foi conferido por estudos realizados por Kanzari *et al.* (2012) na Tunísia, Zewdu, Suryabhadgavan e Balakrishnan (2016) na Etiópia e Harti *et al.* (2016) no Marrocos, onde se destaca à presença de sais dissolvidos na água empregada na irrigação.

No Texas (EUA) a irrigação por inundação sem sistema de drenagem tem causado impactos na porosidade dos solos, aumentando a salinidade e a sodicidade (Cox *et al.*, 2018). E na região de Mendoza, Argentina, uma das principais áreas de produção agrícola do país, mais de 37% das terras são irrigadas, exclusivamente, por água subterrânea. A principal fonte de salinidade vem do fluxo de retorno das áreas agrícolas para o aquífero (Gomez *et al.*, 2021).

No território brasileiro, a situação não é diferente, no estado do Ceará, distrito de irrigação Morada Nova, a prática agrícola que induz a salinização é o cultivo de arroz por inundação (Moreira; Teixeira; Galvão, 2014). Essas práticas, combinadas com características ambientais como baixa precipitação, insuficiente para a lixiviação dos sais e altas taxas de evapotranspiração, estão causando um maior acúmulo de sais nas camadas superficiais dos solos (Moreira; Teixeira; Galvão, 2014; Medeiros *et al.*, 2017).

No estudo desenvolvido por Pessoa *et al.* (2016), em quatro bacias hidrográficas de Pernambuco (Brígida, Terra Nova, Pajeú e Moxotó) constatou com base em análises físicas e químicas, solos degradados com altos teores de sais e inadequados para o cultivo, como também solos em processo de degradação, ainda adequados para cultivo precisando urgentemente de melhores práticas de manejo para redução do processo de acúmulo de sais.

No estado de Pernambuco os problemas ligados à salinização estão concentrados na sua porção semiárida com destaque para a bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Neste contexto, pode-se destacar o estudo de Silva e Silva (2015), o qual apontou que as principais causas do abandono de áreas agricultáveis no município de Cabrobó advêm da salinização provocada por manejo inadequado dos sistemas de irrigação com implantação de irrigação por sulcos, e por inundação. Na mesma linha de investigação, Castro, Santos e Araújo (2021) apontam irrigação por sulco como um dos principais fatores contribuintes da salinização dos solos em Santa Maria da Boa Vista, em Pernambuco.

Dependendo dos fatores que provocam a salinização, o recorte espacial adotado nos estudos é de fundamental importância, principalmente na Ciência Geográfica. Neste contexto, a compreensão detalhada do conceito de bacia hidrográfica e suas subdivisões é essencial para avaliar a susceptibilidade ambiental e a vulnerabilidade socioambiental das populações rurais à salinização dos solos. Este entendimento fundamenta a abordagem metodológica adotada neste estudo, permitindo uma análise abrangente que integra elementos físico-naturais e socioeconômicos dentro de uma perspectiva de sistema complexo.

3.1.2 Bacia hidrográfica

Os produtos da pesquisa geográfica são espacializados no tempo histórico e no território, como, por exemplo, século, década, ano, mês ou dia e/ou município, estado, país, bacia hidrográfica, unidade de conservação, uma propriedade rural ou um conjunto de pequenas unidades de produção agropecuária, dentre outros (Ross, 2019).

A compreensão da bacia hidrográfica e suas subdivisões, como sub-bacias e microbacias, é fundamental para o estudo da susceptibilidade ambiental e da vulnerabilidade socioambiental à salinização dos solos em áreas rurais. Este estudo foca na sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal, situada no extremo oeste do estado de Pernambuco, uma região caracterizada pelo clima semiárido brasileiro.

Conforme definido por diversos autores Barrella (2001); Pires, Santos e Del Prette (2002); Porto e Porto (2008); Carvalho e Nascimento (2004) a bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, formada nas áreas mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático com uma estrutura de redes hierárquicas convergindo para um ponto até resultar em um leito único no seu exutório.

A literatura científica apresenta outros conceitos que convergem na complementação de ideias da mesma área espacial como bacia hidrográfica. Como a definição de Christofolletti (1980), no qual bacia hidrográfica é a área drenada por determinado rio ou rede fluvial, cuja drenagem é constituída por um conjunto de canais de escoamento interligados, formando o que se pode denominar de sistema fluvial. E tal área drenada ou bacia de drenagem depende de todas as perdas ou ganhos de matéria e energia que acontece no sistema.

E, por último, o conceito de Gaspari *et al.* (2013), com uma concepção que difere das demais no qual coloca a bacia hidrográfica como um sistema de relações sociais e econômicas cuja base territorial e ambiental é uma rede de drenagem superficial, compostas por rios que confluem para um rio principal e depois para o mar.

A literatura técnico-científica, também apresenta conceitos para sub-bacia e microbacia, no entanto, no caso desses conceitos, existem divergências em diversos aspectos, como por exemplo, tamanho e ordem hierárquica diferentemente do conceito de bacia hidrográfica que apresenta uma convergência de ideias (Teodoro *et al.*, 2007).

A sub-bacia é a área de drenagem dos afluentes do curso d'água principal (Teodoro *et al.*, 2007). No trabalho desses mesmos autores é citado alguns conceitos divergentes para sub-bacia, destaca-se primeiro o de Faustino (1996), que coloca as sub-bacias como áreas maiores que 100 Km² e menores que 700 Km². O Segundo é o conceito de Rocha (1997), que as define como áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha (200 Km² a 300 Km²). E, um terceiro conceito, destacado é o de Attanasio (2004), que define como uma unidade física caracterizada como uma área de terra drenada por um determinado curso d'água e limitada pelos chamados divisores de águas.

Para Santana (2003) os termos bacia e sub-bacia são relativos. De acordo com essa autora as bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia

hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia.

Outros autores como Gangbazo (2004) e Machado e Torres (2012) conceituam sub-bacia de forma semelhante, o primeiro compreende como uma bacia hidrográfica que alimenta uma bacia maior, já o segundo estudo conceitua como bacia hidrográfica de um tributário de um rio principal, ideias essas parecidas também com o primeiro conceito apresentado de Teodoro *et al.* (2007).

As definições, anteriormente citadas, apresentam fragilidades e limitações, sejam por reduzir a sub-bacia a extensões espaciais que não atendem às diferentes realidades dos sistemas fluviais ou por que desconsideram por exemplo que uma microbacia também pode ser tributário de um rio principal, assim em Gomes, Bianchi e Oliveira (2021) é proposto que sub-bacia seja entendida como um fragmento de múltiplas dimensões do sistema fluvial composto essencialmente por outras sub-bacias e/ou microbacias hidrográficas, que apresentam padrões de drenagem endorréica e são tributárias de uma bacia hidrográfica mais complexa.

Complementando, a microbacia é a menor subdivisão dos sistemas hidrográficos e apresenta na literatura científica uma série de conceitos que adota critérios de unidades de medida, hidrológico e ecológico, sendo divergentes (Teodoro *et al.*, 2007). Na perspectiva dos critérios métricos, Faustino (1996) define as microbacias como uma área de drenagem com ligação direta ao curso de uma sub-bacia com área de abrangência não ultrapassando 100 Km². Outro conceito destacado nessa linha é o de Cecílio e Reis (2006) que define a microbacia como uma sub-bacia de área reduzida, no entanto, não apresentam um consenso de qual é o limite máximo de área deixando aberto o limite máximo entre 10 a 20.000 ha ou 0,1 km² a 200 km². Seguindo esse mesmo critério métrico existem outras definições que também não dialogam em consonância para o mesmo tamanho espacial para microbacia.

Para Gomes, Bianchi e Oliveira (2021) a microbacia representa a menor categoria hierárquica de uma bacia hidrográfica, sendo caracterizada por canais de primeira e segunda ordem, podendo abranger um rio de terceira ordem, caso um ou mais de seus antecedentes sejam canais efêmeros, contribuindo para uma sub-bacia ou bacia hidrográfica, com múltiplas dimensões, apresentando elementos naturais, socioeconômicos e culturais estabelecendo inter-relações dinâmicas e funcionais por meio dos fluxos de energia, informações e ciclagem de matéria.

E apresentando uma versão contrária às ideias anteriores, Santana (2003) considera microbacia como um termo empírico, embora seja difundido nacionalmente, sugerindo que seja

substituído por sub-bacia ou bacia hidrográfica, não apresentando aporte científico para ser considerado como uma unidade espacial de análise, segundo a autora. O que corrobora com a colocação de Botelho e Silva (2012) sobre existir uma certa resistência de uma parcela da comunidade científica em adotar a microbacia como célula de análise.

Reconhecida como uma unidade espacial fundamental na Geografia Física desde o final da década de 1960 (Botelho; Silva, 2012), a bacia hidrográfica, juntamente com suas subdivisões, serve como uma importante unidade de análise e planejamento (Carvalho; Nascimento, 2004; Carvalho, 2020). O planejamento das bacias hidrográficas evoluiu ao longo dos anos, desde um enfoque inicial no manejo de águas até a concepção atual de planejamento ambiental integrado (Carvalho, 2014).

Com a percepção de planejamento integrado, para Nascimento (2003) e Ross (2019) as bacias hidrográficas são unidades territoriais que se integram em unidades ambientais, onde os canais fluviais (água) é o componente natural de intersecção de interesses sociais e econômicos. Diante disto, as bacias hidrográficas, de diferentes ordens e tamanhos, são por definição unidades territoriais de planejamento.

As bacias hidrográficas permitem conhecer e avaliar seus diversos componentes e interações que nelas acontecem, com visão sistêmica e integrada do ambiente. Ao diferenciar o estado dos elementos que compõem o sistema hidrológico (solo, água, ar, vegetação, dentre outros) e os processos a eles relacionados (infiltração, escoamento, erosão, salinização, assoreamento, inundação, contaminação, dentre outros), possibilita avaliar o equilíbrio do sistema ou ainda a qualidade ambiental nele existente (Botelho; Silva, 2012).

Para além das designações anteriormente citadas, a bacia hidrográfica é considerada um ente sistêmico, caracterizando como um sistema aberto e complexo, visto que, recebe energia e matéria a partir de sua inter-relação com o sistema climático, subterrâneo e das dinâmicas espaciais humanas e perde através do exutório, traçando o percurso das bacias, sub-bacias e microbacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos.

Os sistemas complexos são subdivididos em desorganizados e organizados, sendo que no primeiro a interação dos componentes é fraca ou acidental, enquanto que, os organizados são formados através da forte interação entre seus componentes. Os sistemas complexos são abertos, visto que, em seu funcionamento ocorrem constantes trocas de energia e matéria, com perdas e ganhos (Amorim, 2012; Vale, 2012; Christofolletti, 2013). Acrescenta-se a esses sistemas seu funcionamento dinâmico e não linear.

Um sistema dinâmico, não linear, é considerado como sistema determinista. Seu comportamento e ordem futura é previsível, quando as condições iniciais do sistema forem conhecidas (Capra, 1998). A prognose do sistema pode ser alterada a partir de pequenas mudanças no estado atual. Assim, um sistema complexo, é aquele que envolve uma série de elementos, que constituem conjuntos diversos no universo de um sistema (Nascimento, 2003; Nascimento; Sampaio, 2004).

A partir da revisão do conceito de bacia hidrográfica e suas subdivisões formadas pela sub-bacia e microbacia e das discussões apresentadas anteriormente, a presente tese adotará: a ideia de bacia hidrográfica como sistema aberto, não linear e complexo; a classificação de sub-bacia pontuada por Gomes, Bianchi e Oliveira (2021). Pois, a sub-bacia do riacho do Pontal é um afluente da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, sendo assim, uma área de drenagem de uma bacia mais complexa que deságua no oceano Atlântico.

Além da inter-relação do sistema bacia hidrográfica com os sistemas externos existe a relação interna entre os subsistemas que compõem a formação da bacia, entre eles pode-se destacar os solos, a estrutura do relevo, a base geológica, a cobertura vegetal, a dinâmica de uso das terras, entre outros. Entrementes, como o objetivo deste estudo é avaliar a susceptibilidade ambiental e vulnerabilidade socioambiental das populações rurais à salinização dos solos em áreas de drenagem do rio São Francisco, no semiárido de Pernambuco, em seu afluente sub-bacia do Riacho do Pontal. Para isto, faz-se necessário entender o conceito de susceptibilidade e quais elementos dos sistemas físico-naturais interagem com a dinâmica espacial a partir da visão integrada e complexa do sistema.

3.1.3 Susceptibilidade Ambiental

A transformação do planeta, acelerada após a revolução industrial, intensificou a interação da sociedade com os sistemas ambientais. Esta interação, muitas vezes, resulta em alterações significativas na estrutura e funcionamento dos sistemas ambientais, contribuindo para a emergência de crises ambientais. Dentro deste contexto, o conceito de susceptibilidade ambiental emerge como uma ferramenta crucial para a compreensão dos efeitos da ação humana sobre o ambiente (Girão; Rabelo; Zanella, 2018).

A susceptibilidade ambiental é definida como a probabilidade de ocorrência de eventos ambientais adversos, resultante da interação entre as características dos sistemas físicos naturais e as intervenções humanas (Patriche *et al.*, 2016; Girão; Rabelo; Zanella, 2018). Ferraz e

Valadão (2020) complementam essa definição, enfatizando que a susceptibilidade não implica necessariamente em danos, mas sim na possibilidade de ocorrência de eventos que podem afetar os sistemas físico-naturais e humanos.

As ideias que definem susceptibilidade ambiental, anteriormente citadas, é visível no relatório do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) - IPT- CPRM (2014), em que, é recomendado o uso do conceito de susceptibilidade como a predisposição e/ou propensão dos terrenos ou sistemas ambientais ao desenvolvimento de um fenômeno.

Observa-se que, nas definições de susceptibilidade ambiental chama a atenção para a ideia de propensão, possibilidades e predisposição. O que significa que a susceptibilidade é a exposição para a ocorrência de um determinado evento sem necessariamente provocar prejuízos aos sistemas físico-naturais e humanos.

Outro conceito necessário a ser discutido nesta revisão, é o risco ambiental. Santos (2015) destaca que a ideia de risco apresenta uma noção complexa, designa ao mesmo tempo tanto um perigo em potencial, como a percepção que se tem desse perigo. Para Santos, Rocha e Andrade (2015) esse termo apresenta complexidade por que não apresenta um consenso conceitual, apresentando compreensões diferenciadas e até polêmica ao se utilizar os termos perigo, risco e acidente, já que estes muitas vezes aparecem como sinônimos.

De acordo com o IPT- CPRM (2014) o risco ambiental é determinado a partir da relação entre a possibilidade da ocorrência de um determinado evento a partir da exposição do elemento investigado e, suas consequências sociais. Para elucidar as dúvidas frente ao conceito de risco, Bertone e Marinho (2013) exemplificam a aplicação do conceito. Uma determinada população estará em risco quando ocupar um terreno ou um ambiente susceptível a um determinado desastre natural. Ocorrendo o desastre a população será atingida ocasionando perdas materiais e humanas.

No início da década de 1990 a *Royal Society* de Londres (1992), apontou que o conceito de risco é considerado um dos mais difíceis a ser definido e de chegar a um consenso entre os vários ramos científicos e políticos. A instituição destacou que, no âmbito geral, risco significa chance de desastre, porém quando utilizado em estudos específicos de avaliação ambiental possui definições específicas a exemplo da combinação de probabilidade de um desastre ocorrer. Fairman, Mead e Williams (2020) amparados no estudo da *Royal Society* de Londres acrescenta ao conceito de risco a análise da frequência da ocorrência de um desastre e a magnitude das consequências de sua ocorrência.

A partir da avaliação dos conceitos de risco apresentados percebe-se a convergência para a definição de risco como a exposição de um elemento a determinadas ações oriundas de fatores naturais e/ou humanos. Exposição, que poderá trazer prejuízos aos elementos em estado de risco.

Outro conceito chave nessa discussão é o de fragilidade ambiental, empregado em muitos estudos desenvolvidos no âmbito das geociências e da geografia. Ross (1994) desenvolveu uma metodologia para avaliação de forma empírica, das fragilidades contidas em ambientes classificados por ele como naturais e antropizados. O intuito foi colaborar na orientação de estudos aplicados ao planejamento territorial.

A proposta da análise de fragilidade de Ross (1994), foi inspirada no conceito de Unidades Ecodinâmicas desenvolvidas pelo geógrafo Jean Tricart na década de 1970. Gouveia e Ross (2019) destacam os estudos sobre fragilidades ambientais que há décadas são desenvolvidos e aplicados para o ordenamento físico-territorial, tanto no meio acadêmico quanto na gestão pública, com destaque para os Zoneamentos Ecológicos – Econômicos (ZEE).

O conceito de fragilidade ambiental apresenta adaptações realizadas por vários pesquisadores, destacando-se a proposta de investigação aplicada na definição de diferentes níveis de fragilidade da paisagem, levando em consideração a ideia sistêmica de inter-relação entre os diversificados elementos dos sistemas físicos-naturais com e/ou sem a presença humana (Gayoso, 2014; Santos, 2015).

Muito próximo do conceito de fragilidade ambiental está a susceptibilidade ambiental. A diferença é que um ambiente susceptível apresenta a probabilidade da ocorrência de um determinado problema ambiental. A fragilidade ambiental aponta para a necessidade real de intervenção sobre aquele ambiente a partir de um problema iminente.

Após esclarecidas as dúvidas sobre os conceitos de susceptibilidade, risco e fragilidade, a proposta de tese levará em consideração a ideia de susceptibilidade ambiental, tendo como foco o processo de salinização dos solos na sub-bacia do Riacho do Pontal. Neste contexto, a susceptibilidade ambiental à salinização dos solos, baseada na concepção de Patriche et al. (2016) e Castro, Araújo e Santos (2019), é definida como a probabilidade de os solos acumularem sais nas zonas radiculares das plantas em decorrência das características dos sistemas físicos naturais e/ou com diferentes graus de interferência humana.

Nos últimos anos, estudos voltados para a análise da susceptibilidade e dos riscos da salinização dos solos cresceram, impulsionados pela acessibilidade das ferramentas geotecnológicas, que permitem o cruzamento de dados e a posterior divulgação dos resultados

em formatos de mapas e cartas. No âmbito nacional, podem-se destacar os estudos de Castro e Santos (2015), Castro (2018) e Castro, Araújo e Santos (2019), direcionados à susceptibilidade ambiental à salinização dos solos, e Figueirêdo e Calasans (2008) e Mota et al. (2012), cujas pesquisas foram direcionadas aos riscos de salinização dos solos. No âmbito mundial podemos destacar os estudos de Zhou *et al.* (2013), Ramos *et al.* (2019) e Ke *et al.* (2021), ambos empregaram a concepção de risco para avaliar “os riscos” a salinização dos solos em países em que o processo de salinização é um dos principais problemas das perdas de solos. Os países foram China, Portugal e China, respectivamente.

Em ambos os estudos a integração dos elementos dos sistemas físicos-naturais e humanos foram empregados respeitando a funcionalidade sistêmica importante em estudos direcionados sejam eles para fragilidade, risco ou susceptibilidade ambiental.

A susceptibilidade ambiental, especialmente no que tange à salinização dos solos, é um conceito fundamental para entender e mitigar os impactos ambientais resultantes da interação entre a ação humana e os sistemas naturais. Ao distinguir claramente entre susceptibilidade, risco e fragilidade, este estudo busca contribuir para uma gestão ambiental mais eficaz e sustentável na sub-bacia do Riacho do Pontal.

3.1.4 As Vulnerabilidades: Social, Ambiental e Socioambiental

A compreensão das vulnerabilidades social, ambiental e socioambiental é crucial para abordar os desafios impostos pela interação entre sociedade e meio ambiente. A literatura técnico-científica apresenta uma diversidade de interpretações sobre o conceito de vulnerabilidade, destacando a importância de uma definição unificada que sirva como base para análises multidisciplinares. Seguindo Huynh e Stringer (2018), apoiados no IPCC (2001), a vulnerabilidade é entendida como uma função da exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação frente a um risco específico. Esta definição estabelece um terreno comum para explorar as nuances entre as diferentes formas de vulnerabilidade.

A vulnerabilidade social é caracterizada pela multidimensionalidade, abrangendo fatores econômicos, políticos e sociais que afetam a capacidade de indivíduos e grupos para antecipar, enfrentar, resistir e se recuperar de impactos negativos (Souza; Zanella, 2009; Johnson *et al.*, 2012; Barnett, 2020). Santos (2015) destaca a vulnerabilidade social como um limiar de ruptura, enfatizando a importância de considerar as condições sociais que aumentam a suscetibilidade a perturbações externas.

Os índices de vulnerabilidade social utilizam, em sua maioria, uma estrutura de risco do local, o que implica que apenas espaços contendo populações humanas são considerados vulneráveis (Nelson; Abkowitz; Camp, 2015), contribuindo para o planejamento e leis que podem ser utilizadas para auxiliar no desenvolvimento de políticas, alocações de financiamento e esforços educacionais, para ajudar os planejadores (municipais, estaduais e federais) e de emergência durante cenários de evacuação e para identificar potenciais ou existentes preocupações de justiça ambiental (Tran; O'Neill; Smith, 2010; Nelson; Abkowitz; Camp, 2015).

Os indicadores de vulnerabilidade são diversos (idade, gênero, status socioeconômico, condições de vida, acesso a cuidados médicos e raça/etnia) e são empregados na construção da maioria dos índices de vulnerabilidade. A escolha de qual variável usar para representar um indicador de vulnerabilidade e o número de indicadores e variáveis usados para um índice variam amplamente, com o número de variáveis usadas variando de menos de dez a mais de cinquenta, dependendo do tipo de análise e do método de construção do índice (Nelson; Abkowitz; Camp, 2015).

Além do grande número de indicadores utilizados nos índices para medir a vulnerabilidade, o estudo por diversos ramos do conhecimento favorece distintos significados e conceitos, culminando em diversos métodos de análise (Tran; O'Neill; Smith, 2010; Krellenberg et al., 2014). A vulnerabilidade pode ser definida como o grau em que os sistemas humanos e ambientais são susceptíveis de sofrer danos devido a uma perturbação ou estresse (Tran; O'Neill; Smith, 2010). Também pode ser a condição da sociedade frente às características do ambiente, reflexo das variáveis múltiplas (renda, habitação, educação etc.) que a mantêm mais ou menos vulnerável (Girão; Rabelo; Zanella, 2018).

A vulnerabilidade social é um conjunto de características que colocam determinados grupos sociais ou indivíduos expostos a um perigo (nesse caso, a salinização dos solos) e, a capacidade destes em antecipar, enfrentar, resistir e se recuperar dos impactos negativos produzidos (Freitas; Cunha, 2013; Santos, 2015). No entanto, de acordo com Johnson *et al.* (2012) estudos que lidam com vulnerabilidade social raramente analisam em conjunto o risco específico. E Mendonça (2004) acrescenta que a vulnerabilidade social tem sido utilizada para a caracterização de grupos sociais que são mais afetados por estresse de natureza ambiental. Então quando analisado os atributos de ordem sociais que favorecem a exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa das populações locais ao processo de salinização, analisa a vulnerabilidade social.

Outro conceito apresentado em estudos com esses enfoques, é a vulnerabilidade ambiental, vista como a capacidade de resposta do meio aos efeitos incitados pelas ações humanas, variando de acordo com o grau de interferência de tais ações na qualidade ambiental (Sokoloski *et al.*, 2019). Outra abordagem para esse mesmo conceito é feita por Jordão e Moretto (2015) que o coloca como potencial que o sistema possui para modular suas respostas frente a fatores estressores ao longo do tempo e do espaço, a partir das características ecossistêmicas que apresenta.

A vulnerabilidade socioambiental emerge da interação entre as vulnerabilidades social e ambiental, considerando tanto aspectos sociais quanto físico-naturais (Gupta *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021). Este conceito destaca a necessidade de abordagens integradas para compreender e mitigar os impactos de fenômenos socioambientais, como a salinização dos solos.

Diversos estudos vêm aplicando o conceito de vulnerabilidade socioambiental, e analisando a partir da combinação de aspectos sociais e ambientais, como os estudos de Gupta *et al.* (2020) que avaliou a vulnerabilidade socioambiental às mudanças climáticas em diferentes zonas de altitude no Himalaia indiano, de Brito e Almeida (2023) que analisaram a vulnerabilidade socioambiental da região do Seridó à seca, de Schürmann *et al.* (2024) que realizou análise da vulnerabilidade socioambiental da migração rural em Gana. E Mendonça (2004) que apresenta análise de vulnerabilidade socioambiental das populações da cidade de Curitiba, considerando aspectos sociais e ambientais do território urbano.

A interconexão entre as vulnerabilidades requer uma metodologia de análise que considere a complexidade das interações sociais e ambientais. No contexto da salinização dos solos, a vulnerabilidade socioambiental das populações rurais foi analisada considerando atributos sociais que influenciam a exposição e sensibilidade dessas comunidades, bem como sua capacidade de adaptação. A escolha dos indicadores de vulnerabilidade, que variam amplamente em número e tipo, reflete a complexidade dessa análise e a necessidade de abordagens metodológicas robustas.

A análise das vulnerabilidades social, ambiental e socioambiental no contexto da salinização dos solos revela a importância de estratégias integradas para a gestão sustentável dos recursos naturais e o desenvolvimento de políticas públicas eficazes. A compreensão detalhada dessas vulnerabilidades pode auxiliar na formulação de recomendações para mitigar os impactos negativos e promover a resiliência das comunidades afetadas. A discussão sobre

modelagem ambiental, embora brevemente mencionada, sublinha a relevância de ferramentas analíticas na definição de estratégias de adaptação e mitigação.

3.1.5 Modelagem Ambiental

Ao resgatar os primeiros conceitos de modelo apresentado à ciência geográfica, em meados do século XX, pontua-se que modelo é uma estruturação simplificada da realidade que apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes (Christofoletti, 2013).

O desenvolvimento e aplicação dos modelos nos estudos científicos, ou seja, a modelagem, é um procedimento técnico da abordagem teórica que visa atender requisitos envolvidos nas diretrizes metodológicas de um estudo científico (Christofoletti, 2013) ou estuda e gerencia sistemas complexos ao longo do tempo (Gonçalves *et al.*, 2020). Os objetivos da modelagem estão centrados no processo de comunicação de conceitos e na previsão a curto prazo, permitindo criar respostas e/ou comparar previsões alternativas como sendo um instrumento de planejamento (Christofoletti, 2013).

Os modelos, na sua montagem, devem possuir objetivos claros e bem delineados, com facilidade de testes para sua validação (Jia *et al.*, 2020). Acrescenta-se que, na Geografia Física, a modelagem vai muito além da prática de desenvolver modelos; ela é capaz de auxiliar os estudos geográficos a partir de previsões, montagem de cenários passados e futuros, independente da escala espacial e temporal de abordagem utilizada (Fernandes, 2016).

Na Geografia, Brunet, Ferraz e Thery (1993) destacam que os estudos desenvolvidos na Ciência Geográfica, nas décadas de 1970, 1980 e início dos anos 1990, apresentavam quatro tipos de modelos, a saber: modelos matemáticos, que são eventualmente apresentados sob a forma de equações; modelos de sistemas, que procuram representar a estrutura do sistema e identificar os elementos, fluxos e retroalimentação; preditivos, que têm o objetivo de construir imagens de sistemas, prevendo a sua evolução; e os gráficos ou coromáticos, que eram utilizados na representação da estrutura de um determinado espaço, através de malhas viárias, redes, gravitações frequentes e dissimetrias.

Para o desenvolvimento da presente tese de doutorado, os modelos matemáticos serão frequentemente utilizados, daí uma dedicação especial para eles. Christofoletti (2013) pontua que a modelagem matemática são abstrações com o intuito de substituir objetos, eventos, fenômenos ambientais e sociais através de uma expressão matemática. A modelagem matemática é subdividida em três estruturas de ação, ou simplesmente três classes de modelos,

classificados como determinísticos, probabilísticos e os modelos matemáticos de desenho experimental.

Os modelos determinísticos são estruturados em equações matemáticas com uso de variáveis, cujas interações entre si são conhecidas pelo pesquisador. Ou seja, ao montar um modelo determinístico, o pesquisador deverá conhecer teoricamente o funcionamento da interação das variáveis empregadas no estudo.

Para Chorley (1967), nos modelos matemáticos de base determinística, o comportamento dos sistemas é apreendido por leis físicas-naturais e o resultado é modelado de forma exata a partir da matemática clássica, em que as relações entre as variáveis dos modelos são exatamente previsíveis, sendo aferidas por argumentações matemáticas lógicas.

Para análise ambiental, os modelos matemáticos determinísticos vêm sendo bastante utilizados, seja no âmbito da Ciência Geográfica ou nas áreas afins. São modelos que conseguem descrever processos físicos, químicos e biológicos, além das interações humanas com os componentes dos sistemas físico-naturais (Hanson et al., 2020).

Um exemplo prático da aplicação de modelos determinísticos pode ser observado em estudos de escorregamentos, onde sua versatilidade e rapidez na obtenção de resultados permitem a inclusão de fatores influentes no evento analisado (Viera; Martins, 2016). Contudo, desafios como a dificuldade de representação matemática de certos aspectos dos sistemas físico-naturais e a qualidade dos dados inseridos nos modelos são limitações reconhecidas.

As limitações apontadas no parágrafo anterior são proporcionadas, na maioria dos casos, pelas subjetividades, visto que, no processo de modelagem, se torna difícil a inclusão de todas as observações do ambiente real (Christofoletti, 2013). Para evitar problemas relacionados ao mau uso da modelagem Christofoletti (2013), Fernandes (2016) e Piga (2017) teceram algumas recomendações, como: nunca substituir as observações de campo e, os testes de laboratório por modelos; a escolha do modelo para um projeto de pesquisa deve estar sempre alinhada aos objetivos; antes da modelagem o pesquisador deverá ter amplo conhecimento sobre a estrutura e funcionamento do sistema ambiental que será analisado.

Apesar dos problemas na modelagem, nos últimos anos, o uso de modelos para os estudos ambientais cresceu consolidando como importante ferramenta de análises que envolvem vários ramos científicos incluindo a geografia (Fernandes, 2016).

No âmbito global, levantamentos recentes apontam para o crescimento de estudos que empregam a concepção da abordagem sistêmica a partir do uso de modelos determinísticos. Entre os levantamentos cita-se o estudo de Soares e Calijuri (2021), em que foram consultadas

centenas de produções desenvolvidas nos cinco continentes. O que chama atenção nesse levantamento é que além do conhecimento do uso dos modelos determinísticos a sua associação com outros tipos de modelos e suas interações com as ferramentas computacionais vem ampliando seus usos principalmente nos estudos de cenários de projeções.

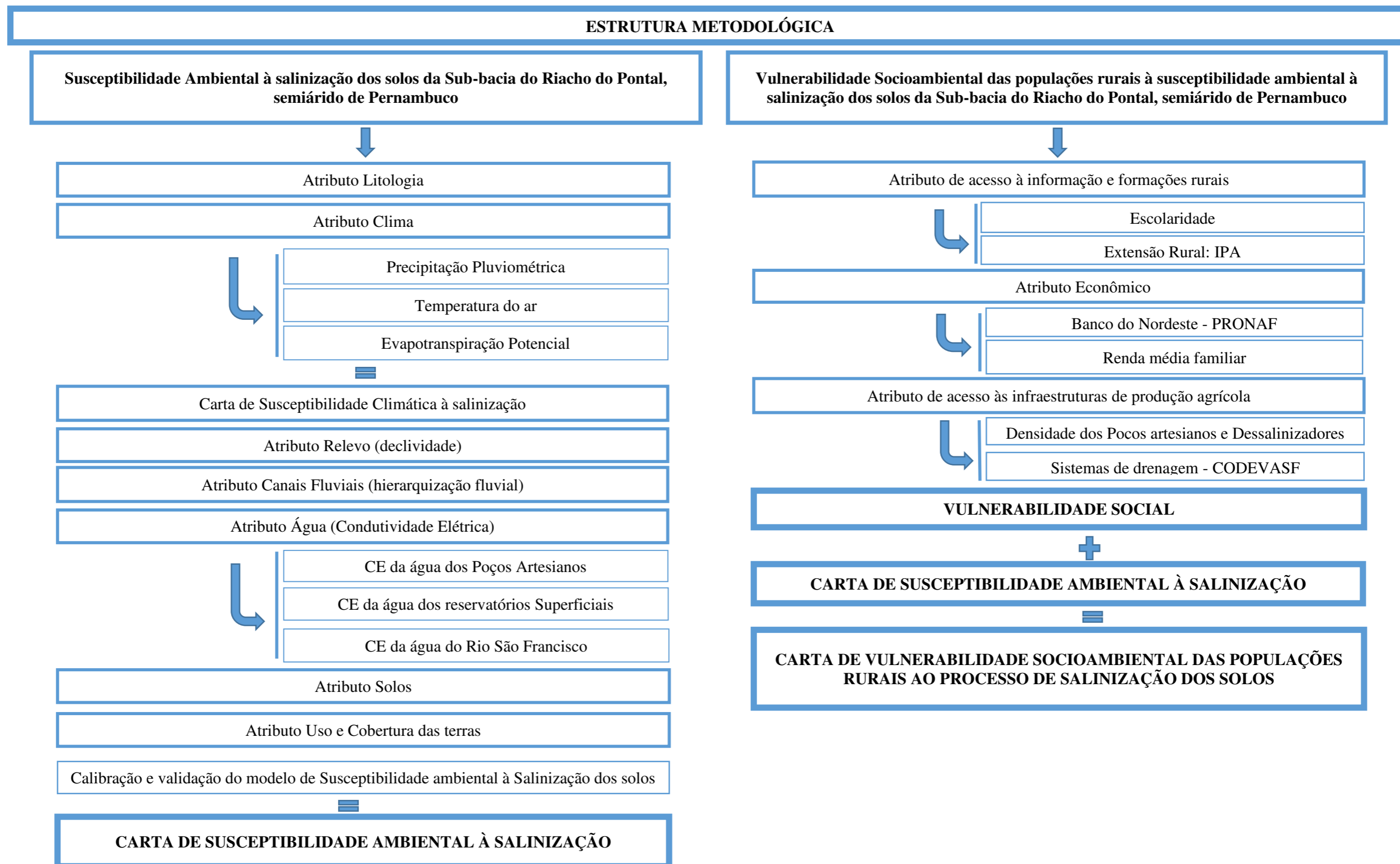
Em variados casos, os modelos são estruturados para fornecer projeções específicas aos objetivos dos estudos. Após as projeções os resultados poderão ser comparados com a realização do fenômeno analisado em outro local ou em outro período (Christofolletti, 2013).

Além de ser utilizada nas projeções de fenômenos ambientais, os modelos determinísticos atuam na construção e simulação de cenários possíveis de ocorrerem a partir das funções dinâmicas e mudanças ambientais. Funcionalidade que podem ser utilizadas no planejamento ambiental, além de potencializar novos estudos ambientais com caráter geográfico (Voinov *et al.*, 2018).

3.2 Operacionalização da pesquisa

Para desenvolvimento da presente tese foram necessárias quatro fases de estudo, são elas: coleta de informações em campo; análises laboratoriais; pesquisa em bancos de dados e mapeamentos em laboratório, seguindo a estrutura de trabalho descrita na figura 2.

Figura 2: Estrutura metodológica para desenvolvimento da pesquisa



Fonte: autora, 2023.

3.2.1 Carta de Susceptibilidade ambiental à salinização dos solos

Para a confecção da carta de susceptibilidade ambiental à salinização dos solos da área de estudo (Figura 2) foram utilizadas informações referentes às características dos sistemas físicos naturais (Litologia; Clima; Relevo (Declividade); Canais fluviais (Hierarquização fluvial); Água (Condutividade Elétrica); Solos) e antropogênico (Uso e cobertura das terras) que influenciam no processo de salinização dos solos. A seleção dos atributos foi baseada em estudos desenvolvidos, principalmente em regiões de terras secas (Quadro 1).

Quadro 1: Características dos sistemas físicos naturais e de uso e cobertura das terras secas que contribuem para o processo de salinização dos solos e estudos basilares

Atributo	Fator de Contribuição	Referências
Litologia	- Materiais com alta concentração de sais que fazem parte do processo de pedogênese e são transportados às camadas superficiais pela água através do efeito de capilaridade ou em direção lateral até surgir nas áreas mais baixas do relevo.	Pedrotti <i>et al.</i> (2015); Whitney <i>et al.</i> (2018); Fathizad <i>et al.</i> (2020).
Clima	- As altas taxas de evapotranspiração auxiliam no transporte dos sais originários de materiais primários (atributo litologia) do interior do solo por efeito de capilaridade até a superfície ou área radicular das plantas. - Altas temperaturas favorecem a aceleração da evaporação das águas deixando os sais, antes dissolvidos, depositados sobre as camadas superficiais dos solos, e auxiliando no maior grau de intemperização dos sais contidos nos materiais de origem pelo aceleração do processo de solubilidade dos sais em água. - As precipitações pluviométricas limitadas não colaboram com a lixiviação dos sais das camadas superficiais dos solos para as áreas mais profundas, outras áreas, canais ou oceanos, e também induz o ser humano na implantação de sistemas de irrigação para produção agrícola.	Vasconcelos (2014); Pedrotti <i>et al.</i> (2015); Ribeiro, Ribeiro Filho e Jacomine, (2016); Ferreira, Silva e Ruiz (2016); Ma <i>et al.</i> (2017); Whitney <i>et al.</i> (2018); Fathizad <i>et al.</i> (2020).
Relevo (Declividade)	- A declividade auxilia no transporte dos sais por gravidade das áreas mais altas para as áreas rebaixadas, planas e sopés de encostas, e nestas áreas, tais características reduz o escoamento superficial. O transporte por gravidade também ocorre nas camadas subsuperficiais onde pode aumentar os sais dos lençóis freáticos que são mais rasos em áreas planas e baixas e podem vir a perder em profundidade com a contribuição do excesso de água aplicado em áreas de produção irrigada.	Hammecker <i>et al.</i> (2012); Ribeiro, Ribeiro Filho e Jacomine, (2016); Fathizad <i>et al.</i> (2020); Naimi <i>et al.</i> (2021).
Canais fluviais (Hierarquização fluvial)	- O acúmulo de sais nas áreas de várzeas a jusante tem origem nos solos a montante dos canais. Esse transporte e distribuição dos sais em sistemas hidrográficos são realizados pela água subterrânea, e a água utilizada na irrigação, sendo um processo importante sob condições de pouca precipitação e alta evapotranspiração.	Wang <i>et al.</i> (2018); Minhas, Yadav e Bali (2020).

Água (Condutividade elétrica)	- Águas subterrâneas podem ter acúmulo de sais originados do contato com a estrutura litológica ou contaminadas por recarga das áreas de produção agrícola através do excesso de aplicação de água, agroquímicos e fertilizantes. - Águas superficiais podem ter acúmulo de sais advindos do contato da água superficial com o lençol freático e/ou rochas matrizes, advindos de áreas mais altas do relevo por escoamento superficial e subsuperficial ou advindos do manejo agrícola das áreas fornecedoras de matéria as barragens com aplicação de produtos químicos.	Fontes <i>et al.</i> (2015); Medeiros <i>et al.</i> (2017); Foster <i>et al.</i> (2018); Gomez <i>et al.</i> (2021).
Solos	- Contribui quando apresentam quantidades significativas de sais em sua composição e/ou quando possuem problemas de drenagem e permeabilidade não permitindo o transporte destes sais para camadas profundas ou áreas distantes do local de acúmulo.	Castro e Santos (2015); EMBRAPA (2018); Castro, Araújo e Santos (2019).
Uso e cobertura das terras	- Diferentes práticas humanas podem contribuir com a salinização dos solos, seja através do desmatamento e queimadas da vegetação natural favorecendo o processo erosivo das camadas superficiais que podem estar com sais, dificultando o processo de infiltração das águas que realizaria a lavagem das camadas superficiais e/ou a agricultura irrigada com aplicação de excesso de água ou contendo quantidades excessivas de sais, e aplicação de adubos com quantidades elevadas de sais na composição.	Pedrotti <i>et al.</i> (2015); Ribeiro, Ribeiro Filho e Jacomine, (2016); Castro e Santos (2015); Castro, Araújo e Santos (2019); Tirabadi, Banihabid e Randhir (2021).

Fonte: autora, 2022.

-Atributo litologia: Para mapeamento da litologia foi empregado um arquivo em formato vetorial disponível no banco de dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). A partir desse produto foi confeccionada a carta da litologia da sub-bacia do Riacho do Pontal, com vinte e três classes diferentes.

A litologia possui dois parâmetros que contribuem para a salinização dos solos e que foram os parâmetros para definição das notas internas de cada classe litológica. Primeiro, a resistência à infiltração com base nas características de dureza e porosidade, onde quanto maior o potencial de retenção de água nas camadas superficiais e na superfície, maior à contribuição para o processo de salinização.

Segundo, as características químicas das rochas, no qual, quanto maior o quantitativo de minerais ricos em cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ , presença de minerais de argila tipo 2:1, causando aumento dos níveis de sais nas águas subterrâneas e superficiais com a existência de sais dissolvidos (sais litogênicos) (Nascimento, 2020), ou contribuindo para formação de

solos com sais na sua composição (EMBRAPA, 2018). Quanto maior for a presença de sais, mais elevada é a contribuição para susceptibilidade litológica à salinização. Enquadramentos baseados nos estudos de Pedrotti *et al.* (2015) e Fathizad *et al.* (2020).

-Atributo Clima: Para o atributo climatológico foi considerado três elementos, a precipitação pluviométrica, temperatura do ar e a evapotranspiração potencial. Para mapeamento dos elementos climáticos foram utilizados dados das estações meteorológicas localizadas dentro e, próximas da sub-bacia hidrográfica, cujas informações foram disponibilizadas pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) (Quadro 2).

Quadro 2: Informações das estações meteorológicas ou postos pluviométricos fornecedoras dos dados utilizados para análise do atributo clima

Posto/ Estação	Código	Coordenadas	Municípios	Série Histórica
Afrânio	1	-8,552288/- 41,014962	Afrânio	1990- 2020
Arizona	173	-8,6778/ - 40,961428	Afrânio	1990- 2019
Dormentes	159	-8,423302/ - 40,785629	Dormentes	1993- 2018
Petrolina	61	-9,35724/ - 40,523888	Petrolina	1990- 2020
Rajada	161	-8,812472/ - 40,832567	Petrolina	1993 - 2019
Santa Maria da Boa Vista	6	-8,702888/ - 39,955792	Santa Maria da Boa Vista	1993 - 2020
Santa Cruz da Venerada	164	-8,282295/ - 40,316448	Santa Cruz da Venerada	1990- 2020

Fonte: autora, 2021.

A evapotranspiração potencial foi estimada através do modelo de Balanço Hídrico Normal Sequencial de Thornthwaite e Mather, adaptado na planilha eletrônica em formato xls. por Rolim e Sentelhas (1999). Para entrada no modelo foram utilizados as coordenadas geográficas, altitude e os valores de temperatura média do ar dos últimos 30 anos das estações meteorológicas. Nos casos da temperatura e precipitação pluviométrica, foi empregada à média anual dos últimos 30 anos, e de posse dos dados dos três elementos climáticos, tais informações foram interpoladas empregando o método *Inverse Distance Weighting* com auxílio do *software* ARCGIS 10.4 (versão demonstrativa), para elaboração dos mapas.

De acordo com Pedrotti *et al.* (2015) Taghizadeh-Mehrjardi *et al.* (2021) as altas taxas de evapotranspiração e a baixa precipitação pluviométrica são os elementos climáticos que mais contribuem para o processo de acúmulo de sais nos solos nas regiões secas. A primeira colabora com a transformação da água em vapor deixando os sais depositados nas camadas superficiais

dos solos e, as chuvas, em reduzida quantidade, dificultam o processo de lixiviação dos sais. Este elemento, também induz o ser humano na implantação de sistemas de irrigação para produção agrícola. Processos comuns no Nordeste Brasileiro de acordo com Nascimento (2020).

A temperatura média do ar além de contribuir na evapotranspiração potencial colabora no processo de solubilidade dos sais em água, mecanismo que corresponde a capacidade de um solvente de dissolver em um soluto contribuindo para dissolução de sais nos solos (Ferreira; Silva; Ruiz, 2016). Ou seja, quanto maior a temperatura maior a capacidade de dissolução dos sais nos solos.

Diante de tais justificativas, para confecção da carta de susceptibilidade climática à salinização dos solos (SCS_s) da sub-bacia do Riacho do Pontal, foi empregada a equação 1:

$$SCS_s = \frac{[(EP \times 2) + T + (PP \times 2)]}{3} \quad (1).$$

Em que: EP representa a Evapotranspiração Potencial; T é a Temperatura média do ar e PP a Precipitação Pluviométrica.

Tal equação foi elaborada a partir da interpretação das informações anteriormente citadas sobre a contribuição dessas características climáticas e, como as mesmas contribuem para o processo de acúmulo de sais. Assim, a evapotranspiração potencial e a precipitação pluviométrica receberam peso 2 (dois) e a temperatura do ar, que já contribui com a evapotranspiração e, tem um papel de menor intensidade, recebeu peso 1 (um).

-Atributo Relevo (declividade): tem papel importante no processo de salinização dos solos. De acordo com Ribeiro, Ribeiro Filho e Jacomine (2016) e Castro, Araújo e Santos (2019), terrenos planos com maiores probabilidades de acúmulo de água e sedimentos sobre os solos, advindos de áreas circunvizinhas, têm maiores possibilidades de acúmulo de sais nas camadas superficiais, ao contrário das áreas com acentuadas declividades.

O mapeamento da estrutura do relevo foi confeccionado a partir das imagens de Radar obtida pelo sensor PALSAR acoplado ao satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) com resolução espacial de 12,5m disponível pela agência aeroespacial japonesa (*Japan Aerospace exploration Agency - JAXA*).

As cenas das imagens foram AP_26489_FBS_F7000, AP_26489_FBS_F7010, AP_26912_FBS_F7000 e AP_26912_FBS_F7010. Os intervalos das classes de relevo

(declividade), da sub-bacia do Riacho do Pontal, foram baseados na metodologia de mapeamento de declividade da EMBRAPA (1979).

-Atributo Canais Fluviais (hierarquização fluvial): o mapeamento dos canais fluviais foi realizado a partir das imagens Radar obtidas pelo sensor PALSAR, as mesmas empregadas na etapa anterior. Os canais fluviais extraídos foram hierarquizados a partir da classificação Strahler *apud* CHRISTOFOLETTI (1980), em que, os canais de primeira ordem são oriundos diretamente das nascentes, os canais de segunda ordem confluem de dois de primeira ordem. Os canais de terceira ordem são oriundos da junção de dois canais de segunda ordem, porém pode receber canais de ordem inferior. A dinâmica de classificação dos canais de ordem superior a terceira segue os mesmos procedimentos das anteriores.

Nesse caminho, foi delimitada a sub-bacia hidrográfica (Riacho do Pontal), e plotadas suas drenagens, em hierarquia, a partir do exutório – Bacia do Rio São Francisco. Estudos realizados por Wang *et al.* (2018), em bacias hidrográficas na China, apontaram para o acúmulo de sais nas paisagens baixas, áreas de acumulação, canais fluviais e menores concentrações de sais nas paisagens altas das bacias. Segundo Nascimento (2013, 2020), isso mostra a relação entre relevo, drenagem, recursos hídricos e solos em uma bacia hidrográfica, características importantes para o desenvolvimento ou não do acúmulo de sais nos solos.

-Atributo Água: no caso do atributo água, foi considerado a CE (Condutividade Elétrica) das águas superficiais e subterrâneas da sub-bacia analisada. A CE é a expressão numérica da capacidade de um meio de conduzir corrente elétrica, sendo empregada como expressão da concentração total de sais dissolvida em uma amostra aquosa (Freire; Pessoa; Greyi, 2016), assim, a CE da água é a capacidade em conduzir corrente elétrica, apontando a quantidade de sais presente na amostra de água analisada.

Para obtenção dos dados de CE das águas superficiais foram coletadas amostras em 10 barragens distribuídas pela sub-bacia, todos eles com coleta de água para irrigação e agricultura de vazante. Também, foram coletadas amostras de água do Rio São Francisco na altura da saída do canal artificial que leva água, do citado rio, para áreas de produção irrigada na sub-bacia do Riacho do Pontal. Tais amostras foram coletadas seguindo as normas definidas por Brasil (2014) e analisadas em laboratório, a partir das normas da EMBRAPA (2021) e, os resultados, divididos em classes com base no trabalho de Richards (1954).

Os resultados da CE, das amostras de água, foram plotados sobre as áreas das barragens e, a partir daí, gerando um buffer compreendendo toda área irrigada ou/e sobre agricultura de vazante de influência das barragens. Quanto aos resultados das CE das águas canalizadas para

irrigação diretamente do rio São Francisco, os mesmos foram espacializados sobre os perímetros irrigados, mapeando assim, o quantitativo de sais presentes nas águas empregadas na irrigação. Os resultados foram apresentados em mapas.

A CE das águas subterrâneas foi mapeada a partir de informações de 224 poços artesianos disponíveis pela CPRM e organizados por Beltrão *et al.* (2005). A partir daí, as informações foram espacializadas sobre a área da sub-bacia, através do método *Inverse Distance Weighting* com auxílio do *software* ARCGIS 10.4, versão demonstrativa e dividida em classes com base no trabalho de Richards (1954).

A inserção da água como um dos atributos analisados para definição da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos está no seu importante papel de transporte, distribuição e intensidade da salinização nas paisagens das regiões secas (Wang *et al.*, 2018), no seu papel como agente que contribuiu a dissolver, transportar, auxiliando na sua retirada ou acúmulo de sais a depender do clima, da declividade do terreno, das características dos solos e estrutura litológica.

-Atributo Solos: o mapa de solos foi construído com base nos dados pedológicos disponíveis pelo Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (EMBRAPA, 2006) em formato vetorial. Com apoio dos referidos dados foram espacializadas as classes de solos presentes na área de estudo e, a partir daí, realizadas visitas à campo para realização de coletas das informações necessárias à caracterização morfológica dos solos, registros fotográficos dos perfis seguindo as recomendações do Manual de Coleta e Descrição de Solo em Campo, elaborado por Santos *et al.* (2005). Todo processo de mapeamento foi desenvolvido com auxílio do *software* ARCGIS 10.4, versão demonstrativa.

Também, em campo, foram coletadas amostras para aferição das características químicas essenciais na identificação da presença ou não de sais nos solos. Tais amostras foram coletadas em perfis de 0-30 cm de profundidade, por serem a profundidade em que a concentração de sais são alcançados pelo sistema radicular de várias espécies vegetais, de acordo com o Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos, desenvolvido por Filizola, Gomes e Souza (2006), Shahid, Zaman e Heng (2018), Ivushkin *et al.* (2019b), Sentís (2020), Wei *et al.* (2021).

Vale destacar que, para cada amostra, quatro perfis com distância de 2m um do outro, foram necessários para abranger o máximo possível da realidade do ambiente local. Os solos coletados, por amostra, foram homogeneizados em um balde plástico e, em seguida, pesados 1kg para envio ao laboratório.

As análises químicas para identificação de sais foram: pH (potencial Hidrogeniônico), CE (Condutividade Elétrica), e PST (Porcentagem de Sódio Trocável). Todo procedimento laboratorial foi baseado no Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 2017). Os resultados de tais análises foram utilizados no processo de calibração e validação do modelo de susceptibilidade ambiental para salinização que será apresentado, com mais detalhe, em uma seção posterior.

A escolha dos locais de coleta das amostras, citadas no parágrafo anterior, foi realizada com base nas informações dos sete atributos utilizados para definição de susceptibilidade ambiental à salinização dos solos. Sendo assim, tais coletas foram realizadas para contemplar diferentes litotipos, classes de susceptibilidade climática, declividades do relevo, hierarquização dos canais fluviais, diferentes níveis de CE das águas próximas às barragens e em áreas utilizadas para irrigação por poços artesianos, classes de solos e dos usos e coberturas das terras.

Algumas características de diferentes ordens dos solos apresentam aspectos que favorecem o desenvolvimento do processo de salinização como: drenagem e permeabilidade deficientes; saturação por bases; textura argilosa; mudança textural abrupta; alta atividade de argila e horizontes com presença de água (Castro; Santos, 2015; Ribeiro; Ribeiro Filho; Jacomine, 2016; EMBRAPA, 2018; Castro; Araújo; Santos, 2019). Além de determinadas classes de solos apresentarem quantidades significativas de sais em sua composição (Ribeiro; Ribeiro Filho; Jacomine, 2016; EMBRAPA, 2018).

-Atributo uso e cobertura das terras: para confecção do mapeamento de uso e cobertura das terras foram necessárias duas etapas de trabalho, uma em laboratório e outra em campo. Em laboratório efetuou-se aquisição de duas imagens orbitais do ano de 2023 obtidas pelo sensor *Operational Land Imager* (OLI) acoplado ao satélite *Landsat 8* disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).




As faixas espectrais do visível (azul, verde e vermelho), infravermelho próximo, e as duas faixas do infravermelho médio, ambas com resolução espacial de 30m, foram fusionadas com a imagem pancromática, este último com resolução de 15m. O objetivo deste procedimento foi melhorar a resolução espacial das imagens aplicando a técnica de *Pansharpening* disponível no Arcgis10.4, assim gerando uma imagem com 15m de resolução espacial.


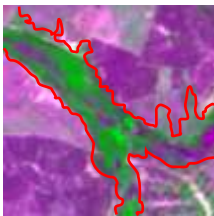

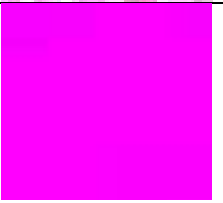
Após o processo de fusão realizado no produto orbital, descrito anteriormente, a imagem final foi submetida à classificação orientada a objeto (GEOBIA), procedimento que, segundo Silva e Bacani (2017) e Silva e Cruz (2018) é uma técnica que ao invés de utilizar uma

classificação baseada apenas em *pixels*, também faz uma segmentação dos objetos da imagem, delimitando por regiões homogêneas considerando segmentos geométricos e variáveis como textura, formato, brilho, contexto e relação semântica entre classes ou objetos.

Para o presente mapeamento foram consideradas diferentes classes de uso e cobertura das terras (Quadro 3), são elas: Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Agricultura Irrigada (AI); Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo exposto (APS) (áreas degradadas pelo processo de salinização, estão inclusas nessa classe); Algarobas (AL); Áreas urbanas (AU); e Nuvens e Sombra de Nuvens (NS), as duas últimas não consideradas nas análises. As classes de uso foram definidas a partir de visitas à campo e o processo de classificação realizado com auxílio do *software Ecognition 8.9*, versão demonstrativa.

Quadro 3: Caracterização das classes de Uso e Cobertura das terras da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal

Macro-classes	Micro-classes	Composição RGB	Caracterização
Área Natural	Caatinga Fechada (CF)		Caatinga fechada – tem predomínio da vegetação arbórea e, as copas das árvores, se tocam entre si. São áreas com baixas intervenções antropogênicas (Cavalcanti, 2014; Santos; Santos, 2019).
Área Natural/ Antropizada	Caatinga Semiaberta e Aberta (CSA)		Caatinga Semiaberta – são áreas com cobertura vegetal que mescla entre caatinga fechada e aberta. Apresentam graus iniciais de degradação pela presença de animais caprinos, ovinos e bovinos (Santos; Santos, 2019). Caatinga Aberta - constitui uma cobertura vegetal, em que, as copas das árvores/arbustos jamais se tocam. Apresenta graus mais avançados de degradação pela presença de animais como caprinos, ovinos, bovinos (Santos; Santos, 2019; Aquino; Santos, 2020).
Área Antropizada	Agricultura Irrigada (AI)		Agricultura irrigada – são perímetros irrigados implantados pela CODEVASF que vão desde pequenos lotes a grandes lotes empresariais e, também pequenas áreas dispersas implantadas pelos próprios agricultores com uso de água dos poços artesianos e de barragens.

Área Antropizada	Solo exposto/Pastagem/ Agricultura de Sequeiro (APS)		<p>Solo exposto – áreas, em que, o solo encontra-se sem cobertura vegetal em decorrência da produção da agricultura de sequeiro no período pós-colheita e, consumo dos restos vegetais pelos animais. Enquadra-se nesses ambientes áreas que a vegetação de caatinga foi retirada e locais, que devido a degradação dos solos, a cobertura vegetal não consegue regeneração.</p> <p>Pastagem – áreas com plantio de Capim buffel (<i>Cenchrus ciliaris</i>), Capim Tangola (<i>Brachiaria arrecta x Brachiaria mutica</i>).</p> <p>Agricultura de Sequeiro – áreas onde o plantio ocorre apenas nos períodos chuvosos, em que, a umidade do solo é utilizada para cultivos de espécies vegetais de ciclo curto (Silva <i>et al.</i>, 2011).</p>
Área Antropizada	Algarobas (AL)		<p>Algaroba – áreas cobertas por algaroba (<i>Prosopis juliflora</i>) introduzida pelos agricultores com o objetivo de alimentar os caprinos e ovinos e atualmente, ocupam áreas sem necessidade de plantio com predomínio nas áreas dos canais.</p>
Área Antropizada	Áreas Urbanas (AU)		<p>Áreas urbanas – áreas ocupadas pelas sedes dos municípios (cidades), distritos e povoados distribuídos pela sub-bacia de estudo.</p>
Área Antropizada	Água		<p>Barramentos (Barragens, açudes) construídos ao longo dos canais para armazenamento de água para consumo animal e prática da agricultura de vazante e/ou irrigada.</p>
	Nuvens/ Sombra de Nuvens (NS)		<p>Nuvens/Sombra de Nuvens - Mapeadas juntas por estarem registradas nos materiais orbitais e não consideradas nas análises.</p>

Fonte: autora, 2023.

Em campo ocorreram as coletas para validação do mapeamento realizado em laboratório. Foram aferidas 200 amostras de diferentes tipos de uso das terras, definidas

aleatoriamente, e cada ponto amostral foi registrado através do aparelho receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS).

A validação do mapeamento foi realizada a partir da comparação entre as informações amostrais de campo com as contidas no produto cartográfico utilizando os testes estatísticos de Kappa e o índice de exatidão Global. O primeiro instrumento estatístico (Equação 2), foi desenvolvido por Landis e Koch (1977) e, aponta o grau de precisão do mapeamento. Quanto mais próximo do valor 1 maior a concordância das classes de usos mapeadas com a realidade de campo (Quadro 4) (Vliet; Bregt; Hagen-Zanker, 2011).

$$K = \frac{N \sum X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}} \quad (2).$$

Em que: X_{ii} é a concordância observada; $X_{i+} X_{+i}$ são os produtos das marginais, sendo a concordância esperada; N é o total de elementos observados.

Quadro 4: Valores de interpretação do método estatístico de Kappa

Valor da estatística de Kappa	Nível do mapeamento
<0	Não existe Concordância
0 – 0,20	Concordância Mínima
0,21 – 0,40	Concordância Razoável
0,41 – 0,60	Concordância Moderada
0,61 – 0,80	Concordância Substantial
0,81 – 1,0	Concordância Perfeita

Fonte: Landis; Koch (1977).

Já o segundo método estatístico empregado, o índice de exatidão Global, foi calculado dividindo a soma da diagonal principal da matriz de erros x_{ii} , pelo número total de amostras coletadas n (Zanetti; Braga; Duarte, 2017), como mostra a equação 3.

$$G = \frac{\sum_{i=1}^c x_{ii}}{n} \quad (3).$$

Em que: G é o Índice de Exatidão Global; X_{ii} representa as observações na linha i e coluna i ; n é o Número de observações (pontos amostrais);

Segundo Castro e Santos (2015) e Castro, Araújo e Santos (2019), diferentes tipos de uso das terras poderão contribuir com o processo de acúmulo de sais nos solos, com destaque para as áreas irrigadas por nem sempre apresentarem manejos adequados de água e solo. De acordo com Ayers e Westcot (1991), Pedrotti *et al.* (2015), Holanda *et al.* (2016), Li e Kang

(2020) e Shahrokhnia e Wu (2021) é indispensável o manejo adequado da irrigação para o desenvolvimento da agricultura irrigada e atendimento a demanda crescente por alimentos.

Também, deve-se ressaltar que os demais tipos de uso das terras têm suas contribuições ao processo de acúmulo de sais. A prática inicial realizada na maioria das propriedades com a retirada da vegetação natural para implantação de atividades agropecuárias, que é o desmatamento acompanhado de queimadas, favorece o processo erosivo das camadas superficiais dos solos que podem estar com sais e serem depositados em outras áreas e, também, dificultando o processo de infiltração das águas que realizaria a lavagem das camadas superficiais (Tirabadi; Banihabid; Randhir, 2021).

- Calibração e Validação do modelo de susceptibilidade ambiental ao acúmulo de sais: O modelo de susceptibilidade ambiental utilizado foi baseado na proposta metodológica presente nos estudos de susceptibilidade à salinização dos solos Castro e Santos (2015), Castro, Araújo e Santos (2019). Porém, o quantitativo de atributos representando os sistemas ambientais foram apenas três e cinco nas pesquisas, respectivamente. Acrescenta-se que nos citados estudos o modelo não foi submetido aos processos de calibração e validação.

Primeiro, cada classe interna de todos os atributos receberam uma nota que variou de 1 a 5 (Quadro 5), e no decorrer do processo de calibração houveram alterações das notas e dos pesos (1 a 3) em busca das melhores aproximações entre a susceptibilidade estimada e a observada (Apêndice 1).

Quadro 5: Classificação dos níveis de intensidade da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos

Classe (qualitativa)	Classe (numérica)
Muito baixa	1
Baixa	2
Média	3
Alta	4
Muito Alta	5

Fonte: autora, 2020.

O resultado da equação 1 (equação de susceptibilidade climática à salinização dos solos) precisou passar pelo processo de normalização, porque como visto no quadro 5, as notas variam de 1 a 5, para isso os resultados foram normalizados utilizando a equação 4 de Britto e Almeida (2023).

$$X_{norm} = \frac{(X - X_{min})}{X_{max} - X_{min}} \quad (4).$$

Em que: X_{norm} é o valor normalizado correspondente ao original; X é o valor a ser normalizado; X_{min} é o valor mínimo entre os demais e X_{max} representa o valor máximo entre os demais.

De posse do mapeamento dos sete atributos individuais, foram realizadas visitas a campo para definição da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos de acordo com as características observadas *in lócus* e, com o auxílio dos mapeamentos. Tais pontos de coletas foram realizadas para contemplar diferentes litótipos (base litológica da CPRM verificada em campo), classes de susceptibilidade climática (base do INMET verificada em campo), declividades do relevo, hierarquização dos canais fluviais, diferentes níveis de CE das águas de barragens e, em áreas também utilizadas para irrigação dos poços artesianos, classes de solos, uso e cobertura das terras.

Estes pontos de verificação foram selecionados com uso do método estatístico de amostragem Hipercubo Latino Condicionado (cLHS), o qual, a partir de covariáveis ambientais selecionam pontos, os quais levam em consideração todas as possibilidades de cruzamento envolvendo as covariáveis. Neste sentido, a amostragem por Hipercubo Latino Condicionado tem como objetivo produzir amostras de forma esparsas para uma distribuição mais uniforme seja obtida (Santos, 2014).

Em laboratório, juntamente com os resultados das análises químicas realizadas nas amostras de solos, foram selecionados 25 pontos para calibração com base nos índices de Nashi e Sutcliffe (1970), Índice de Exatidão Global e o R^2 . Após a realização da calibração passou-se ao processo de validação com informações de vinte e dois pontos diferentes dos utilizados no processo de calibração.

O índice de Nashi e Sutcliffe (1970), realizado como mostra a equação 5:

$$E_{NS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (5).$$

Em que: O_i e P_i representa valores observados e estimados, respectivamente; \bar{O} representa a média dos valores observados; n representa número de observações durante o período simulado.

Após realização da calibração e, validação do modelo foi selecionada a simulação 37 apresentada na equação 6 para modelagem da Susceptibilidade Ambiental à Salinização dos Solos (SAS_S):

$$SAS_S = \frac{[SCS_S + R + (CF \times 2) + A + (S \times 2) + (UT \times 2)]}{6} \quad (6).$$

Em que: SCS_S é o atributo Clima; R representa o atributo Relevo (declividade); CF são os Canais Fluviais (hierarquização fluvial); A representa o atributo Água; S é o atributo Solos e UT representa o atributo Uso e cobertura das terras.

O resultado da equação 6 foi a carta de susceptibilidade ambiental à salinização dos solos da sub-bacia do Riacho do Pontal com normalização dos níveis de susceptibilidade ambiental de acordo com o quadro 5, estruturada sobre a equação 4. Todas as etapas de mapeamento foram realizadas através das ferramentas de geoprocessamento com auxílio do *software* ARCGIS 10.4, versão demonstrativa.

3.2.2 Carta de Vulnerabilidade Socioambiental à salinização dos solos

Para realização do mapeamento da vulnerabilidade Socioambiental das populações rurais frente a susceptibilidade ambiental à salinização dos solos locais (Figura 2), foram levantadas informações sobre acesso da população local às informações referente ao manejo agrícola, práticas e ações de Extensão rural, renda familiar e, acesso a infraestrutura de produção agrícola, as quais serão analisadas individualmente e, depois em conjunto com o diagnóstico da susceptibilidade ambiental à salinização.

- **Atributo de Acesso à Informação e Extensão Rural (AIER):** o acesso à informação foi analisado a partir dos níveis de escolaridade da população local e o acesso à extensão rural a partir dos dados de investimento realizados com esse objetivo pelo IPA (Instituto Agrônomo de Pernambuco).

Por que tais informações são importantes para análise da vulnerabilidade social de uma população ao processo de salinização dos solos? Parte da ideia que nas comunidades os indivíduos que possuem maiores níveis de escolaridade terão maiores possibilidades de acesso a conhecimentos técnicos de manejo dos solos e água de suas propriedades para evitar o desenvolvimento do acúmulo de sais. A segunda parte, com relação à extensão rural, seria a disponibilização de educação não formal à população, contribuindo para elevação da qualidade da produção, de vida das famílias rurais e conservação dos elementos dos sistemas físicos naturais.

Os dados de escolaridade foram consultados do banco de dados do censo de 2010 do IBGE. As informações foram organizadas em quatro níveis de escolaridade, sendo: sem instrução e fundamental incompleto, apenas fundamental completo, apenas médio completo, e superior completo. As notas foram atribuídas individualmente, para cada município e por cada nível de escolaridade, depois, essas notas foram somadas e divididas pelos níveis de escolaridade para definição das notas. Quanto mais pessoas com baixos níveis de escolaridade, maior a vulnerabilidade dessa população.

Os dados de extensão rural apresentados pelo IPA dos últimos dez anos (2013 – 2022) tiveram três objetivos de atendimentos escolhidos por estarem ligados diretamente ao manejo dos solos e da água. Foram eles: apoio à conservação e manejo dos recursos naturais, fomento à atividade agropecuária e ao fortalecimento da agricultura familiar, da agroecologia e da produção orgânica, e ampliação do acesso à água para famílias do meio rural. As notas foram atribuídas por objetivo, quanto maior o investimento, menor a vulnerabilidade das comunidades rurais aos processos de salinização dos solos.

- **Atributo Econômico (AE):** para avaliação da situação econômica das famílias rurais inseridas na sub-bacia foram utilizadas informações referentes à renda média familiar e ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). Para isso, foram consultadas por setores censitários, a base de dados do IBGE referentes ao censo de 2010. Quanto ao financiamento pelo PRONAF foi consultado no site do Banco Central do Brasil.

Os dados de renda familiar foram consultados pelo banco de dados do censo de 2010 do IBGE. Os dados, por setores censitários foram organizados em cinco classes de renda, sendo: setores censitários com predominância de renda até 25% de um salário mínimo; setores com predominância de renda entre 25% a 1 salário mínimo; setores com predominância de renda entre 1 a 3 salários mínimos; setores com predominância de renda entre 3 a 10 salário mínimo; e setores com predominância de renda acima de 10 salários mínimo. As notas foram atribuídas individualmente para cada setor censitário. Quanto menor a renda, maior a vulnerabilidade empregada para este atributo.

As notas para os investimentos de extensão rural foram baseadas nas informações referentes aos investimentos realizados a partir do PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), que tem como objetivo promover o desenvolvimento rural, a partir da redução das desigualdades, a inclusão socioeconômica dos agricultores familiares em toda sua diversidade e a segurança alimentar de toda a população (BRASIL, 2018). Assim, como a meta de tal programa está centrada no desenvolvimento rural e o público

alvo são os agricultores familiares, verificou-se a importância desses recursos para ações de manejo dos solos e água, e conseqüentemente para o enfrentamento de problemas advindos do processo de salinização dos solos.

Neste contexto, foram atribuídas nota por cada objetivo de financiamento do PRONAF, sendo eles: apoio à conservação e manejo dos recursos naturais; fomento à atividade agropecuária e ao fortalecimento da agricultura familiar, da agroecologia e da produção orgânica; e ampliação do acesso a água para famílias do meio rural. Quanto maior o investimento menor a vulnerabilidade para este atributo.

A renda familiar, junto com o financiamento voltado para realização de investimentos rurais, são importantes informações para análise da vulnerabilidade social à salinização, visto que, quanto maior a renda familiar e acesso a financiamentos, maiores são as possibilidades de cada família em lidar com o problema da salinização através de: compra de equipamentos adequados a irrigação; aquisição de produtos químicos destinados ao processo de retirada dos sais dos solos, pagamentos por informações técnicas com profissionais como agrônomos ou técnicos em agricultura, entre outros.

- **Atributo de acesso a infraestruturas de produção agrícola (AIPA):** nesse caso foram consideradas as políticas de construção de poços artesianos que facilitam o acesso a água subterrânea das comunidades rurais na região. No entanto, essa alternativa possibilita acesso, na maioria dos casos, a água com altos valores de sais. A alternativa para melhor qualidade da água e retirada dos sais são os dessalinizadores, também, considerados no presente estudo.

Quanto às políticas de construções de poços artesianos, as informações foram obtidas junto às prefeituras dos quatro municípios que a sub-bacia hidrográfica abrange (Petrolina; Afrânio; Dormentes; e Lagoa Grande) e do banco de dados da CPRM. A utilização do atributo acesso às políticas de construções de poços é importante, porque segundo Cosme *et al.* (2018), boa parte das águas subterrâneas apresentam de médio a elevadas concentrações de sais. Sendo aplicadas aos solos através da irrigação, essas águas podem contribuir com o processo de salinização, assim foram considerados na interpolação (*Inverse Distance Weighting*) juntos com a presença dos dessalinizadores.

As informações de acesso aos dessalinizadores foram oriundas na Base de Dados do Governo do Estado de Pernambuco (BDE). Quanto maior o número de dessalinizadores de água nas comunidades rurais menores as aplicações de água de baixa qualidade, ou seja, com presença de sais, sendo as notas atribuídas por município. Em relação a concentração de poços,

todos eles apresentam concentrações de sais, neste contexto, quanto maior a concentração de poços artesianos, maior a vulnerabilidade das populações locais.

Também, foram analisadas presenças ou não de sistemas de drenagem nas áreas já ocupadas e em processo de implantação da agricultura irrigada de acordo com dados disponibilizados pela CODEVASF. As notas para sistemas de drenagem foram atribuídas por áreas (perímetros) irrigados.

Para cada classe interna de cada atributo foi atribuída uma nota, como retratado no Quadro 5, as quais foram empregadas no cruzamento dos dados através da técnica de álgebra de mapas para obtenção da vulnerabilidade social (VS) de acordo com a equação 7:

$$VS = \left(\frac{AIER + AE + AIPA}{3} \right) \quad (7).$$

Em que: *AIER* representa o atributo de acesso à informação e formações rurais; *AE* é o atributo econômico e o *AIPA* é o atributo de acesso a infraestruturas de produção agrícola.

De posse do resultado da equação 6 e da equação 7, tais informações foram utilizados na aplicação de Vulnerabilidade Socioambiental à salinização dos solos (VSS_S) representada pela equação 8. Em sequência, as notas aferidas para cada classe de atributo social foram cruzadas junto com as notas de cada classe de susceptibilidade ambiental para obtenção das classes de vulnerabilidade Socioambiental à salinização dos solos. Este método é bastante utilizado em estudos que trabalham com cruzamentos de dados numéricos. A exemplo do estudo de susceptibilidade e vulnerabilidade socioambiental de Crepani *et al.* (2008), o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do PNUD (1993; 2003) e Santos (2015), estes últimos com fórmula matemática adaptada.

$$VSS_S = \left(\frac{SAS_S + VS}{2} \right) \quad (8).$$

Em que: SAS_S representa a Susceptibilidade Ambiental à Salinização dos Solos e *VS* representa a Vulnerabilidade Social.

O resultado da aplicação da equação 8 foi a carta de vulnerabilidade socioambiental da população da sub-bacia do Riacho do Pontal para a salinização dos solos. O mapeamento apresenta os resultados de acordo com os seguintes níveis de vulnerabilidade socioambiental: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa, como apresentado no quadro 5. Todas as etapas de

mapeamento, exceto a classificação por objeto do uso e cobertura das terras já apresentada anteriormente, foram realizadas através das ferramentas de geoprocessamento com auxílio do *software* ARCGIS 10.4 versão demonstrativa.

4 SUSCEPTIBILIDADE AMBIENTAL AO PROCESSO DE ACÚMULO DE SAIS DA SUB-BACIA DO RIACHO DO PONTAL - SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

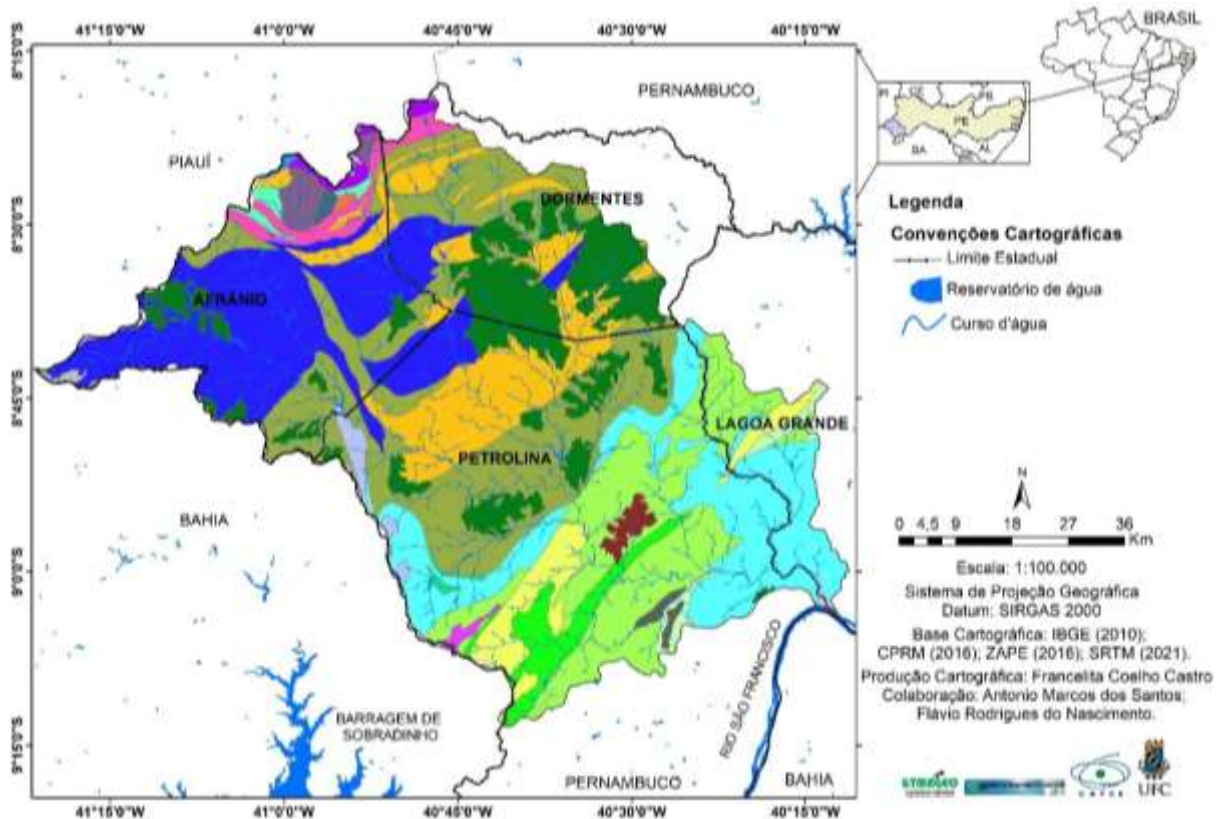
4.1 Classificação dos atributos para susceptibilidade à salinização dos solos

4.1.1 Atributo Litologia

A litologia da área de estudo apresentou vinte e três classes – litotipos diferentes (Figura 3). Para avaliação da contribuição desse atributo ao processo de salinização dos solos foi levado em consideração as características quanto à composição química, dureza e porosidade.

A contribuição da litologia para o processo de acúmulo de sais no semiárido brasileiro está diretamente conectada com a pouca profundidade da maioria dos solos e a alta saturação por bases que são originárias da intemperização das rochas (Lepsch, 2011). Em estudo desenvolvido nos EUA, Whitney *et al.* (2018) afirmam que as características da litologia é um entre a multiplicidade de fatores contribuintes para o acúmulo de sais nos solos. E em estudo desenvolvido por Naimi *et al.* (2021) na província de Fars no Irã foi constatado que as maiores concentrações de sais correspondem com o mapa litológico, coincidindo com uma formação geológica com alta concentração de sais.

Figura 3: Carta dos litotipos geológicos da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2021.

Legenda				
Litotipo Geológico				
Códigos	Notas*	Notas**	Cores	Litotipos
C1	3	3		Cianita - Estaurolita - Granada micaxisto
C2	3	3		Cordierita - Cianita - Estaurolita - Muscovita - Quartzo - Xisto e Quartzito
C3	4	4		Anfibólio-biotita sienito, quartzo-sienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos
C4	1	2		Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado
C5	5	5		Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino
C6	5	5		Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso
C7	1	1		Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados
C8	5	4		Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos
C9	3	4		Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassilito, Muscovita xisto
C10	5	4		Granada-biotita ortognaisse, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb
C11	5	4		Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos
C12	2	2		Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados
C13	5	4		Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos
C14	3	4		Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto
C15	3	4		Metamafito xistificado, quartzito, metachert e metaultramafito
C16	2	3		Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito.
C17	4	4		Micaxisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica
C18	3	4		Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada
C19	5	5		Mármore
C20	3	3		Níveis de muscovita quartzito
C21	3	3		Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais
C22	3	3		Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais
C23	1	1		Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado

Fonte: autora, 2021.

Analisando a partir da combinação de “Notas*”, observa-se que dos vinte e três litotipos da área de estudo, sete deles (C5; C6; C8; C10; C11; C13; C19) foram classificados com muito alta (nota 5) susceptibilidade ao processo de salinização dos solos. Tais litotipos apresentam

características químicas que favorece o acúmulo de sais, como os sienogranítico com presença de feldspato alcalino, hastingsita com presença de sódio em sua composição, granodiorito com presença de potássio e feldspato, sienito rico em feldspato alcalino.

Quanto a dureza varia de 7 a 2 na escala de dureza de Mohs que pode ir de 1 a 10. A porosidade <15%, conseqüentemente somado a composição química das rochas mantiveram as classificações das mesmas como muito alta susceptibilidade ao processo de salinização dos solos. Essas características foram analisadas considerando que a dureza facilita ou dificulta o intemperismo e a porosidade auxilia na drenagem e lavagem dos materiais geológicos e solos, não contribuindo para o acúmulo de água.

Os litotipos C8, C10, C11, e C13 tiveram a classificação quanto à salinização dos solos alterada para alta (nota 4) susceptibilidade na segunda combinação de notas, na tentativa de calibração do modelo por apresentarem melhores condições de dureza do que os demais litotipos anteriormente classificados com muito alta (nota 5) susceptibilidade ao processo de salinização dos solos.

Seguindo a análise a partir da combinação de “Notas*”, os outros litotipos foram distribuídos quanto a contribuição a salinização dos solos da seguinte forma: dois litotipos com alta (nota 4) susceptibilidade (C3; C17); nove litotipos com média (nota 3) susceptibilidade (C1; C2; C9; C14; C15; C18; C20; C21; C22); dois litotipos com baixa (nota 2) susceptibilidade (C12; C16); e três litotipos com muito baixa (nota 1) susceptibilidade (C4; C7; C23). As classes de menor contribuição a salinização são caracterizadas com alta porosidade e composição química sem a presença de materiais alcalinos ou sais, como por exemplo o C7 que é os Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semi consolidados e inconsolidados.

Na segunda combinação de notas “Notas**” tais litotipos foram classificados da seguinte forma: os C3 e C17 continuaram com alta (nota 4) susceptibilidade; os litotipos C9, C14, C15, C18 passaram de média (nota 3) para alta (nota 4) susceptibilidade porque apresentam baixa porosidade. O C16 passou de baixa (nota 2) susceptibilidade à salinização para média (nota 3) por apresentar também baixa porosidade. E por último apenas o litotipo C4 passou de muito baixa (nota 1) susceptibilidade para baixa (nota 2) justificada pela característica de dureza.

Quanto ao peso do atributo litologia nas simulações de calibração do modelo de susceptibilidade ambiental à salinização, não foi realizado alterações apresentando em todas peso 1 (Apêndice A), visto que, a litologia é um atributo que necessita de todo um processo de

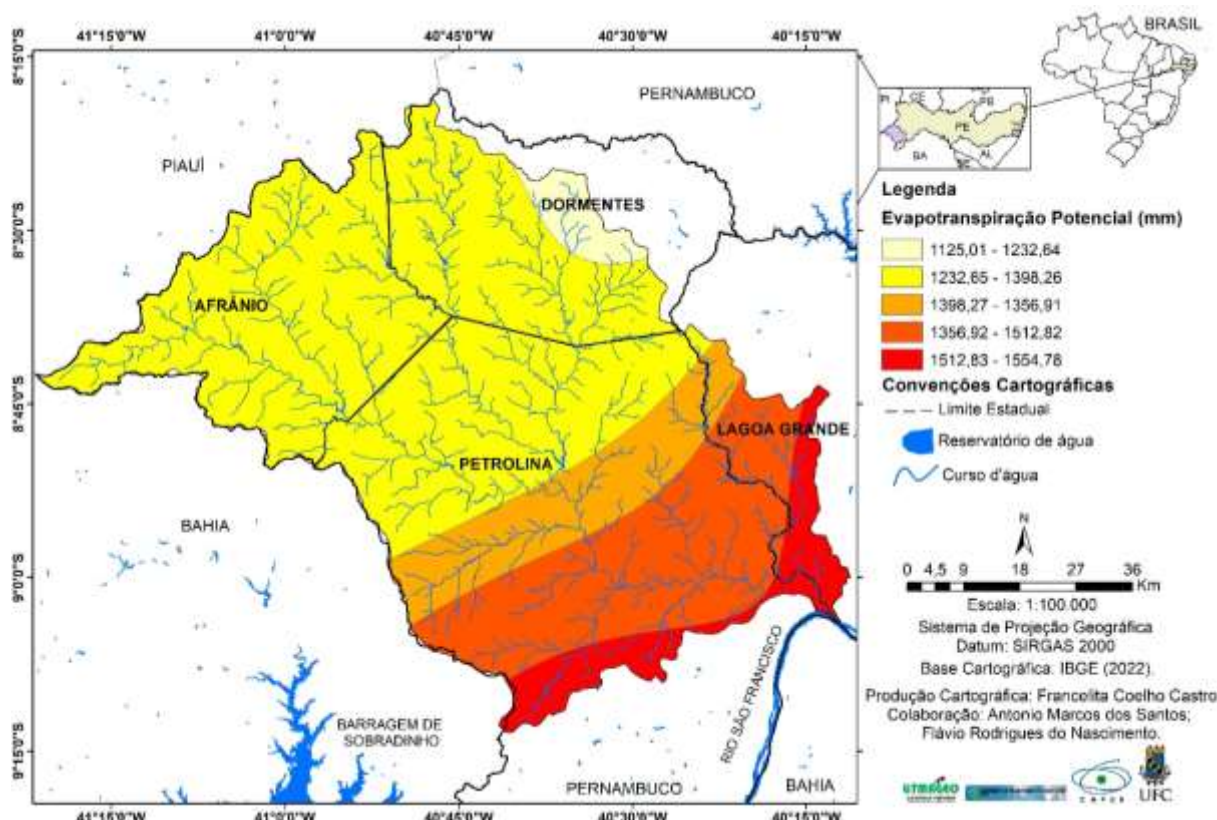
intemperismo e transporte desses sais a superfície, visto como influência indireta ao acúmulo de sais.

4.1.2 Atributo Clima

Para análise da contribuição do atributo climático ao processo de salinização na área de estudo foram considerados os seguintes elementos climáticos: temperatura do ar, precipitação pluviométrica e a evapotranspiração potencial.

A distribuição das taxas de evapotranspiração potencial na área de estudo varia entre 109,5 e 126,3mm (Figura 4). As áreas com as maiores taxas de perda de umidade por evapotranspiração na sub-bacia do Riacho do Pontal estão sobre os municípios de Petrolina e Lagoa Grande, áreas essas em que as temperaturas médias do ar são maiores variando entre 25,48 a 25,73°C (Figura 5). São áreas ocupadas em parte pela agricultura irrigada que utiliza água do Rio São Francisco. Os menores valores para evapotranspiração potencial (1125,01 a 1232,64mm) estão no município de Dormentes, ao norte da sub-bacia. Nessa área a temperatura média do ar varia entre 24,32 a 24,78°C.

Figura 4: Carta de evapotranspiração potencial média anual da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2021.

De acordo com Vasconcelos (2014), Pedrotti *et al.* (2015), Ribeiro, Ribeiro Filho e Jacomine (2016) e Ma *et al.* (2017) a evapotranspiração é um dos principais fatores de contribuição para o processo de acúmulo de sais nos solos. Ainda segundo os autores, as altas taxas de evapotranspiração auxiliam no transporte dos sais originários de materiais primários (atributo litologia) do interior do solo por efeito de capilaridade até a superfície ou área radicular das plantas.

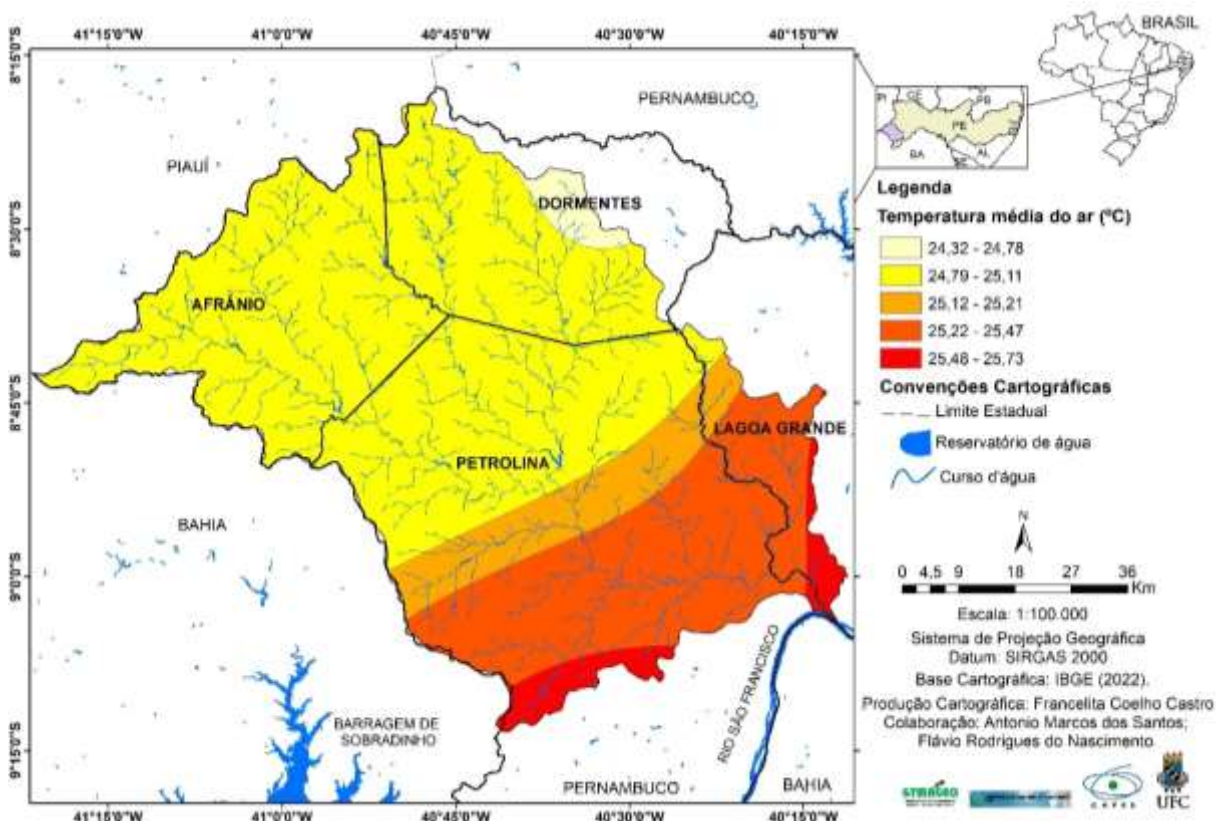
Neste contexto, a classe de evapotranspiração potencial entre 1125,01 – 1232,64mm recebeu nota 1, muito baixa susceptibilidade, a classe de 1232,65 – 1398,26mm recebeu nota 2, baixa susceptibilidade, a classe de 1398,27 – 1356,91mm, recebeu nota 3, média susceptibilidade, a classe de 1356,92 – 1512,82mm recebeu nota 4, alta susceptibilidade, e a classe 1512,83 – 1554,78mm recebeu nota 5, muito alta susceptibilidade à salinização dos solos.

Já a temperatura média do ar, além de contribuir na evapotranspiração potencial colabora no processo de solubilidade dos sais em água, mecanismo que corresponde a capacidade de um solvente de dissolver em um soluto contribuindo para dissolução de sais nos solos (Ferreira, Silva e Ruiz, 2016). Ou seja, quanto maior a temperatura maior a capacidade de dissolução dos sais nos solos.

A figura 5 apresenta a distribuição da temperatura na sub-bacia. Observa-se que as maiores temperaturas estão ao sul, coincidindo com o relevo mais baixo. As menores temperaturas estão concentradas na região central e, ao norte da área de estudo com valores variando entre 25,11 a 24,32°C. Observa-se que as maiores contribuições das temperaturas para salinização dos solos estão da região central ao sul da sub-bacia analisada (25,12 a 25,73°C).

Sendo assim, a classe de temperatura média anual do ar entre 24,32 – 24,78°C recebeu nota 1, muito baixa susceptibilidade, a classe de 24,79 – 25,11°C recebeu nota 2, baixa susceptibilidade, a classe de 25,12 – 25,21°C recebeu nota 3, média susceptibilidade, a classe de 25,22 – 25,47°C recebeu nota 4, alta susceptibilidade, e a classe 25,48 – 25,73°C recebeu nota 5, muito alta susceptibilidade à salinização dos solos.

Figura 5: Carta de temperatura média anual do ar da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



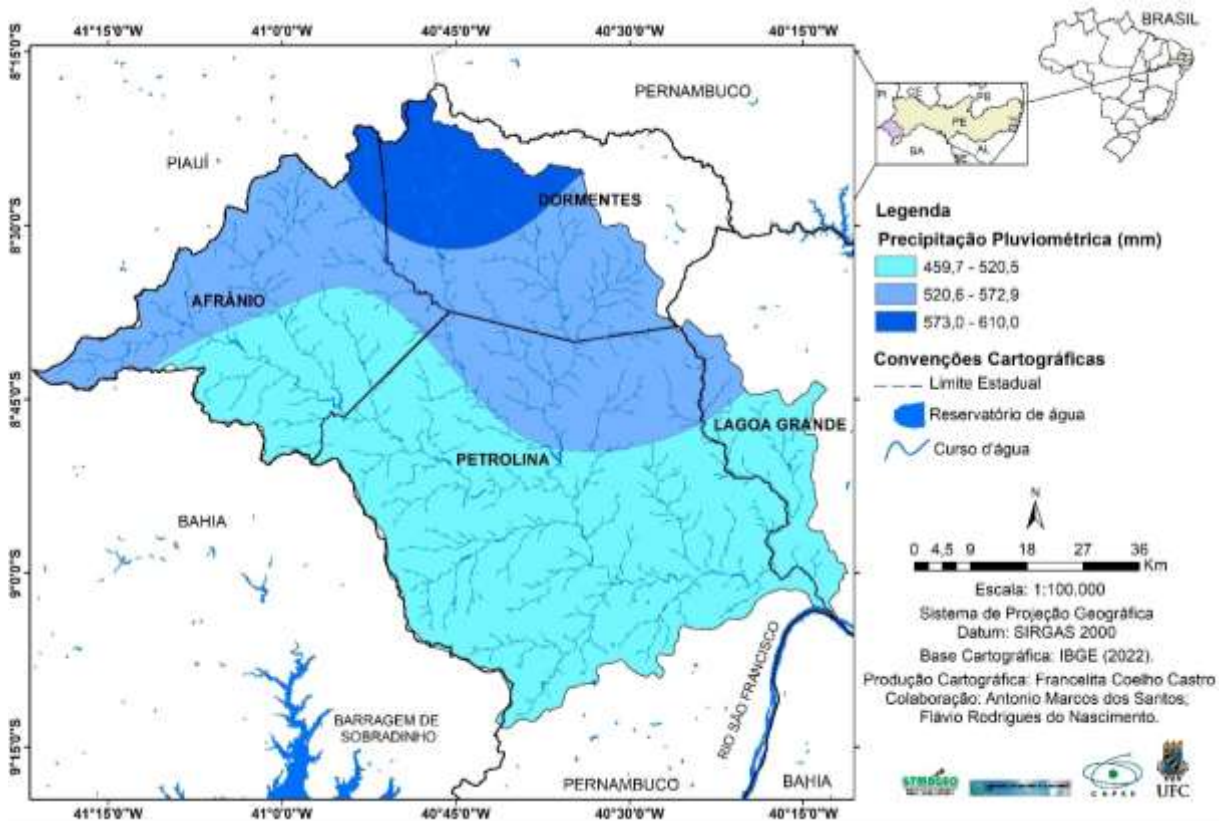
Fonte: autora, 2021.

De acordo com Pedrotti *et al.* (2015); Ribeiro, Ribeiro Filho e Jacomine (2016) e Whitney *et al.* (2018) o déficit hídrico (redução das chuvas) contribui para o desenvolvimento da salinização dos solos de duas formas, uma direta ao não proporcionar a lavagem dos sais das camadas superiores para outras áreas mais baixas, para camadas profundas dos solos ou para os oceanos. E de forma indireta ao induzir o ser humano na implantação de irrigação para produção

agrícola, prática essa que quando não realizada de forma adequada às características dos solos e dos cultivos, também favorecem a salinização.

Neste contexto, a precipitação pluviométrica também está presente na análise, no entanto, nesse caso as maiores contribuições aos acúmulos de sais estão para áreas com as menores taxas pluviométricas. A figura 6 apresenta a distribuição da precipitação pluviométrica na sub-bacia de estudo. Observa-se que os maiores volumes de chuvas estão concentrados no extremo norte da sub-bacia, região com as maiores altitudes o que facilita o processo de formação de nuvens e, conseqüentemente, chuvas orográficas na região.

Figura 6: Carta de precipitação pluviométrica média anual da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2021.

Quanto às notas de precipitação pluviométrica média anual da sub-bacia do Riacho do Pontal, a mesma apresenta apenas três classes com intervalos de 573,0 - 610,0mm o qual foi atribuído nota 2, baixa susceptibilidade, de 520,6 - 572,9mm atribuído nota 3, média susceptibilidade, e de 459,7 - 520,5mm atribuído nota 4, alta susceptibilidade à salinização dos solos.

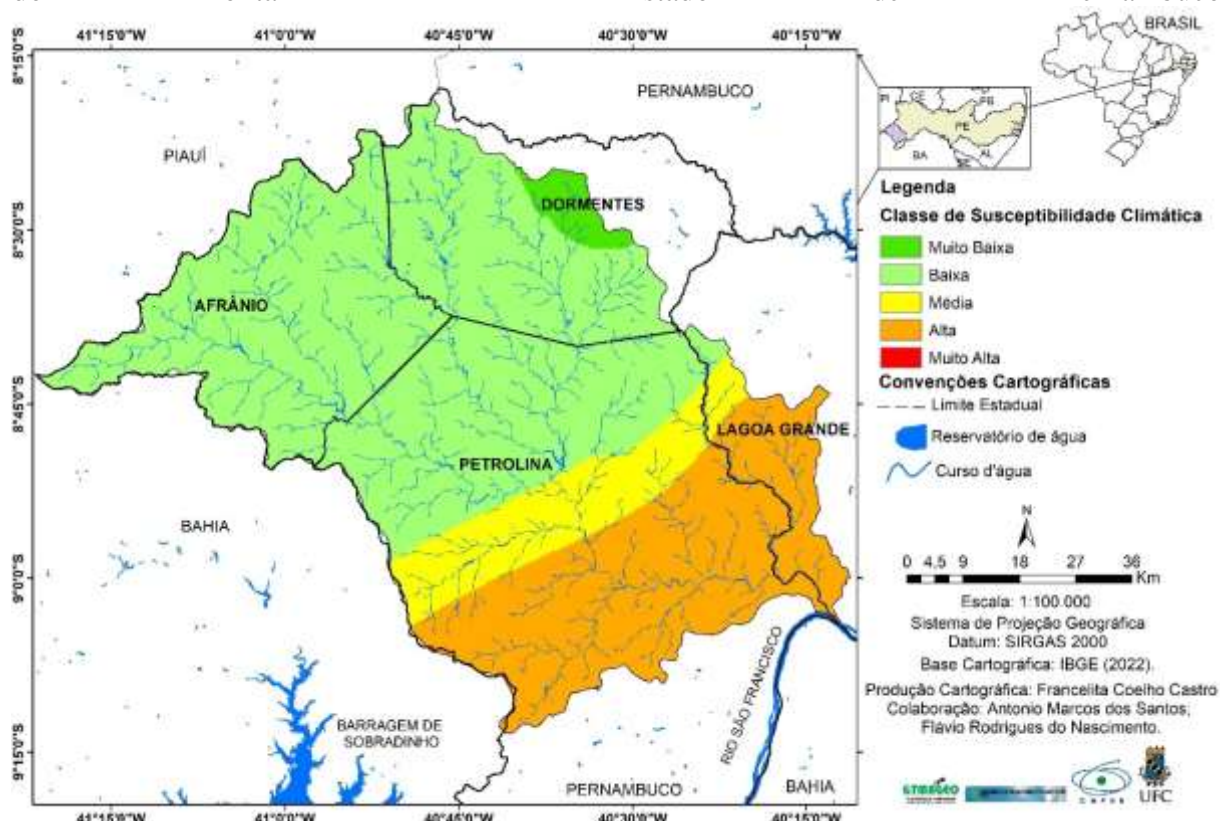
Ao cruzar os elementos climáticos evapotranspiração potencial média anual, temperatura média anual do ar e a precipitação pluviométrica média anual, originou-se a carta

de susceptibilidade climática ao processo de salinização dos solos (Figura 7). Tal carta aponta, não existir áreas classificadas com muita alta susceptibilidade climática à salinização na sub-bacia de estudo. A concentração da segunda classe de maior contribuição ao processo de acúmulo de sais (alta susceptibilidade) está presente no extremo sul da sub-bacia.

Tal área apresenta os maiores valores para evapotranspiração potencial e temperatura do ar e os menores volumes de chuva, combinação que favorece as maiores contribuições climáticas à salinização dos solos. Pois, a evapotranspiração auxilia no transporte por capilaridade dos sais presentes nas camadas mais profundas dos solos para as camadas superficiais, as altas temperaturas auxilia para maiores dissoluções dos sais nos solos e as menores taxas pluviométricas não auxilia no processo de lavagem desses sais para camadas mais profundas ou para outras áreas, ou até canais e/ou rios e conseqüentemente os oceanos quando se amplia a escala. Tal área é a maior área de exploração com agricultura irrigada e também é por onde se avança no aumento dos perímetros irrigados sobre a sub-bacia de estudo.

E quanto ao peso do atributo clima nas simulações de calibração e validação do modelo de susceptibilidade ambiental à salinização, não foi realizado alterações apresentando em todas peso 1 (Apêndice A), visto que, o clima não apresenta uma contribuição direta ao processo de acúmulo de sais.

Figura 7: Carta de susceptibilidade climática à salinização da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2021.

Uma pequena área, no extremo norte da sub-bacia, foi classificada com muito baixa susceptibilidade climática (Figura 7), influenciada pelas altas pluviosidades, baixas temperaturas do ar e evapotranspiração potencial. Circundada por uma grande área classificada com baixa susceptibilidade que abrange da área central ao norte da sub-bacia de estudo. São locais em que o potencial climático favorece maiores lixiviações dos solos, baixas dissoluções e acúmulo de sais sobre a superfície dos solos. Tal área, tem foco na produção de agricultura de sequeiro, pastagem com criação de ovinos e caprinos e áreas pontuais de agricultura irrigada com água de poços artesianos.

4.1.3 Atributo Relevo (Declividade)

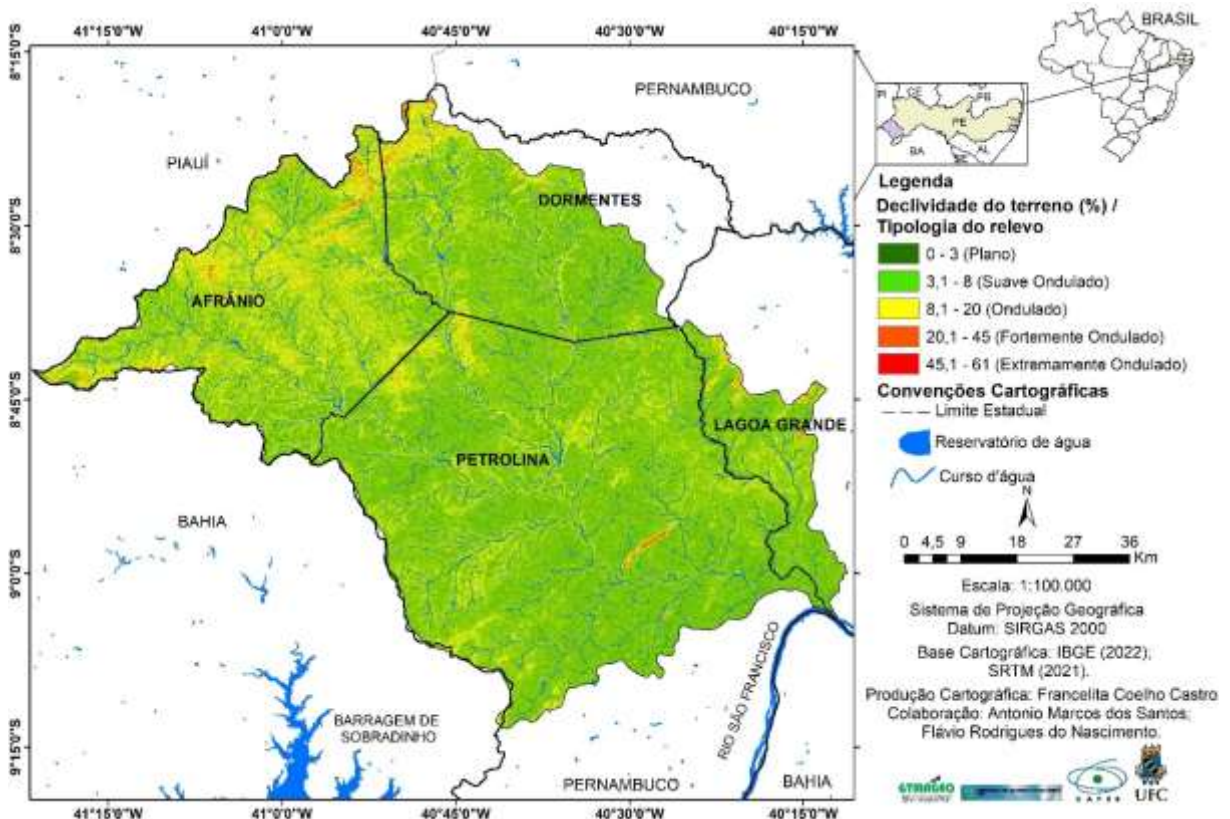
De acordo com Ribeiro, Ribeiro Filho e Jacomine (2016) o relevo (Declividade) apresenta real potencial de contribuição ao processo de salinização dos solos. Os sais provenientes das áreas circunvizinhas mais elevadas são transportados por gravidade para as áreas rebaixadas, planas e sopés de encostas. Nessas áreas, o reduzido escoamento superficial

contribui para concentração de sais sobre os solos. Tal transporte por gravidade também ocorre nas camadas subsuperficiais aflorando também nas áreas mais baixas e planas ou contribuindo com a concentração de sais nos lençóis freáticos que podem vir a perder profundidade com o aumento dos níveis de água dos lençóis freáticos.

A situação apontada anteriormente foi estudada por Hammecker *et al.* (2012) no nordeste da Tailândia e por Naimi *et al.* (2021) na província de Fars no Irã onde as áreas com baixas altitudes apresentam conteúdos superiores de sais nos solos em comparação com as áreas mais elevadas, ou seja, aquelas representadas pelo relevo com maiores ondulações. Os autores apontam como fatores de contribuição para o acúmulo de sais nas áreas planas a presença de lençol freático raso, também acontece maiores probabilidades de texturas arenosas nas áreas altas e maior acúmulo de argila e solos mal drenados nas áreas planas e baixas.

Baseada na metodologia de mapeamento da declividade do terreno e classificação do relevo da EMBRAPA (1979) a figura 8 apresenta a estrutura do relevo da sub-bacia do Riacho do Pontal. Observa-se que o relevo plano está presente em 17,59% da sub-bacia, suave ondulado (61,56%), ondulado (19,66%), fortemente ondulado (1,14%) e o extremamente ondulado compondo apenas 0,02% do ambiente de estudo.

Figura 8: Carta de declividade e tipologia do relevo da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2021.

Quanto à contribuição do relevo (Declividade) ao processo de acúmulo de sais sobre os solos, 17,59% da sub-bacia apresenta muito alta susceptibilidade, nota 5. Distribuindo as concentrações dessa classe do centro ao sul e nordeste da área de estudo. Isto por que, ocorre o predomínio do relevo plano com declividade variando de 0 a 3%, ou seja, nessas localidades o escoamento superficial da água apresenta maior lentidão em comparação das demais formas de relevo da sub-bacia, além de receber contribuições das áreas que o circunda.

A predominância do relevo plano da sub-bacia é resultante da mesma está inserida na Depressão Sertaneja. Segundo Jatobá, Lins e Silva (2014) compreende uma extensa área rebaixada, aplainada formada por superfície de erosão com trechos de relevos residuais constituídos por *inselbergs* com lineamentos associados às bases litológicas do cristalino.

As demais classes de declividade obtiveram notas ajustadas para calibração e validação do modelo nas diferentes simulações. Assim, o relevo suave ondulado apresenta alta (nota 4) e média (nota 3) susceptibilidade ao processo de salinização, a classe ondulada variou entre média (nota 3) e muito baixa (nota 1) susceptibilidade, fortemente ondulado variou de baixa (nota 2) e muito baixa (nota 1), e extremamente ondulado foi atribuída muito baixa (nota 1) susceptibilidade. Também apresentou ajuste no peso, variando de 1 a 2 (Apêndice A), por que tal atributo apresenta uma contribuição direta na espacialização dos sais nos sistemas hidrográficos.

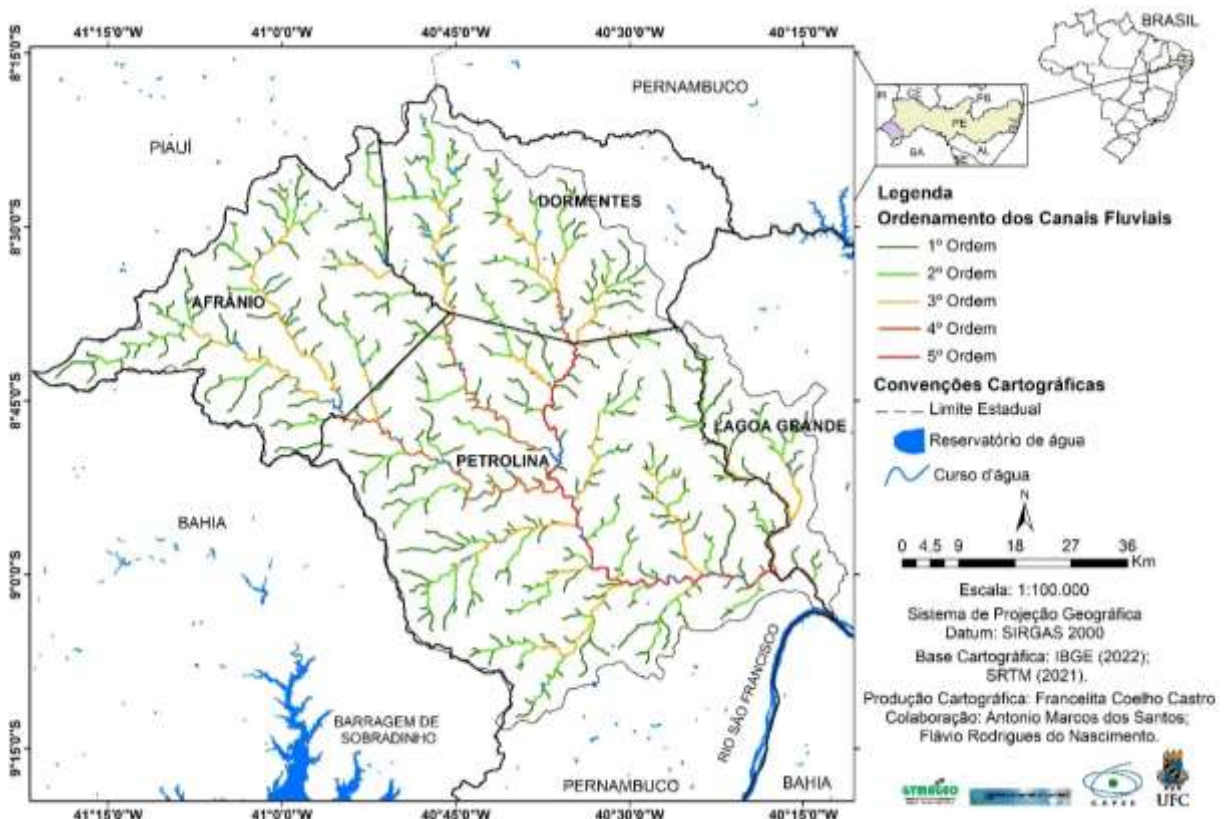
Predomina na sub-bacia do Riacho do Pontal a utilização das áreas mais planas para as atividades agropecuárias desenvolvidas e as áreas de maiores declividades são as áreas que apresentam conservação da vegetação natural, isso claramente ligada a profundidade e pedregosidade dos solos de cada unidade ambiental.

4.1.4 Atributo Canais Fluviais (hierarquização fluvial)

A sub-bacia do riacho do Pontal apresenta hierarquia fluvial de quinta ordem (Figura 9) de acordo com a classificação de Strahler *apud* Christofolletti (1980). Para Wang *et al.* (2018) em estudo realizado em bacias hidrográficas na China, constatou que o acúmulo de sais nas áreas de várzeas a jusante tinha origem nos solos a montante dos canais. Os autores também ressaltam que o transporte e distribuição dos sais em sistemas hidrográficos são realizados pela água subterrânea, e a água utilizada na irrigação, sendo um processo importante sob condições de pouca precipitação e alta evapotranspiração.

De acordo com Minhas, Yadav e Bali (2020) as regiões atingidas em grande escala por problemas de salinidade incluem partes de várias bacias hidrográficas como Amu e Syr Darya na Ásia Central, Eufrates na Ásia Ocidental, Planícies Indo-Gangéticas e bacia do Indo no Sul da Ásia, bacia Murray-Darling na Austrália, Rio Amarelo na China e vale de San Joaquin no Estados Unidos. Situações essas anteriormente citadas mostram a importância e o potencial dos canais de drenagem no transporte de sais sobre o sistema hidrográfico.

Figura 9: Carta de canais fluviais da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2021.

Os canais fluviais são áreas planas e baixas dos terrenos por onde escoam água e sedimentos, não apenas superficialmente, mas também nas camadas internas dos solos. Outro ponto considerado é a maior proximidade do lençol freático com as camadas superficiais dos solos. A sub-bacia do Riacho do Pontal apresenta canais efêmeros, que param o escoamento superficial logo após a chuva, e canais intermitentes, que acumulam água por algum período do ano.

A distribuição das notas de susceptibilidade à salinização para o atributo canais fluviais levou em consideração a ordem hierárquica dos canais. Os canais de ordens menores têm

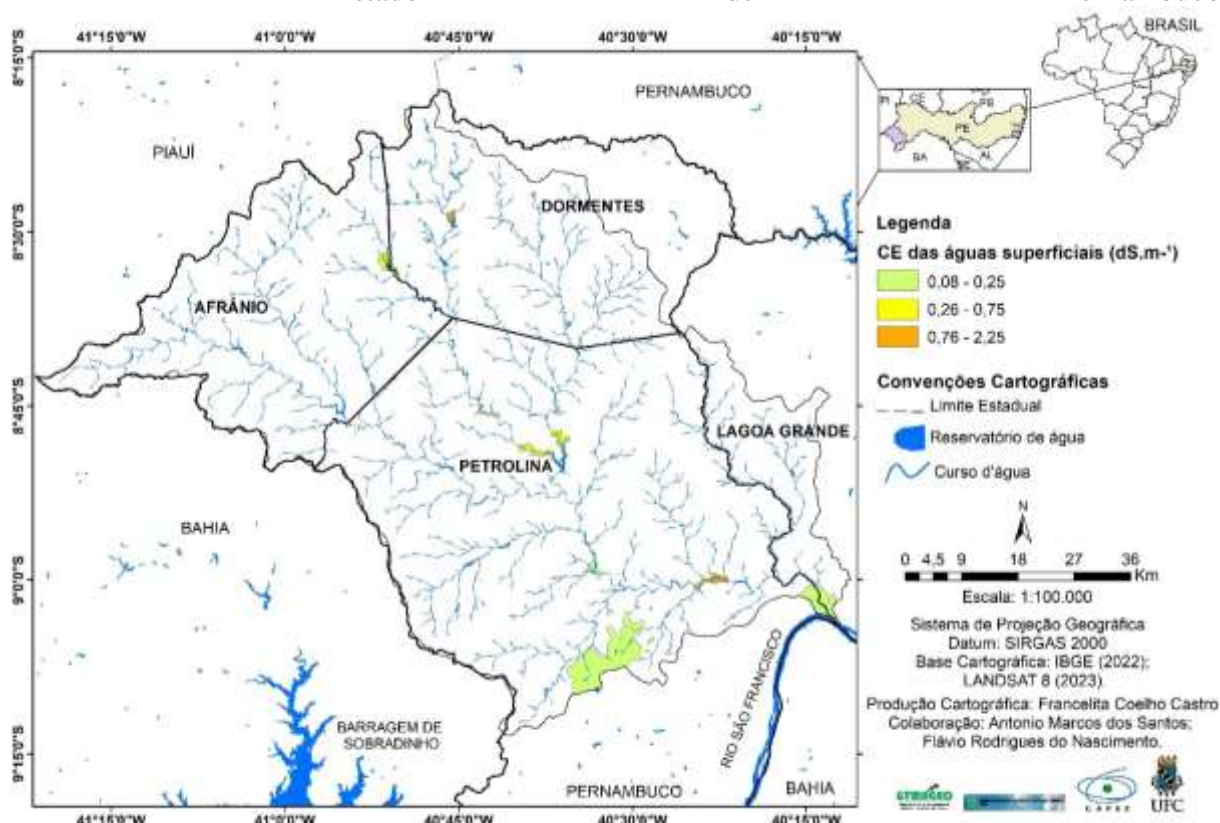
reduzidas possibilidades de acúmulo de água e circulação de sedimentos, enquanto os canais com ordem hierárquica maior apresentam características inversas. Assim, quanto maior for a hierarquia fluvial, maior será o acúmulo de sedimentos e sais nas áreas de várzeas desses canais.

As notas dos canais fluviais foram ajustadas para calibração e validação do modelo nas diferentes simulações. Os canais de primeira ordem foram classificados com muito baixa (nota 1) susceptibilidade à salinização. Os canais de segunda ordem foram classificados com muito baixa (nota 1) e baixa (nota 2) susceptibilidade em diferentes simulações. Os de terceira ordem foram atribuídos baixa (nota 2) e média (nota 3) susceptibilidade. Os canais de quarta ordem receberam alta (nota 4) e muito alta (nota 5) susceptibilidade, e os de quinta ordem foram classificados com muito alta (nota 5) susceptibilidade. Quanto ao peso, também houve ajustes, variando de 1 a 3 (Apêndice A), visto que os canais fluviais são apontados como áreas de maior acúmulo de sais numa bacia hidrográfica (Shahid; Zaman; Heng, 2018).

4.1.5 Atributo Água (Condutividade elétrica)

Para análise do atributo água foi considerado a CE das águas subterrâneas e superficiais que são ou podem ser utilizadas para aplicação em áreas com sistemas de irrigação, além do próprio perímetro de influência dos reservatórios superficiais. A Figura 10 apresenta a CE para as águas superficiais da sub-bacia de estudo. As áreas apontadas no mapa são as áreas dos perímetros de reservatórios superficiais analisados e as áreas com sistemas de irrigação utilizando água do Rio São Francisco.

Figura 10: Carta da CE das águas superficiais da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal Estado de Pernambuco



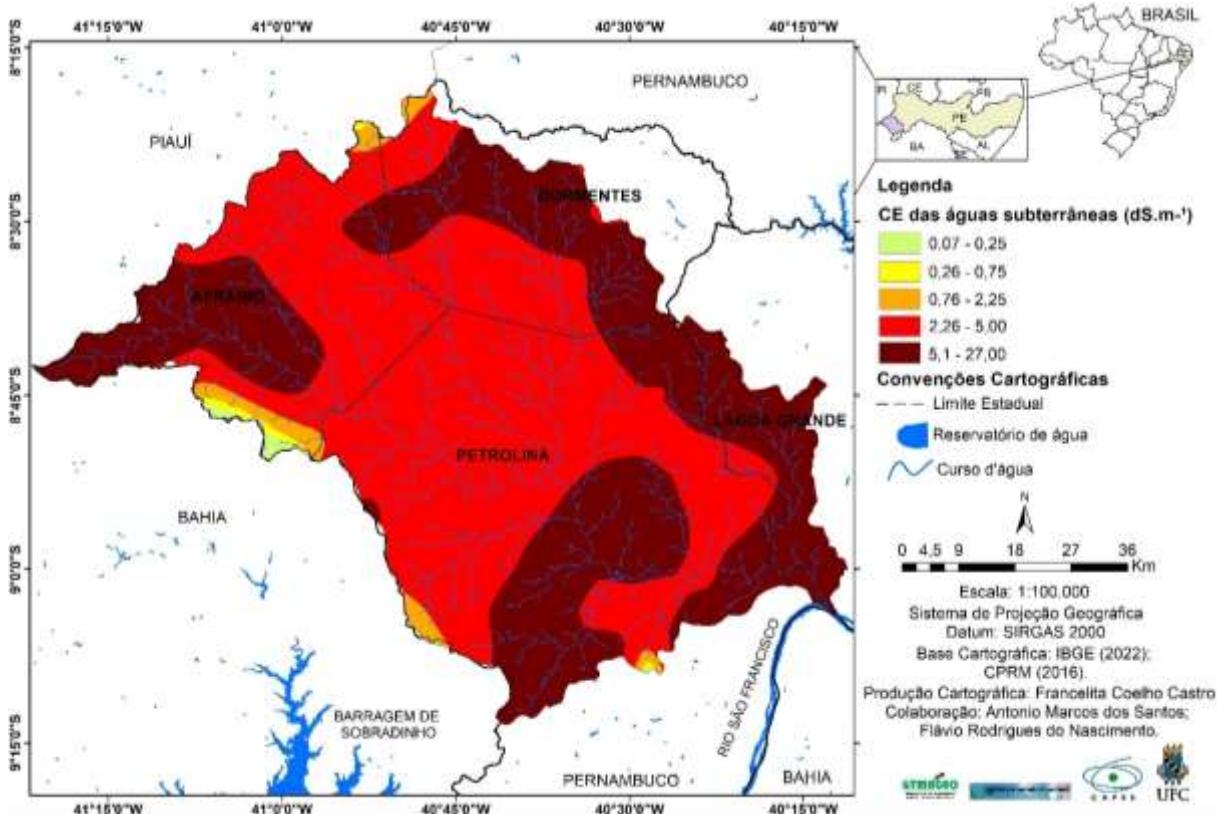
Fonte: autora, 2021.

As águas superficiais da área de estudo apresentam CE variando de 0,08 a 2,25 dS.m⁻¹. Assim, utilizando como base o trabalho de Richards (1954) água com CE <0,25 dS.m⁻¹ foi classificada como muito baixa (nota 1) susceptibilidade, 0,26 – 0,75 dS.m⁻¹ classificada como baixa (nota 2) susceptibilidade, 0,76 – 2,25 dS.m⁻¹ classificada como média (nota 3) susceptibilidade, 2,26 – 5,0 dS.m⁻¹ considerada como alta (nota 4) susceptibilidade, e >5,0 dS.m⁻¹ considerada como muito alta (nota 5) susceptibilidade à salinização. De acordo com os resultados apresentados anteriormente, as águas superficiais da área de estudo não apresentam alta e muito alta susceptibilidade à salinização dos solos.

A figura 11 apresenta a distribuição da CE das águas subterrâneas da sub-bacia de estudo, verificando uma variação de 0,07 a 27dS.m⁻¹. Assim, a classificação das classes quanto a susceptibilidade à salinização seguiu a mesma metodologia apresentada anteriormente para água superficial. No entanto, as águas subterrâneas da sub-bacia do Riacho do Pontal também apresentam águas classificadas como alta e muito alta susceptibilidade à salinização, diferentemente das águas superficiais.

Quanto ao peso do atributo água nas simulações de calibração e validação do modelo de susceptibilidade ambiental a salinização dos solos, o mesmo teve o peso variando de 1 a 3 (Apêndice A), por que pode contribuir de forma direta ao incremento de sais numa determinada área, como por exemplo, através da aplicação de água com altos teores de sais.

Figura 11: Carta da CE das águas subterrâneas da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2021.

As águas subterrâneas é uma alternativa em regiões que não possuem águas superficiais suficientes ou com uma distância que inviabilize a realização da irrigação em áreas de produção. No entanto, também é apontada como responsável por contribuir com o acréscimo de sais nas camadas agricultáveis dos solos como aponta os estudos de Medeiros *et al.* (2017) na Chapada do Apodi no Rio Grande do Norte, e de Gomez *et al.* (2021) na região de Mendoza, Argentina uma das principais áreas de produção agrícola do país, mais de 37% das terras são irrigadas, exclusivamente, por água subterrânea e apresenta problemas com salinização dos solos.

E não se limita aos exemplos anteriores as áreas com acúmulo de sais, a relação agricultura irrigada e uso de água subterrânea causa problemas também na Bacia de Murray, região agrícola mais importante da Austrália; Vale do Souf, na Argélia; Aquífero Costa de Hermosillo, noroeste do México; e Aquíferos do sudeste da Espanha, onde foram

diagnosticados algumas causas, o aumento da salinização advindo do retorno das águas das áreas de irrigação para os aquíferos com quantidades elevadas de sais, e aplicação de águas com excesso de sais (Pulido-Bosch *et al.*, 2018).

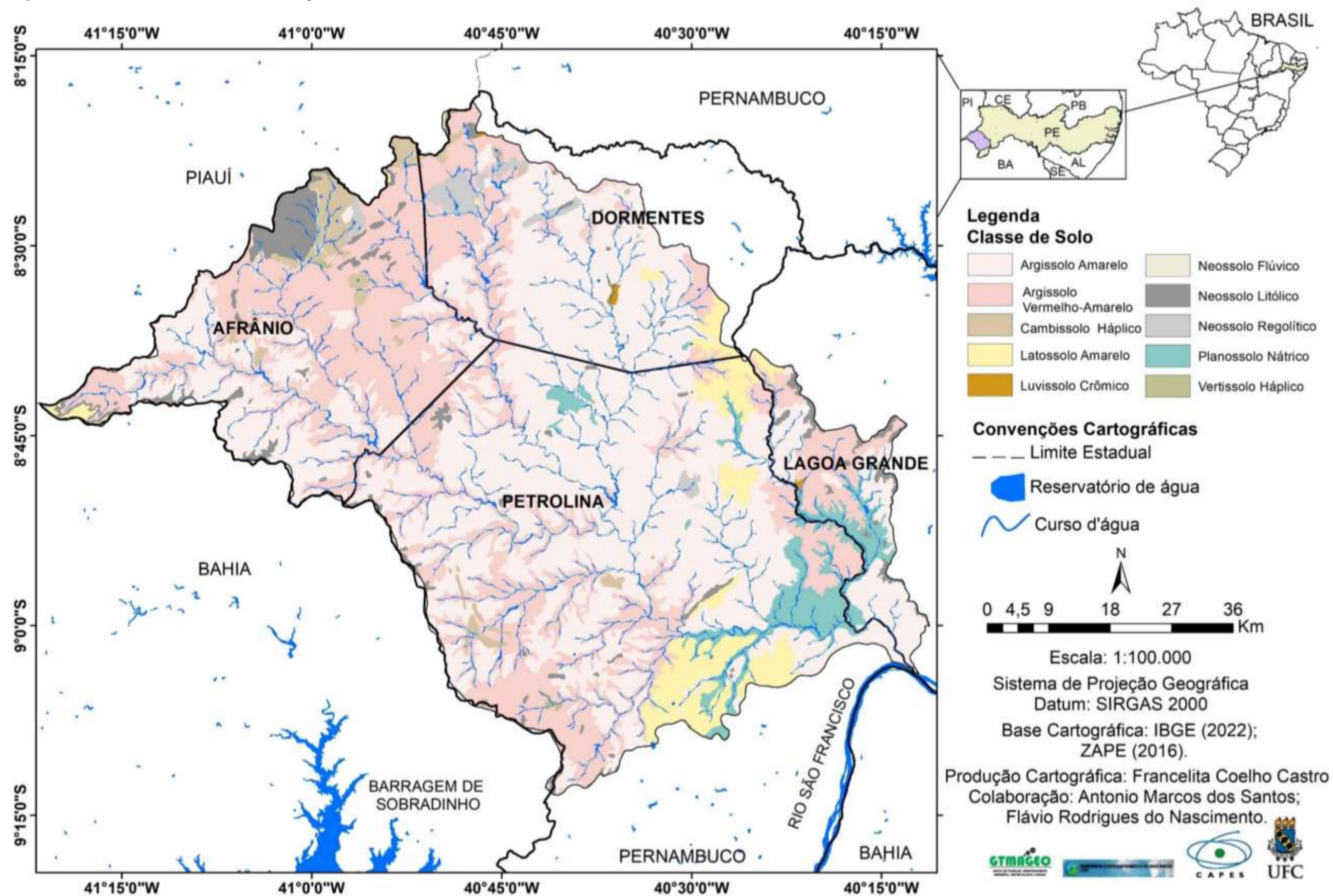
Outra interface da contribuição das águas subterrâneas, para o processo de salinização dos solos, é a questão das rochas cristalinas que de acordo com CPRM (2017), cobre a maior parte da sub-bacia do Riacho do Pontal, com pequenas áreas cobertas pelos grupos aquíferos Neógenos/quadernários. As duas unidades hidrogeológicas têm águas salobras ou salgadas, o que demonstra a contribuição de tal atributo para a susceptibilidade ambiental da área ao processo de salinização dos solos.

4.1.6 Atributo Solos

A sub-bacia em epígrafe apresenta dez classes de solos de acordo com a classificação realizada pela EMBRAPA (2006) (Figura 12 e Quadro 6). Dos solos presentes na sub-bacia do Riacho do Pontal três foram classificados com muito alta susceptibilidade à salinização, foram eles: Planossolo Nátrico, Vertissolo Háptico e Luvisolo Crômico. Tais solos apresentam características físicas e químicas que contribuem para o acúmulo de sais como: drenagem imperfeita, textura argilosa, são eutróficos e com caráter solódico ou sódico (Planossolo Nátrico) (Silva; Silva; Barros, 2010; Castro; Santos, 2015; EMBRAPA, 2018; Castro; Araújo; Santos, 2019). Pode ser observado em campo que tais classes de solos apresentam camadas com características que dificultam a drenagem da água, como pode ser visto no quadro 6.


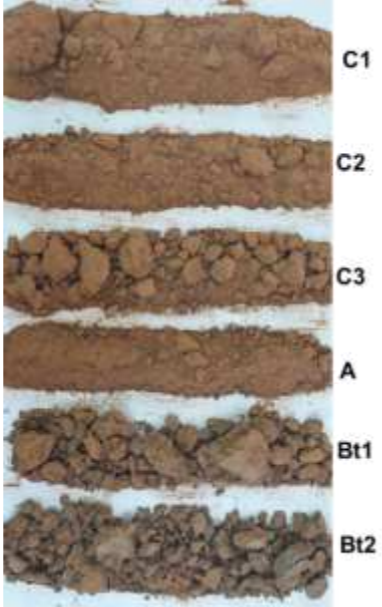

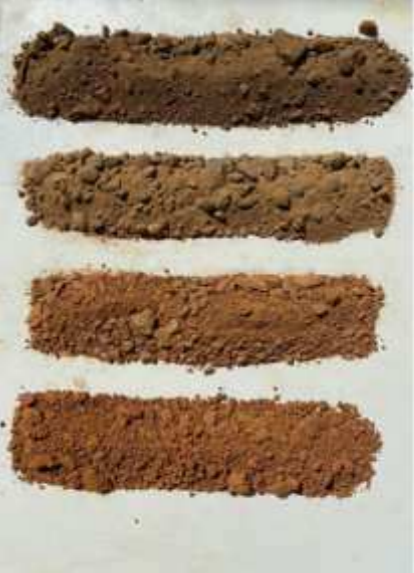




Os Vertissolo Háptico está presente em apenas 0,09% e Luvisolo Crômico em 0,10%, o primeiro em duas pequenas porções no extremo sudoeste da sub-bacia, em mais duas na área central e, uma no norte, o segundo apresenta uma pequena área no sudeste da sub-bacia, outra no nordeste e uma no extremo norte, mas o Planossolo Nátrico ocupa áreas significativas no sul e área central da sub-bacia, representando 4,16%.

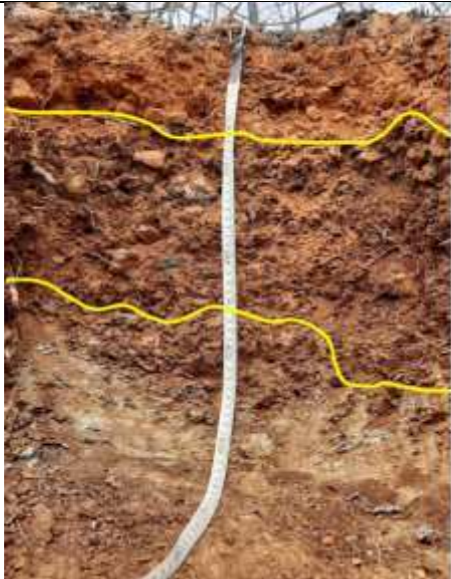



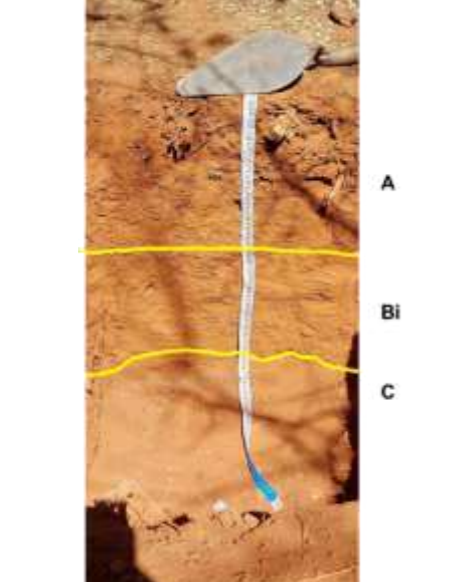

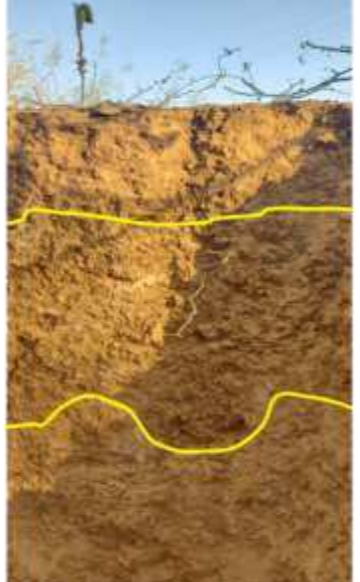



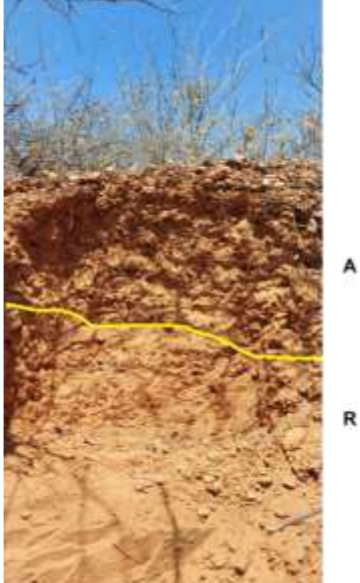

Figura 12: Carta de solos da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2021.

Quadro 6: Informações dos solos da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco

Classes de solos	Perfil	Amostra por horizonte	Localização	Classes de solos	Perfil	Amostra por horizonte	Localização
Planossolo Nátrico			-8,99411 -40,29716	Argissolo Vermelho-amarelo			-8,67959 -41,29286
Vertissolo Háplico			-8,52108 -40,98931	Neossolos Flúvicos			-8,502885 -40,994128

<p>Luvisso Crômico</p>			<p>-8,341035 -40,78543</p>	<p>Neossolos Regolíticos</p>			<p>-8,43114 -40,79407</p>
<p>Cambissol o Háplico</p>			<p>-8,61753 -41,10367</p>	<p>Latossolos Amarelos</p>			<p>-8,44017 -40,78042</p>
<p>Argissolo Amarelo</p>			<p>-9,01856 -40,254621</p>	<p>Neossolo Litólico</p>			<p>-8,44986 -41,03583</p>

Fonte: autora, 2023 - 2024.

A classe de alta susceptibilidade à salinização foi direcionada apenas ao Cambissolo Háplico por apresentar características como horizonte B incipiente e seu baixo desenvolvimento que proporciona contato direto com os sais dissolvidos dos materiais de origem (Quadro 6). Com isso, apresenta limitações para o desenvolvimento agrícola; entre eles o risco ao processo de salinização (Silva; Silva; Barros, 2010; Castro; Santos, 2015; EMBRAPA, 2018; Castro; Araújo; Santos, 2019) e representa apenas 2,08% da área de estudo, estando presente em maiores concentrações ao norte e a sudoeste.

Os Argissolo Amarelo e Vermelho-amarelo ocupam 50,57% e 31,84% dos solos da sub-bacia, respectivamente, e o Neossolo flúvico com 1,77%, foram classificados com média susceptibilidade à salinização. Apenas o Neossolo Flúvico apresentou variação pra alta susceptibilidade, na tentativa de calibração do modelo justificado pela presença constante de água nesses solos, diferentemente dos outros dois, e em campo pode ser conferido à presença de camadas argilosas que dificultam o processo de infiltração da água (Quadro 6).

A susceptibilidade dos Argissolos é justificada segundo Silva, Silva e Barros (2010) porque nas regiões semiáridas do Estado de Pernambuco baixo desenvolvimento devido aos condicionantes de sua formação. Outra característica marcante para contribuição à salinização é a mudança abrupta de textura do horizonte subjacente para o Btextural (EMBRAPA, 2018). E observadas em campo a presença de mudanças abruptas de textura entre camadas (Quadro 6).

Os Neossolos Flúvicos são solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre camada ou horizonte C, e que apresentam caráter flúvico dentro de 150cm a partir da superfície do solo (EMBRAPA, 2018). Apresentam como limitação o alto risco a inundação, contribuindo para o desenvolvimento do acúmulo de sais por efeito de capilaridade (Castro; Santos, 2015; Castro; Araújo; Santos, 2019).

O Neossolo Regolítico representa apenas 1,16% com concentrações a nordeste e central-sul da sub-bacia, e foram classificados com baixa e muito baixa susceptibilidade para salinização por apresentarem textura arenosa ou média e não apresentar variações abruptas de textura entre horizontes (Castro; Santos, 2015; EMBRAPA, 2018; Castro; Araújo; Santos, 2019). Apresentam também cores claras e teores de frações grosseiras acima de 4% de minerais facilmente intemperizáveis (EMBRAPA, 2018) e observados em campo (Quadro 6).

Os solos com muito baixa contribuição ao acúmulo de sais na área de estudo foram o Latossolo Amarelo e o Neossolo Litólico. Os primeiros são bem desenvolvidos, fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. Os Neossolos Litólicos são

rasos, mal desenvolvidos e, conseqüentemente jovens, além de baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2018). No entanto, são características que não contribuem para o desenvolvimento da salinização, pois nem favorecem o acúmulo de água, e tampouco apresentam características químicas que apontem para presença de sais. O Latossolo Amarelo é uma das três classes que predominam na área de estudo com 4,92% com concentrações a sudoeste e central leste, e o Neossolos Litólico 3,26%, sendo a maior área entre os Neossolos, com predomínio no extremo norte da sub-bacia.

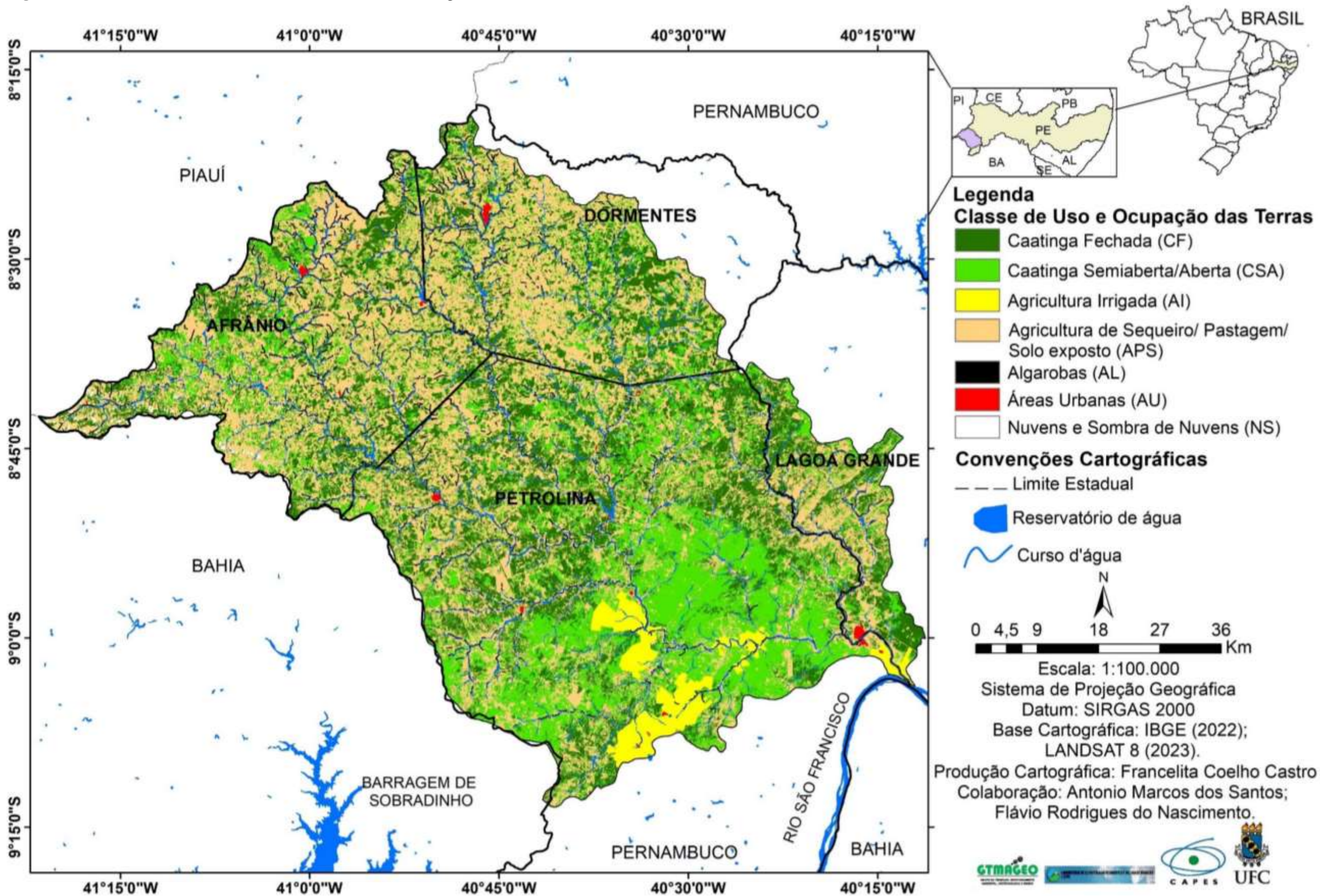
Quanto ao peso do atributo solos durante o processo de calibração e validação do modelo de susceptibilidade ambiental, variou de 1 a 3 (Apêndice A), visto que, os solos podem contribuir de forma direta ao processo de salinização através de possuir em suas composições sais, apresentam problemas de drenagem que inviabiliza ou dificulta a retirada dos sais.

4.1.7 Atributo Uso e Cobertura das Terras

O atributo de uso e cobertura das terras atende a participação das ações humanas no processo de salinização dos solos. O mapeamento aferido apresenta sete classes diferentes, sendo elas: Caatinga Fechada (CF), Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA), Agricultura Irrigada (AI), Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo exposto (APS), Algaroba (AL), Áreas Urbanas (AU) e Nuvens e Sombra de Nuvens (NS) (Figura 13 e Gráfico 1).

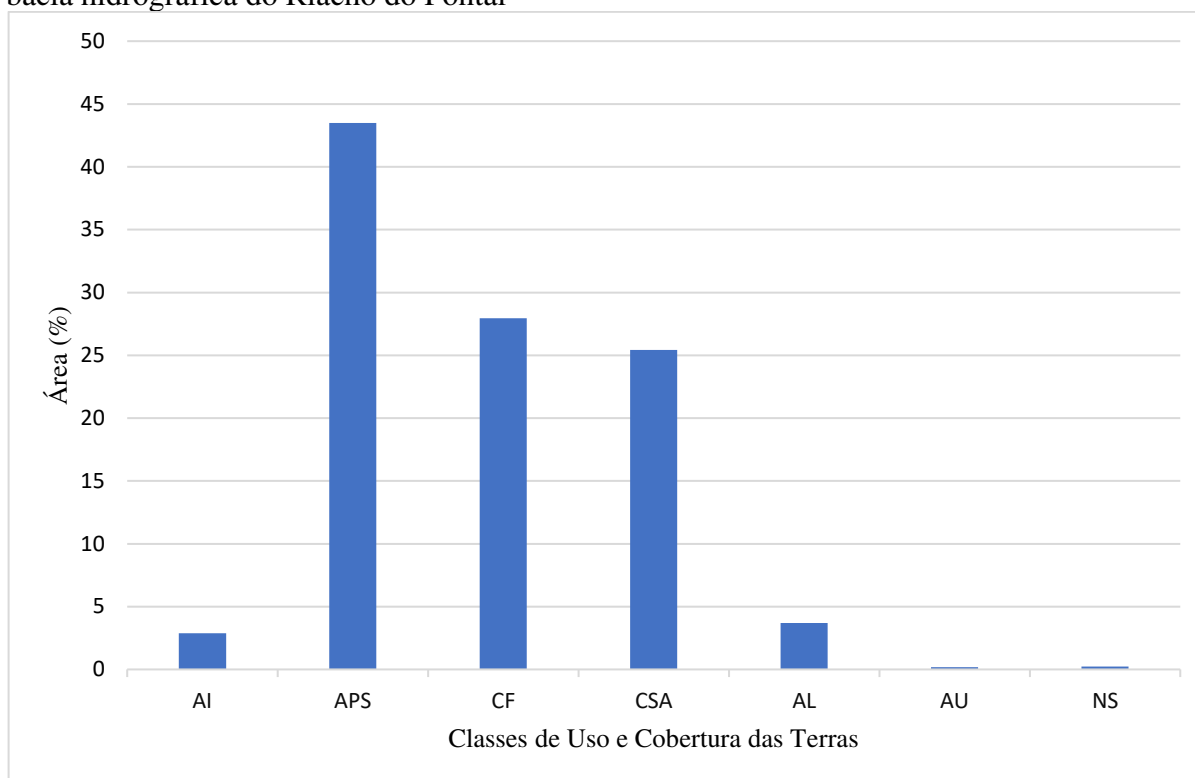
Os resultados de validação da carta de uso e cobertura das terras, apontou que o índice de Kappa atingiu valor de 74,19%, o que segundo Landis e Koch (1977), o mapeamento conseguiu concordância substancial (Quadro 4). Em relação ao Índice de Exatidão Global o valor foi de 86,52%, o que classifica o mapeamento com boa qualidade segundo Zanetti, Braga e Duarte (2017). Em ambos os índices, quanto mais próximo de 100% melhor a perfeição do mapeamento. Entretanto, a qualidade das imagens orbitais e/ou aéreas empregadas nesses estudos podem comprometer a qualidade dos mapas.

Figura 13: Carta de Uso e Cobertura das Terras da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2023.

Gráfico 1: Quantitativo de áreas ocupadas pelas classes de uso e cobertura das terras na sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal



Legenda: AI (Agricultura irrigada); APS (Agricultura de Sequeiro/ Pastagem/ Solo Exposto); CF (Caatinga Fechada); CSA (Caatinga Semiaberta/Aberta); AL (Algarobas); AU (Áreas Urbanas); e NS (Nuvens e Sombra de nuvens).

Fonte: autora, 2023.

As classes de uso e cobertura das terras foram classificadas quanto à susceptibilidade para salinização dos solos de acordo com o grau de interferência humana, e ao manejo dos solos e água. A agricultura irrigada foi a única classe na categoria de muito alta, contribuição ao desenvolvimento do acúmulo de sais nas camadas agricultáveis dos solos. Isto porque, contribui com a presença de água frequente, como também, são áreas que estão sofrendo constantes modificações decorrentes das práticas de manejo, como por exemplo, aplicação de produtos químicos de forma direta ou por sistemas de fertirrigação, aração para preparo do solo, o que pode contribuir com compactação que dificulta a drenagem de água nos solos (Castro; Araújo; Santos, 2019).

De acordo com Li e Kang (2020), a gestão da irrigação é primordial para o não acúmulo de sais nos solos, a sua implementação deve ser de modo a maximizar o potencial hídrico do solo, minimizando assim os efeitos da salinidade na disponibilidade de água no solo, e a minimizar a percolação profunda, minimizando assim os problemas de drenagem e poluição que segundo Gomez *et al.* (2021) é uma das principais causas de Salinização em Mendoza,

Argentina onde o excesso de água causou a retroalimentação dos lençóis freáticos levando junto os sais dos produtos aplicados nas áreas agrícolas.

Na sub-bacia de estudo a área coberta por Agricultura Irrigada (AI) ocupa 174,05 Km² ou 2,87% (Figura 13 e Gráfico 1), com concentrações no extremo sul próximo a foz, outra área a sudoeste, e no centro-sul com o avanço mais recente, advindo da implantação do Projeto de irrigação Pontal Sul realizado recentemente como pode ser observado nas figuras 14A e 14B. Acrescenta-se que nas áreas de sequeiro, ao norte da sub-bacia em territórios dos municípios de Afrânio e Dormentes, ocorre o manejo agrícola com o uso da irrigação com água extraída de poços artesianos (Figura 14C).

As Águas dos poços artesianos contêm valores elevados de sais, como já demonstrado na presente tese, na seção sobre os resultados de CE de águas subterrâneas (Figura 11). Tal presença de sais, nas águas subterrâneas, é em decorrência das características litológicas da sub-bacia (Figura 3). Também, foram comprovados os valores elevados de sais através de análises químicas realizadas em amostras coletadas em campo na propriedade da figura 14C. Os resultados da amostra realizada entre linhas afastada do local de aplicação da água foram: Ph de 7,93; CE de 1,17 dS.m⁻¹; e PST de 9,72%. Já a amostra coletada no local de aplicação da água subterrânea os resultados são: pH de 8,01; CE de 5,15 dS.m⁻¹; e PST de 13,94%, resultados que classifica os solos em normal e salino, respectivamente de acordo com Richards (1954).

Figura 14: Estrutura do projeto Pontal Sul e áreas de implantação de agricultura irrigada com exemplo de lotes empresariais (A) e (B) e agricultura irrigada com água de poços artesianos (C)



B



C

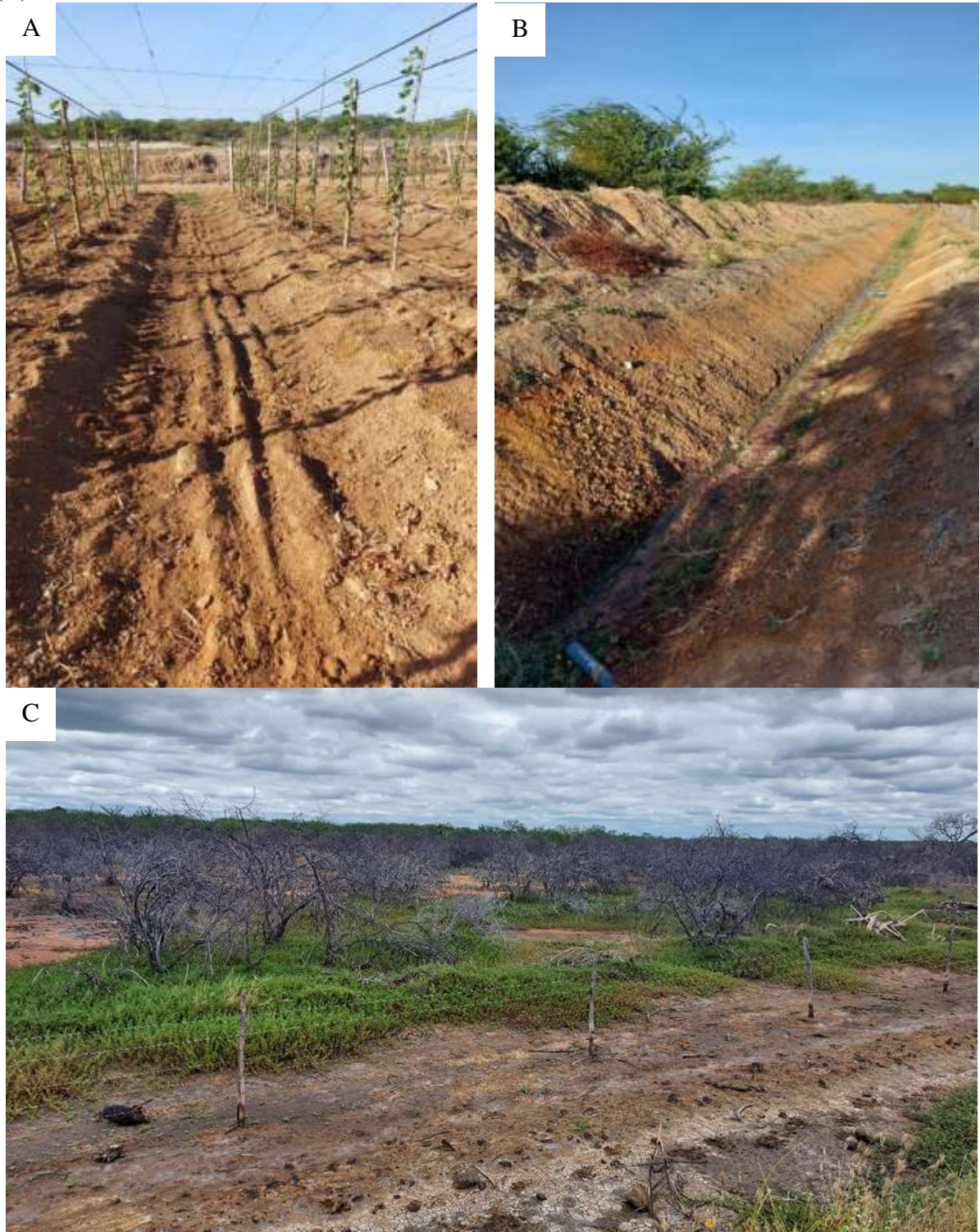


Fonte: autora, 2021.

Outro ponto a destacar da Agricultura Irrigada (AI) é a eliminação das águas dos sistemas de drenagem, considerado por Minhas, Yadav e Bali (2020) uma questão crítica. Os sistemas de drenagem são construídos em direção às áreas mais baixas do terreno (Figura 15A) para retirada do excesso de água e sais de dentro das áreas agrícolas e são direcionados para levar essa solução para áreas mais baixas da área que são os canais fluviais (Figura 15B). As áreas com locais de acúmulo dessa solução favorecem a formação de paisagens sobre influência dos solos salinizados como pode ser observado na figura 15C, onde caracteriza-se por apresentar espécies vegetais resistentes a altos níveis de sais como o bredo (*Sesuvium*

portulacastrum) e, diversas outras espécies da Caatinga mortas como por exemplo jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), e a Umbrana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*).

Figura 15: Área de produção de Uva Irrigada (A); sistema de drenagem (B) e área salinizada (C)



Fonte: autora, 2021.

A classe de Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS) ocupa uma área de 2.628,92 km² ou 43,48%, sendo a maior classe de uso da terra da área de estudo (Figura 13 e Gráfico 1), classificada com média susceptibilidade à salinização pelas transformações antrópicas presentes em tais áreas.

As áreas de Agricultura de Sequeiro e Pastagem na sub-bacia do Pontal iniciam pelas mesmas práticas de retirada da vegetação nativa, desmatamento e queimada (Figura 16A e 16B). Tais práticas contribuem para a salinização dos solos pelo carregamento dos sedimentos das camadas superficiais em maior quantidade, que vão ser distribuídos por outras áreas, e também por interferir no processo de infiltração de água nos solos, impedindo o processo de lavagem dos solos que retira os sais das camadas superficiais e os encaminha para as camadas mais profundas.

Outros motivos para a retirada da vegetação nativa na sub-bacia do Riacho do Pontal são: utilização em construção de cercas (Figura 16C), causando a perda de diversidade da vegetação nativa através do raleamento; e uso em olarias para produção de tijolos da construção civil (Figura 16D). Nesse último caso, os donos de olarias executam o desmatamento da vegetação nativa e os donos das propriedades entregam a vegetação derrubada para uso nas olarias. Após a retirada, vem a agricultura de sequeiro ou pastagem.

Após o processo de retirada da vegetação nativa, inicia-se o preparo do solo com máquinas acopladas a tratores (aração) no início do período chuvoso (Figura 16E), seguido pelo plantio de cultivos como milho, feijão, mandioca, dentre outros (Figura 16F). Após o final do período chuvoso, vem a colheita dos grãos e os restos dos cultivos são utilizados como alimento para os animais, contribuindo para o aumento das temperaturas de superfície, dentre outros processos citados anteriormente.

Essa, inclusive, é uma das causas dos solos expostos, ficando as áreas de agricultura de sequeiro expostas até o início do novo período chuvoso (Figura 16G). Tais áreas de solo exposto estão distribuídas por toda a sub-bacia e têm diversas origens, desde o desmatamento e queimada para implantação de agricultura de sequeiro, irrigada e pastagem. Soma-se a esta classe de uso da terra os ambientes em que os solos se encontram altamente degradados, os quais foram abandonados. Nesse caso, temos o exemplo da Figura 16H de uma área degradada por causa do uso com irrigação próximo à foz da sub-bacia do Riacho Pontal, onde análises químicas apontaram para solo salino (pH = 6,19; CE = 2,61; e PST = 1,06), e também apresentava características de solo com degradação física e compactado.

Figura 16: Desmatamento (A); Queimadas (B); Retirada da vegetação nativa para construção de cercas (C); Olaria (D); Preparo do solo para Agricultura de Sequeiro (E); Agricultura de Sequeiro (Plantio de feijão) (F); Área de Agricultura de Sequeiro pós-colheita (G); Área de solo degradado (H) na Sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



C



D



E



F



G



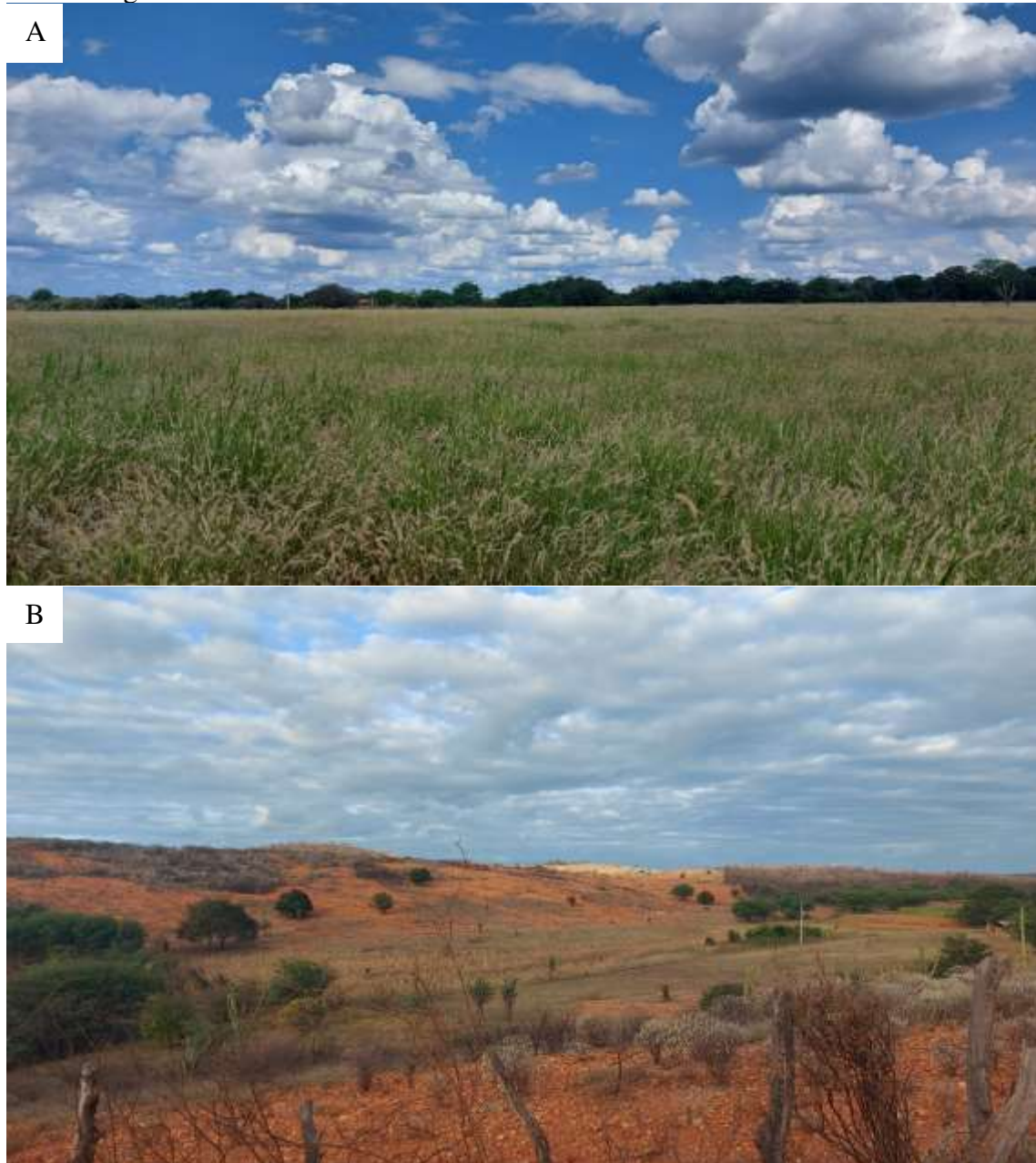
H



Fonte: autora, 2021.

As áreas de pastagem apresentam cobertura rasteira com predomínio do uso do capim Buffel (*Cenchrus ciliaris*) (Figura 17A). No entanto, a combinação sobrepastoreio com períodos longos de seca leva a degradação dessas áreas (Figura 17B), causando compactação e erosão, o que não prejudica apenas as áreas de perda de solos, como também as áreas de acúmulo onde pode ocorrer a cobertura de solos férteis, e acúmulo de sais nas áreas de acúmulo de sedimentos.

Figura 17: Pastagem de capim Buffel (*Cenchrus ciliaris*) (A) Pastagem degradada (B) na Sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2021.

As classes das Caatingas foram classificadas como de muito baixa contribuição ao processo de acúmulo de sais, sendo elas: a Caatinga Fechada (CF) (Figura 18A), que ocupa 1.690,37 km² e representa 27,95% da área analisada, e as Caatingas Semiaberta/Aberta (CSA) (Figura 18B), com 1.538,08 km², representando 25,43% da sub-bacia do Riacho do Pontal (Figura 13 e Gráfico 1). Tais classes foram classificadas assim porque apresentam intervenção humana não muito pronunciada, no caso da CF, e as CSA apresentam interferência antrópica. A semiaberta ainda é aquela Caatinga com uma boa diversidade e proteção dos solos, e a Caatinga aberta são áreas que estão em processo de sucessão ecológica, apresentando alguma proteção aos solos e sem o manejo frequente, como ocorre nas áreas de agricultura ou pastagem.

Figura 18: Caatinga Fechada (CF) (A) Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA) (B) na Sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco





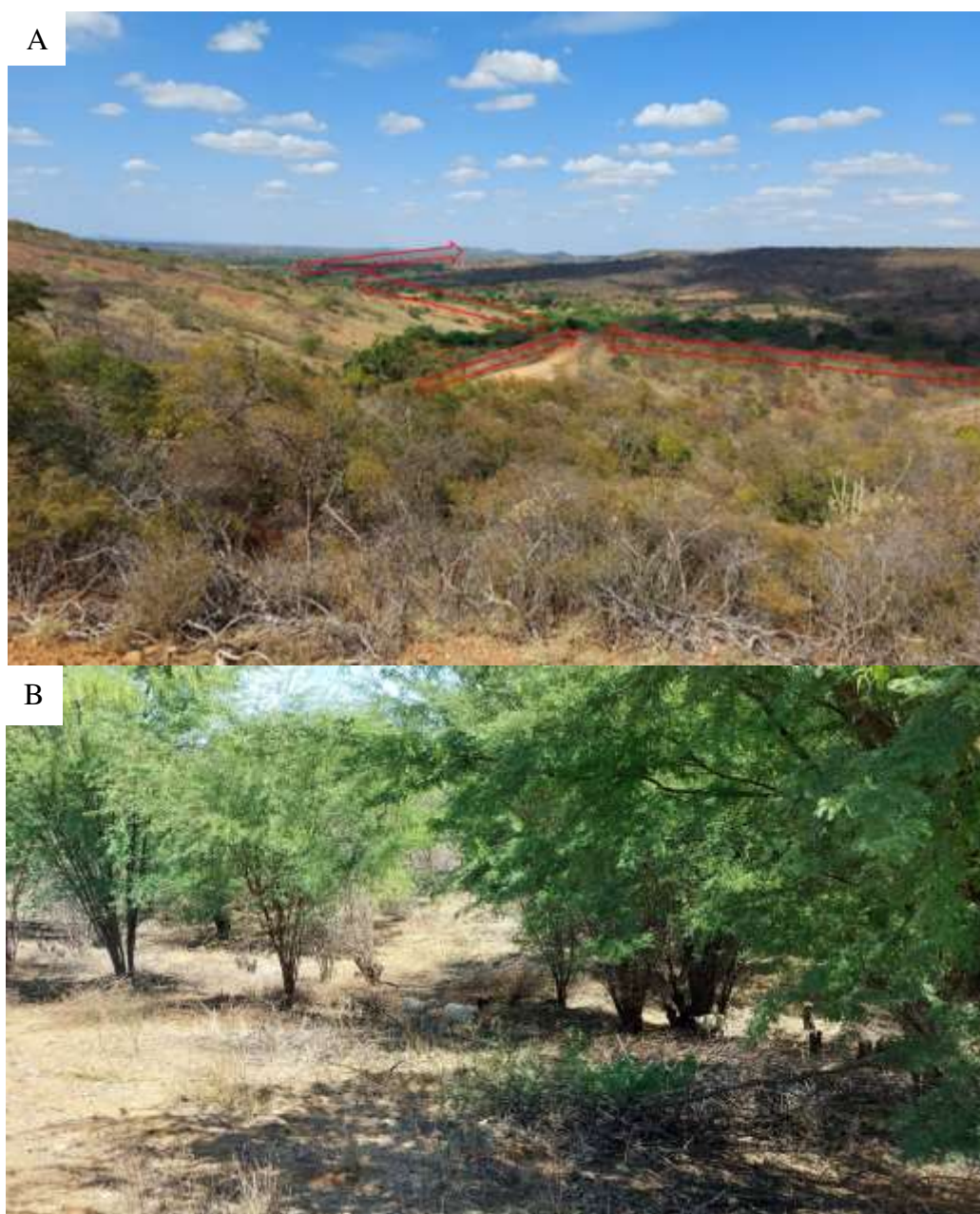
Fonte: autora (2021).

A sub-bacia do Riacho do Pontal também apresenta áreas cobertas por Algarobas (AL) (*Prosopis juliflora*) que ocupa cerca de 222,77 Km², representando 3,68% da sub-bacia (Figura 13 e Gráfico 1), essa espécie foi introduzida na sub-bacia analisada através do incentivo do uso da Algaroba como alimento para ovinos e caprinos com destaque aos municípios de Afrânio e Dormentes, e se expandiu por todo sistema hidrográfico, se concentrado sobre os canais fluviais (Figura 19A).

Essa classe recebeu duas notas diferentes durante o processo de calibração do modelo, assim foi atribuído nota zero, desconsiderada na análise, e também foi atribuído muito baixa contribuição ao processo de acúmulo de sais, por que apesar de ser áreas com interferência antrópica, são áreas que mantêm a cobertura vegetal para proteção dos solos, além de segundo Pasiecznik *et al.* (2001) melhorar a fertilidade e reduzir a salinidade do solo.

A algarobeira, ou simplesmente algaroba, é uma árvore do qual são conhecidas mais de 40 espécies, distribuídas em três continentes: América, Ásia e África. No Brasil, é cultivada principalmente na Região Nordeste (EMBRAPA, 2009). Na sub-bacia do Riacho Pontal é utilizada para suplementação alimentar dos animais principalmente em período de estiagem (Figura 19B).

Figura 19: Áreas cobertas por Algarobas (AL) em canais fluviais (A) e uso das Algarobas (AL) para alimento de ovinos no Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2021.

A última classe, Áreas Urbanas (AU) totaliza apenas 10,75 Km², representa 0,17% da sub-bacia (Figura 13 e Gráfico 1) e não recebeu classificação quanto à contribuição ao processo de acúmulo de sais porque o objetivo da presente tese são as áreas com uso ou potencialidade uso agropecuário. As três maiores áreas urbanas são as sedes municipais de Afrânio, Dormentes e Lagoa Grande, mas também tem distritos e povoados distribuídos pela área de estudo.

Quanto ao peso do atributo uso e cobertura das terras durante o processo de calibração e validação do modelo de susceptibilidade ambiental à salinização, variou entre 2 e 3 (Apêndice

A) por apresentar a depender da classe de uso, contribuição direta ao acúmulo de sais nos solos, como por exemplo, através da irrigação com água de baixa qualidade.

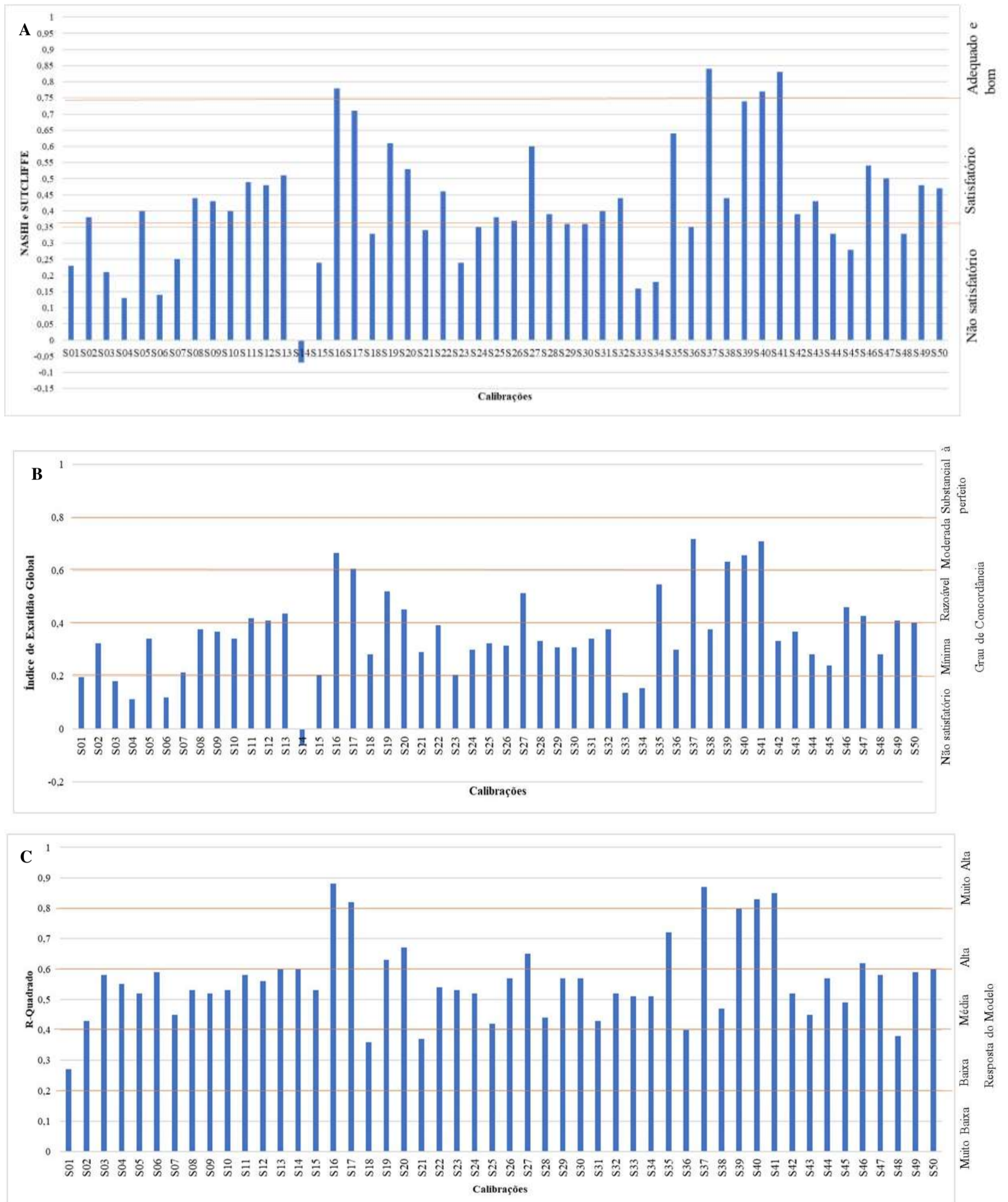
4.2 Desempenho do modelo de susceptibilidade ambiental

Foram desenvolvidas 50 simulações para calibração do modelo destinado a obtenção dos graus de susceptibilidade ambiental à salinização dos solos da sub-bacia do Riacho do Pontal (Apêndice A). Levando em consideração o Coeficiente de calibração de Nash-Sutcliffe (1970), e, a classificação sugerida por Van Liew *et al.* (2007), em 19 tentativas, a resposta do modelo foi considerada não satisfatória, em 27 tentativas o modelo apresentou resposta satisfatória, e, em quatro simulações o modelo conseguiu resposta adequada, classificada como boa (Gráfico 2A).

Em relação a avaliação da calibração do modelo, a partir do Índice de Exatidão Global, em nove simulações o modelo respondeu com concordância não satisfatória, em 25 com concordância mínima, em dez com concordância razoável, em seis com concordância moderada, e nenhuma simulação em que o modelo respondeu com resposta considerada perfeita (Gráfico 2B).

Quanto ao teste de calibração R-Quadrado (R^2), nenhuma das tentativas respondeu como muito baixa, cinco apresentaram resposta baixa, 34 apresentaram média resposta, seis apresentaram alta resposta, enquanto que, cinco simulações apresentaram muito alta resposta (Gráfico 2C).

Gráfico 2: (A) Calibrações do modelo de mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização a partir do coeficiente de Nash-Sutcliffe; (B) Calibrações do modelo de mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização a partir da estatística de Índice de Exatidão Global; (C) Calibrações do modelo de mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização a partir da estatística do R-Quadrado



Fonte: autora (2023).

Bueno *et al.* (2017) ressalta que valores positivos indicam que a simulação subestimou os valores observados, enquanto que, valores negativos sugerem uma superestimativa. Tal situação, de superestimativa ocorreu com a simulação S14 no Coeficiente de calibração de Nash-Sutcliffe (1970) e na estatística de Índice de Exatidão Global, mas também não apresentou resultados adequados. Situação justificada pela falta de ajustes importantes nas notas e pesos dos atributos, como por exemplo, o peso atribuído ao Neossolo Litólico, o qual nessa simulação recebeu peso 2.

Entre as simulações realizadas, observa-se que a S03, S04, S06, S33, S34 obtiveram as piores respostas no Coeficiente de calibração de Nash-Sutcliffe (1970) e na estatística do Índice de Exatidão Global, e resultados que não ultrapassaram média resposta no R-Quadrado. Dessas cinco simulações, três (S03; S04; S06) utilizou-se dos sete atributos analisados, litologia, clima, relevo (declividade), canais fluviais (hierarquização fluvial), água (condutividade elétrica), solos, e uso e cobertura das terras, os dois últimos com peso 2. As simulações S33 e S34 utilizaram apenas seis atributos, não considerando canais fluviais e clima, respectivamente. Quanto ao peso, na S33, litologia, relevo (declividade), e clima receberam peso 1, e uso e cobertura das terras, água e solos (exceção do Neossolo Litólico que recebeu peso 1), receberam peso 2. E a S34, litologia, relevo (declividade), água (condutividade elétrica) e canais fluviais (hierarquização fluvial) receberam peso 1, e uso e cobertura das terras e solos (exceção do Neossolo Litólico que recebeu peso 1), receberam peso 2.

Analisando tais simulações individualmente, e em relação as que obtiveram melhores avaliações, conclui-se que dos sete atributos analisados para determinação da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos, a litologia foi o atributo que contribuiu negativamente, ou seja, a simulação não conseguiu responder bem em comparação com a realidade de campo. As cinco simulações apontadas anteriormente, como as piores avaliadas, utilizaram o atributo litologia.

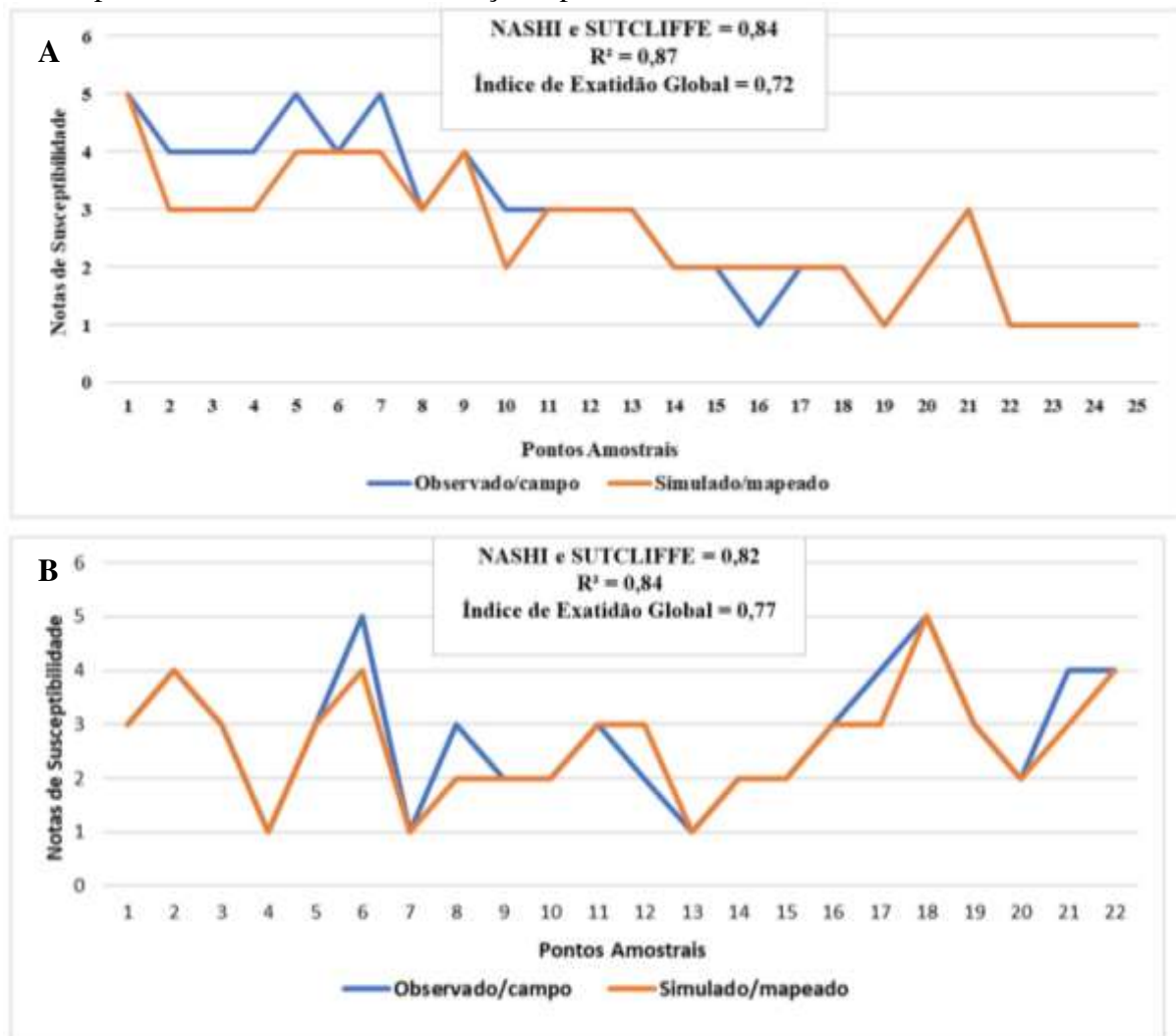
As duas simulações melhores avaliadas foram a S41 (Gráfico 2) que contou com os seguintes atributos: clima, relevo (declividade), canais fluviais (Hierarquização fluvial), água, solos e uso e cobertura das terras. Desses atributos os canais fluviais, os solos e o uso e cobertura das terras receberam peso 2, exceto os Neossolos Litólicos inserido no atributo solos que recebeu peso 1 como os demais atributos considerados na simulação S41.

A S37 (Gráfico 2) obteve a melhor resposta entre todas as simulações e, foi utilizada para o mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos da área de estudo,

apresentada na seção seguinte. Tal simulação difere da simulação S41 pela nota atribuída aos canais de terceira ordem que teve nota 2 na S37 e nota 3 na S41.

No Gráfico 3A, pode-se observar o comportamento da simulação S37 na sua calibração, e observar que ao realizar a validação da S37 (Gráfico 3B) com 22 outros pontos diferentes dos utilizados para calibração foi obtido 0,82 para o Coeficiente de calibração de Nash-Sutcliffe (1970), 0,77 para o Índice de Exatidão Global e 0,84 no teste de calibração R-Quadrado. Resultados que apontam para validação do mapeamento.

Gráfico 3: (A) Calibração do modelo de mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização a partir do coeficiente de Nash-Sutcliffe; (B) Validação do modelo de mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização a partir do coeficiente de Nash-Sutcliffe



Fonte: autora (2023).

Considerando as respostas das simulações a partir do Coeficiente de calibração de Nash-Sutcliffe (1970), e do Índice de Exatidão Global, observa-se que um ajuste na nota da terceira

ordem dos canais fluviais (hierarquização fluvial) elevou a avaliação da simulação S41 que foi de 0,83 e 0,70, para S37 com 0,84 e 0,71, respectivamente, e o R-Quadrado teve uma elevação na aprovação da simulação de 0,85 para 0,87.

Ampliando as análises para as cinco melhores simulações (S16; S37; S39; S40; S41), observa-se novamente, a contribuição negativa do atributo litologia, não estando presente em nenhuma delas. Outro exemplo é a comparação entre simulações que se diferenciam apenas por ter ou não a litologia, é o caso da S16, com 0,78 do Coeficiente de calibração de Nash-Sutcliffe (1970), 0,66 do Índice de Exatidão Global, e 0,88 para o R-Quadrado. Quando inseri nessa simulação a litologia, os resultados são: 0,71 do Coeficiente de calibração de Nash-Sutcliffe (1970); 0,63 para o Índice de Exatidão Global; e 0,8 para o R-Quadrado (S17), baixando no mínimo 6 décimos na avaliação. A litologia influencia no processo de acúmulo de sais, mas ela contribuiu através das águas e principalmente, na formação dos solos (Lopes, 2017).

Continuando, as análises percebem-se que as melhores simulações avaliadas têm em comum, além da falta do atributo litologia, as mesmas notas e pesos em quatro atributos, são eles: clima, Relevo (declividade), água, e uso e coberturas das terras. A diferença está em solos e canais fluviais (hierarquização fluvial) que diferem nas notas e pesos atribuídos. Os solos receberam pesos 2 e 3, no entanto, as duas melhores simulações apresentaram peso 2, exceto para o Neossolo Litólico com peso 1. As duas melhores simulações também apresentaram o mesmo peso para canais fluviais (peso 2) e diferem apenas na nota atribuída à terceira ordem dos canais fluviais.

Diante do anteriormente, apresentado constata-se a importância dos atributos solos e canais fluviais, na distribuição da salinização dos solos em uma sub-bacia hidrográfica inserida no semiárido brasileiro. As características dos solos permitem que manejos com falhas que venham a contribuir para o acúmulo de sais, possa ter esses efeitos amenizados, quando esses apresentam boa drenagem, permeabilidade, e não tenham concentrações consideráveis de sais nas camadas pedogenéticas (Gheyi; Dias; Lacerda, 2016). Ou podem contribuir decisivamente para o acúmulo de sais quando apresentam altos teores de argila, saturação por bases, e sódio em sua composição como é o caso dos Planossolo Nátrico, Vertissolo Háptico, e Luvisolo Crômico, considerados solos não adequados para irrigação ou até mesmo pastagem, por que tais solos, em algum momento mesmo inseridos no semiárido, vai ter uma umidade considerada e ter animais pisoteando ou máquinas, em solos ricos em argila contribui para maior grau de compactação (Pinto Filho; Dantas; Pereira, 2009; Castro; Santos, 2015; Castro; Araújo; Santos, 2019; Tassi *et al.* 2021).

Os canais fluviais são áreas de acúmulo e transporte de sedimentos, água e sais em um sistema hidrográfico, principalmente quando inseridos em regiões secas, que apresenta reduzida distribuição ampla em todo o sistema através da água das chuvas. Sendo assim, na sub-bacia do Riacho do Pontal os canais além das características naturais já citadas, e lençóis freáticos rasos, contão com construções de barragens que dificultam a circulação dos sedimentos, água e sais, além de ter as proximidades de canais e barragens como as áreas mais desmatadas da sub-bacia. Wang *et al.* (2018) apontam que a água do solo, água subterrânea e água de irrigação são importantes na destruição dos sais em sistemas sob condições de pouca precipitação pluviométrica e alta evapotranspiração como os ambientes semiáridos, e essas águas se encontram todas com maior proporção, sob os canais fluviais.

Ao analisar as simulações para identificar as possíveis fragilidades da modelagem, constata-se alguns pontos que devem ser levados em consideração. O primeiro refere-se a escala de mapeamento onde as bases de dados cartográficas disponíveis apresentam escalas divergentes, situação que implicou no melhoramento da calibração do modelo. Assim, pequenas áreas de agricultura irrigada presentes na parte norte da sub-bacia não conseguiram ser identificadas no mapeamento, apenas em campo. Exemplo disso, é o ponto 3 da calibração (Gráfico 3A) que não conseguiu atingir, em nenhuma das 50 simulações o resultado de susceptibilidade observado em campo por que a área apresenta agricultura irrigada com uso de água de poço artesiano (Figura 14C) no qual, recebeu nota máxima (Nota 5) de muito alta susceptibilidade para o atributo uso e cobertura das terras em campo, e no modelado o mapeamento de uso da terra identificou apenas como Agricultura de sequeiro/Pastagem/Solos exposto que é média susceptibilidade (Nota 3).

Caso semelhante ocorreu com os canais fluviais, que apresentou problema na identificação correta das ordens hierárquicas dos canais, em que, o encontro de uma ordem maior, com uma ordem menor, em algumas áreas da sub-bacia não foi mapeado corretamente devido a resolução espacial da imagem de Radar obtida pelo sensor PALSAR de 12,5m, exemplo do ponto 10 de calibração (Gráfico 3A).

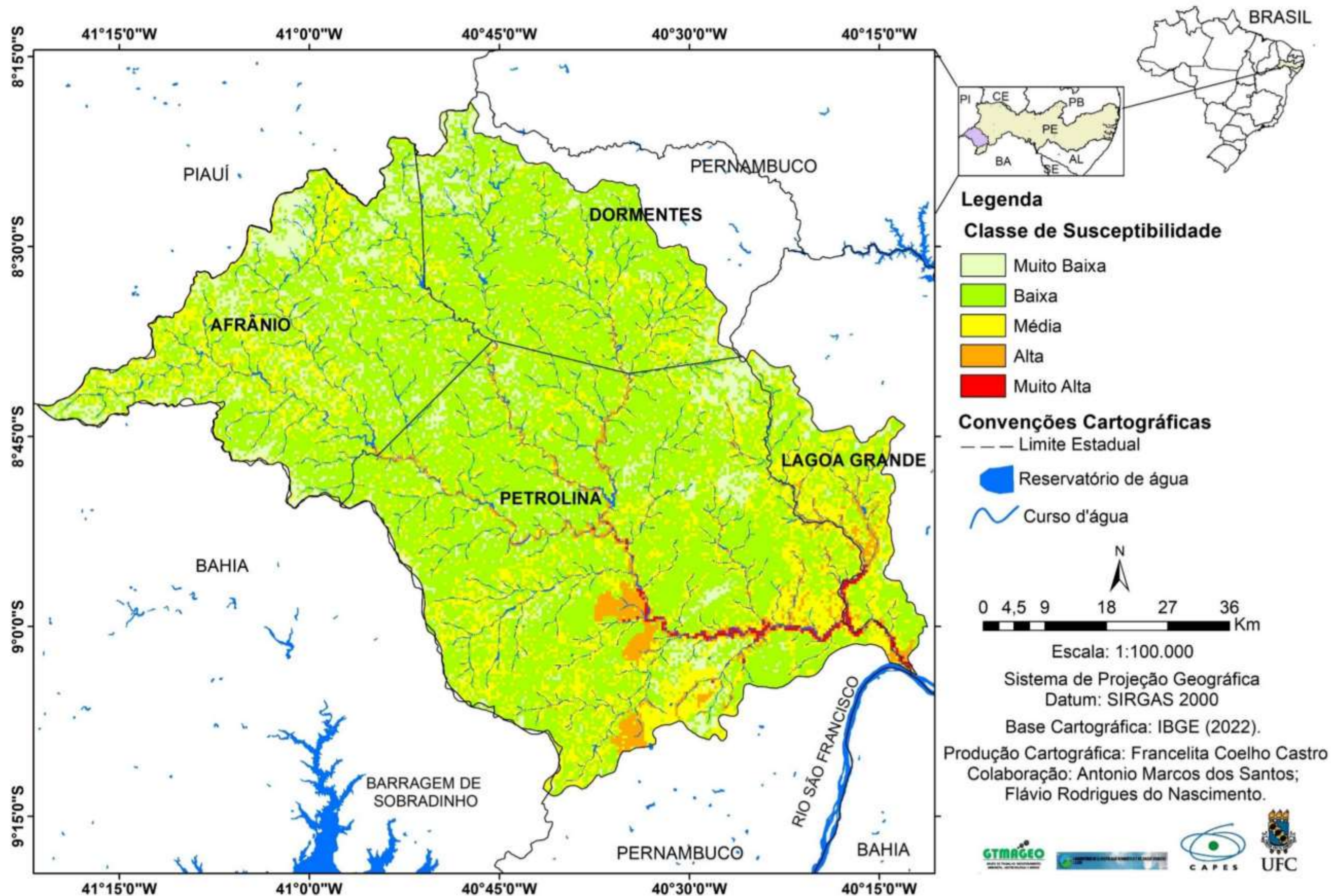
Outro problema que impediu aprimoramentos nas calibrações e validação do modelo foi a escala de mapeamento dos solos do estado de Pernambuco disponível pela EMBRAPA (2006), que é 1:100.000. Em campo, foi possível verificar classes de solos não compatíveis com a base supracitada em alguns pontos, com destaque para as áreas de transição de uma classe para outra.

Dito isto, continuar alterando as notas do atributo canais fluviais e solos para aumentar os níveis de aprovação das simulações não apresentaria contribuição realista de tais atributos ao processo de acúmulo de sais, nem fundamentação científica. Neste contexto, justifica-se o esgotamento do processo de calibração do modelo em 50 simulações.

4.3 Susceptibilidade ambiental ao processo de salinização dos solos da sub-bacia do Riacho do Pontal

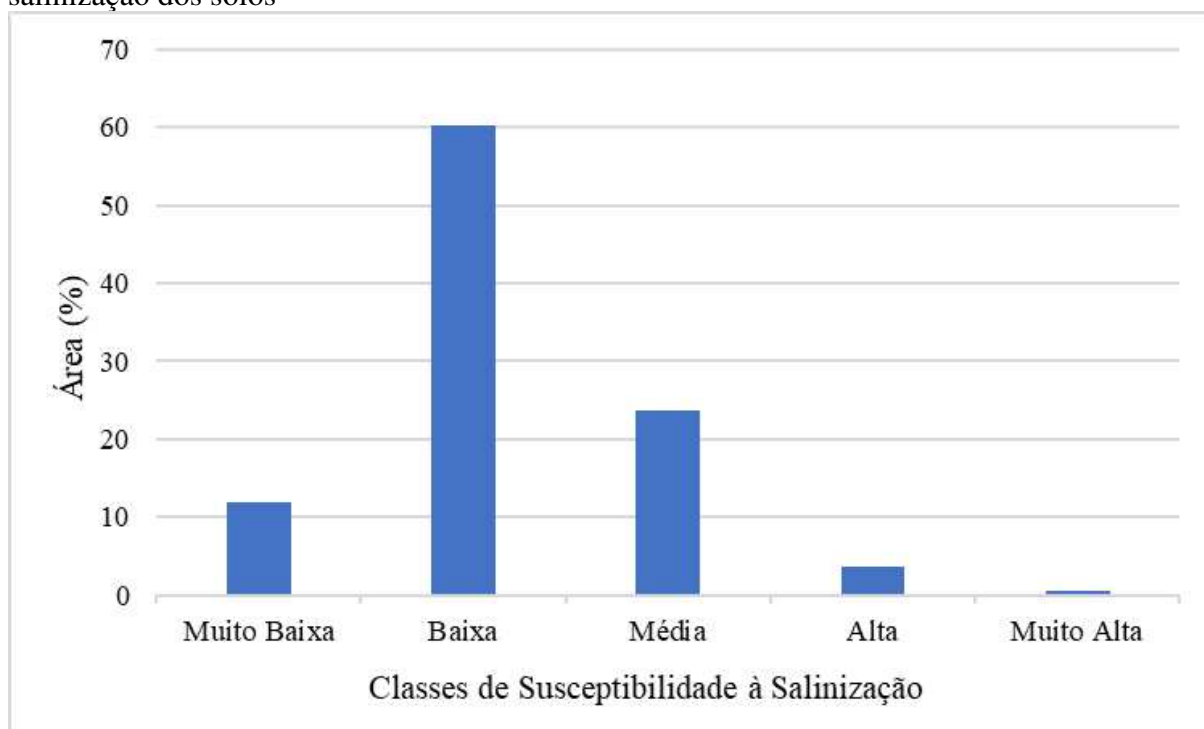
A figura 20 apresenta a carta de susceptibilidade ambiental à salinização dos solos da sub-bacia do Riacho do Pontal composta por cinco classes: muito baixa; baixa; média; alta e muito alta (Quadro 5). Enquanto que, o gráfico 4 apresenta o quantitativo de áreas ocupadas por cada classe de susceptibilidade ambiental à salinização dos solos.

Figura 20: Carta de susceptibilidade ambiental à salinização dos solos da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2023.

Gráfico 4: Quantitativo de áreas ocupadas pelas classes de susceptibilidade ambiental à salinização dos solos



Fonte: autora, 2023.

As áreas com muito alta susceptibilidade à salinização dos solos ocupam 0,65% ou 38,85 Km² da área total da sub-bacia analisada (Figura 20 e Gráfico 4). Essa classe tem como área de concentração os canais fluviais de quinta ordem e parte dos canais de quarta ordem, ao sul da sub-bacia, localizados sobre os territórios municipais de Petrolina e Lagoa Grande.

As características que permite a classificação dessas áreas, com o maior grau de susceptibilidade ao processo de acúmulo de sais, além da já citada com relação aos canais fluviais, são: áreas com alta e média susceptibilidade climática; relevo plano a suave-ondulado classificados com muito alta e alta susceptibilidade, Planossolo Nátrico com muito alta susceptibilidade à salinização, Neossolo Flúvico, Argissolo Amarelo e Vermelho-amarelo com média susceptibilidade. Os dois últimos tipos de solos, são os escolhidos para expansões recentes de agricultura irrigada na sub-bacia de análise, localizadas ao lado das áreas classificadas com muito alta susceptibilidade ao desenvolvimento do acúmulo de sais, pode-se conferir comparando as figuras 13 e 20.

A segunda classe de maior gravidade, na classificação de susceptibilidade é a alta, que abrange 3,60% ou 218,04 Km² (Figura 20 e Gráfico 4). Na sub-bacia do Pontal, as maiores concentrações estão sobre os canais de quinta e quarta ordem, ou com agricultura irrigada, porém existem pontos dispersos sobre canais de terceira ordem, combinados com os Argissolos

Amarelos e Vermelho-amarelo, e Neossolos Flúvicos, com águas subterrâneas de muito alta e alta susceptibilidade, águas superficiais de muito baixa, baixa e média susceptibilidade, com relevo plano, suave ondulado e ondulado, classificados como muito alto, alta e muito baixa susceptibilidade, e susceptibilidade climática entre baixa, média e alta.

As áreas com média susceptibilidade à salinização ocupam a segunda maior porção da sub-bacia (23,70% ou 1433,15 Km² - Figura 20 e Gráfico 4). Na parte sul da sub-bacia se concentram sobre áreas com Planossolo Nátrico, Vertissolo Háplico, e Luvisolo Crômico com muito alta susceptibilidade à salinização, parte das áreas de agricultura irrigada, e áreas ocupadas com a classe de Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo exposto, essa última classe de uso da terra também destaca na definição da distribuição de tal classe na parte norte da sub-bacia, como também em pequenas áreas com Luvisolo Crômico e Vertissolo Háplico.

Dispersa por toda sub-bacia, tal classe, mostra mais uma vez, a importância dos solos e canais fluviais na definição da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos, mas vale ressaltar também, a importância da perturbação humana nesse sistema como atributo decisivo para aumento de sais nos solos. Como exemplo, pode citar: a área de agricultura irrigada no extremo sudoeste da sub-bacia, com Latossolo Amarelo, entre áreas sem canais fluviais ou apenas canais de primeira ou segunda ordem e mesmo assim foi classificada com alta e média susceptibilidade. E também a área irrigada no extremo sul da sub-bacia e na área central também classificadas com alta susceptibilidade ambiental.

Ações como, aplicação de água em excesso, água com valores elevados de sais, e/ou uso de produtos com alto teor de sais, pode-se levar a salinização dos solos áreas classificadas com muito baixa susceptibilidade à salinização ou contribuir com acúmulo de sais de áreas a jusante devido às contribuições através dos sistemas de drenagem, canais fluviais e declividade do terreno.

A classe de baixa susceptibilidade ocupa a maior parte da sub-bacia com 60,17% ou 3836,02 Km² (Figura 20 e Gráfico 4). Essa classe está presente por toda área de estudo, estando presente em áreas com Caatinga Semiaberta/Aberta e com menor expressividade em áreas cobertas por Agricultura de sequeiro/Pastagem/Solo exposto, por todas as classes de susceptibilidade climática, estando sobre diversas classes de solos, mas não se concentrando sobre os solos de muito alta susceptibilidade ambiental à salinização.

Em relação a classe de muito baixa susceptibilidade, está ocupa 11,85% ou 716,91 Km² (Figura 20 e Gráfico 4). Essas áreas estão concentradas sobre as áreas com relevos mais altos e inclinados, com canais fluviais apenas de primeira ordem e Latossolos Amarelos e Neossolos

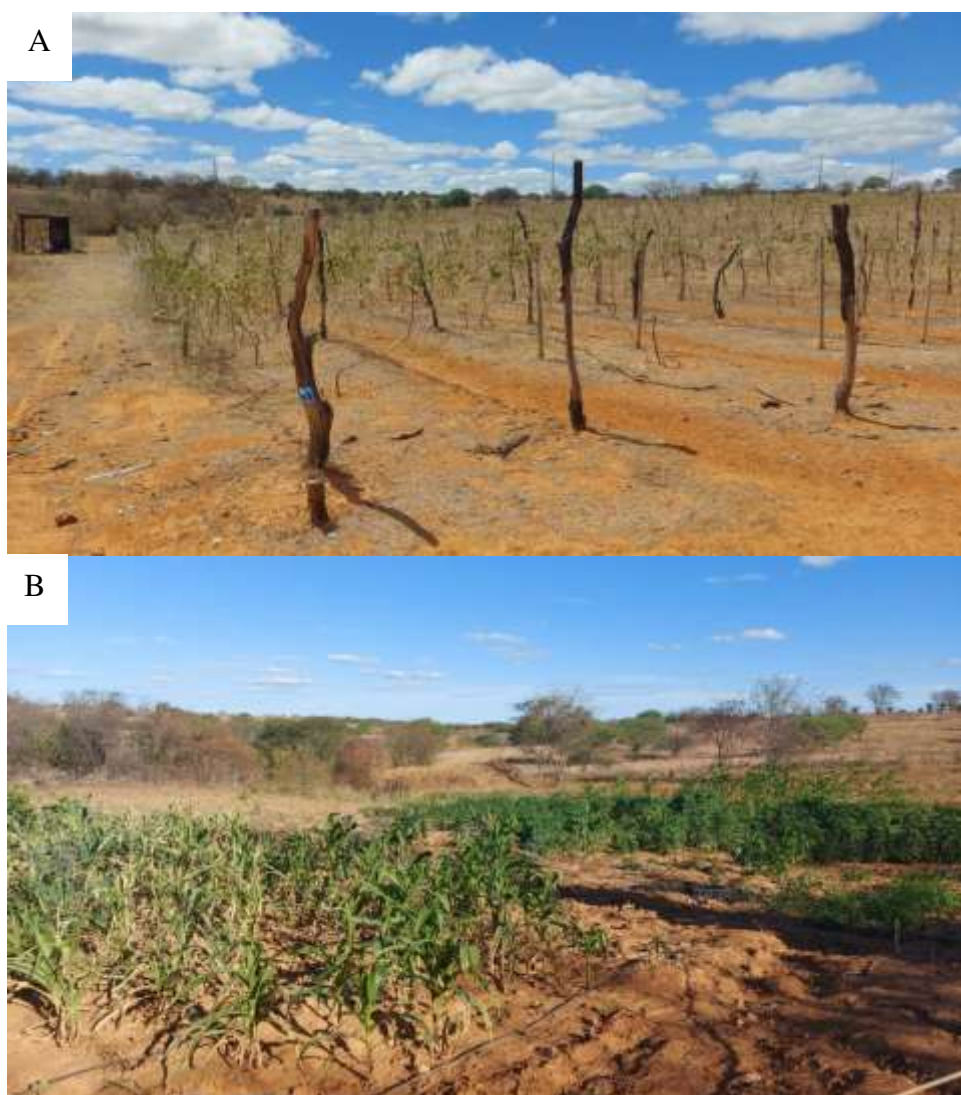
litólicos, ou áreas de Argissolos Amarelo e Vermelho-Amarelo combinados com áreas de Caatinga Fechada. Combinação que proporciona a essas pequenas áreas chances muito remotas de desenvolvimento do processo de salinização.

Nas áreas onde se combinam solos com alta e muito alta susceptibilidade, relevo baixos e planos e litotipos com elementos alcalinos e sais, não devem ser utilizadas para agricultura irrigada. São indicadas para preservação da vegetação nativa ou no máximo uma prática sem a aplicação constante de água e adução química. Na área de estudo existem alguns pontos com essas combinações de atributos. Duas ao sul, abrangendo os municípios de Petrolina e Lagoa Grande, nas quais há presença da agricultura irrigada. A primeira, no extremo sudoeste do município de Petrolina, é local de descarte dos sistemas de drenagem de áreas de agricultura irrigada (Figura 15C). A segunda, são lotes de solo exposto próximo da foz do exutório da sub-bacia teste, entre os municípios de Petrolina e Lagoa Grande, encontram-se abandonados por causa da salinização dos solos (Figura 16H).

Outra região que traz preocupações está localizada na parte central da sub-bacia e abrange a agricultura irrigada sobre a sub-bacia de análise (Projeto Pontal Sul já implantado e Projeto Pontal Norte em fase de implantação), visto que, tais áreas se estendem ao lado de canais de muito alta susceptibilidade, solos com média susceptibilidade, com média a alta susceptibilidade climática, apresentando áreas baixas e planas. Arelado às contribuições humanas de implantação de perímetro de irrigação, que conta com um nível alto de perturbação, desde desmatamento, implantação de sistemas de irrigação, de cultivos comerciais, aplicação de produtos químicos e aplicação constante de água, todo esse processo nem sempre segue o manejo adequado de água e solos. Tais combinações não condenam essas áreas a salinização dos solos, mas aponta para um quadro de susceptibilidade ambiental que desperta a necessidade de atenção.

Seguindo a análise, na parte norte diferentemente da parte sul da área de estudo, que o foco é a produção da fruticultura irrigada seja para mercado nacional ou internacional, a parte norte o principal objetivo é o fornecimento de pastagem nos períodos de seca, mas os agricultores também irrigam hortaliças, cultivos de ciclo curto como feijão, o milho, e a mandioca, e fruteiras para consumo próprio ou pequenos mercados municipais, como pode ser observado nas Figuras 21A e 21B.

Figura 21: Áreas de agricultura irrigada com água de poços artesianos na parte norte da sub-bacia do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora (2023).

As contribuições à salinização na parte norte, está: no uso de águas subterrâneas com CE elevadas, como pode ser observado na figura 11, e quando é encontrado resultados de solos salinos em áreas com esse tipo de manejo, como o exemplo já citado na presente tese, na seção do atributo uso e cobertura das terras (Figura 14C), essas são as contribuições as próprias áreas na parte norte. Mas, como a sub-bacia hidrográfica é um sistema ambiental no qual as perturbações não causam consequências isoladas, esses sais trazidos as camadas superficiais através da escavação de poços artesianos, e a aplicação dessa água nos solos, que causa acúmulo de sais no local de aplicação, mas podem ser transportados para as áreas mais baixas desse sistema hidrográfico.

Nesse caso, pode-se observar os resultados de CE das barragens superficiais (Figura 10) que curiosamente apresenta seus maiores valores para as barragens centrais da área de estudo, ou localizadas sobre canais a partir da terceira ordem, e as que encontram presentes em canais

de primeira e segunda ordem apresentaram os menores valores (as áreas no extremo sul, sudoeste e uma área com menor valor na área central, é água do Rio São Francisco). Também vale registrar que os sais estão nos solos, como o exemplo da área de abrangência da barragem central da sub-bacia com CE entre 0,26-0,75 dS.m⁻¹ que o solo foi classificado como salino, com resultados de pH de 6,9, CE de 4,05 dS.m⁻¹, e PST de 8,50. E vale destacar, que essa barragem fica próxima das áreas dos perímetros irrigados Pontal Sul e Pontal Norte.

Outra característica a ser observada é a declividade do terreno (Figura 8). A sub-bacia apresenta pontos de declividade acentuada, mas no geral, é muito plana, o que não favorece ao transporte de sedimento, água e sais, contribuindo para áreas de acúmulo, como retratados na figura 22, que são duas áreas com solos classificados como salino, com pH de 8,41, CE de 3,89 dS.m⁻¹, e PST de 8,38 (Figura 22A) e o segundo exemplo, apresenta solo salino-sódico, com pH de 6,52, CE de 26,73 dS.m⁻¹, e PST de 23,84 (Figura 22B). Tais exemplos mostram como a baixa declividade de uma área e/ou canais fluviais contribuem para o processo de salinização dos solos.

Figura 22: (A) canal de 5º ordem com acúmulo de água; (B) área de acúmulo de água próximo a canal onde recebe dejetos dos sistemas de drenagem das áreas de agricultura irrigada da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



B



Fonte: autora (2023).

A implantação de perímetros irrigados ao lado de canais fluviais, como o exemplificado na figura 22A, demonstra mais um exemplo da potencialidade dessas áreas no acúmulo de sais, visto que receberam nos próximos anos ainda mais dejetos de sistemas de drenagem pelas implantações recentes e as que já estão planejadas para serem implantadas brevemente.

Analisando os resultados pode-se constatar que a salinização dos solos pode ser desenvolvida com maiores possibilidades nas áreas de canais fluviais e adjacências, com destaque para os canais de 5º, 4º e até 3º ordem, atrelado tanto ao acúmulo dos sais provenientes do próprio local advindo das características de proximidade do lençol freático e acúmulo advindo de toda as áreas mais altas do sistema hidrográfico. Sendo assim, destaca-se que a parte sul da sub-bacia é a localidade com maior potencial de acúmulo de sais e coincidentemente é por onde mais cresce as áreas ocupadas com agricultura irrigada, justificadas pela proximidade com o Rio São Francisco.

A área norte da sub-bacia não apresenta susceptibilidade ambiental para salinização quando analisado do ponto de vista, apenas dos elementos físicos que compõem, novamente só alertando para as áreas de canais fluviais. Mas, partindo para as atividades humanas, observa-se as áreas próximas às barragens que recebem contribuições adjacentes, e tem presença de acúmulo de água, e a utilização de água de poços artesianos com concentrações elevadas de sais para a irrigação, que contribui para salinização de solos em pequenas áreas.

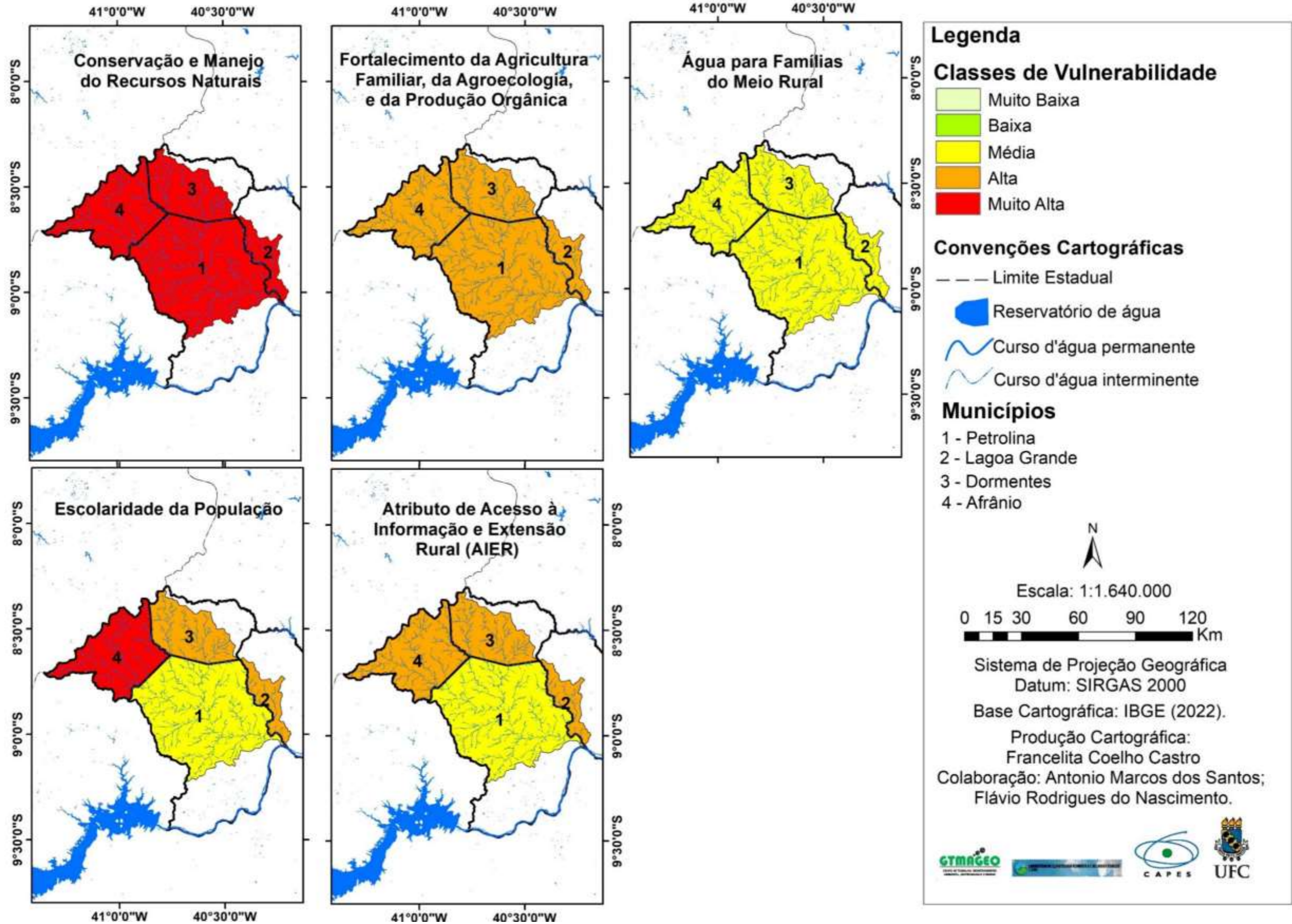
5 VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DAS COMUNIDADES RURAIS EM DECORRÊNCIA DA SUSCEPTIBILIDADE AMBIENTAL AO ACÚMULO DE SAIS NOS SOLOS

5.1 Vulnerabilidade Social à salinização

5.1.1 Atributo de acesso à Informação e Extensão Rural (AIER)

O atributo AIER é resultado da análise do acesso a programas de extensões rurais fornecidos pelo IPA, e da escolaridade da população obtida pelo censo do IBGE (2010) para sub-bacia do Riacho do Pontal (Figura 23).

Figura 23: Carta do Atributo de acesso à Informação e Extensão Rural da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2022.

A extensão rural consiste em um conjunto diversificado de atividades externas à divulgação de informações, conhecimentos, técnicas ou tecnologias, assistência e orientação. Visa, ainda, ao desenvolvimento de capacidades individuais ou coletivas e/ou à promoção da interlocução e articulação entre agentes, conectando o saber técnico-científico acadêmico aos conhecimentos empíricos e tradicionais dos agricultores. O objetivo é atender às demandas de desenvolvimento agrícola ou rural (Christoplos, 2010). Nesse sentido, tal prática demonstra sua relevância na construção de conhecimentos essenciais para o manejo adequado de áreas suscetíveis ao processo de salinização dos solos, como as descobertas em uma sub-bacia hidrográfica localizada no Semiárido Brasileiro, intensamente explorada por atividades agropecuárias que abrangem desde a simplicidade até a criação de animais.

O IPA tem investido em políticas de extensão rural nos municípios da área de estudo. Entre esses investimentos, destaca-se o apoio a práticas externas à conservação e manejo dos recursos naturais, que, no entanto, recebeu o menor volume de recursos financeiros entre as atividades extensionistas promovidas por esse órgão. Essa situação contribui para classificar as comunidades rurais de toda a sub-bacia como de muito alta vulnerabilidade social no que se refere às práticas de conservação e manejo dos solos (Figura 23).

Nesse contexto, Castro, Santos e Araújo (2021), em estudo realizado na comunidade quilombola de Cupira, localizada no município de Santa Maria da Boa Vista, no semiárido do estado de Pernambuco, destacam que a ausência de subsídios destinados ao manejo dos solos locais é um dos fatores que contribuem para o processo de salinização das áreas agrícolas dessa comunidade. Tal situação levanta preocupações, especialmente diante dos resultados apresentados quanto à disponibilidade de recursos para essas práticas na sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal.

O acesso a conhecimentos e tecnologias voltados para a conservação e manejo dos recursos naturais possibilita à população residente na sub-bacia do Riacho do Pontal a integridade das práticas produtivas e a obtenção de rentabilidade, contando com os serviços ambientais. Isso ocorre mesmo sendo essa população inserida em um sistema hidrográfico suscetível ao processo de salinização dos solos, o que pode contribuir para a mitigação de prejuízos sociais, ambientais e econômicos.

Outro investimento em extensão rural realizado pelo IPA e desenvolvido foi o apoio ao fortalecimento da agricultura familiar, da agroecologia e da produção orgânica. Melo e Voltolini (2019) ressaltam que as práticas externas à agricultura familiar representam uma base econômica de mais de 80% das comunidades rurais no Semiárido Brasileiro. Essa modalidade

de produção, em conformidade com a Lei nº 11.326 (Brasil, 2006), caracteriza-se por atender simultaneamente a critérios como: não possuir, a qualquer título, área maior do que quatro módulos fiscais; utilizar, majoritariamente, mão de obra familiar nas atividades econômicas; ter parte significativa da renda familiar oriunda das atividades do estabelecimento; e administrar o estabelecimento em regime de economia familiar.

As práticas agroecológicas e a produção orgânica são mecanismos, em que, o agricultor familiar tem em mãos para o manejo das terras com reduzida contribuição para salinização dos solos. Isto porque, a agroecologia corresponde a um campo de conhecimentos multidisciplinar que contribui na construção da relação sustentável entre produção agrícola e a base ecológica dos sistemas físico-naturais. Ou seja, segundo Gliessman (2018) a agroecologia integra pesquisa, educação, e mudanças que proporcionam sustentabilidade para todo sistema alimentar envolvido. Ela também é participativa porque envolve dos agricultores aos consumidores. Sua abordagem é estruturada no pensamento ecológico, em que, abordagem holística voltada para sustentabilidade dos sistemas alimentares, nos seus variados níveis, são necessárias.

Neste contexto, torna-se evidente a importância das práticas extensionistas que combinem agroecologia, agricultura orgânica desenvolvidas no âmbito da agricultura familiar no processo de conservação dos solos contribuindo assim para o processo de salinização.

No leque de investimento do IPA, as ações extensionistas voltadas para o apoio ao fortalecimento da agricultura familiar, da agroecologia e da produção orgânica, receberam o segundo menor percentual de investimento entre as ações extensionistas desse órgão. Situação que coloca as comunidades rurais dos três municípios da sub-bacia hidrográfica do Riacho Pontal classificada com alta vulnerabilidade social à salinização (Figura 23).

Por último, porém não menos importante, foram avaliados os investimentos em ampliação do acesso à água para famílias das comunidades rurais da área de estudo. Dentre as três práticas extensionistas rurais desenvolvidas pelo IPA, esta foi a que obteve maior percentual de investimento. As ações de acesso à água desenvolvidas pelo IPA centram-se sobre o incentivo à melhoria da infraestrutura hídrica rural voltada para o abastecimento de água, perfuração e instalação de poços artesianos mediante viabilidade de uso de suas águas e construção e recuperação de açudes de pequeno e médio porte.

O que chama atenção é o processo de cuidado desenvolvido nas ações voltadas para a qualidade das águas, contribuindo para o não uso ou a restrição do uso de águas com concentrações elevadas de sais em práticas agrícolas. Outro ponto relevante a ser mencionado é o uso de águas de açudes, evitando, em alguns momentos, o uso de poços artesianos, cujas

águas frequentemente apresentam sais em sua composição. Assim, as ações realizadas pelo IPA mostram-se fundamentais no processo de redução e/ou combate à salinização dos solos.

O percentual de recursos investidos nessa ação extensionista foi superior ao destinado às duas ações acima aqui apresentadas, classificando-se como comunidades rurais como de vulnerabilidade social média à salinização. Vale ressaltar que, diante dos dados apresentados e propostos, é evidente que a extensão rural é uma área negligenciada pelo poder público, apesar de sua importância para a conservação dos recursos naturais, o aumento da produtividade agrícola e a promoção do bem-estar social.

Dando sequência às análises, foi considerada a escolaridade da população residente na sub-bacia em estudo. No município de Afrânio, os dados indicam: 79,40% da população com nível de instrução correspondente a "sem instrução" e "fundamental incompleto"; 9,19% com o fundamental completo; 8,75% com o ensino médio completo; e apenas 2,65% com ensino superior completo. Essa situação classifica a população como de muito alta vulnerabilidade social à salinização (Figura 23).

No município de Dormentes, 76,86% da população encontra-se nos níveis “sem instrução” e “fundamental incompleto”; 7,93% possui o fundamental completo; 12,04% do ensino médio completo; e apenas 3,15% possuem o ensino superior completo. Assim, a população estava em alta com alta vulnerabilidade social à salinização (Figura 23). Os resultados seguem por Lagoa Grande, com 69,96% da população no nível sem instrução e fundamental incompleto, 11,51% apenas com o fundamental completo, 14,96% com apenas o ensino médio completo, e apenas 3,54% com o ensino superior completo, sendo assim, sua população apresenta o mesmo nível de vulnerabilidade social do município de Dormentes (Figura 23). Por último, e com o melhor quadro entre os municípios analisados, Petrolina apresenta 50,49% da população no nível sem instrução e fundamental incompleto, 13,22% apenas com o fundamental completo, 26,80% com apenas o ensino médio completo, e 9,47% com o ensino superior completo. Neste contexto, sua população foi classificada com média vulnerabilidade social à salinização (Figura 23).

Os níveis de escolaridade da população foram inseridos nesta análise devido à importância que os conhecimentos possibilitam melhores ângulos na busca de novas informações que podem contribuir com práticas sustentáveis de manejo dos solos e dos demais componentes que em conjuntos podem contribuir com o processo de salinização dos solos. Neste contexto, quanto maior a escolaridade possivelmente, maiores os aproveitamentos dos

conhecimentos construídos, seja no âmbito escolar ou comunitário, voltados para o manejo das terras evitando o acúmulo de sais nos solos.

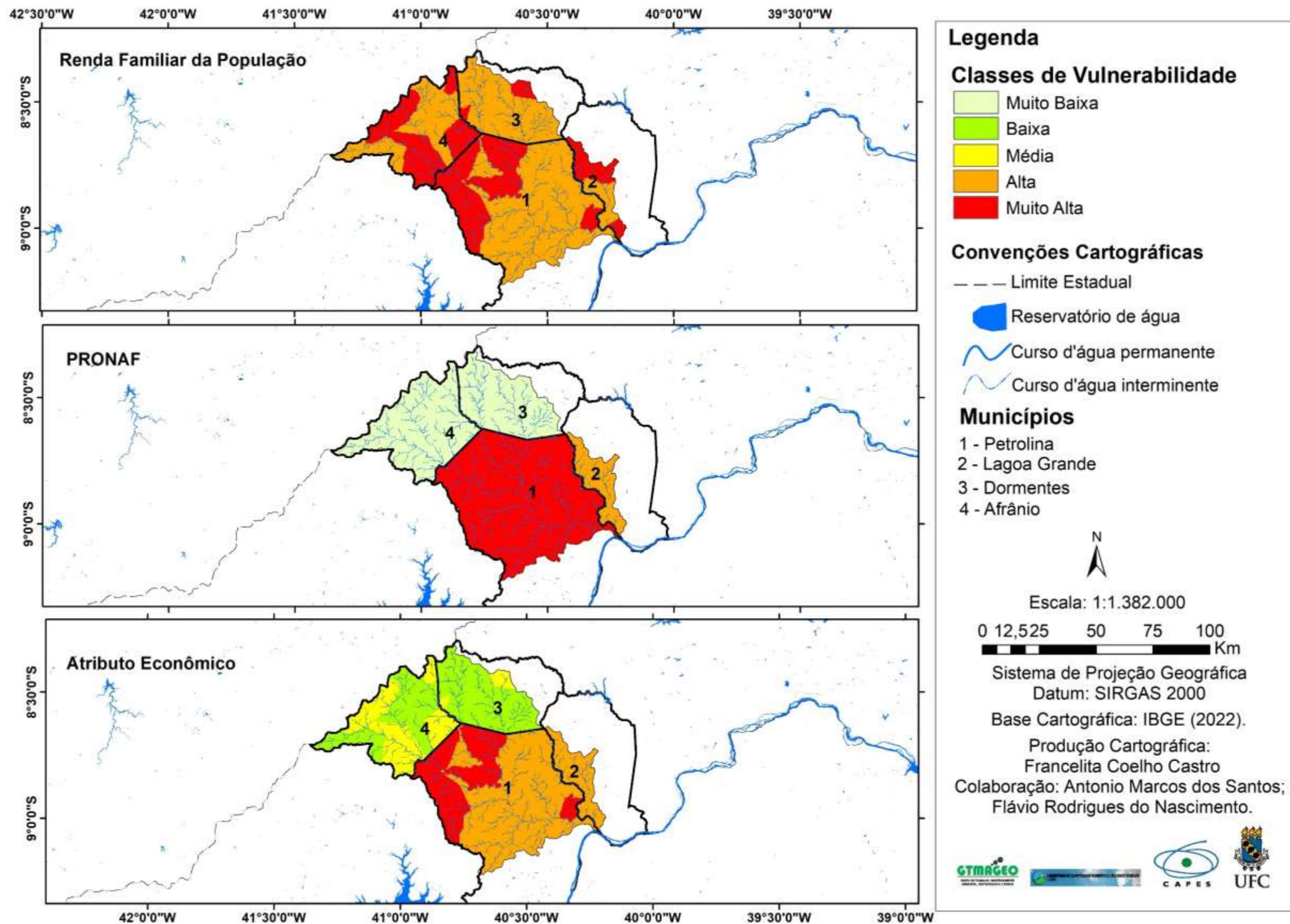
Em estudo realizado por Cruz *et al.* (2013), em comunidades rurais do Estado da Paraíba, constatou-se que a alta vulnerabilidade social da população residente naquelas comunidades rurais estava atrelada a baixos níveis de escolaridade. Tal cenário de vulnerabilidade social pode ser relacionado a diversas intercorrências que venham a acontecer, e dentro dessas possibilidades, a salinização dos solos que impede a produção agrícola, pode trazer diversos problemas.

A partir das análises das informações anteriormente apresentadas, foi definida a contribuição à vulnerabilidade social da sub-bacia do Pontal a partir do atributo AIER. Assim, o município de Petrolina sobre a sub-bacia foi classificado com média vulnerabilidade, sendo a melhor classificação para esse atributo em decorrência principalmente, dos melhores índices de escolaridade que o município apresenta em relação aos demais. As áreas referentes aos municípios de Lagoa Grande, Dormentes e Afrânio foram classificadas com alta vulnerabilidade (Figura 23).

5.1.2 Atributo Econômico (AE)

A figura 24 apresenta o atributo econômico para análise da vulnerabilidade social da sub-bacia do Riacho do Pontal. Tal atributo é analisado a partir de informações referentes aos dados de renda familiar e financiamento do PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar).

Figura 24: Carta do Atributo Econômico da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2024.

Partindo para o atributo econômico, a primeira análise foi realizada considerando a renda familiar da população. Nesse contexto, o município de Afrânio, com 29 setores censitários, apresentou 65,52% dos setores com alta vulnerabilidade quanto à renda e 34,48% classificados como de muito alta vulnerabilidade (Figura 24).

O município de Dormentes, com 27 setores censitários, obteve 85,19% desses com alta vulnerabilidade e 14,81% classificados como de muito alta vulnerabilidade. Já Lagoa Grande, com 14 setores censitários, teve 71,43% desses classificados como de alta vulnerabilidade e 28,57% como de muito alta vulnerabilidade. Petrolina, que apresenta o maior número de setores censitários na subbacia do Riacho Pontal, conta com 44 setores, dos quais 70,45% foram classificados como de alta vulnerabilidade e 29,55% como de muito alta vulnerabilidade (Figura 24).

Uma análise para definição dos graus de vulnerabilidade social, nesse caso, foi realizada pelo município, e os resultados indicaram que as situações de Afrânio e Dormentes foram definidas como de muito baixa vulnerabilidade, por serem as mais beneficiadas pelo PRONAF. A população rural de Lagoa Grande foi exposta como de alta vulnerabilidade, enquanto as comunidades rurais de Petrolina foram definidas como de muito alta vulnerabilidade, devido ao menor valor investido pelo PRONAF nesse município, entre os inseridos na sub-bacia (Figura 24).

Assim, a vulnerabilidade do atributo econômico apresentou-se em diferentes níveis: baixo, médio, alto e muito alto. As classes de baixa e média vulnerabilidade são técnicas nos municípios de Afrânio e Dormentes, com destaque para este último, onde grande parte da população apresenta baixa vulnerabilidade econômica. Por outro lado, os municípios de Lagoa Grande e Petrolina foram classificados como de alta e muito alta vulnerabilidade, respectivamente, com destaque negativo para Petrolina, que concentra a maior parte do território da sub-bacia do Riacho do Pontal com muita vulnerabilidade econômica.

A importância desse atributo, que envolve a renda familiar e financiamentos para o desenvolvimento agrícola, pode ser fundamentada pelo avanço do processo de salinização observado na costa de Bangladesh, país localizado no continente asiático. Segundo estudo de Dasgupta et al. (2016), nos últimos anos constatou-se uma expansão de áreas salinizadas, sobretudo nas comunidades em que a população apresenta menor renda salarial e recebe os menores valores investidos destinados à infraestrutura e ao desenvolvimento agrícola. Ou seja, o estudo evidencia que, quanto maior o acesso a créditos rurais e os ganhos financeiros

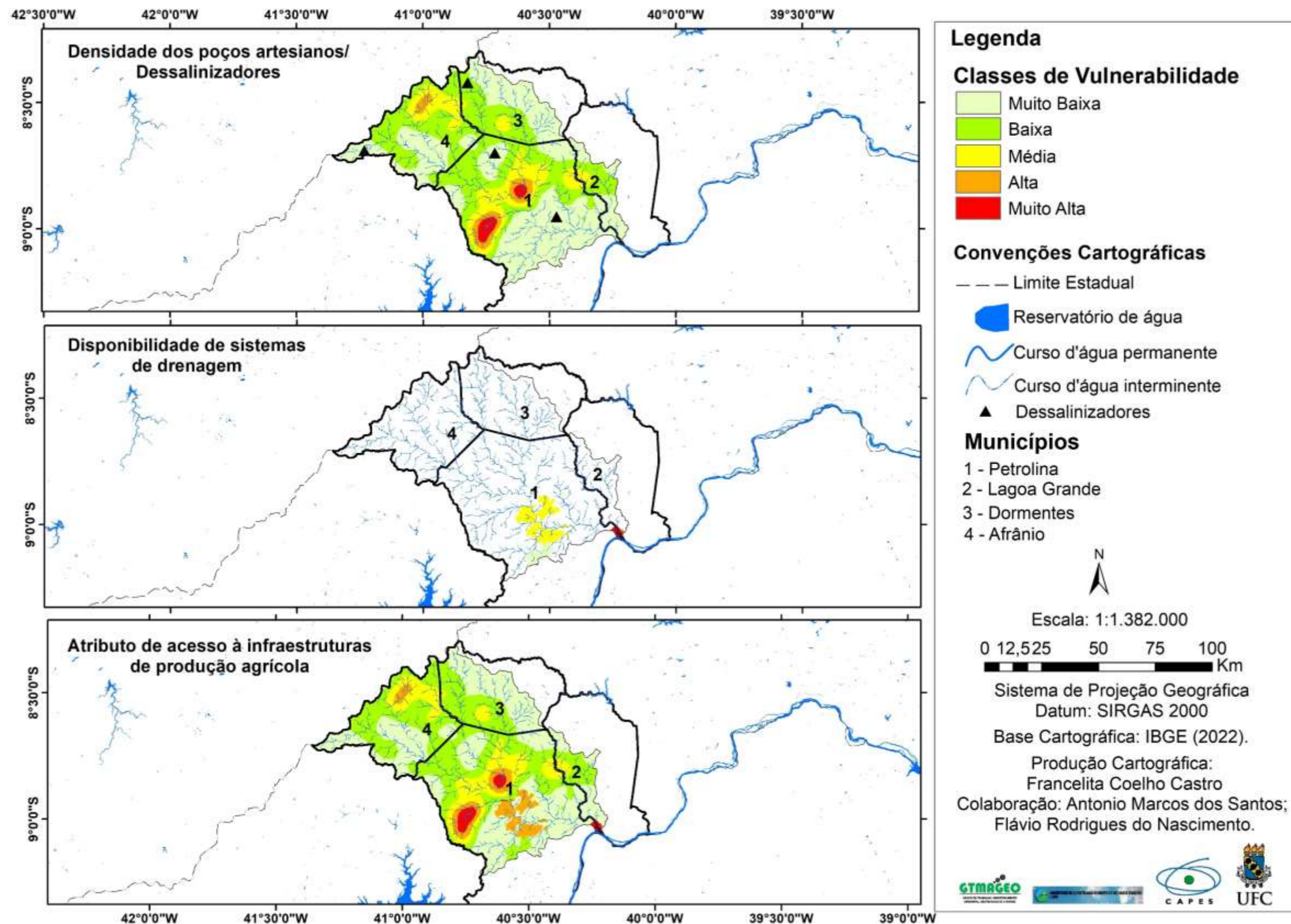
familiares, menor é a vulnerabilidade à perda de produtividade dos solos devido ao acúmulo de sais.

A renda familiar e o financiamento do PRONAF fornece um aporte financeiro às famílias rurais que pode proporcionar aquisições de sistemas de irrigação considerados mais adequados para evitar o processo de salinização dos solos, como os sistemas de gotejamento e microaspersão, a implantação de sistemas de drenagem, ou a utilização de adubação química com menor índice salino, como por exemplo a troca da utilização do cloreto de potássio que segundo MAPA (2018) tem índice salino de 116% por aplicação do sulfato de potássio com índice salino de 46%.

5.1.3 Atributo de acesso a infraestruturas de produção agrícola (AIPA)

A figura 25 representa o último atributo para definição da vulnerabilidade social ao processo de salinização dos solos, sendo, o acesso às infraestruturas de produção agrícola da sub-bacia do riacho do Pontal. Tal atributo foi analisado a partir de informações referentes à densidade dos poços artesianos juntamente com a disponibilidade de dessalinizadores, e disponibilidade de sistemas de drenagem.

Figura 25: Carta do Atributo de acesso às infraestruturas de produção agrícola da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2024.

De acordo com Amaral, Ferreira e Navoni (2021), no semiárido brasileiro, as fontes hídricas superficiais frequentemente apresentam disponibilidade e qualidade mínimas, fazendo com que as águas subterrâneas assumam um papel importante no desenvolvimento das atividades produtivas. Entretanto, as características hidrogeológicas da região frequentemente apresentam alterações na quantidade e qualidade das águas disponíveis.

Partindo dessa importância, analisaremos a densidade de poços artesianos na área de estudo e a presença de mecanismos de tratamento de águas salinas e/ou salobras, como os dessalinizadores. Nesse contexto, quanto maior a densidade (concentração) de poços sem a presença de dessalinizadores, maior é a vulnerabilidade das comunidades rurais ao utilizarem águas salobras e/ou salinas na produção agrícola familiar.

A disponibilidade de dessalinizadores é fundamental para a retirada de sais das águas subterrâneas disponíveis na sub-bacia do Pontal, que apresentam elevados teores de sais (Figura 11). Esses dispositivos são imprescindíveis para evitar o acúmulo de sais nos solos e para atender famílias que não têm acesso às águas do rio São Francisco, permitindo o desenvolvimento da agricultura irrigada. Contudo, a quantidade de dessalinizadores na área científica revelou-se muito baixa: apenas quatro, distribuídos da seguinte forma: dois em Petrolina, um em Afrânio e um em Dormentes. Essa situação classifica toda a sub-bacia como de vulnerabilidade social muito alta, uma vez que a quantidade de equipamentos disponíveis é insuficiente para atender a população (Figura 25).

Quanto às concentrações dos poços, a classificação das áreas vulneráveis ficaram da seguinte forma: área com concentração de até 0,07% dos poços da sub-bacia com presença de dessalinizadores foi classificada com muito baixa vulnerabilidade; área com concentração de 0,08 a 0,15% de poços artesianos com presença de dessalinizadores foi classificada com baixa vulnerabilidade; concentração de poços variando entre 0,16 a 0,23% com ausência de dessalinizadores foi classificada com média vulnerabilidade; áreas com densidade de poços variando entre 0,24 a 0,30% com ausência de dessalinizadores foi classificada como alta; e, regiões com a concentração de poços entre de 0,31 a 0,38% também, sem dessalinizadores, a vulnerabilidade das populações desses locais foi classificada como muito alta (Figura 25).

Analisando em conjunto essas informações, observa-se que os equipamentos presentes na sub-bacia estão em áreas com baixa densidade de poços. As manchas, as quais representam as maiores concentrações de poços artesianos, localizadas nos municípios de Petrolina e Afrânio (Figura 25), não há dessalinizadores instalados. Situação que expõe as comunidades

sobre essas áreas entre alta e muito alta vulnerabilidade, ou seja, nas áreas onde a perfuração de poços teve maiores incentivos são justamente aquelas com ausência de dessalinizadores.

A importância dos dessalinizadores vai além de inibir a adição de sais aos solos, em estudo desenvolvido por Barbosa (2022) analisando o uso de dessalinizadores para beneficiamento de água de poços artesianos no semiárido pernambucano, foi observado que os dessalinizadores provocaram a diminuição de coliformes totais e *Escherichia coli* da água, como também a diminuição da dureza total, alcalinidade, salinidade e condutividade elétrica tendendo a zero. Observa-se assim que os dessalinizadores são importantes não apenas para melhor qualidade química, mas também melhor qualidade biológica das águas.

Nesse processo, colocando como hipótese a aplicação das águas dos poços artesianos, seguido da utilização dos dessalinizadores, ao realizar a aplicação dessas águas ou mesmo nas áreas atendidas pelas águas do Rio São Francisco, necessita-se de sistemas de drenagem nas áreas irrigadas para o manejo adequados dos solos, visto que nem todos os solos apresentam boa drenagem natural.

No caso dos sistemas de drenagem, foi analisada a presença ou ausência deste recurso implantados pelo poder público nas áreas de agricultura irrigada da sub-bacia de análise. Foram mapeadas três áreas irrigadas. A primeira, próxima a foz, não apresenta estruturas de sistemas de drenagem, sendo assim, a população desta área apresenta muito alta vulnerabilidade quando o assunto é a salinização e a drenagem das águas empregadas na irrigação.

A segunda área está localizada no setor Maria Tereza, a qual faz parte do perímetro irrigado Nilo Coelho, em que, as águas utilizadas na irrigação são captadas no reservatório de Sobradinho-BA, propriedade da CHESF (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco) construída no Rio São Francisco. Tal área apresenta estrutura de sistemas de drenagem, e, por isso, as comunidades locais apresentam muito baixa vulnerabilidade. A terceira área se refere à base de irrigação do Pontal Sul e Norte, em que, a população local apresenta média vulnerabilidade devido ao projeto de infraestrutura do sistema de drenagem, está em construção.

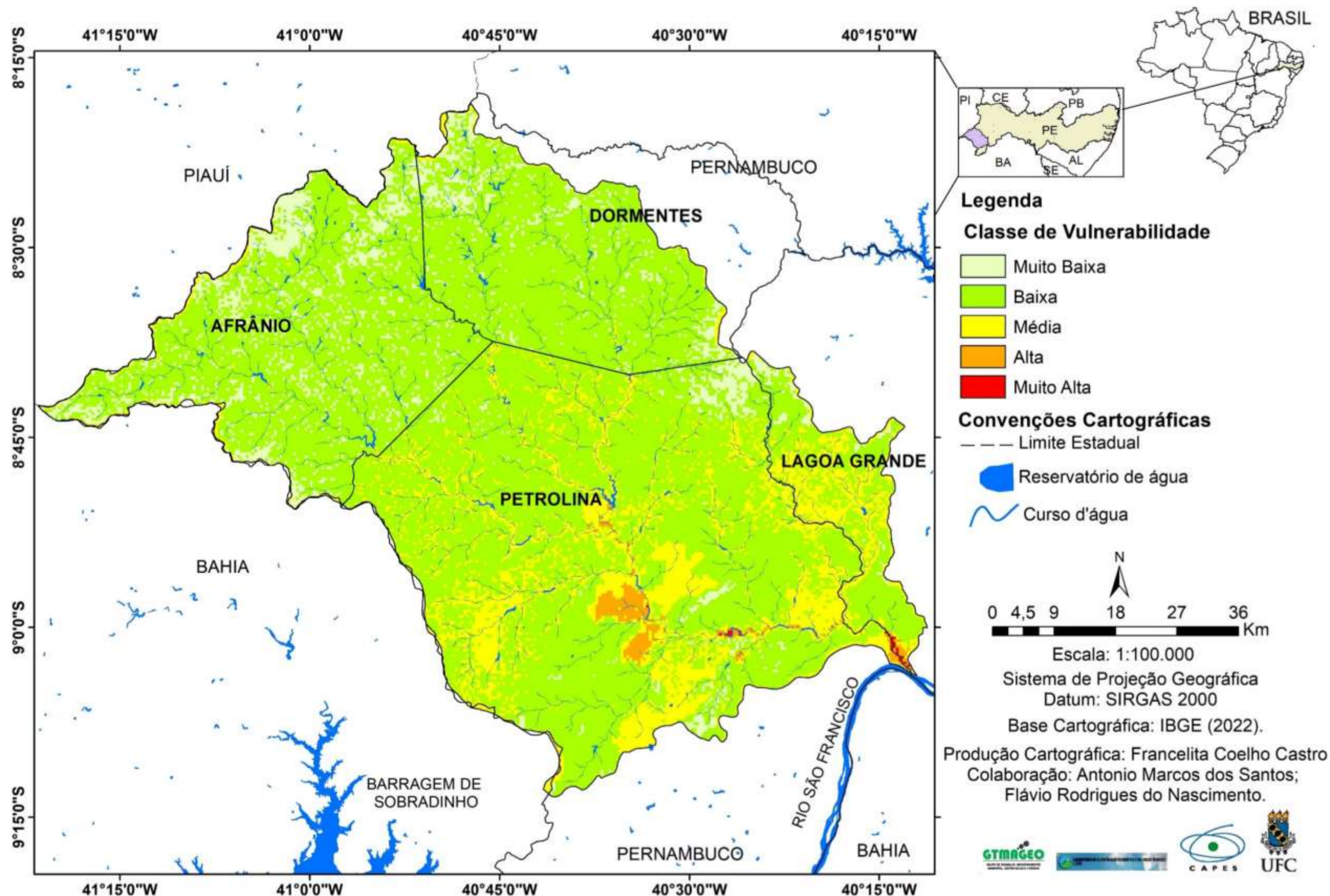
Os sistemas de drenagem têm como finalidade conduzir o excesso de água e/ou produtos químicos para fora da área irrigada, não permitindo o acúmulo de sais que pode ser advindo desses produtos, da elevação do lençol freático ou do contato da solução dos solos com a rocha matriz. Assim, o teor salino dos solos, nas áreas irrigadas poderá ser intensificado em condições de ausência do sistema de drenagem eficiente (Vasconcelos, 2014; Ribeiro; Ribeiro Filho; Jocomine, 2016; Shokri-Kuehni *et al.* 2020).

Uma observação a ser destacada é que, as análises para o atributo sistemas de drenagem limitou-se às áreas de perímetros públicos irrigados. A possibilidade de outras áreas irrigadas, porém não foi possível identificá-las na escala de mapeamento de uso e cobertura das terras empregado neste estudo.

5.2 Vulnerabilidade Socioambiental das comunidades rurais em decorrência da susceptibilidade ambiental ao processo de salinização dos solos

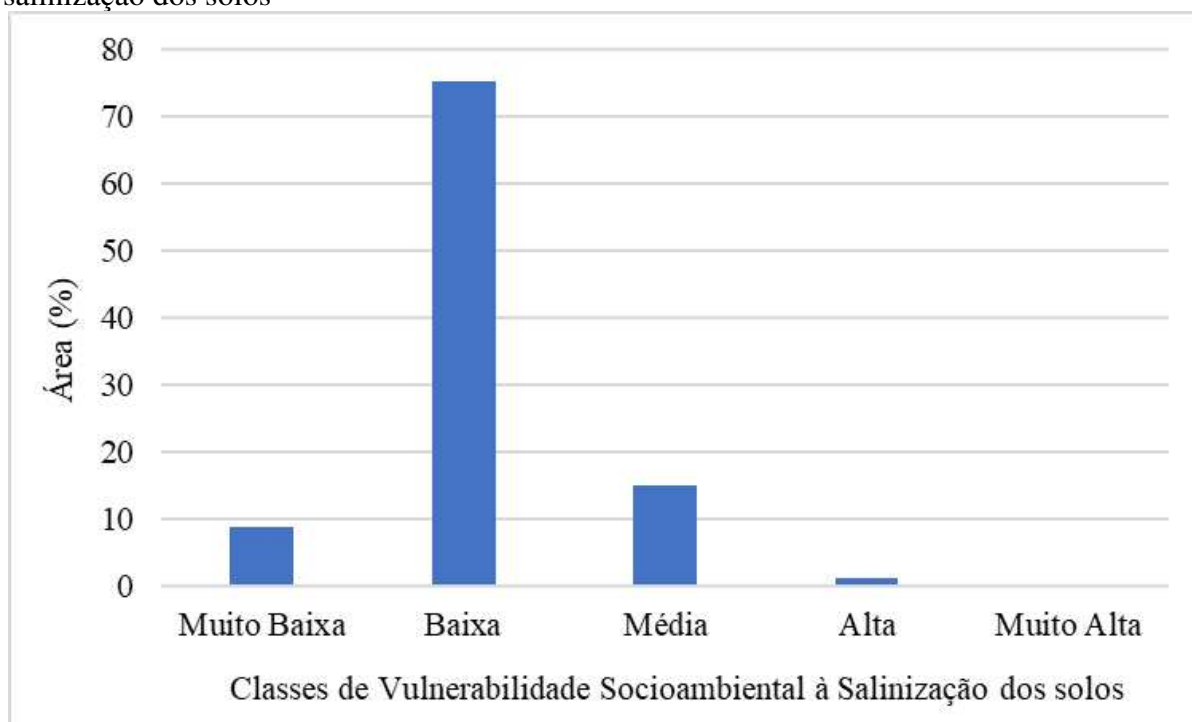
Ao cruzar as informações referentes a susceptibilidade ambiental com aspectos de vulnerabilidade social à salinização dos solos foi obtida a carta final de vulnerabilidade socioambiental à salinização dos solos da sub-bacia do Riacho do Pontal (Figura 26). Os resultados indicam que a população de 8,81% da área de estudo foi classificada com muito baixa vulnerabilidade, 75,19% com baixa vulnerabilidade, 14,84% com média vulnerabilidade, 1,06% com alta vulnerabilidade, e 0,07% com muito alta vulnerabilidade (Gráfico 5).

Figura 26: Carta de vulnerabilidade socioambiental à salinização dos solos da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Pontal – Estado de Pernambuco



Fonte: autora, 2024.

Gráfico 5: Quantitativo de áreas ocupadas pelas classes de vulnerabilidade socioambiental à salinização dos solos



Fonte: autora, 2024.

Ao analisar os resultados da Carta de vulnerabilidade socioambiental ao processo de acúmulo de sais da sub-bacia do Riacho do Pontal, observa-se a predominância das áreas com baixa vulnerabilidade socioambiental, que se estende por toda a área de estudo, seguida da classe de média vulnerabilidade socioambiental, essa com predominância na parte sul da sub-bacia. Em seguida, destaca-se a classe de muito baixa vulnerabilidade socioambiental concentrada na parte norte da sub-bacia, com apenas duas manchas próximas ao sul, o primeiro na parte central-leste da sub-bacia e o segundo a sudoeste. As duas classes de maior gravidade, alta e muito alta vulnerabilidade socioambiental, representam juntas menos de 2% de toda área, e estão concentradas sobre canais fluviais e agricultura irrigada localizadas na parte sul.

A partir da análise individualizada por classes, constata-se que as áreas com muito baixa vulnerabilidade socioambiental, foi influenciada pela combinação de regiões com muito baixa susceptibilidade ambiental ao processo de salinização, com aspectos da vulnerabilidade social, como: média e alta vulnerabilidade social no que concerne ao acesso a informações formada pela escolaridade e as políticas de extensão rural; baixa, média e alta vulnerabilidade social no que representa as questões de aporte financeiro; e muito baixa, baixa e média no que se refere ao acesso a infraestruturas agrícolas.

As combinações que resulta na classe de baixa vulnerabilidade socioambiental não difere tanto da classe anterior, no que refere aos aspectos de vulnerabilidade social, acesso a informações e extensão rural, aporte econômico, e acesso a infraestruturas agrícolas, diferindo, em não se localizarem sobre áreas de muito baixa susceptibilidade ambiental à salinização.

A classe de média vulnerabilidade socioambiental, é a segunda maior classe em área ocupada, com concentração na parte sul da sub-bacia. Combina áreas com média, alta e muito alta susceptibilidade ambiental ao processo de salinização, com aspectos de vulnerabilidade social, como: média e alta vulnerabilidade social no que concerne ao acesso a informações e extensão rural; alta e muito alta no que se refere ao aporte econômico dessas populações; e baixa, média, alta e muito alta no que se refere ao acesso a infraestruturas agrícolas.

As áreas com média vulnerabilidade socioambiental apresenta um sinal de alerta, já que representa uma área considerada da sub-bacia (14,84% - Gráfico 5), com forte produção da agricultura irrigada, e presença da população, como pode-se observar através da existência de núcleos urbanos (Figura 13). Esse arranjo de características exterioriza a necessidade de planejamento de ações que auxiliem esses grupos sociais, expostos à potencialidade de desenvolvimento de degradação dos solos, a construir alternativas de enfrentamento e recuperação das terras afetadas e/ou práticas que evitem o processo de salinização dessas áreas.

Dando continuidade às análises, observa-se que as duas classes de maior gravidade de vulnerabilidade socioambiental à salinização da sub-bacia analisada cobrem uma pequena área em extensão territorial (1,13%). A classe de alta vulnerabilidade socioambiental conta com a seguinte combinação de aspectos sociais: média e alta vulnerabilidade social no que se refere ao acesso a informações e extensão rural; alta vulnerabilidade social no concerne ao aporte econômico; e alta e muito alta vulnerabilidade social no que se refere ao acesso a infraestruturas agrícolas. Essas características estão combinadas com áreas de alta e muito alta susceptibilidade ambiental à salinização. A classe de muito alta vulnerabilidade socioambiental à salinização difere apenas por estar sobre áreas em que os fatores físico-naturais contribuem para potencializar estas regiões com muito alta susceptibilidade ambiental.

Observou-se que os maiores graus de vulnerabilidade socioambiental estão atrelados às áreas com as maiores susceptibilidades ambientais, verificando assim, uma resposta adequada do modelo de vulnerabilidade socioambiental adotado neste estudo. Logo, a vulnerabilidade aqui trabalhada refere-se a um conjunto de características que colocam as populações residentes na sub-bacia, expostas a um perigo de ordem socioambiental, nesse caso, a salinização dos solos. Problemática que degrada os solos impossibilitando o desenvolvimento das principais

atividade econômicas nas comunidades inseridas nas manchas de maiores vulnerabilidades socioambientais. Situação que apresenta maiores dificuldades nas comunidades em conviver com os problemas da salinização (Freitas; Cunha, 2013; Santos, 2015).

Ao analisar as informações consideradas para definir a vulnerabilidade socioambiental ao processo de salinização, observa-se que o atributo de acesso às informações e extensão rural, apresenta importância na definição da vulnerabilidade socioambiental de uma população, incluindo os estudos de salinização. Neste contexto, Tran *et al.* (2021) ao analisar os diferentes níveis de vulnerabilidade socioambientais de comunidades rurais no Vietnã, atingidas pelo processo de intrusão de sais oriundos das águas do oceano Índico, observou que quanto menor a escolaridade e, o acesso de políticas educativas sobre manejo dos solos, maiores as dificuldades destas comunidades em conviver com o processo de salinização.

O aporte econômico das famílias, analisado a partir da renda familiar, informação essa também, presente nos índices de vulnerabilidades, e por se tratar de um processo de degradação dos solos, inseriu nas análises também o financiamento a atividades agrícolas realizado pelo PRONAF. Entender as características financeiras da população quando se analisa à vulnerabilidade social é importante, visto que, uma família que apresenta dificuldades de cumprir satisfatoriamente suas tarefas básicas de socialização e serviços, cria-se situações de vulnerabilidade (Gomes; Pereira, 2005). Famílias com uma vida financeira boa, auxiliará na busca por melhores técnicas e infraestrutura agrícola para recuperar suas terras.

Por último, analisou como acesso a infraestruturas agrícolas voltadas para o manejo e proteção dos solos para não desenvolvimento do processo de salinização. Verificou a presença de poços artesianos juntamente com dessalinizadores por que, é de conhecimento, que na sub-bacia do Riacho do Pontal as águas subterrâneas contam com graus elevados de sais (Figura 11). A presença de apenas 4 dessalinizadores não atende as populações a ponto de evitar o uso de águas salinas ou salobras em áreas agrícolas, além da localização de tais infraestruturas ser em áreas com menor concentração de poços artesianos. Resultando em uso de águas com excesso de sais na parte ao norte da sub-bacia e na parte sul em áreas distantes dos perímetros irrigados (Figura 21A e B). A aplicação de águas com elevados teores de sais nos solos pode levar à salinização dos solos (Medeiros *et al.* 2017).

Os sistemas de drenagem auxiliam no controle destinado à elevação do lençol freático, bem como, eliminar a água de lixiviação, de modo a evitar a salinização do solo (Ribeiro; Ribeiro Filho; Jacomine, 2016). Na sub-bacia de estudo chama a atenção a área próximo a foz que não apresenta sistema de drenagem implantados, situação que favorece ao acúmulo de sais

(Figura 16H), como também a vulnerabilidade socioambiental da população ali residente, formada por empresários com acesso a lotes comerciais, mas também por pequenos agricultores, e áreas de assentamentos de movimentos sociais.

Uma segunda área, a sudoeste da sub-bacia próxima a parte do setor Maria Teresa de irrigação, conta com sistemas de drenagem e atende a lotes de grandes empresas acima de 50 hectares, lotes de pequenas e médias empresas variando de 7,10 a 50 hectares, e até 7 hectares para pequenos produtores. Trata-se de uma área com muito baixa vulnerabilidade por apresentar acesso a infraestrutura adequada.

As áreas dos perímetros irrigados Pontal Sul e Pontal Norte, localizados na porção central-sul da sub-bacia, é uma área que conta com projetos de implantação de sistemas de drenagem, mas ainda não implantados (Figura 25). Vale destacar, que o acesso aos sistemas de drenagens nessas áreas é de extrema importância por que estão localizadas na parte central da sub-bacia, sendo uma região que recebe contribuições de toda a área a montante, além de ser uma área baixa e plana que favorece o acúmulo de sedimentos e água, classes de solos com presença de argila, e próximas a canais fluviais. Isto favorece ao acúmulo de sais e conseqüentemente a apresentar resultados de média e alta vulnerabilidade social também devido a tudo que vem sendo apresentado nas últimas seções sobre os aspectos sociais.

Os resultados de vulnerabilidade social da sub-bacia do Riacho do Pontal ao processo de salinização dos solos apontam que a população dos municípios de Afrânio e Dormentes apresentam muito baixa a baixa vulnerabilidade socioambiental. Tal resultado representa a realidade desses territórios municipais, por que as populações detêm características que favorecem a adaptação a um possível desenvolvimento de acúmulo de sais nos solos. A principal atividade econômica é a criação de ovinos e caprinos, executada em pastagem nos terrenos de maiores altitudes e íngremes. Assim como, nas áreas próximas aos canais fluviais, onde se concentra as maiores susceptibilidades ambientais a concentração de sais, conta com a presença das Algarobas (*Prosopis juliflora*), que teve sua implantação incentivada durante décadas no semiárido brasileiro por instituições governamentais, como a SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste), é utilizada para alimentação animal e é uma cultura tolerante à salinidade (Souza; Queiroz; Gheyi, 2000; Burnett, 2017).

As populações classificadas com média, alta, e muito alta vulnerabilidade socioambiental para salinização estão na parte sul da sub-bacia, cobrindo parte dos territórios municipais de Petrolina e Lagoa Grande, área essa com maior destaque para agricultura irrigada como atividade econômica principal. Isto faz sentido, pois a localização dos perímetros públicos

irrigados nessa área atrelados ao planejamento da CODEVASF para maiores ampliações das áreas irrigadas destinado ao aproveitamento do aporte de estrutura, permite a exportação da produção já instalada nessa região (CODEVASF, 2013).

Assim, a porção norte da área de estudo não tem na agricultura irrigada sua principal atividade econômica. Nessa parte da sub-bacia as áreas com sistemas de irrigação atendem apenas a pequenas áreas nos períodos de estiagem, contando essa população com outras atividades e tendo na criação de animais como a atividade econômica que os caracteriza; além de não estarem sobre áreas com altos níveis de susceptibilidade ambiental a salinização dos solos.

A porção sul da sub-bacia, também, conta com a criação de animais, mas tem na agricultura irrigada a atividade econômica base, por que mesmo tendo nos serviços parte considerada do PIB desses municípios, são serviços atrelados a produção agrícola irrigada, como por exemplo, os turistas que vão ao Vale do São Francisco atraídos por conhecer esse tipo de produção, muitas lojas destinadas a venda de produtos e serviços para agricultura irrigada, então esses municípios ao sul têm maior dependência dessa atividade econômica e sua população depende do sucesso dela para instabilidade financeira e social.

CONCLUSÃO

A combinação de solos com maiores sensibilidades à salinização, com os canais fluviais de maiores ordens hierárquicas, aliados a presença de agricultura irrigada contribui para as áreas com maiores graus de susceptibilidade ambiental ao desenvolvimento do acúmulo de sais nos solos, como também com as áreas de alerta para a vulnerabilidade socioambiental da população local ao processo de salinização dos solos, visto que, boa parte dessas áreas foram classificadas com média a alta vulnerabilidade socioambiental.

Áreas que combinem solos como Planossolo Nátrico, Vertissolo Háptico, e Luvisolo Crômico, proximidade ou em canais fluviais devem ser mantidas como áreas de proteção ambiental, sem exploração de atividades econômicas. Tal situação em sub-bacias do semiárido brasileiro são características de locais onde apresentam acúmulo de sais.

Outras observações são em relação às diferentes contribuições de uso das terras ao processo de acúmulo de sais aos solos que ocorrem na sub-bacia do riacho do Pontal. Na parte Norte da sub-bacia observa-se o uso de água de poços artesianos para a agricultura irrigada, o que leva a contribuição do aumento dos sais no local de aplicação e também quando lixiviado, transportado para áreas adjacentes. Na parte sul da sub-bacia onde é incentivado a prática agrícola irrigada com água do Rio São Francisco, considerada de boa qualidade, a contribuição a salinização dos solos está na propriedade que não aplica manejo adequado de irrigação e adubação química, mas nessa realidade os sistemas de drenagem estão presentes em grande parte das propriedades, sejam implantados pelos próprios agricultores ou disponibilizados pela CODEVASF, e a maior contribuição ao acúmulo de sais vem do descarte feito pelos sistemas de drenagem em áreas de canais fluviais.

A metodologia proposta e utilizada para a análise da suscetibilidade ambiental à salinização é de fácil aplicação, fornece resultados confiáveis, que retratam a realidade observada em campo, e fornece aporte para mapeamento da situação de um sistema hidrográfico inserido numa região seca como o semiárido brasileiro, quanto a sua susceptibilidade ao desenvolvimento do acúmulo de sais. Auxiliando para o planejamento territorial, desenvolvimento de ações e medidas estruturais e não estruturais, e integração da gestão dos recursos hídricos e ambientais para uma melhor exploração desses ambientes, principalmente, no que se refere a agricultura irrigada.

Contudo, algumas dificuldades foram encontradas, como a escala de mapeamento, onde as bases de dados cartográficas disponíveis apresentam escalas divergentes, situação que

implicou no melhoramento da calibração do modelo, sendo os casos da resolução espacial das imagens para mapeamento de uso e cobertura das terras, da base de classificação dos solos, e da base para extração da hierarquização dos canais fluviais.

Quanto a análise socioambiental, as dificuldades foram encontradas nos impedimentos de acesso a informações atualizadas, o IBGE ainda não disponibilizou as informações necessárias nessa metodologia para o censo 2022, por isso o uso de dados referentes a 2010, e a falta de interesse de instituições públicas que sabem da importância de pesquisa científica em contribuir com dados. Apesar de tais dificuldades, os resultados apontam para a realidade socioambiental presente na sub-bacia de análise. Para solucionar parte dessas dificuldades e ter resultados ainda mais precisos registra a sugestão de aplicar a metodologia em um sistema hidrográfico menor e definir grupos a serem entrevistados, para assim realizar um trabalho com maior detalhamento.

Outra sugestão é trabalhar com a elaboração de cenários futuros a partir da projeção de uso e cobertura das terras para análise junto aos sistemas físicos-naturais, assim verificando as possibilidades quanto a exploração dos solos da sub-bacia do Riacho do Pontal que vem crescendo quanto a cobertura da agricultura irrigada.

Os resultados apresentados neste estudo incentivarão que novos trabalhos em outras áreas semiáridas podem ser desenvolvidos para melhorar as propostas método, que poderá ser, no futuro, uma ferramenta fundamental para avaliação e planejamento do uso e cobertura das terras. E ressaltar o papel importante da geografia na análise e discussão da temática, visto que, o processo de salinização é o reflexo de uma combinação de fatores físico-naturais interligados que influenciam mutuamente determinando as áreas atingidas pelo acúmulo de sais, e as ações humanas a intensificação desse processo a partir da contribuição ao desequilíbrio dos sistemas ou subsistemas envolvidos, resultando no desenvolvimento de áreas degradadas pelo excesso de sais nos solos, que causa transtornos e prejuízos socioambientais as populações locais.

Neste contexto, medidas emergenciais, como, extensão rural, implantação de dessalinizadores, e sistemas de drenagem devem ser planejadas e executadas com o objetivo de evitar perdas de terras que poderiam ser utilizadas para produção agropecuária, principal fonte econômica da sub-bacia analisada.

REFERÊNCIAS

- AKÇA, E.; AYDIN, M.; KAPUR, S.; KUME, T.; NAGANO, T.; WATANABE, T.; ÇILEK, A.; ZORLU, K. Long-term monitoring of soil salinity in a semi-arid environment of Turkey. **Catena**, Amesterdã, v.193, p.1-11, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816220301648?via%3Dihub>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- AMARAL, K.; FERREIRA, D. M.; NAVONI, J. A. Avaliação das águas subterrâneas salobras do semiárido do Rio Grande do Norte: qualidade e impactos sob atividades agropecuárias de subsistência. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 1 – 15, 2021. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/30077>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- AMINI, S.; GHADIRI, H.; CHEN, C.; MARSEHNER, P. Salt-affected soils, reclamation, carbon dynamics, and biochar: a review. **Journal of Soils and Sediments**, Berlin, v.16, p.939–953, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-015-1293-1>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- AMORIM, R. R. Um novo olhar na geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 41, p.80 – 101, 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16613>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Bacias Hidrográficas**. Recife: APAC, 2023. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 18 fev. 2023.
- AQUINO, J. W. C.; SANTOS, A. M. Análise da estrutura e distribuição da cobertura vegetal das caatingas em diferentes áreas de sequeiro no Vale do São Francisco nas últimas três décadas. **Geografia ensino & pesquisa**, Santa Maria, v. 24, p. 1-32, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/45245>. Acesso em: 14 mai. 2023.
- ATTANASIO, C.M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. 2004. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A V. Campina Grande: UFPB, 1991.
- BARBOSA, P. A. **Análise da qualidade da água de poços artesianos na zona rural do município de Passira/PE**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro acadêmico do agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/47920>. Acesso em: 02 jun. 2024.

BARNETT, J. Global environmental change II: Political economies of vulnerability to climate change. **Progress in Human Geography**, Londres, v. 44, p.1172–1184, 2020. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309132519898254>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BARRELLA, W.; PETRRE JR, M.; SMITH, W. S.; MONTAG, L. F. A. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. *In*: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Org.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. p. 187 – 207.

BELTRÃO, B.A.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; JUNIOR, L. C. S.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Petrolina, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 47p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16562>. Acesso em: 20 fev. 2020.

BERTONE, P.; MARINHO, C. Gestão de riscos e resposta a desastres naturais: a visão do planejamento. *In*: CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA, 6. ed. 2013, Brasília. Anais... Brasília, DF: Consad, 2013. p.24.

BOTELHO, R. G.; SILVA, A. S. A bacia hidrográfica e a qualidade ambiental. *In*: VITTE, A. C.; GUERRA, A. T. (Org.). **Reflexão sobre a Geografia Física no Brasil**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

BRASIL. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Funasa, 2014, 112p.

BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm. Acesso em: 10 dez. 2023.

BRASIL. **Relatório de Políticas e Programas de Governo**. Brasília, DF: Tribunal de contas da união, 2018. Disponível em: <https://sites.tcu.gov.br/relatorio-de-politicas/2018/programa-nacional-de-fortalecimento.htm#:~:text=O%20Programa%20Nacional%20de%20Fortalecimento,rural%20e%20a%20seguran%C3%A7a%20alimentar>. Acesso em: 10 mar. 2024.

BRITO, A. G. M.; ALMEIDA, L. Q. Vulnerabilidade Socioambiental à Seca no Seridó Potiguar, Brasil: Construindo Indicadores. **Sociedade e natureza**, Uberlândia, v. 35, p. 1-17, 2023. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/67826>. Acesso em: 10 set. 2023.

BRUNET, R.; FERRAZ, R.; THERY, H. **Les mots de la géographie: dictionnaire critique**. 2ed, Montpellier: GIP-RECLUS, 1993.

BUENO, E. O.; OLIVEIRA, V.A.; VIOLA, M. R.; MELLO, C. R. Desempenho do modelo SWAT para diferentes critérios de geração de unidades de resposta hidrológica. **Revista**

Scientia Agraria, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 114-125, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/50371>. Acesso em: 21 jun. 2023.

BURNETT, A. A “saga” político-ecológica da algaroba no semiárido brasileiro. **Revista de Estudos Sociais**, Cuiabá, v. 19, n. 38, p. 148 – 175. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/res/article/view/5031>. Acesso em: 22 jun. 2024.

CAPRA, F. **The Turning Point**. London: Science, Society, and the rising culture. Batam Books. London, 1998. 447p.

CARVALHO, O.; NASCIMENTO, F. R. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável (Escala de Necessidades Humanas e Manejo Ambiental Integrado). **GEOgraphia**, Niterói, v. 6, p. 111-125, 2004. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/13482>. Acesso em: 14 dez. 2019.

CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 26-43, 2014. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3172>. Acesso em: 21 mar. 2020.

CARVALHO, A. T. F. Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, p. 140-161, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>. Acesso em: 16 dez. 2021.

CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. Susceptibilidade ambiental a salinização das terras em municípios da microrregião de Petrolina – Pernambuco – Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.16, n.56, p.160-172, 2015. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/29648>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CASTRO, F.C. **Salinização de solos em comunidade tradicional - subsídios à gestão socioambiental**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental) - Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Universidade Estadual da Bahia, Juazeiro, 2018. Disponível em: <https://ppgecoh.uneb.br/index.php/teses-dissertacoes/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CASTRO, F.C.; SANTOS, A. M.; ARAÚJO, J. F. A salinização dos solos na concepção da comunidade quilombola de Cupira – Santa Maria da Boa Vista – Pernambuco. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 13, n. 3, p. 229-243, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/ateliê/article/view/53381>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CASTRO, F. C.; ARAUJO, J. F.; SANTOS, A. M. Susceptibility to soil salinization in the quilombola community of Cupira - Santa Maria da Boa Vista - Pernambuco – Brazil. **CATENA**, Amsterdã, v.179, p.175-183, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816219301432?via%3Dihub>. Acesso em: 24 fev. 2020.

CASTRO, F.C.; SANTOS, A.M. salinity of the soil and the risk of desertification in the semiarid region. **Mercator**, Fortaleza, v. 19, p. 1-13, 2020. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/2269>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CASTRO, F.C.; SANTOS, A.M.; ARAUJO, J. F. Salinização dos Solos e Práticas Agrícolas na Comunidade Quilombola de Cupira em Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco – Nordeste do Brasil. **Revista do departamento de Geografia**, São Paulo, v. 41, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/174478>. Acesso em: 20 ago. 2021.

CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. N. **Revitalização da bacia hidrográfica do rio São Francisco: histórico, diagnóstico e desafios**. Brasília: IPEA, 2019. 366p. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/index.php?option=com_content&view=article&id=34922%3Arevitalizacao-da-bacia-hidrografica-do-rio-sao-francisco-historico-diagnostico-e-desafios&catid=420%3A2019&directory=1&Itemid=1. Acesso em: 12 fev. 2021.

CAVALCANTI, L.C.S. **Cartografia de Paisagens: Fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CECÍLIO, R.A.; REIS, E.F. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas**. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

CHORLEY, R. J. Models in Geomorphology. *In*: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. (Org.). **Models in geography**. Londres, 1967, p. 59-96.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 3ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2013.

CHRISTOPLOS, I. Mobilizing the potential of rural and agricultural extension. *In*: FAO. (Org.). **The Global Forum for Rural Advisory Services**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba. **RIMA Relatório de impacto ambiental Projeto Pontal Norte**. Petrolina: CODEVASF, 2013. Disponível em: <https://www2.cprh.pe.gov.br/estudos-e-relatorios-2013/>. Acesso: 12 dez. 2020.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba. **Salinização no Vale do São Francisco**. Petrolina: CODEVASF, 2017. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/impactos-ambientais/salinizacao-do-solo>. Acesso: 12 dez. 2020.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba. **Codevasf aposta no projeto Pontal para gerar empregos e aumentar produção agrícola em Pernambuco**. Petrolina: CODEVASF, 2023. Disponível em:

<https://www.codevasf.gov.br/noticias/2023/codevasf-aposta-no-projeto-pontal-para-gerar-empregos-e-aumentar-producao-agricola-em-pernambuco>. Acesso em: 21 ago. 2023.

COSME, C. R.; DIAS, N. S.; MELO, M. R. S.; OLIVEIRA, A. M. P.; SILVA, G. F.; MOURA, E. S. R. Avaliação da qualidade das águas de poços em comunidades e assentamentos rurais em Mossoró-RN. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.7, n.2, p. 97-108, 2018. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/16696>. Acesso em: 12 ago. 2021.

COSTA, L. R. F.; OLIVEIRA, V. P. V. Sistemas ambientais, vulnerabilidade ambiental e uso e ocupação na sub-bacia hidrográfica do riacho Santa Rosa – Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.12, n.04, P. 1525-1537, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/239936>. Acesso em: 12 dez. 2020.

COX, C.; JIN, L.; GANJEGUNTE, G.; BORROK, D.; LOUGHEED, V.; MA, L. Soil quality changes due to flood irrigation in agricultural fields along the Rio Grande in western Texas. **Applied Geochemistry**, Londres, v.90, p. 87-100, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883292717303943?via%3Dihub>. Acesso em: 30 mar. 2020.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Atlas geoquímico do estado de Pernambuco: informações fisiográficas e geoambientais**. 2. ed. Recife: CPRM, 2017, 80p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; PALMEIRA, A.F.; SILVA, E.F. Zoneamento Ecológico-Econômico. In. FLORENZANO, T.G. (Org.). **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p.285-318.

CRUZ, F. R.S.; SOUSA, F. Q.; OLIVEIRA, C. J.; ALVES, C. A. B.; SOUTO, J. S.; NUNES, E. N. Vulnerabilidade socioeconômica em comunidades rurais do município de Areia, Estado da Paraíba. **Scientia Plena**, São Cristóvão – SE, v. 9, p. 1-10,2013. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/1057>. Acesso em: 30 mai. 2024.

DALIAKOPOULOS, I. N.; TSANIS, I. K.; KOUTROULIS, A.; KOURGIALAS, N. N.; VAROUCHAKIS, A. E.; KARATZAS, G. P.; RITSEMA, C. J. The threat of soil salinity: A European scale review. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v.573, p.727–739, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716318794?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2020.

DASGUPTA, S.; HOSSAIN, M. M.; HUQ, M.; WHEELER, D. Facing the hungry tide: climate change, livelihood threats, and household responses in coastal Bangladesh. **World Scientific**, Singapura, v.07, p. 1-25, 2016. Disponível em: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S201000781650007X>. Acesso em: 28 mai. 2024.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (ZAPE)**. Recife: EMBRAPA, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Algaroba (*Prosopis juliflora*):** Árvore de Uso Múltiplo para a Região Semiárida Brasileira. Colombo: EMBRAPA, 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Súmula 10.** Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo.** 3ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2017. 574p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5.ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 356p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual dos métodos de análise de solo e água em laboratório e campo para obtenção dos parâmetros requeridos pelo SiBCTI.** 1.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2021. 148p.

FAO - ITPS. **Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report.** Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, 2015. Disponível em: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/insas/ru>. Acesso em: 10 out. 2020.

FAO. **A importância da conservação dos solos para a produção de alimentos no mundo.** Brasília: FAO Brasil, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1116677/>. Acesso em: 10 out. 2020.

FATHIZAD, H.; ARDAKANI, M. A. H.; SODAIEZADEH, H.; KERRY, R.; TAGHIZADEH-MEHRJARDI, R. Investigation of the spatial and temporal variation of soil salinity using random forests in the central desert of Iran. **Geoderma**, Amsterdã, v.365, p.1-13, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706119313345?via%3Dihub>. Acesso em: 11 out. 2021.

FAIRMAN, R.; MEAD, C. D.; WILLIAMS, W. P. **Environmental risk assessment: approaches, experiences and information sources.** 2ed. London, 2020.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas.** Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C. Avaliação e mapeamento de riscos Socioambientais: quem está vulnerável? **Revista Vozes dos Vales**, Diamantina, v.18, p.1-22, 2020. Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/volume-xviii/>. Acesso em: 12 fev. 2022.

FEITOSA, H. O.; LACERDA, C. F.; ARAÚJO, I. C. S.; FERREIRA, F. J.; CARVALHO, C. M.; MARINHO, A. B. Chemical Soil Attributes in a Rotating System under Salinity and Nitrogen Trials. **Journal of Experimental Agriculture International**, Daca, v.21, p. 1-11, 2018. Disponível em: <https://journaljeai.com/index.php/JEAI/article/view/158>. Acesso em: 14 fev. 2020.

FERNANDES, N. F. Modelagem em Geografia Física: Teoria, Potencialidades e Desafios. **Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 6, N.1, p. 209-247, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/EspaçoAberto/article/view/5243>. Acesso em: 20 jan. 2020.

FERREIRA, P.; SILVA, J. B. L.; RUIZ, H. A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Org.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016, p. 17-34.

FERREIRA, P. S.; SANTOS, A. M.; FERREIRA, J. M. S.; FERREIRA, H. S.; GALVÍCIO, J. D. Análise da suscetibilidade à desertificação na bacia hidrográfica do rio pontal - Pernambuco – Brasil. **Investigaciones Geográficas**, Santiago de Chile, v.53, p.37-50, 2017. Disponível em: <https://investigacionesgeograficas.uchile.cl/index.php/IG/article/view/43270>. Acesso em: 15 fev. 2020.

FIGUEIRÊDO, A. F. R.; CALASANS, N. A. Risco de salinização dos solos da bacia hidrográfica do rio colônia - sudeste da Bahia/Brasil. **ENGEVISTA**, Niterói, v. 10, n. 1, p. 15-26, 2008. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8820>. Acesso em: 21 jun. 2022.

FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2006. 169p.

FONTES, A. S.; ZUCCHI, M.R.; MEDEIROS, Y.D.P.; AZEVEDO, A.E.G. Avaliação dos fatores intervenientes no processo de salinização em reservatórios superficiais do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, p. 708 – 721, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/grid>. Acesso em: 12 fev. 2020.

FOSTER, S.; PULIDO-BOSCH, A.; VALLEJOS, A.; MOLINA, L.; LLOP, A.; MACDONALD, A. M. Impact of irrigated agriculture on groundwater-recharge salinity: a major sustainability concern in semi-arid regions. *Hydrogeology Journal*, v. 26, p. 1 – 11, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-018-1830-2>. Acesso em: 17 set. 2023.

FREIRE, M. B.G.S.; PESSOA, L. G.M.; GHEYI, H. R. Métodos de análises químicas para solos afetados por sais. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Org.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016, p.123-148.

FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; SOUZA, E. R.; GHEYI, H. R. Salt Affected Soils in the Brazilian Semiarid and hytoremediation as a Reclamation Alternative. *In*: TALEISNIK, E.; LAVADO, R. S. (Org.). **Saline and Alkaline Soils in Latin America**. Berlim: Springer, 2020. p. 119-139. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-52592-7_6. Acesso em: 30 ago. 2021.

FREITAS, M. I. C; CUNHA, L. Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil.

Revista Brasileira de Gestão Urbana, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 15-31, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/9648f4da-efd1-419f-a91b-c32125b8b658>. Acesso em: 29 mar. 2021.

FU, Z.; WANG, P.; SUN, J.; LU, Z.; YANG, H.; LIU, J.; XIA, J.; LI, T. Composition, seasonal variation, and salinization characteristics of soil salinity in the Chenier Island of the Yellow River Delta. **Global Ecology and Conservation**, Amesterdã, v.24, p. 1-11, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989420308593?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jan. 2021.

GANGBAZO, G. **Gestion intégrée de l'eau par bassin versant**: concepts et application. Quebec- Canadá: Environnement Quebec, 2004, 46p.

GASPARI, F. J.; VAGARÍA, A.M.R.; SENISTERRA, G. E.; DELGADO, M. I.; BESTEIRO, S.I. **Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas**. La Plata: Universidad Nacional de la Plata, 2013, 188p.

GAYOSO, R. C. **Fragilidade ambiental e vulnerabilidade social para análise integrada do espaço geográfico**: bacia hidrográfica no Jardim Ângela (São Paulo -SP). Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, 2016, 504p.

GIRÃO, I. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. **REGNE**, Caicó, v. 4, p. 71-83, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/13273>. Acesso em: 17 jul. 2021.

GLIESSMAN, S. Defining Agroecology. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, Nova York, v. 42, p. 599-600, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21683565.2018.1432329>. Acesso em: 23 mai. 2024.

GOMES, R. C.; BIANCHI, C.; OLIVEIRA, V. P. V. Análise da multidimensionalidade dos conceitos de bacia hidrográfica. **GEOgraphia**, Niterói, v. 23, n. 51, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/27667>. Acesso em: 16 abr. 2022.

GOMES, M. A.; PEREIRA, M. L. D. Família em situação de vulnerabilidade social: uma questão de políticas públicas. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro - RJ, v. 10, p. 357 – 363, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/tw4jYGW65NMVCC4ryKNKzPv/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 jun. 2024.

GOMEZ, L.; ALVAREZ, A.; D'AMBROSIO, S.; ZALAZAR, G.; ARAVENAC, R. Use of isotopes techniques to reveal the origin of water salinity in an arid region of Central-Western Argentina. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v.763, 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720364652?via%3Dihub>. Acesso em: 25 mar. 2022.

GONÇALVES, J.C.S.I; SILVA, P. S. L.; SOEIRA, T. V. R.; CRISTIANO POLETO, C. Modelagem dinâmica de sistemas ambientais. *In*: HAYASHI, C.; SARDINHA, D. S.; PAMPLIN, P.A.Z. (Org.). **Ciências ambientais: Diagnósticos ambientais**. Ribeirão Preto: Carmino Hayashi, 2020, p.84-101.

GOUVEIA, I. C. M-C.; ROSS, J. L.S. Fragilidade ambiental: uma proposta de aplicação de geomorphons para a variável relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 37, p. 123-136, 2019. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/151030>. Acesso em: 15 set. 2021.

GUPTA, A.K.; NEGI, M.; NANDY, S.; KUMAR, M.; SINGH, V.; VALENTE, D.; PETROSILLO, I.; PANDEY, R. Mapping socio-environmental vulnerability to climate change in diferente altitude zones in the Indian Himalayas. **Ecological Indicators**, Londres, v.109, p. 1-13, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X19307812?via%3Dihub>. Acesso em: 21 fev. 2022.

HAMMECKER, C.; MAEGHT, J.L.; GRUNBERGER, O.; SILTACHO, S.; SRISRUK, K.; NOBLE, A. Quantification and modelling of water flow in rain-fed paddy fields in NE Thailand: Evidence of soil salinization under submerged conditions by artesian groundwater. **Journal of Hydrology**, Amsterdã, v. 456 – 457, p. 68–78, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169412004763?via%3Dihub>. Acesso em: 17 ago. 2020.

HANSON, P.C.; STILLMAN, A.B.; JIA, X.; KARPATNE, A.; DUGAN, H.A.; CAREY, C.C.; STACHELEK, J.; WARD, N.K.; ZHANG, Y.; READ, J.S.; KUMAR, V. Predicting lake surface water phosphorus dynamics using process-guided machine learning. **Ecological Modelling**, Amsterdã, v.430, p. 1-11, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380020302076?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jun. 2021.

HARTI, A. E.; LHISSOUA, R.; CHOKMANIB, K.; OUZEMOUA, J.E.; HASSOUNAC, M.; BACHAOUIA, E.M.; GHMARI, A. E. Spatiotemporal monitoring of soil salinization in irrigated Tadla Plain (Morocco) using satellite spectral indices. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Amsterdã, v. 50, p. 64–73, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243416300381?via%3Dihub>. Acesso em: 30 mar. 2020.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. R.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Org.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016, p.35-50.

HUYNH, L. T.M.; STRINGER, L. C. Multi-scale assessment of social vulnerability to climate change: Na empirical study in coastal Vietnam. **Climate Risk Management**,

Amsterdã, v. 20, p.165–180, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212096317301031?via%3Dihub>. Acesso em: 27 mar. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **TAR Climate Change 2001: The Scientific Basis**. Genebra: ONU, 2001. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/>. Acesso em: 21 jan. 2020.

IPT- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações**: 1:25.000. Brasília: CPRM, 2014, 50p.

IVUSHKIN, K.; BARTHOLOMEUS, H.; BREGT, A. K.; PULATOV, A.; KEMPEN, B.; SOUSA, L. Global mapping of soil salinity change. **Remote Sensing of Environment**, Salt Lake City, v.231, p. 1-12, 2019a. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425719302792?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2020.

IVUSHKIN, K.; BARTHOLOMEUS, H.; BREGT, A. K.; PULATOV, A.; FRANCESCHINI, M. H. D.; KRAMER, H.; LOO, E. N.V.; ROMAN, V.J.; FINKERS, R. UAV based soil salinity assessment of cropland. **Geoderma**, Amsterdã, v.338, p.502–512, 2019b. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706118309509?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2020.

JATOBÁ, L.; LINS, R. C.; SILVA, A. F. **Tópicos especiais de geografia física**. 2. ed. Petrolina: Progresso, 2014.

JIA, X.; WILLARD, J.; KARPATNE, A.; READ, J.S.; ZWART, J.A.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. Physics-guided Machine Learning for Scientific Discovery: an Application in Simulating Lake Temperature Profiles. **Manuscript submitted to ACM**, Nova York, v.14, p.1–26, 2020. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3447814>. Acesso em: 21 mai. 2024.

JOHNSON, D. P.; STANFORTH, A.; LULLA, V.; LUBER, G. Developing an applied extreme heat vulnerability index utilizing socioeconomic and environmental data. **Applied Geography**, Londres, v.35, p. 23-31, 2012.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014362281200032X?via%3Dihub>. Acesso em: 27 jun. 2020.

JORDÃO, C. O.; MORETTO, E. M. A vulnerabilidade ambiental e o planejamento territorial do cultivo de cana-de-açúcar. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 1, p. 81-98, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/i/2015.v18n1/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

KANZARI, S.; HACHICHA, M.; BOUHLILA, R.; BATTLE-SALES, J. Characterization and modeling of water movement and salts transfer in a semi-arid region of Tunisia (Bou Hajla, Kairouan) – Salinization risk of soils and aquifers. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdã, v. 86, p.34–42, 2012. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169911002134?via%3Dihub>. Acesso em: 30 mar. 2020.

KANZARI, S.; NOUNA, B. B.; MARIEM, S. B.; REZIG, M. Hydrus-1D model calibration and validation in various field conditions for simulating water flow and salts transport in a semi-arid region of Tunisia. **Sustainable Environment Research**, Pequim, v.28, p.350 e 356, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468203918301729?via%3Dihub>. Acesso em: 30 mar. 2020.

KE, Z.; LIU, X.; MA, L.; FENG, Z.; TU, W.; DONG, Q.; JIAO, F.; WANG, Z. Rainstorm events increase risk of soil salinization in a loess hilly region of China. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 256, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377421003462?via%3Dihub>. Acesso em: 25 jul. 2022.

KOPITTKE, P. M.; MENZIES, N. W.; WANG, P.; MCKENNA, B. A.; LOMBI, E. Soil and the intensification of agriculture for global food security. **Environment International**, Londres, v.132, p.1-8, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019315855?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jan. 2020.

KORKANÇ, S. Y.; KORKANÇ, M. Physical and chemical degradation of grassland soils in semi-arid regions: A case from Central Anatolia, Turkey. **Journal of African Earth Sciences**, Porto, 124, 1-11, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1464343X16302825?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jan. 2020.

KRELLENBERG, K.; LINK, F.; WELZ, J.; HARRIS, J.; BARTH, K.; IRARRAZAVAL, F. Supporting local adaptation: The contribution of socio-environmental fragmentation to urban vulnerability. **Applied Geography**, Londres, v.55, p. 61-70, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143622814001866?via%3Dihub>. Acesso em: 16 jan. 2023.

LANDIS, J.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data, Washington, USA. **Biometrics**, Nova York, v.33, n.1, p.159-174, 1977.

LEPSCH, I.F. **19 lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011, p. 456.

LI, X.; KANG, Y. Agricultural utilization and vegetation establishment on saline-sodic soils using a water–salt regulation method for scheduled drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v.231, p.1-11, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377419317457?via%3Dihub>. Acesso em: 17 ago. 2021.

LIRA, D. R. **Evolução geomorfológica e paleoambiental das bacias do riacho do pontal e GI-8 no Sub-Médio São Francisco**. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de filosofia e ciências humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/11096>. Acesso em: 20 ago. 2020.

LONDRES. **Risk Society**. Munique: association with Theory, Culture & Society, 1992.

LOPES, A.S. **Solos**: Fatos e conceitos. São Paulo: ANDA, 2017, p. 178.

LOPES, I.; LEAL, B. G.; RAMOS, C. M. C. Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica no semiárido de Pernambuco através de dados SRTM em softwares livre. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife, v.8, p. 31-40, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/jhrs/article/view/237345>. Acesso em: 20 ago. 2020.

MA, L.; MA, F.; LI, J.; GU, Q.; YANG, S.; WU, D.; FENG, J.; DING, J. Characterizing and modeling regional-scale variations in soil salinity in the arid oasis of Tarim Basin, China. **Geoderma**, Amsterdã, v.305, p.1–11, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706116306656?via%3Dihub>. Acesso em: 15 out. 2020.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012, 178p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº39**: exigências, especificações, garantias, registro de produtos, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propagandas e tolerância dos fertilizantes minerais. Brasília: MAPA, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacoes>. Acesso em: 30 mai. 2024.

MAUCIERI, C.; ZHANG, Y.; MCDANIEL, M. D.; BORIN, M.; ADAMS, M. A. Short-term effects of biochar and salinity on soil greenhouse gas emissions from a semi-arid Australian soil after re-wetting. **Geoderma**, Amsterdã, v.307, p.267–276, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706117302264?via%3Dihub>. Acesso em: 23 dez. 2020.

MEDEIROS, J. F.; TERCEIRO NETO, C. P. C.; DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; SILVA, M. V. T.; LOIOLA, A. T. Salinidade e pH de um Argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, p.1407-1419, 2017. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/560>. Acesso em: 12 jan. 2020.

MEENA, M. D.; YADAV, R. K.; NARJARY, B.; YADAV, G.; JAT, H. S.; SHEORAN, P.; MEENA, M. K.; ANTIL, R.S.; MEENA, B.L.; SINGH, H. V.; MEENA, V. S.; RAI, P. K.; GHOSH, A.; MOHARANA, P.C. Municipal solid waste (MSW): Strategies to improve salt affected soil sustainability: A review. **Waste Management**, Lisboa, v.84, p. 38–53, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X18306846?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jan. 2020.

MELO, R.F.; VOLTOLINI, T.V. **Agricultura familiar dependente de chuva no semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2019. 467 p.

MENDONÇA, F. Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 10, p. 139-148, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/3102>. Acesso em: 22 abr. 2023.

MINHAS, P. S.; YADAV, R. K.; BALI, A. Perspectives on reviving waterlogged and saline soils through plantation forestry. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 232, p. 1-9, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377419313046?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MOREIRA, L. C. J.; TEIXEIRA, A. S. T.; GALVÃO, L. S.; Laboratory Salinization of Brazilian Alluvial Soils and the Spectral Effects of Gypsum. **Remote Sensing**, Estocolmo, v. 6, p. 2647-2663, 2014. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/6/4/2647>. Acesso em: 26 mar. 2021.

MOTA, L. H. S. O.; GOMES, A. S.; VALLADARES, G. S.; MAGALHÃES, R. M. F.; LEITE, H. M. F.; SILVA, T. A. Risco de salinização das terras do Baixo Acaraú (CE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 36, p.1203-1209, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/i/2012.v36n4/>. Acesso em: 21 jun. 2021.

MUKHOPADHYAY, R.; SARKAR, B.; JAT, H. S.; SHARMA, P. C.; BOLAN, N. S. Soil salinity under climate change: Challenges for sustainable agriculture and food security. **Journal of Environmental Management**, Londres, v.280, p. 1-14, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479720316613?via%3Dihub>. Acesso em: 14 set. 2022.

MUYEN, Z.; MOORE, G. A.; WRIGLEY, R. J. Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 99, p. 33– 41, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377411001880?via%3Dihub>. Acesso em: 14 set. 2022.

NAIMI, S.; AYOUBI, S.; ZERAATPISHEH, M.; DEMATTE, J.A.M. Ground Observations and Environmental Covariates Integration for Mapping of Soil Salinity: A Machine Learning-Based Approach. **Remote Sensing**, Estocolmo, v. 13, p. 1-21, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/23/4825>. Acesso em: 23 nov. 2022.

NASCIMENTO, F. R. **Recursos Naturais e Desenvolvimento Sustentável: Subsídios ao gerenciamento geoambiental na Sub-Bacia do Baixo Pacoti – CE**. 2003. Dissertação – Mestrado em Geografia - Centro de Ciência e Tecnologia- CCT, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2003.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, Sobral, v. 6, n. 1, p. 167-179, 2004. Disponível em: <https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/130>. Acesso em: 20 jun. 2020.

NASCIMENTO, F. R. **O Fenômeno da Desertificação**. 1. ed. Goiânia: EDITORA UFG, 2013.

NASCIMENTO, F. R. Manejo de água em bacias hidrográficas e desertificação - gestão e ações planejadas para zonas tropicais. *In*: FIGUERÓ, A.; MAURO, C. (Org.). **Governança da água**: das políticas públicas à gestão de conflitos. 1. ed. Campina Grande: EPTEC, 2020, v. 1, p. 232-246.

NASCIMENTO, F. R. **Global Environmental Changes, Desertification and Sustainability**. 1. ed. Basel, Switzerland: Springer Nature, 2023. 141p. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-32947-0>. Acesso em: 10 jan. 2024.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. River flow forecasting through conceptual models part I: a discussion of principles. **Journal of Hydrology**, Amsterdã, v.10, p. 282-290. 1970. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022169470902556>. Acesso em: 20 ago. 2020.

NELSON, K.S.; ABKOWITZ, M. D.; CAMP, J. V. A method for creating high resolution maps of social vulnerability in the context of environmental hazards. **Applied Geography**, Londres, v.63, p. 89-100, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143622815001551?via%3Dihub>. Acesso em: 20 mar. 2021.

NEVES, B. B. B.; SCHMUS, W. R. V.; ANGELIM, L. A. A. Contribuição ao conhecimento da evolução geológica do Sistema Riacho do Pontal – PE, BA, PI. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 15, p. 5-93, 2015. Disponível em: <https://revistas.usp.br/guspsc/article/view/96841>. Acesso em: 15 fev. 2020.

PATRICHE, C. V.; PIRNAU, R.; GROZAVU, A.; ROSCA, B.; A Comparative Analysis of Binary Logistic Regression and Analytical Hierarchy Process for Landslide Susceptibility Assessment in the Dobrovat River Basin, Romania. **Soil Science Society of China**, Pequim, v. 26, p. 335–350, 2016. Disponível em: https://www.academia.edu/33855714/A_Comparative_Analysis_of_Binary_Logistic_Regression_and_Analytical_Hierarchy_Process_for_Landslide_Susceptibility_Assessment_in_the_Dobrovat_River_Basin_Romania. Acesso em: 14 out. 2021.

PASIECZNIK, N.M., FELKER, P., HARRIS, P.J.C., HARSH, L.N., CRUZ, G., TEWARI, J.C., CADORET, K.; MALDONADO, L.J. **The Prosopis juliflora - Prosopis pallida Complex**: A Monograph. Coventry, UK: HDRA, 2001, 172p.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A.T.; SANTOS, P. B.; Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, Santa Maria, v.19, n. 2, p. 1308-1324, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/16544>. Acesso em: 21 fev. 2020.

PENG, J.; JI, W.; MA, Z.; LI, S.; CHEN, S.; ZHOU, L.; SHI, Z. Predicting total dissolved salts and soluble ion concentrations in agricultural soils using portable visible near-infrared and mid-infrared spectrometers. **Biosystems engineering**, Amsterdã, v. 152, p. 94-103, 2016.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511015304335?via%3Dihub>.
Acesso em: 13 dez. 2020.

PERRI, S.; SUWEIS, S.; HOLMES, A.; MARPU, P. R.; ENTEKHABI, D.; MOLINI, A. River basin salinization as a form of aridity. **PNAS**, Nova York, v. 117, p. 17635–17642, 2020. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2005925117>. Acesso em: 20 nov. 2020.

PESSOA, L. G. M.; FREIRE, M. B. G.S.; WILCOX, B. P.; GREEN, C. H. M; ARAÚJO, R. J. T.; ARAÚJO FILHO, J. C. Spectral reflectance characteristics of soils in northeastern Brazil as influenced by salinity levels. **Environmental Monitoring and Assessment**, Amsterdã, v. 188, p. 1-11, 2016. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-016-5631-6>. Acesso em: 21 mai. 2021.

PIGA, F. G. **Modelagem ambiental de áreas degradadas por processos erosivos, com vista ao planejamento ambiental–São Pedro e Santa Maria da Serra/SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Centro de ciências biológicas e da saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017. Disponível em:
<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/9509>. Acesso em: 03 jul. 2021.

PINTO FILHO, J. L. O.; DANTAS, V. B.; PEREIRA, J. O. Suscetibilidade de compactação do solo em diferentes teores de umidade e matéria orgânica. **Revista Verde**, Mossoró, v. v.4, n.2, p. 76 – 84, 2009. Disponível em:
<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/174>. Acesso em: 14 jan. 2024.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. *In*: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Org.). **Conceitos de bacias hidrográficas: Teorias e Aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002, p.17-35.

PORTO, M. F.A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, São Paulo, v.22, p. 43-60, 2008. Disponível em:
<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10292>. Acesso em: 20 abr. 2020.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD (1993). Relatório de desenvolvimento humano 1993: participação das pessoas. Lisboa: Tricontinental. Disponível em: <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-1993>. Acesso em: 16 jun. 2023.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD (2003). Relatório de desenvolvimento humano 2003: objetivos de desenvolvimento do milênio. Lisboa: Tricontinental. Disponível em: <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2003>. Acesso em: 16 jun. 2023.

PULIDO-BOSCH, A.; RIGOL-SANCHEZ, J. P.; VALLEJOS, A.; ANDREU, J. M.; CERON, J. C.; MOLINA-SANCHEZ, L.; SOLA, F. Impacts of agricultural irrigation on groundwater salinity. **Environmental Earth Sciences**, Berlim, v. 77, p. 1 – 14, 2018.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-018-7386-6>. Acesso em: 10 abr. 2024.

RAMOS, T. B.; DAROUICH, H.; ŠIMŮNEK, J.; GONÇALVES, M. C.; MARTINS, J. C. Soil salinization in very high-density olive orchards grown in Southern Portugal: Current risks and possible trends. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v.217, p. 265–281, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377418316020?via%3Dihub>. Acesso em: 15 jun. 2021.

RIBEIRO, M. R; RIBEIRO FILHO, M. R; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Org.). **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2016, p.9-16.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Brasília: MMA, 1997. 446 p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>. Acesso em: 21 mar. 2022.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P.C. **Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite & Mather (1955)**. Piracicaba: ESALQ, 1999.

ROSS, J. L. S. Bacia hidrográfica: unidade de análise integrada. *In*: MORATO, R. G.; KAWAKUBO, F. S.; GALVANI, E.; ROSS, J. L. S. (Org.). **Análise Integrada em bacias hidrográficas**: Estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo. São Paulo: FFLCH/USP, 2019. p.27-43. Disponível em: <https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/534>. Acesso em: 1 abr. 2020.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2005.

SANTOS, K. R. M. **Técnicas de amostragem inteligente em simulação de Monte Carlo**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Departamento de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002460848>. 15 abr. 2020.

SANTOS, J. O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, p. 75-90, 2015. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1650>. Acesso em: 20 mar. 2020.

SANTOS, V. J.; ROCHA, G. C. ANDRADE, F. L. O conceito de risco. **Revista de Geografia-PPGEO**, Juiz de Fora, v.5, n.1, p.33-42, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/17990>. Acesso em: 21 mar. 2021.

SANTOS, A. M. **Vulnerabilidade hidrológica das populações residentes na bacia hidrográfica do rio una (Pernambuco) frente aos cenários de mudanças climáticas**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29347>. Acesso em: 21 mar. 2021.

SANTOS, K. P.; SANTOS, A. M. Uso da terra, cobertura vegetal e desertificação no Projeto de Irrigação N11 – Petrolina, PE, Brasil. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v.13, n.2, p. 385-399, 2019. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/13096>. Acesso em: 21 mai. 2023.

SANTOS, M. R. S.; VITORINO, M. I.; PEREIRA, L. C. C.; PIMENTEL, M. A. S.; QUINTÃO, A. F. Vulnerabilidade Socioambiental às Mudanças Climáticas: Condições dos Municípios Costeiros no Estado do Pará. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 24, p. 1-22, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/WySQfWfSBLLnFjxwZcbCZXh/?lang=en>. Acesso em: 27 out. 2023.

SAHAB, S.; SUHANI, I.; SRIVASTAVA, V.; CHAUHAN, P. S.; SINGH, R.P.; PRASAD, V. Potential risk assessment of soil salinity to agroecosystem sustainability: Current status and management strategies. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v.764, p.1-15, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720376956?via%3Dihub>. Acesso em: 21 mai. 2022.

SENTÍS, I.P. Overview of Salt-Affected Areas in Latin America: Physical, Social and Economic Perspectives. *In*: TALEISNIK, E.; LAVADO, R. S. (Org.). **Saline and Alkaline Soils in Latin America**. Berlim: Springer, 2020, p. 3-36. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-52592-7_1. Acesso em: 12 jul. 2022.

SHAHID, S. A.; ZAMAN, M.; HENG, L. Soil Salinity: Historical Perspectives and a World Overview of the Problem. *In*: ZAMAN, M.; SHAHID, S. A.; HENG, L. (Org.). **Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques**. Londres: SpringerOpen, 2018, p. 42-53. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-96190-3_2. Acesso em: 20 dez. 2020.

SHAHROKHANIA, H.; WU, L. SALEACH: A new web-based soil salinity leaching model for improved irrigation management. **Agricultural Water Management**, Amesterdã, v. 252, p. 1-13, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377421001700?via%3Dihub>. Acesso em: 18 ago. 2021.

SHI, X.; SONG, J.; WANG, H.; LV, X. Monitoring soil salinization in Manas River Basin, Northwestern China based on multi-spectral index group. **European Journal of Remote Sensing**, Londres, v. 54, p. 176–188, 2021. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/22797254.2020.1762247>. Acesso em: 21 jun. 2021.

SHOKRI-KUEHNI, S. M. S.; RAAIJMAKERS, B.; KURZ, T.; OR, D.; HELMIG, R.; SHOKRI, N. Water Table Depth and Soil Salinization: From Pore-Scale processes to Field-Scale Responses. **Water Resources Research**, Nova York, v. 56, p. 1-13, 2020. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2019WR026707>. Acesso em: 05 mar. 2020.

SCHUMANN, S.; CLEMMOW, C.; ROTTWEILER, B.; GILL, P. Distinct patterns of incidental exposure to and active selection of radicalizing information indicate varying levels of support for violent extremism. **PLOS ONE**, Califórnia, v. 19, p. 1 – 16, 2024. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0293810>. Acesso em: 02 jun. 2024.

SILVA, F.H.B.B.; SILVA, A.B.; BARROS, A.H.C. **Principais classes de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: EMBRAPA, 2010.

SILVA, A. S.; SILVA, I. F.; NETO, L. F. S.; SOUZA, C. Semeadura direta na produção do milho em agricultura de sequeiro na região Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p.1556-1562, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/i/2011.v41n9/>. Acesso em: 14 fev. 2023.

SILVA, M. T.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, E. P.; OLIVEIRA, S. D. Análise de Risco de Degradação na Bacia Hidrográfica do Riacho do Pontal – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.5, p.646-660, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/232859>. Acesso em: 21 jun. 2021.

SILVA, A. K. O.; SILVA, H. P. B. O processo de desertificação e seus impactos sobre os recursos naturais e sociais no município de Cabrobó –Pernambuco –Brasil. **PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**, Macapá, v.8, n.1, p. 203-215, 2015. Disponível em: https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UNIFAP-1_8a273f1583b43c133501bfdc72f6cf52. Acesso em: 22 fev. 2020.

SILVA, D. V. S.; CRUZ, C. B. M. Tipologias de Caatinga: Uma Revisão em Apoio a Mapeamentos Através de Sensoriamento Remoto Orbital e GEOBIA. **Revista do Departamento de Geografia-USP**, São Paulo, v. 35, p.113-120, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/142710>. Acesso em: 14 fev. 2021.

SILVA, L. C. N.; BACANI, V. M. Classificação orientada a objeto (GEOBIA) aplicada à análise das alterações do uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata em Jardim e Bonito – MS. **Geografia**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 05 – 18, 2017. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/30049>. Acesso em: 14 fev. 2021.

SOARES, L. M. V.; CALIJURI, M. C. Deterministic modelling of freshwater lakes and reservoirs: Current trends and recent progress. **Environmental Modelling & Software**, Londres, v. 144, p. 1 – 15, 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815221001869>. Acesso em: 18 abr. 2022.

SOKOLOSKI, L. J. F.; FERREIRA, M. R. A.; VITERBO, G. A.; BELOTTI, F. M.; VIEIRA, E. M. Estudo da vulnerabilidade natural da sub-bacia do Rio Piracicaba/MG utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Aracajú, v. 10, p. 211-222, 2019. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2019.002.0018>. Acesso em: 19 set. 2021.

SOUZA, L. C.; QUEIROZ, E. Q.; GHEYI, H. R. Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.35-40, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/i/2000.v4n1/>. Acesso em: 14 jun. 2024.

SOUZA, L. B.; ZANELLA, M. E. **Percepção de riscos ambientais**: teoria e aplicações. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 240p. Disponível em: <http://www.ppggeografia.ufc.br/index.php/pt-br/colecao-de-estudos-geograficos/33-livros-publicados/184-percepcao-de-riscos-ambientais>. Acesso em: 29 abr. 2021.

TAGHIZADEH-MEHRJARDI, R.; SCHMIDT, K.; TOOMANIAN, N.; HEUNG, B.; BEHRENS, T.; MOSAVI, A.; BAND, S. S.; AMIRIAN-CHAKAN, A.; FATHABADI, A.; SCHOLTEN, T. Improving the spatial prediction of soil salinity in arid regions using wavelet transformation and support vector regression models. **Geoderma**, Amsterdã, v.383, p.1-21, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706120325489?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jan. 2022.

TASSI, C. J.; LANZANOVA, M. E.; SOUZA, E. L.; SILVA, D. M.; REDIN, M.; RAMIRES, M. F. Compactação do solo em sistema de integração lavoura pecuária sob plantio direto. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, Paranaguá, PR, v.6, n.02, p. 1-20, 2021. Disponível em: <https://revistas.ifpr.edu.br/index.php/mundimaa/article/view/649>. Acesso em: 25 jan. 2024.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, v.20, p.137-157, 2007.

TIRABADI, M. S. M.; BANIHABIB, M. E.; RANDHIR, T. O. SWAT-S: A SWAT-salinity module for watershed-scale modeling of natural salinity. **Environmental Modelling and Software**, Londres, v.135, p.1-21, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815220309634?via%3Dihub>. Acesso em: 26 mar. 2023.

TRAN, L. T.; O'NEILL, R. V.; SMITH, E. R. Spatial pattern of environmental vulnerability in the Mid-Atlantic region, USA. **Applied Geography**, Londres, v.30, p. 191-202, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143622809000320>. Acesso em: 28 mar. 2021.

TRAN, D. D.; DANG, M. M.; DUONG, B. D.; SEA, W.; VO, T. T. Livelihood vulnerability and adaptability of coastal communities to extreme drought and salinity intrusion in the Vietnamese Mekong Delta. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, Amsterdã, v. 57, p. 1 – 11, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212420921001497?via%3Dihub>. Acesso em: 15 jun. 2024.

UNCCD. **United Nations Convention to Combat Desertification, Intergovernmental Negotiating Committee For a Convention to Combat Desertification**: Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. U.N. Doc. A/AC.241/27, 33 I.L.M. 1328. New York: United Nations; 1994. Disponível em: https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=IND&mtdsg_no=XXVII-10&chapter=27&clang=_en. Acesso em: 19 abr. 2020.

VALE, C. C. Teoria Geral Do Sistema: Histórico e Correlações com a Geografia E com o estudo da paisagem. **Entre-Lugar**, Dourados, n.6, p 85-108, 2012. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/entre-lugar/article/view/2448>. Acesso em: 25 mai. 2020.

VAN LIEW, M. W.; VEITH, T. L.; BOSCH, D. D.; ARNOLD, J. G. Suitability of SWAT for the conservation effects assessment project: a comparison on USDA-ARS watersheds. **Journal of Hydrological Engineering**, Nova York, v. 12, n. 2, p. 173-189. 2007. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%291084-0699%282007%2912%3A2%28173%29>. Acesso em: 20 fev. 2022.

VASCONCELOS, M.C.C.A. Salinização do solo em áreas irrigadas: Aspectos físicos e químicos. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.10, p.20-25, 2014. Disponível em: <https://acsa.revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/402>. Acesso em: 16 jan. 2020.

VIEIRA, B. C.; MARTINS, T. D. Modelos em geografia física: conceitos e aplicações na previsão de escorregamentos. **Geosp – Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 194- 206, 2016. Disponível em: <https://revistas.usp.br/geosp/article/view/102616>. Acesso em: 21 jun. 2021.

VLIET, V.; BREGT, A. K.; HAGEN-ZANKER, A. Revisiting Kappa to account for change in the accuracy assessment of land-use change models Jasper. **Ecological Modelling**, Amsterdã, v.222, p.1367–1375, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380011000494?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jan. 2021.

VOINOV, A.; JENNI, K.; GRAY, S.; KOLAGANI, N.; GLYNN, P.D.; BOMMEL, P.; PRELL, C.; ZELLNER, M.; PAOLISSO, M.; JORDAN, R.; STERLING, E.; OLABISI, L. S.; GIABBANELLI, P. J.; ZHANLI, S.; LE PAGE, C.; ELSAWAH, S.; DOR, T. K. B.; HUBACEK, K.; LAURSEN, B.K.; JETTER, A.; BASCO-CARRERA, L.; CANTORA, A.; JOVEM, L.; BRUNACINI, J.; AMAJGL, A. Tools and methods in participatory modeling: selecting the right tool for the job. **Environmental Modelling & Software**, Londres, v.109, p. 232–255, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815218303098>. Acesso em: 24 out. 2020.

WANG, Y.; DENG, C.; LIU, Y.; NIU, Z.; LI, Y. Identifying change in spatial accumulation of soil salinity in an inland river watershed, China. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v.621, p.177–185, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377419313046?via%3Dihub>. Acesso em: 12 fev. 2021.

WANG, F.; SHI, Z.; BISWAS, A.; YANG, S.; DING, J. Multi-algorithm comparison for predicting soil salinity. **Geoderma**, Amsterdã, v.365, p.1-18, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706119304112?via%3Dihub>. Acesso em: 12 fev. 2021.

WANG, F.; YANG, S.; WEI, Y.; SHI, Q.; DING, J. Characterizing soil salinity at multiple depth using electromagnetic induction and remote sensing data with random forests: A case study in Tarim River Basin of southern Xinjiang, China. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v.754, p. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720355595?via%3Dihub>. Acesso em: 13 mer. 2022.

WANG, X.; ZHANG, H.; ZHANG, Z.; ZHANG, C.; ZHANG, K.; PANG, H.; BELL, S. M.; LI, Y.; CHEN, J. Reinforced soil salinization with distance along the river: A case study of the Yellow River Basin. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 279, p. 1-10, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377423000495?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mai. 2023.

WEI, Y.; DING, J.; YANG, S.; WANG, F.; WANG, C. Soil salinity prediction based on scale-dependent relationships with environmental variables by discrete wavelet transform in the Tarim Basin. **Catena**, Amsterdã, v.196, p.1-15, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816220304896?via%3Dihub>. Acesso em: 23 jun. 2022.

WHITNEY, K.; SCUDIERO, E.; EL-ASKARYD, H. M.; SKAGGS, T. H.; ALLALIE, M.; CORWIN, D. L. Validating the use of MODIS time series for salinity assessment over agricultural soils in California, USA. **Ecological Indicators**, Londres, v.93, p.889–898, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X18304102?via%3Dihub>. Acesso em: 23 nov. 2019.

YANG, J.; ZHAO, J.; ZHU, G.; WANG, Y.; MA, X.; WANG, J.; GUO, H.; ZHANG, Y. Soil salinization in the oasis areas of downstream inland rivers—Case Study: Minqin oasis. **Quaternary International**, Londres, v.537, p.69–78, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618220300021?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jul. 2021.

YU, T.; JIAPAER, G.; BAO, A.; ZHENG, G.; JIANG, L.; YUAN, Y.; HUANG, X. Using Synthetic Remote Sensing Indicators to Monitor the Land Degradation in a Salinized Area.

Remote Sensing, Estocolmo, v. 13, p. 1-21, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/15/2851>. Acesso em: 23 nov. 2022.

ZANETTI, J.; BRAGA, F. L. S.; DUARTE, D. C. O. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem máxima verossimilhança, distância euclidiana, paralelepípedo e redes neurais em Imagens VANT, utilizando o método de exatidão global, Índice KAPPA e o TAU. *In: IV Simpósio Brasileiro de Geomática – SBG2017*, 2017, Presidente Prudente – SP. **Anais [...]**. Presidente Prudente – SP: Departamento de Cartografia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2017, p. 244-250.

ZEWDU, S.; SURYABHAGAVAN, K. V.; BALAKRISHNAN, M. Land-use/land-cover dynamics in Sego Irrigation Farm, southern Ethiopia: A comparison of temporal soil salinization using geospatial tools. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riad, v.15, 91–97, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X14000265?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jan. 2020.

ZHANG, W.; ZHANG, W.; LIU, Y.; ZHANG, J.; YANG, L.; WANG, Z.; MAO, Z.; QI, S.; ZHANG, C.; YIN, Z. The Role of Soil Salinization in Shaping the Spatio-Temporal Patterns of Soil Organic Carbon Stock. **Remote Sensing**, Estocolmo, v.14, p.1-24, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/13/3204>. Acesso em: 11 jan. 2023.

ZHANG, Z.; FAN, Y.; ZHANG, A.; JIAO, Z. Baseline-Based Soil Salinity Index (BSSI): A Novel Remote Sensing Monitoring Method of Soil Salinization. **Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing**, Wuhan, v.16, p. 202-214, 2023. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9960775>.

ZHOU, D.; LIN, Z.; LIU, L.; ZIMMERMANN, D. Assessing secondary soil salinization risk based on the PSR sustainability framework. **Journal of Environmental Management**, Londres, v.128, p. 642-654, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479713004283?via%3Dihub>. Acesso em: 23 jun. 2021.

ZHU, T.; SHAO, T.; LIU, J.; LI, N.; LONG, X.; GAO, X.; RENGEL, Z. Improvement of physico-chemical properties and microbiome in diferente salinity soils by incorporating Jerusalem artichoke residues. **Applied Soil Ecology**, Amsterdã, v. 158, p. 1-13, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139320307204?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jan. 2022.

APÊNDICE A – QUADROS COM AS SIMULAÇÕES DE CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE SUSCEPTIBILIDADE AMBIENTAL À SALINIZAÇÃO DOS SOLOS

Quadro 1: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce01:		$SAS_s = [R + S + UT] / 3$			
Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise			
		Relevo Peso - 1		Solos Peso - 1	Uso da Terra Peso - 1
		Declividade (%)	Tipologia		
Muito Baixa	1	45,1 – 61;	Extremament e Ondulado;	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA);
Baixa	2	20,1 – 45;	Fortemente ondulado;	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	8,1 – 20;	Ondulado;	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	3,1 - 8	Suave- ondulado;	Cambissolo Háplico;	-----
Muito Alta	5	0 - 3	Plano;	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissole Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

Quadro 2: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce02:

$$SAS_S = [L + SCS_S + R + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 5$$

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise						
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia		
Muito Baixa	1	- Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; - Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados; Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61;	Extremamente Ondulado;	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA);
Baixa	2	- Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados; - Metamafito xistificado, quartzito, metachert e metaultramafito;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	20,1 – 45;	Fortemente ondulado;	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	- (cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; - (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito xisto e quartzito; - Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassilito, Muscovita xisto; - Mármore; - Metagrauvaca feldspática ou	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	8,1 – 20;	Ondulado;	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);

		quartzosa e níveis de granada-mica xisto; - Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; - Níveis de muscovita quartzito; - Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; - Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais;							
Alta	4	- Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito;	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	Cambissolo Háptico;	-----
Muito Alta	5	- Anfibólio-biotita sienito, quartzo-sienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; - Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; - Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; - Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos; -	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvissole Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

		Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; - Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; - Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; - Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;							
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Quadro 3: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce03:	$SAS_S = [L + SCS_S + R + CF + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 7$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise				
			Clima Peso - 1	Relevo Peso - 1	Canais Fluviais	Água (CE)	Solos

			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia	Peso - 1	Peso - 1	Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
Muito Baixa	1	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados; Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61;	Extremamente Ondulado;	1º Ordem	<0,25	Latos solo Amarelo; Neos solo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiberta/ Aberta (CSA);
Baixa	2	Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados; Metamafito xistificado, quartzito, metachert e metaultramafito;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	20,1 – 45;	Fortemente ondulado;	2º Ordem	0,26 – 0,75	Neos solo Regolítico;	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito xisto e quartzito; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito,	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	8,1 – 20;	Ondulado;	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argis solo Amarelo; Argis solo Vermelho;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/ Solo Expost

		Metassilito, Muscovita xisto; Mármore; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais;								o-amar elo; Neos solo Flúvi co;	o (APS);
Alta	4	Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito;	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	4º Ordem	2,26 - 5	Cam bisso lo Hápli co;	-----
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzó-sienito, alcalifeldspato quartzó-sienito, alcalifeldspato granito,	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	5º Ordem	>5	Plan ossol o	Agricu ltura Irrigad a (AI);

		<p>alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita- muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Ferro- hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos; Granada- biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Leucogranito, biotita- muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos</p>								<p>Nátri- co; Verti- ssolo Hápli- co; Luvi- ssolo Crô- mico ;</p>	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--

		predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Quadro 4: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce04:	$SAS_s = [L + SCS_s + R + CF + A + (Sx2) + (UTx2)] / 7$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados; Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Fortemente ondulado; Ondulado;	1º Ordem	<0,25	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiberta/Aberta (CSA);
Baixa	2	Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	2º Ordem	0,26 – 0,75	Neossolo	-----

		Metamafito xistificado, quartzito, metachert e metaultramafito;								Regolítico;	
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito xisto e quartzito; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Mármore; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmitico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais;	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	3,1 - 8	Suave-ondulado;	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito;	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	-----	-----	4º Ordem	2,26 - 5	Cambissolo	-----

										Háplico;	
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzo-sienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos; Granada-biotita ortognaises, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Monzogranitos,	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	5º Ordem	>5	Planos solo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvisso Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

		sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;									
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Quadro 5: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce05:	$SAS_s = [L + SCS_s + (R \times 2) + CF + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 7$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 2		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados; Sedimento arenoso-argiloso, conglomerático, inconsolidado;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61;	Extremamente Ondulado;	1º Ordem	<0,25	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA);
Baixa	2	Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	20,1 – 45;	Fortemente	2º Ordem	0,26 – 0,75	Neossolo	-----

		Metamafito xistificado, quartzito, metachert e metaultramafito;					ondulado;			Regolítico;	
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito e quartzito; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Mármore; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais;	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	8,1 – 20;	Ondulado;	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo ; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito;	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	4º Ordem	2,26 - 5	Cambissolo Háptico;	-----
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzosienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino;	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	5º Ordem	>5	Planossolo Nátrico;	Agricultura Irrigada (AI);

		<p>Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;</p>								Vertissolo Háplico; Luvissol o Crômico ;	
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Quadro 6: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce06:	$SAS_S = [L + SCS_S + (R \times 2) + (CF \times 2) + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 7$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise			
			Clima Peso - 1	Relevo Peso - 2	Canais Fluviais	Solos Peso - 2

			Evapo transp iração (mm)	Temperat ura (°C)	Pluviosidade (mm)	Decliv idade (%)	Tipolo gia	Peso - 2	Águ a (CE) Peso - 1		Peso - 2
Muito Baixa	1	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados; Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61;	Extre mame nte Ondul ado;	1º Ordem	<0,2 5	Latossol o Amarelo ; Neossol o Litólico;	Caating a Fechada (CF); Caating a Semiabe rta/Aber ta (CSA);
Baixa	2	Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados; Metamafito xistificado, quartzito, metachert e metaultramafito;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	20,1 – 45;	Forte mente ondula do;	2º Ordem	0,26 – 0,75	Neossol o Regolíti co;	-----
Média	3	(cianita), (estaurolita)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estaurolita-muscovita-quartzito e quartzito; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassilito, Muscovita xisto; Mármore; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico,	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	8,1 – 20;	Ondul ado;	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argissol o Amarelo ; Argissol o Vermelh o- amarelo; Neossol o Flúvico;	Agricult ura de Sequeir o/Pastag em/Solo Exposto (APS);

		tonalítico-trondhjemítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais;									
Alta	4	Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito;	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave- ondula do;	4° Ordem	2,26 - 5	Cambiss olo Háplico;	-----
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzosienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos; Granada-biotita ortognaises, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	5° Ordem	>5	Planoss olo Nátrico; Vertisso lo Háplico; Luvissol o Crômico ;	Agricult ura Irrigada (AI);

Quadro 7: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce07:	$SAS_s = [L + SCS_s + (Rx2) + CF + A + (Sx2) + (UTx2)] / 7$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 2		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados; Sedimento arenoso-argiloso, conglomerático, inconsolidado;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Fortemente ondulado; Ondulado;	1º Ordem	<0,25	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA);
Baixa	2	Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados; Metamafito xistificado, quartzito, metachert e metaultramafito;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	2º Ordem	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito xisto e quartzito; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito,	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo;	Agricultura de Sequeiro/ Pastagem/

		Metassilito, Muscovita xisto; Mármore; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granadimica xisto; Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais;								Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Solo Exposto (APS);
Alta	4	Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito;	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suaveondulado;	4º Ordem	2,26 - 5	Cambissolo Háptico;	-----
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzosienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Granito e granodiorito, gnaissificados,	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	5º Ordem	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvisso Crômico ;	Agricultura Irrigada (AI);

		localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Quadro 8: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce08:	$SAS_5 = [L + SCS_5 + (Rx2) + CF + A + (Sx2) + (UTx2)] / 7$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 2		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61;	Extremamente Ondulado;	1º Ordem	<0,25	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA);

Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,7 9 – 25,1 1	573,0 - 610,0	20,1 – 45;	Forte mente ondulado;	2º Ordem	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico ;	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,1 2 – 25,2 1	520,6 - 572,9	8,1 – 20;	Ondulado;	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassilito, Muscovita xisto; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos;	119,6 – 122,8	25,2 2 – 25,4 7	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	4º Ordem	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----

Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzo-sienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	5° Ordem	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvisso Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);
------------	---	--	---------------	---------------	-------	-------	--------	----------	----	--	----------------------------

Quadro 9: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce09:	$SAS_S = [L + SCS_S + (Rx2) + CF + A + (Sx2) + (UTx2)] / 7$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 2		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61;	Extremamente Ondulado;	1° Ordem; 2° Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA);

Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	20,1 – 45;	Forte mente ondulado;	-----	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	8,1 – 20;	Ondulado;	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo ; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaises, granodiorítico e	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----

Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; ; Fortemente ondulado; Ondulado; ;	1º Ordem; ; 2º Ordem; ;	<0,25	Latossolo Amarelo; ; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA);
Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	-----	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; ; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico;	-----

		máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos;									
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem ; 5º Ordem ;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvisso ou Crômico ;	Agricultura Irrigada (AI);

		magmática. Natureza química indiscriminada;									
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 11: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce11:	$SAS_S = [L + SC S_S + (R \times 2) + CF + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 7$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 2		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61;	Extremamente Ondulado;	1º Ordem	<0,25	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	20,1 – 45;	Fortemente ondulado;	2º Ordem	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----

Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito xisto e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	8,1 – 20;	Ondulado;	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo ; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/ Pastagem/ Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaises, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca,	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	4º Ordem	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----

Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Fortemente ondulado; Ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	-----	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzo xisto e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha				3,1 - 8		-----			-----

		calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos;	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5		Suave-ondulado;		2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzo-sienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4° Ordem; 5° Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvisso ou Crômico ;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 13: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce13:	$SAS_s = [L + SCS_s + (Rx2) + CF + A + (Sx2) + (UTx2)] / 7$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 2		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Fortemente ondulado; Ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico; Neossolo Regolítico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	-----	0,26 – 0,75	-----	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzo xisto e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondhjemítico-	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo;	Agricultura de Sequeiro/ Pastagem/

		granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.								Argissolo Vermelho-amarelo;	Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaises, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos;	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico; Neossolo Flúvico;	-----
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzo-sienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Monzogranitos,	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico;	Agricultura Irrigada (AI);

									Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	4º Ordem	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	5º Ordem	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

Quadro 15: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce15:	$SAS_S = [SCS_S + R + CF + A + S + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 1	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado ; fortement	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);

						e ondulado; ondulado;				
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho- amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastage m/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave- ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissol o Háplico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvisso Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 16: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce16:	$SAS_5 = [SCS_5 + R + CF + A + (Sx3) + (UTx2)] / 6$
-------------------------	---

		Atributos de Análise
--	--	-----------------------------

Classes de Susceptibilidade	Notas	Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 3	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem ; 2º Ordem ;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem ;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem ;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico;	Agricultura Irrigada (AI);

							5° Ordem ;		Luvissole Crômico;	
--	--	--	--	--	--	--	------------------	--	-----------------------	--

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 17: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce17:	$SAS_{\zeta} = [L + SCS_{\zeta} + R + CF + A + (S \times 3) + (UT \times 2)] / 7$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 3	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Forte mente ondulado; Ondulado;	1° Ordem; 2° Ordem;	<0,2 5	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);

Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo ; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/ Pastagem/ Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico;	-----

		ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos;									
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzosienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4° Ordem; 5° Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvissol ou Crômico ;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 18: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce18:	$SAS_S = [SCS_S + R + CF + A + (S \times 3) + (UT \times 3)] / 6$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise				
		Clima Peso - 1	Relevo Peso - 1	Canais Fluviais	Água (CE)	Solos Peso - 3

		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia	Peso - 1	Peso - 1		
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado ; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 19: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce19:	$SAS_S = [L + SCS_S + R + CF + A + (Sx3) + (UTx3)] / 7$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 1	Água (C E) Peso - 1	Solos Peso - 3	Uso da Terra Peso - 3
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Fortemente ondulado; Ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----

Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito xisto e quartzito; Niveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,7 6 – 2,2 5	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaises, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassilito, Muscovita xisto; Ferro-hastingsita	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,2 6 - 5	Cambissolo Háplico;	-----

Muito Baixa	1	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados; Sedimento arenos-argiloso, conglomerático, inconsolidado;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado ; Fortemente ondulado; Ondulado ;	1º Ordem	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados; Metamafito xistificado, quartzito, metachert e metaultramafito;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	2º Ordem	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito xisto e quartzito; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Mármore; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	3º Ordem	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);

		migmatizado com restos de rochas supracrustais;									
Alta	4	Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito;	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	4º Ordem	2,26 - 5	Cambissolo Háptico;	-----
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzosienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	5º Ordem	>5	Planosolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

		inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;								
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 21: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce21:	$SAS_S = [L + SCS_S + (Rx2) + CF + (Ax3) + (Sx3) + (UTx3)] / 7$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 2		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 3	Solos Peso - 3	Uso da Terra Peso - 3
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados; Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado ; Fortemente ondulado; Ondulado ;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo ; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados; Metamafito xistificado, quartzito, metachert e metaultramafito;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----

Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzo xisto e quartzito; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Mármore; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais;	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo ; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito;	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzosienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso;	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissolo	Agricultura Irrigada (AI);

Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Fortemente ondulado; Ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	(cianita), (estaurolita)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estaurolita-muscovita-quartzito xisto e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática,	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo	-----

		metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos;								Háplico;	
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzosienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planos solo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvisso	Agricultura Irrigada (AI);

		predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;									Crômico;	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 23: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce23:	$SAS_s = [SCS_s + R + CF + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/

									Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissole Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 24: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce24:	$SAS_5 = [SCS_5 + R + CF + A + (Sx2) + (UTx2)] / 6$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; ; 2º Ordem; ;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico; Neossolo Regolítico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);

Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3° Ordem ;	0,26 – 0,75	-----	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho- amarelo;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/ Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico; Neossolo Flúvico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4° Ordem ; 5° Ordem ;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 25: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce25:	$SAS_S = [SCS_S + (R \times 2) + CF + A + (S \times 3) + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 2		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 3	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado ; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----

Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);
------------	---	---------------	---------------	-------	-------	--------	------------------------	----	--	----------------------------

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 26: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce26:	$SAS_S = [SCS_S + R + (CF \times 2) + A + (S \times 3) + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 2	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 3	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----

Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado ; forteme nte e ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissole Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 28: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce28:		$SAS_s = [SCS_s + (R \times 2) + CF + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 6$								
Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 2		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	2º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	3º Ordem;	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	4º Ordem;	2,26 - 5	Cambissolo Háptico;	-----

Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);
------------	---	---------------	---------------	-------	-------	--------	-----------	----	--	----------------------------

Quadro 29: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce29:	$SAS_s = [SCS_s + R + CF + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	2º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----

Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissoilo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

Quadro 31: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce31:	$SAS_S = [SCS_S + (R \times 2) + CF + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 2		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1° Ordem; 2° Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3° Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico;	-----

Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4° Ordem; 5° Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvisolo Crômico;	Agricultura Irigada (AI);
------------	---	---------------	---------------	-------	-------	--------	------------------------------	----	--	------------------------------

Quadro 32: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce32:	$SAS_S = [SCS_S + (Rx2) + (CFx2) + (Ax3) + (Sx3) + (UTx3)] / 6$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 2		Canais Fluviais Peso - 2	Água (CE) Peso - 3	Solos Peso - 3	Uso da Terra Peso - 3
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1° Ordem; 2° Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3° Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo;	Agricultura de Sequeiro/Pastage

									Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	m/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 – 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissole Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 33: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce33:	$SAS_S = [L + SCS_S + R + (Ax2) + (Sx2) + (UTx2)] / 6$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise							
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Água (CE) Peso - 2	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade e (%)	Tipologia			
Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiabert

							Fortemente ondulado; Ondulado;			a/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico ;	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzo xisto e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho -amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultur a de Sequeiro/ Pastagem/ Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave- ondulado;	2,26 - 5	Cambisso lo Háplico;	-----

		K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos;								
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzosienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvisso Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 34: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce34:	$SAS_s = [L + R + CF + A + (Sx2) + (UTx2)] / 6$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise			
			Relevo Peso - 1	Canais Fluviais	Água (CE)	Solos Peso - 2

			Declividade (%)	Tipologia	Peso - 1	Peso - 1		
Muito Baixa	1	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados; Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado;	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Fortemente ondulado; Ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados; Metamafito xistificado, quartzito, metachert e metaultramafito;	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito xisto e quartzito; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Mármore; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais;	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito;	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico;	-----

Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvissole Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 36: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce36:		$SAS_s = [SCS_s + R + (CF \times 2) + (A \times 2) + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 6$								
Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 2	Água (CE) Peso - 2	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----

Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4° Ordem; 5° Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissole Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);
------------	---	---------------	---------------	-------	-------	--------	------------------------------	----	---	-------------------------------

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 37: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce37:	$SAS_S = [SCS_S + R + (CF \times 2) + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 2	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1° Ordem; 2° Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico; Neossolo Regolítico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3° Ordem;	0,26 – 0,75	-----	-----

Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremament e Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico; Neossolo Regolítico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Abert a (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	-----	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho- amarelo;	Agricultura de Sequeiro/Pastage m/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave- ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico; Neossolo Flúvico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvisso Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 39: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce39:	$SAS_s = [SCS_s + R + CF + A + (S \times 3) + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 3	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado ; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	-----	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	3º Ordem;	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);

Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissole Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 40: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce40:	$SAS_s = [SCS_s + R + (CF \times 2) + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 2	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossole Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);

Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	-----	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	3º Ordem;	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 41: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce41:	$SAS_G = [SCS_G + R + (CFx2) + A + (Sx2) + (UTx2)] / 6$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise				
		Clima Peso - 1	Relevo Peso - 1	Canais Fluviais	Água (CE)	Solos Peso - 2

		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia	Peso - 2	Peso - 1		
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado ; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico; Neossolo Regolítico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	-----	0,26 – 0,75	-----	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	3º Ordem;	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico; Neossolo Flúvico;	-----
Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 42: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce42:	$SAS_s = [R + CF + A + (Sx2) + (UTx2)] / 5$
-------------------------	---

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise					
		Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico; Neossolo Regolítico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	-----	-----
Média	3	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico; Neossolo Flúvico;	-----
Muito Alta	5	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 43: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce43:		$SAS_s = [R + CF + (Ax2) + (Sx2) + (UTx2)] / 5$					
Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise					
		Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 1	Água (CE) Peso - 2	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico; Neossolo Regolítico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	-----	-----
Média	3	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico; Neossolo Flúvico;	-----
Muito Alta	5	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 44: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce44:		$SAS_s = [R + (CFx2) + A + (Sx2) + (UTx2)] / 5$					
Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise					
		Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 2	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Declividade e (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho- amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----

Muito Alta	5	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvisolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);
------------	---	-------	--------	------------------------	----	--	----------------------------

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 45: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce45:	$SAS_s = [R + (CF \times 2) + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 5$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise					
		Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 2	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
		Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; fortemente ondulado; ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico; Neossolo Regolítico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	-----	-----	-----	0,26 – 0,75	-----	-----

Média	3	-----	-----	3º Ordem;	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico; Neossolo Flúvico;	-----
Muito Alta	5	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 46: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce46:

$$SAS_S = [L + SCS_S + R + (CF \times 2) + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 7$$

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 2	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Fortemente ondulado;	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico; Neossolo Regolítico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA);

							Ondulado;				Algarobas (AL);
Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem;	0,26 – 0,75	-----	-----
Média	3	(cianita), (estauroilita)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroilita-muscovita-quartzo xisto e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo ; Argissolo Vermelho-amarelo;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háptico; Neossolo Flúvico;	-----

		ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Ferrohastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos;									
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzo-sienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4° Ordem; 5° Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvissolo	Agricultura Irrigada (AI);

		ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;								Crômico ;	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------	--

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 47: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce47:	$SAS_s = [L + SCS_s + R + (CF \times 2) + A + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 7$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise								
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 2	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Forte mente	1º Ordem; 2º Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo ; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aber

							ondulado; Ondulado;			Neossolo Regolítico;	ta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	-----	0,26 – 0,75	-----	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito xisto e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	3º Ordem;	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo ; Argissolo Vermelho- amarelo;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K,	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico; Neossolo Flúvico;	-----

		peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos;									
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzosienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequi granulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissol o Crômico ;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 48: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce48:	$SAS_5 = [SCS_5 + R + (CF \times 2) + A + (S \times 3) + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Atributos de Análise								
		Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 2	Água (CE) Peso - 1	Solos Peso - 3	Uso da Terra Peso - 2
		Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia				
Muito Baixa	1	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Fortemente ondulado; Ondulado;	1° Ordem; 2° Ordem;	<0,25	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3° Ordem;	0,26 – 0,75	Neossolo Regolítico;	-----
Média	3	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	0,76 – 2,25	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo; Neossolo Flúvico;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	2,26 - 5	Cambissolo Háplico;	-----

Muito Alta	5	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem; 5º Ordem;	>5	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissolo Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);
------------	---	---------------	---------------	-------	-------	--------	------------------------	----	--	----------------------------

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 49: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce49:	$SAS_s = [L + SCS_s + R + (CF \times 2) + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise							
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 2	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia			
Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Fortemente ondulado; Ondulado;	1º Ordem; ; 2º Ordem; ;	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico; Neossolo Regolítico; ;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiaberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);

Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	3º Ordem ;	-----	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzito xisto e quartzito; Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	-----	Argissolo Amarelo; Argissolo Vermelho-amarelo;	Agricultura de Sequeiro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	Cambissolo Háptico; Neossolo Flúvico;	-----

		<p>máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K, metaluminosos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Ferro-hastingsita</p>								
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--

		alcaligranito e sienogranito, peralcalinos;								
Muito Alta	5	Anfibólio-biotita sienito, quartzosienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4º Ordem ; 5º Ordem ;	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háptico; Luvisso Crômico;	Agricultura Irrigada (AI);

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.

Quadro 50: Apresentação das notas aferidas para cada classe dos atributos empregados no mapeamento da susceptibilidade ambiental à salinização dos solos e os pesos para cada atributo

Equação Susce50:	$SAS_5 = [L + SCS_5 + R + (CF \times 2) + (S \times 2) + (UT \times 2)] / 6$
-------------------------	--

Classes de Susceptibilidade	Notas	Litologia Peso - 1	Atributos de Análise							
			Clima Peso - 1			Relevo Peso - 1		Canais Fluviais Peso - 2	Solos Peso - 2	Uso da Terra Peso - 2
			Evapotranspiração (mm)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Declividade (%)	Tipologia			
Muito Baixa	1	Sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado; Depósitos aluvionais: cascalhos, areias e argilas, semiconsolidados e inconsolidados;	109,5 – 113,0	24,32 – 24,78	-----	45,1 – 61; 20,1 – 45; 8,1 – 20;	Extremamente Ondulado; Fortemente ondulado; Ondulado;	1° Ordem; 2° Ordem;	Latossolo Amarelo; *Neossolo Litólico; Neossolo Regolítico;	Caatinga Fechada (CF); Caatinga Semiberta/Aberta (CSA); Algarobas (AL);
Baixa	2	Arenito, conglomerado e pavimento seixoso lateritizado; Laterítica com concentrações ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados;	113,1 – 117,4	24,79 – 25,11	573,0 - 610,0	-----	-----	-----	-----	-----
Média	3	(cianita), (estauroлита)-granada mica xisto; (cordierita)-cianita-estauroлита-muscovita-quartzo xisto e quartzito;	117,5 – 119,5	25,12 – 25,21	520,6 - 572,9	-----	-----	3° Ordem;	Argissolo Amarelo;	Agricultura de Sequei

		Níveis de muscovita quartzito; Ortognaisse migmatítico, tonalítico-trondjhmítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais; Ortognaisse migmatizado com restos de rochas supracrustais.							Argissolo Vermelho-amarelo;	ro/Pastagem/Solo Exposto (APS);
Alta	4	Mica xisto e paragnaisse aluminosos, quartzito, formação ferrífera e rocha calcissilicática, metamáfica e metaultramáfica; Metavulcanitos máfico, ultramáfico e félsico, formação ferrífera e filito; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada-mica xisto; Mármore; Leucogranito, biotita-muscovita granito e biotita granito, calcialcalinos de alto K, peraluminosos; Granito e granodiorito, gnaissificados, localmente porfiroclásticos, calcialcalinos de alto K,	119,6 – 122,8	25,22 – 25,47	459,7 - 520,5	3,1 - 8	Suave-ondulado;	-----	Cambissolo Háplico; Neossolo Flúvico;	-----

		<p>metaluminosos; Granada-biotita ortognaisses, granodiorítico e monzogranítico, porfiroclásticos, calcialcalinos, peraluminosos. 986 Ma U-Pb 968 Ma Pb-Pb; Filito, Xisto, Quartzito, Metagrauvaca, Metarritmito, Metassiltito, Muscovita xisto; Ferro-hastingsita alcaligranito e sienogranito, peralcalinos;</p>								
Muito Alta	5	<p>Anfibólio-biotita sienito, quartzo-sienito, alcalifeldspato quartzosienito, alcalifeldspato granito, alcalinos, potássicos; Biotita-muscovita leucomonzogranito alcalino; Biotita-muscovita ortognaisse tonalítico a sienogranítico, metaluminoso a peraluminoso; Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e</p>	122,9 – 126,3	25,48 – 25,73	-----	0 - 3	Plano;	4° Ordem; 5° Ordem;	Planossolo Nátrico; Vertissolo Háplico; Luvissol ou Crômico ;	Agricultura Irrigada (AI);

		sienitos predominantemente inequigranulares finos a médios e, localmente, exibem foliação magmática. Natureza química indiscriminada;								
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--

*OBS.: O Neossolo Litólico foi considerado com peso 1.