



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

GABRIELLY GREGÓRIO DA LUZ

**ANÁLISE SOCIAL E AMBIENTAL NO EIXO LESTE DA TRANSPOSIÇÃO DO
SÃO FRANCISCO, UTILIZANDO A TECNOLOGIA DRONE**

Dissertação de Mestrado

RECIFE

2024

GABRIELLY GREGÓRIO DA LUZ

**ANÁLISE SOCIAL E AMBIENTAL NO EIXO LESTE DA TRANSPOSIÇÃO DO
SÃO FRANCISCO, UTILIZANDO A TECNOLOGIA DRONE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre(a) em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Gestão e Políticas Ambientais

Orientadora: Dra. Josiclêda Domiciano Galvínio

RECIFE

2024

Catálogo na Fonte
Bibliotecário: Rodrigo Leopoldino Cavalcanti I, CRB4-1855

L979a Luz, Gabrielly Gregório da.
Análise social e ambiental no eixo leste da transposição do São Francisco, utilizando a tecnologia drone / Gabrielly Gregório da Luz. – 2024.
111 f. : il. ; tab. ; 30 cm.

Orientadora : Josiclêda Domiciano Galvíncio.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Recife, 2024.

Inclui referências e apêndices.

1. PISF. 2. Balanço hídrico. 3. Uso e ocupação do solo. 4. Vulnerabilidade social. 5. Sertão I. Galvíncio, Josiclêda Domiciano (Orientadora). II. Título.

363.7 CDD (22.ed.) UFPE (BCFCH2024-037)

GABRIELLY GREGORIO DA LUZ

**ANÁLISE SOCIAL E AMBIENTAL NO EIXO LESTE DA TRANSPOSIÇÃO DO
SÃO FRANCISCO, UTILIZANDO A TECNOLOGIA DRONE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Pernambuco, na área de concentração: Gestão e Políticas Ambientais para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente

Aprovada em: 20/02/2024.

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a Josiclêda Domiciano Galvncio (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Prof. Dr Inajá Francisco de Sousa

Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Prof^a. Dr^a Luciana Mayla de Aquino França

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Prof. Dr Caetano de Carli Viana Costa

Universidade Federal do Agreste Pernambucano (UFAPE)

RECIFE

2024

Dedico em Especial a Gal Costa (In memoriam), que em todo o período da minha escrita embalou as letras da minha dissertação com a sua voz em um disco de vinil tocando na vitrola ao lado do meu computador.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe que sempre esteve ao meu lado e é a inspiração que tenho ao longo da minha vida para conseguir suportar a viver em um mundo tão estranhamente desigual. Agradeço também a Edilson Cirilo de Lima, um dos seres humanos mais incríveis que conheci.

Girlan, Nelson, Paulina, Júnior, Clara e Giovanna, vocês são a melhor família que eu poderia ter.

*“Eu tô te explicando
Prá te confundir
Eu tô te confundindo
Prá te esclarecer
Tô iluminado
Prá poder cegar
Tô ficando cego
Prá poder guiar” (Tom Zé, 1976)*

RESUMO

O semiárido representa cerca de 12% de todo o território nacional, sendo a seca uma das problemáticas que mais assolam esse ambiente. Para mitigar os efeitos da seca na vida da população e no meio ambiente, as políticas públicas tornam-se essenciais. O Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) representa um marco no desenvolvimento regional e na contenção da seca. Ao analisar os impactos sociais e ambientais em uma escala macro micro de uma área, é possível identificar como as políticas públicas estão atuando dentro do contexto social e ambiental, subsidiando a monitoração das implementações de combate à seca e desenvolvimento sustentável em uma região. Deve-se considerar que alguns atores são mais atingidos que outros quando se trata de um projeto tão grande quanto o PISF e que, para analisar seus efeitos, é essencial buscar os territórios mais próximos de seu canal. O estudo objetivou a fragilidade entre a implementação e a monitorização dos efeitos da Transposição na área em estudo. A primeira etapa da pesquisa se deu a partir de imagens de satélites (Landsat 5 e Landsat 8) e com o auxílio de imagens de drones, foi possível observar a mudança no uso e ocupação do solo ao longo dos anos no município de Floresta, bem como o vigor vegetativo. Em uma segunda etapa para a identificação do balanço hídrico, o estudo contou com as ferramentas como Sistema de Unidades de resposta hidrológica para Pernambuco (SUPer) e Soil & Water Assessment Tool (SWAT). Os dados diários do ciclo hidrológico tornam-se fundamentais para a gestão eficaz dos recursos hídricos, auxiliando na interpretação de como o ciclo hidrológico está interligado com a vida da população. Em uma terceira etapa, o estudo realizou uma investigação através de questionários aplicados a cerca de 80 famílias assentadas nas margens de um trecho do eixo leste do PISF, além de fotografias para identificação da vulnerabilidade social. Foi realizado um levantamento bibliográfico como parte essencial para discussão do estudo, os resultados contribuem para auxiliar a gestão dos recursos hídricos, fornecendo informações que podem contribuir para o aprimoramento das políticas públicas voltadas para o semiárido. Concluimos que o uso da tecnologia pode auxiliar na monitorização das políticas públicas e que, apesar da transposição se apresentar como mitigadora de uma problemática, é preciso ouvir e fornecer informações à população que será contemplada com as águas do Rio São Francisco.

Palavras-chave: PISF; balanço hídrico; uso e ocupação do solo; vulnerabilidade social; sertão

ABSTRACT

The semiarid region represents about 12% of the entire national territory, with drought being one of the most challenging issues in this environment. To mitigate the effects of drought on the population and the environment, public policies become essential. The Integration Project of the São Francisco River with the Hydrographic Basins of the Northern Northeast (PISF) represents a milestone in regional development and drought containment. By analyzing the social and environmental impacts on a macro-micro scale of an area, it is possible to identify how public policies are operating within the social and environmental context, supporting the monitoring of drought combat and sustainable development implementations in a region. It should be considered that some stakeholders are more affected than others when dealing with a project as large as the PISF, and to analyze its effects, it is essential to focus on territories closest to its canal. The study aimed to assess the fragility between the implementation and monitoring of the effects of Transposition in the study area. The first stage of the research was based on satellite images (Landsat 5 and Landsat 8), and with the help of drone images, it was possible to observe changes in land use and occupation over the years in the municipality of Floresta, as well as vegetation vigor. In a second stage for the identification of the water balance, the study relied on tools such as the Hydrological Response Unit System for Pernambuco (SUPer) and the Soil & Water Assessment Tool (SWAT). Daily data from the hydrological cycle are fundamental for effective water resource management, assisting in interpreting how the hydrological cycle is interconnected with the lives of the population. In a third stage, the study conducted an investigation through questionnaires applied to about 80 families settled along the banks of a stretch of the eastern axis of the PISF, in addition to photographs to identify social vulnerability. A literature review was conducted as an essential part of the study discussion, and the results contribute to assisting water resource management, providing information that can contribute to the improvement of public policies focused on the semiarid region. We conclude that the use of technology can assist in monitoring public policies and that, despite transposition presenting itself as a solution to a problem, it is necessary to listen to and provide information to the population that will benefit from the waters of the São Francisco River.

Keywords: PISF; water balance; land use and occupation; social vulnerability; sertão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Primeira escola municipal a receber uma cisterna no semiárido. Comunidade Pereiros, em Nova Russas (CE).	21
Figura 2	Parte do canal do eixo Leste da Transposição do São Francisco	23
Figura 3	Imagem aérea de um trecho do eixo leste da Transposição do São Francisco	30
Figura 4	Localização do município de Floresta-PE	34
Figura 5	Fluxograma da metodologia utilizada neste estudo.	36
Figura 6	Uso e ocupação do solo	38
Figura 7	Variação espacial e temporal do NDVI, imagem UVA na sobreposição e validação do NDVI.	40
Figura 8	Água no solo	43
Figura 9	Dendrograma. SW - Água no Solo, Precip - Precipitação, W_STRS - Número de dias sob estresse hídrico, TEM_STRS - Número de dias sob estresse de temperatura, biomassa e LAI - Índice de Área Foliar.	44
Figura 10	Número de dias sob estresse hídrico	44
Figura 11	Eixo da transposição em Floresta, os reservatórios	46
Figura 12	Área de estudo sub bacia 73	50
Figura 13	Relação entre escoamento superficial observado e simulado para a bacia do Pajeú.	54
Figura 14	Balanço hídrico médio anual da sub-bacia 73 da bacia do Pajeú-PE.	55
Figura 15	Balanço hídrico médio anual, situação mudança climática.	56
Figura 16	Curva da duração da vazão na sub-bacia 73, no âmbito da bacia do Pajeú.	57
Figura 17	Condições ambientais anuais da vegetação, situação atual.	58
Figura 18	Condições ambientais anuais da vegetação, situação das alterações climáticas.	58
Figura 19	Variação temporal da biomassa na sub-bacia 73, solos TC- declividade 0-3	59
Figura 20	Variação temporal da biomassa na sub-bacia 73, solos TC- declividade 3-8	60
Figura 21	Variação temporal da biomassa sub-bacia 76, solos pobres em nutrientes. Declividade 8-20.	60
Figura 22	Variação temporal da biomassa sub-bacia 76, solos pobres em nutrientes. Declividade 20-45.	61
Figura 23	Variação temporal da biomassa sub-bacia 76, mosaico de uso/ solos RQ, declividade 3-8.	61
Figura 24	Variação média temporal da biomassa sub-bacia 73. Mosaico de uso/ TC. Declividade 0-3.	62
Figura 25	Variação máxima temporal da biomassa. Solo CRWO/TC declividade 0-3.	62
Figura 26	Variação mínima temporal da biomassa. Solo CRWO/TC declividade 0-3.	63

Figura 27	Imagens RGB e temperatura superficial em pequena área da sub-bacia 73.	64
Figura 28	Localização do assentamento Serra Negra.	70
Figura 29	Fluxograma da metodologia	72
Figura 30	Imagem aérea da área em estudo.	73
Figura 31	Encanação da transposição.	74
Figura 32	Respostas dos assentados com relação a existência de Cisternas ou Poços (Artesanais), em suas residências.	77
Figura 33	Cisternas nas residências. (A) primeiras cisternas colocadas, (B) As cisternas atuais modernizadas pelo programa Um milhão de Cisterna	77
Figura 33	Quantidade de pessoas por domicílio, empregadas e quantidade de pessoas aposentadas	79
Figura 34	Rendimento mensal dos moradores do Assentamento Serra Negra-PE	81
Figura 35	Estrutura das casas do assentamento serra negra	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADIVA	Water vegetation Index Analysis
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
CCMS	Complexos Convectivos de mesoescala
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
ET	Evapotranspiração
HRUS	Unidades de Respostas Hidrológica
IAF	Índice de Área Foliar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OL	Ondas de leste
ONG	Organizações Não Governamentais
PIMC	Programa Um Milhão de Cisterna
PISF	Projeto Integração do Rio São Francisco com Bacia hidrográfica do Nordeste Setentrional
PPS	Políticas Públicas Sociais
RGB	Imagens da Faixa Visível
SPAS	Pastagem
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
SWAT	Soil Water Assessment Tools
TC	Eutrófico
TEM_STRS	Número de dias sob estresse térmico
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VCAN	Ciclos de Altos Níveis
ZCTI	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO GERAL: Avaliar as condições sociais e ambientais em um trecho do eixo leste da Transposição do São Francisco.....	17
1.1.1	Objetivos específicos:	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	ANÁLISE SOCIAL	19
2.1.1	Variável Educação	20
2.1.1.1	Variável Água	21
2.1.1.1.1	<i>Variável Economia</i>	23
2.2	ANÁLISE AMBIENTAL	25
2.2.1	Análise Hidrológica	26
2.2.1.1	Uso e ocupação do Solo	27
2.2.3	<i>Políticas Públicas</i>	28
3	CAPÍTULO 1 DINÂMICA DO USO DO SOLO, BALANÇO HÍDRICO E NDVI NO MUNICÍPIO DE FLORESTA-PERNAMBUCO, BRASIL	31
3.1	INTRODUÇÃO	31
3.1.1	Material e métodos	33
3.2	Resultado e Discussão	37
3.3	<i>Conclusão</i>	46
4	CAPÍTULO 2 AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E DA INFLUÊNCIA AMBIENTAL NA VIDA DAS PESSOAS EM UMA PEQUENA BACIA DO SERTÃO DE PERNAMBUCO, UTILIZANDO O SUPER E O VANT	48
4.1	INTRODUÇÃO.....	48
4.1.1	Material e métodos	50
4.2	Resultados	54
4.2.1	Discussão.....	64
4.3	<i>Conclusão</i>	66
5	CAPÍTULO 3 CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE SOCIAL EM UM ASSENTAMENTO ÀS MARGENS DA TRANSPOSIÇÃO DO SÃO FRANCISCO	67
5.1	INTRODUÇÃO.....	67
5.1.1	Material e métodos	69
5.2	Procedimentos metodológicos	70
5.2.1	Resultados e discussão	72
5.3	<i>Conclusão</i>	82

6	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	84
	REFERÊNCIA.....	85
	APÊNDICE A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA	107
	APÊNDICE - B COMPOSIÇÃO NATURAL COLOR LANDSAT 5 E 8.....	108
	APÊNDICE C - MODELO DE PROJETO DE VOO DRONE.....	109
	APÊNDICE D - MODELO DE QUESTIONÁRIO APLICADO	110
	APÊNDICE E - NUVEM DE PALAVRAS COM AS RESPOSTAS DAS PERGUNTAS ABERTAS AOS MORADORES DO ASSENTAMENTO SERRA NEGRA.	111

1 INTRODUÇÃO

A região semiárida, marcada por chuvas escassas e irregulares, enfrenta um dos maiores desafios tanto para os governantes quanto para a sociedade (Pinheiro, *et al.*, 2020). Está vasta área abrange partes de diversos países, incluindo o Brasil, onde se estende por parte do Nordeste, ocupando 12% do território nacional, segundo o Instituto Nacional do Semiárido (INSA).

Segundo Silva *et al.*, (2022) e Dos Santos *et al.*, (2023), a quantidade, intensidade e variação das precipitações ao longo do tempo e em diferentes regiões exercem influência direta sobre a sociedade e os recursos naturais, em especial os recursos hídricos. Além disso, a escassez de chuvas e a irregularidade do regime pluviométrico são fatores críticos que afetam tanto setores econômicos como o social das pessoas no semiárido. Neste contexto, estudos que preveem as mitigações dos efeitos da seca na vida da população tornam-se essenciais, assim como pesquisas ambientais com intuito de verificar a disponibilidade hídrica e a mudança territorial como todo. Segundo Jardim *et al.*, (2022) o índice de desenvolvimento humano é um dos mais baixos, o que eleva o grau da vulnerabilidade dessa região e encontra-se interligado com a disponibilidade hídrica. Já De Souza *et al.*, (2023), reforça que oscilações meteorológicas são uma das principais causas das mudanças nos processos ambientais, físicos e biológicos, afetando diretamente a sociedade e por isso tornam-se essenciais estudos para amenizar as mudanças ocorridas ao longo dos anos.

No dia 21 de outubro de 1909, o Governo criou o decreto de número 7.619, que resultou na criação da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS), também conhecida como Inspetoria de Obras Contra as Secas. Essa iniciativa visou coletar dados meteorológicos, geológicos e outras informações para lidar com a seca. Além disso, foram criados órgãos como o Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) para modernizar a região e impulsionar a economia nordestina (Lucena *et al.*, 2023).

Soares, Martins (2023) destacam a importância de avaliar as mudanças na paisagem para auxiliar no planejamento e na gestão territorial, como acontece nas implementações de políticas públicas sociais (PPS). Para uma análise criteriosa desses processos, a utilização de tecnologias é fundamental. De fato, o uso das geotecnologias ganha cada vez mais espaço nas análises espaciais e temporais, permitindo compreender a dinâmica territorial de maneira eficaz e ágil (Da Silva e Da Costa, 2022). Além disto, as capacidades de processamento inteligente e

o poder de processamento para conjunto de dados estão evoluindo rapidamente, com a tecnologias de dados de satélites de sensoriamento remoto entre outros (Zhang *et al.*, 2022).

Outrossim, dados de sensoriamento remoto oferecem uma visão abrangente e informações detalhadas sobre as características e transformações da paisagem tanto em áreas urbanas quanto rurais. Ora, diversos métodos estão disponíveis para a detecção de áreas cobertas por vegetação, abrangendo desde a interpretação visual até o processamento automático de imagens. Estes incluem técnicas como classificação supervisionada e não supervisionada, bem como a geração de imagens e índices. Recentemente, os drones (veículos aéreos não tripulados UAVs) têm ganhado destaque e são esperados para serem empregados em diversos domínios de pesquisa, incluindo a dinâmica ambiental e social em estudos e monitorizações (Yankovich, Yankovich, Baranovskiy, 2023), (Pertuack, Latue 2023).

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) originalmente previa aproximadamente 699 km de canais. No entanto, em 2013, ocorreu uma redução para 477 km de canais. Segundo o Governo Federal, cerca de 390 municípios são beneficiados pelas águas da transposição, abrangendo aproximadamente 12 milhões de pessoas em 2023, distribuídas entre os dois eixos Norte e Leste.

O eixo leste foi projetado com uma infraestrutura hídrica para atender aproximadamente 161 cidades nos estados da Paraíba e Pernambuco. Atualmente, o trecho beneficia cerca de 21 cidades em Pernambuco e 36 no estado da Paraíba. O eixo tem início no município de Floresta (PE) e se estende até Monteiro (PB), totalizando aproximadamente 271 quilômetros. Informações adicionais podem ser verificadas em: [\[https://transposicaoosaofrancisco.com.br/index.php/obras/\]](https://transposicaoosaofrancisco.com.br/index.php/obras/).

O município de Floresta está situado no sertão pernambucano, com seu processo de povoamento iniciado no século XVII, especificamente na Fazenda Grande, localizada às margens direitas do Rio Pajeú. Floresta abrange uma área de 3.644 km², conforme dados da prefeitura da cidade, classificando-se como o segundo maior município do estado. Com uma altitude de 316 metros, integra a Mesorregião do São Francisco e a Microrregião de Itaparica.

De acordo com informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022, a população de Floresta é de 30.137 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 8,36 habitantes por km². A área urbana abrange 4,56 km², e em 2010, o município registrava 40,3% de esgotamento sanitário adequado, inserindo-se no bioma da caatinga.

Este estudo concentra-se na análise do município como área focal.

O trabalho se divide em três capítulos, onde estes estão estruturados como artigos científicos, o primeiro capítulo encontra-se publicado na Revista Brasileira de Geografia Física, o segundo está publicado na revista Applied Sciences. Alguns tópicos são intencionalmente reiterados, visando permitir que o leitor acompanhe a discussão sem a necessidade de voltar às páginas iniciais. A revisão de literatura analisa os processos que se configuraram como base para realização da pesquisa, visando a metodologia utilizada a exemplo dos pilares sociais, educação, economia e água (dado que se trata de um estudo realizado no semiárido) e análise ambiental com foco na hidrologia, uso e ocupação do solo, por fim, políticas públicas voltadas para a seca. Os métodos de análises estão descritos na metodologia de cada capítulo, que vão de análise de satélites até fotografias com uso do celular. Maiores detalhes poderão ser vistos a partir da leitura dos capítulos.

1.1 OBJETIVO GERAL: Avaliar as condições sociais e ambientais em um trecho do eixo leste da Transposição do São Francisco.

1.1.1 Objetivos específicos:

Avaliar as mudanças no uso da terra e ocupação e sua relação com a disponibilidade de água no município de Floresta, região semiárida no Nordeste do Brasil.

Elucidar o profundo impacto do ciclo hidrológico na vida das pessoas e no meio ambiente.

Compreender a vulnerabilidade social no assentamento Serra Negra.

Hipótese: É possível que o uso de ferramentas tecnológicas, imagens de drones, imagens de satélites e modelagem hidrológica facilite a avaliação de políticas públicas. Acredita-se que, ao atender solicitações sociais durante o processo de tomada de decisões, a implementação de política pública seja mais efetiva.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ANÁLISE SOCIAL

Conforme apontado por Martins (2013), o conceito de sociedade está em constante evolução, derivando principalmente de uma análise empírica que reconhece o Estado-nação e suas fronteiras territoriais como unidades fundamentais. A partir dessa premissa, torna-se evidente que a mudança social é um processo contínuo moldado pelas ações da sociedade.

Entender o que se passa em uma sociedade é essencial para compreender o seu comportamento e as influências resultantes de suas ações dentro de seu território. Conforme Raffestin (2009, p. 24), os territórios se transformam à medida que novas técnicas são aplicadas, refletindo esse ritmo de mudança tanto nas áreas urbanas quanto nas rurais. Nesse contexto, a análise da sociedade e de seus fatores influentes é necessária para compreender sua dinâmica comportamental.

Mattos (2023) reforça que a sociedade brasileira é moldada por suas raízes históricas, como o período de colonização, e, portanto, abriga profundas desigualdades. A partir dessa concepção, pode-se inferir a existência de pilares fundamentais que regem a sociedade brasileira e que são cruciais para a análise de seu comportamento no espaço, além de evidenciar possíveis disparidades.

Rivero (2022, p. 1) aborda a questão da sociedade e destaca as violações dos direitos sociais fundamentais que estão sendo amplamente noticiadas, evidenciando as diferenças existentes dentro da sociedade brasileira por meio das experiências individuais. A desigualdade no Brasil se reflete no comportamento dos cidadãos, tornando evidente a urgência de ações para mitigar essa disparidade.

Uma análise social representa uma abordagem capaz de explicar fenômenos sociais a partir de diversas perspectivas teóricas e metodológicas. Pode ser aplicada a uma ampla gama de campos sociais, como política, economia, educação, saneamento básico, entre outros. Reyna *et al.*, (2022) demonstram que as políticas sociais representam uma das alternativas para promover mudanças sociais, uma vez que têm um impacto direto nas condições de vida e reprodução das pessoas.

A análise social, embasada em diversas perspectivas teóricas, demonstra ser uma ferramenta valiosa para compreender fenômenos sociais em áreas diversas, destacando as políticas sociais como um meio eficaz para promover mudanças sociais e melhorar as condições de vida da população.

2.1.1 Variável Educação

A educação desempenha um papel fundamental na análise da sociedade, pois está intrinsecamente ligada ao desenvolvimento e a estrutura social. Segundo Pires (2015), a educação é um direito que não compreende apenas o indivíduo, pois a formação de cada cidadão é influenciada no desenvolvimento de uma sociedade. As desigualdades presentes nos níveis anteriores exercem uma influência significativa nas disparidades na distribuição de oportunidades educacionais, abrangendo desde o ensino básico até o ensino superior no Brasil. (Silva, González, 2023).

O Art. 205 da constituição de 1988, elucida que a educação é um direito de todos, no entanto muitos brasileiros nunca estiveram dentro de uma sala de aula. A desigualdade educacional no Brasil é um desafio persistente e significativo, enraizado na história do sistema educacional e afetando todas as regiões do país, o que causa um impacto abrangente em sua sociedade (Nogueira, Aguiar, Gisi, 2023). Para Freire (1994), é por meio da análise crítica das práticas passadas que se torna possível aprimorar as futuras gerações.

Dos Santos, Dos Reis (2023), elucida que o sistema educacional brasileiro vive em um constante desafio que parte de alcançar uma educação mais igualitária que contemple a diversidade da condição humana, capaz de minimizar a exclusão social. O semiárido é uma região que apresenta particularidades socioeconômicas e culturais que podem influenciar o acesso, a qualidade e o desempenho educacional. As escolas tornam-se espaços propícios para o desenvolvimento da formação identitárias de bastante relevância para os indivíduos que vivem no semiárido (De Souza *et al.*, 2023).

Vieira *et al.*, (2023), enfatizam que os problemas “básicos” que ocorrem no semiárido afetam a realidade econômica e social dessas regiões, gerando impacto negativo aos indicadores sociais de educação, saúde, analfabetismo, entre outros. Partindo dessa perspectiva, é importante frisar que alternativas para modificar e melhorar o ambiente trazem consigo ações em espaços coletivos. Estudo como de Vieira *et al.*, (2023), analisou a integração do programa “cisternas nas escolas” no semiárido que integra o programa um milhão de cisterna (P1MC), concluindo que a implementação de estratégias coletivas contribui para a modificação do comportamento social, além de auxiliar no desenvolvimento educacional.

A melhoria no desenvolvimento educacional pode vir junto com o entendimento dos anseios local. Segundo Freitas e Marin (2015), incluir o tema ÁGUA na grade curricular da educação ambiental nas escolas é essencial para que desde pequenos se tenha conscientização da importância desse bem para a vida.

Figura 1. Primeira escola municipal a receber uma cisterna no semiárido. Comunidade Pereiros, em Nova Russas (CE).



Fonte: Agência Brasil, 2016.

2.1.1.1 Variável Água

Segundo Da Costa (2020), o programa de construção de cisternas reconfigurou as condições de acesso à água no semiárido, ainda que a cobertura de domicílios ligados ao abastecimento de água na rede pública seja baixa. Outro fator importante é que o programa “Um milhão de Cisternas” incluiu iniciativas de educação, formação e mobilização das famílias rurais. O fio condutor para as diversas concepções de desenvolvimento na região semiárida são as políticas públicas que buscam a melhoria do acesso à água. (Nogueira, Milhorce, Mendes 2023).

A água encontra-se na configuração do direito básico de uma população. De acordo com as conclusões de De Souza e Ramalho (2022), é ressaltada a grande importância do acesso aos serviços de abastecimento de água como um fator determinante na batalha pela redução das disparidades sociais e econômicas. Tendo isso em mente, propõe-se a descentralização do acesso à água seja considerada uma medida crucial no sentido de promover a democratização desse recurso essencial, permitindo que todas as camadas da sociedade tenham igualdade de oportunidades no que tange ao seu acesso e utilização.

Segundo Ferreira *et al.*, (2023) a escassez hídrica do semiárido assume um papel de bastante relevância, que vai desde as condições naturais do próprio bioma e da densidade

populacional até a infraestrutura e carrega consigo, além do histórico de grandes secas, a má distribuição no acesso aos recursos hídricos. Um dos maiores desafios da humanidade no século XXI reside no desenvolvimento da sustentabilidade dos recursos hídricos, com objetivo de assegurar a disponibilidade e qualidade dos mesmos, promovendo assim o equilíbrio entre humanos e natureza (Mariz *et al.*, 2022). As análises e estudos realizados em bacias hidrográficas representam ferramentas essenciais na gestão e administração dos recursos hídricos (Martins *et al.*, 2020).

Estudos como o de Villa *et al.* (2022) mostraram que pesquisas com a determinação do balanço hídrico, assim como controle das entradas e saídas, de água do sistema, são imperativos para um planejamento agrícola eficaz, além de promover a segurança hídrica do meio ambiente. Lautze e Manthritilake (2012), desenvolveu cinco indicadores que corresponde a fatores de risco a segurança hídrica são eles: necessidades básicas (1), produção agrícola (2), meio ambiente (3), gestão de risco (4), independência (5). Critérios técnicos de avaliação de volume das chuvas, estiagem prolongada, servem como medida de delimitação do semiárido e ferramentas para o desenvolvimento de políticas públicas na região. (Galindo, 2023).

As primeiras políticas públicas adotadas para a mitigação da seca no semiárido tinham caráter assistencialista (Nascimento, Santos 2022) e foram moldadas ao longo dos anos. Dentre as políticas públicas desenvolvidas para a região, o Programa Uma terra e duas Águas (2007), tinha como objetivo gerar emprego e renda, através da utilização das tecnologias: cisterna-calçadão, cisterna enxurrada, barragem subterrânea entre outros (Fernandes *et al.*, 2023). As políticas públicas enfatizam a importância da convivência com o clima árido do semiárido, promovendo a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, armazenamento de água e visando a segurança hídrica.

Uma das maiores obras de investimento ao desenvolvimento regional no sertão, é a implementação da Transposição do São Francisco. O projeto tem como objetivo proporcionar acesso à água para aproximadamente 12 milhões de pessoas que residem na região, além disso uma parte da população afetada por esse empreendimento também possui o potencial de se beneficiar com as águas do velho chico (Da Silva, 2022). A chegada dos eixos Leste e Norte, trouxeram consigo a esperança de melhoria para os sertanejos (Figura 2), sendo conhecida como um dos principais investimento do Governo Federal na luta pela segurança hídrica.

Figura 2. Parte do canal do eixo Leste da Transposição do São Francisco



Fonte: Autora, (2021)

2.1.1.1.1 *Variável Economia*

A economia desempenha um papel fundamental na sociedade, capaz de moldar o desenvolvimento social, a distribuição de recursos, influenciando o bem-estar das pessoas. Para estudar a economia brasileira algumas variáveis se tornaram essenciais para compreensão do desenvolvimento econômico em consenso (Ferreira 1998). Segundo Furtado 2005 (p32), o início da ocupação econômica no Brasil é uma consequência no que tange a pressão política em cima de Portugal e Espanha pelas outras nações europeias. É importante frisar que o Brasil é um país seguidor, ou seja, reproduz, em atraso de escala temporal, as mudanças institucionais a partir das observações de países líderes, como explica Marquetti (2023). O capitalismo é o sistema que rege a sociedade atual, portanto, há uma organização institucional entre o Estado e o mercado que semeia o processo de produção e faz distinção entre as classes. Na contemporaneidade, países como o Brasil, considerados em desenvolvimento, encontram-se na aposta na convergência entre economia e cultura, sendo a criatividade, a principal ferramenta nesse novo desenvolvimento econômico, como descreve Dravet, Silva, Chaves (2022). Reforçando que a partir dessa perspectiva vem gerando reflexões nos meios acadêmicos e no poder público para realização de estudos econômicos que visem melhorar a qualidade de vida

do indivíduo. Segundo Rocha, Pereira, Nascimento (2022), os Conselhos de Políticas Públicas proporcionam, uma troca entre a sociedade e o Estado em decisões econômicas que vão gerar mais oportunidades, no entanto, a fiscalização das políticas sociais ainda é falha. No entanto, essa nova dinâmica de relacionamento demanda uma sociedade ativamente organizada, evidenciando, ao longo do processo histórico do Brasil, as dificuldades tanto na esfera cultural quanto política de estabelecer uma sociedade participativa. Conceitos foram exemplificados para lidar com questões como o território e suas condições para gerar conhecimento e como o território apresenta processos para o aprendizado organizacional. Partindo dessa perspectiva compreende-se que o território molda as ações das pessoas e podem servir como ponte de organização e reivindicação para o melhoramento da qualidade de vida das pessoas e a diminuição da desigualdade.

“Grande parte dos problemas, principalmente em relação à renda, é causada pelos longos períodos de seca, entretanto, o grande problema nordestino é o descaso público e a presença dos grandes empresários (latifundiários) que se aproveitam da seca para ampliarem seu poder e riqueza, além de se beneficiarem das reservas de água que deveriam ser destinadas à produção familiar para continuarem produzindo e fortalecendo a indústria da seca.” (Silva e Lima 2019)

Outro ponto a ser destacado em uma análise econômica é o setor financeiro da região em estudo, para isso é fundamental um levantamento do rendimento salarial das pessoas que compõem aquela localidade. Sobre a fonte de renda da população mais carente do Nordeste Manso, Barreto, Tebaldi (2006) indaga que a agricultura familiar é a base, porém a prestação de serviços a grandes fazendeiros e empresários da própria região passou a ser outra forma de rendimento salarial que rege a economia local.

A agricultura familiar desempenha um papel de destaque na construção de uma sociedade mais justa, mesmo enfrentando constantes ataques por parte do agronegócio conservador que busca manter sua hegemonia no campo (Henig, 2023). Ela se torna uma das principais fontes da economia local do sertão, desempenhando um papel crucial no cuidado socioeconômico e ambiental (Stroparo, Suchodoliak, Suchodoliak, 2023 p.250).

2.2 ANÁLISE AMBIENTAL

O conceito de meio ambiente engloba uma variedade de fatores, incluindo elementos químicos, físicos, biológicos e sociais, formando um ambiente complexo. A Constituição Brasileira de 1988, em seu artigo 225, estabelece o direito de todos a um meio ambiente equilibrado e a capacidade de usufruí-lo, ao mesmo tempo em que coloca a responsabilidade do Poder Público em sua defesa e preservação.

De acordo com Zulauf (2000), a Agenda 21 é notável por sua ambição ao planejar metas de longo prazo para o futuro, reconhecendo a necessidade de adaptação ao longo do percurso, mas considerando-a um marco significativo na preservação ambiental. Os estudos relacionados ao meio ambiente são diversos e incluem abordagens como zoneamento, ordenamento territorial, avaliação de impacto ambiental, entre outros, cada um empregando metodologias específicas para atender a diferentes objetivos de pesquisa. O aumento das atividades humanas ao longo dos anos resultou em uma série de impactos negativos devido à exploração dos recursos ambientais (Rodrigues *et al.*, 2019).

“Para avaliar este objeto ambientalmente, no sentido lato sensu, significa compreendê-lo e mensurá-lo segundo as relações mantidas entre seus elementos e aspectos físicos, bióticos, econômicos, sociais e culturais, desde que esse objeto seja assim constituído. (Macedo, 1995, p16.)”

Estudos como o de Peruzzo *et al.*, (2019) conduziram análises ambientais utilizando sensoriamento remoto em uma bacia hidrográfica. Os autores justificam essa pesquisa ressaltando o papel crucial dessa bacia não apenas no contexto ambiental, mas também em termos econômicos e sociais, destacando seus reservatórios como fontes de água significativas, como um açude, por exemplo. Além disso, o licenciamento ambiental trata-se de um processo administrativo no qual o poder público concede sua aprovação para atividades que estão sujeitas à regulamentação do Estado, devido ao seu potencial de causar impactos ambientais substanciais (Almeida, Martins, 2023). A relevância da caracterização dos componentes do meio físico em estudos ambientais é justificada pela sua capacidade de subsidiar a identificação e compreensão das potencialidades e restrições (Teixeira, Moura, Silva, 2023). Isso, por sua vez, desempenha um papel crucial no direcionamento do planejamento ambiental e territorial, com foco especial no uso dos recursos naturais e na ocupação do solo.

2.2.1 Análise Hidrológica

A modelagem ambiental refere-se ao processo que engloba a utilização de dados, modelos de natureza matemática, estatística ou computacional para representar e/ou simular fenômenos e processos ambientais. Um exemplo prático dessa abordagem é a identificação de áreas degradadas com potencial para recuperação da vegetação, como o reflorestamento em uma determinada bacia hidrográfica, utilizando a modelagem espacial multicritério, como demonstrado no estudo realizado por Santos *et al.*, (2022).

Sales *et al.*, (2022) explicam que o comportamento hidrológico desempenha um papel fundamental na tomada de decisões relacionadas à gestão de recursos hídricos. Eles mencionam que modelos como o Soil & Water Assessment Tool (SWAT) são ferramentas valiosas para compreender o funcionamento de uma bacia hidrográfica. Uma variedade de modelos está sendo empregada para apoiar um planejamento mais sustentável e menos prejudicial ao meio ambiente, contribuindo assim para uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos. No campo dos estudos de modelagem hidrológica, é possível encontrar uma ampla gama de pesquisas que avaliam a confiabilidade de diversos conjuntos de dados pluviométricos de última geração em diversas regiões, como ilustra o trabalho de Wang (2023).

Além disso, é importante destacar que uma previsão precisa e confiável de eventos como inundações, desempenham um papel de extrema importância e oferecem benefícios significativos, tanto para a bacia hidrográfica em questão quanto para o país em geral, como enfatizado por Zhou (2022). Portanto, os modelos hidrológicos desempenham um papel fundamental na previsão e compreensão dos processos que ocorrem em uma bacia hidrográfica, e como esses processos podem afetar não apenas o meio ambiente, mas também a população.

Outro aspecto relevante é a análise do escoamento, que é fundamental para fornecer uma compreensão científica abalizada do sistema hidrológico. Estudos desse tipo contribuem para o estabelecimento de uma base teórica sólida que é essencial para a gestão dos recursos hídricos, como exemplificado no estudo realizado por Wang, *et al.*, (2022).

Os modelos hidrológicos desempenham um papel fundamental na previsão de secas. A avaliação da seca é uma metodologia prévia de grande importância para analisar as mudanças no regime hidrológico e seus impactos multifacetados, proporcionando insights valiosos para a implementação de medidas de mitigação, conforme destacado por Wang *et al.*, (2023).

A precipitação desempenha um papel essencial na avaliação da tendência de seca em uma determinada região, e a precisão da medição da precipitação por meio de imagens de satélites é avaliada com base na capacidade de reprodução dos fluxos hidrológicos, como observado por Liu *et al.*, (2022). Essa capacidade de monitorar e prever secas é crucial para a

gestão sustentável dos recursos hídricos e a redução de impactos adversos em áreas afetadas pela escassez de água.

É relevante destacar que esse método se tornou um complemento altamente eficaz na avaliação de dados de precipitação, por meio do uso de sensoriamento remoto. Além disso, é preciso considerar que diversas alterações significativas ocorreram nos sistemas hidrológicos devido ao aumento da urbanização, industrialização, desmatamento, práticas de irrigação e mudanças no uso da terra, como observado por Devia, Ganasri, Dwarakish (2015).

Nessa perspectiva, a modelagem hidrológica se torna um elemento fundamental não apenas para a preservação do meio ambiente, mas também para o bem-estar da população como um todo. A precisão dos modelos hidrológicos é de suma importância para garantir tomadas de decisão eficazes no pós-análise. Estudos como o de Melsen (2022) têm se concentrado em aprofundar a compreensão das decisões tomadas pelos modeladores hidrológicos ao selecionar e configurar seus modelos, o que contribui para o aprimoramento da aplicação desses modelos na gestão de recursos hídricos e na mitigação de impactos adversos.

2.2.1.1 Uso e ocupação do Solo

O uso e ocupação do solo é um elemento fundamental na configuração e planejamento das áreas urbanas e rurais em todo o mundo. Segundo Silva *et al.*, (2020), o uso do sensoriamento remoto como uma das geotecnologias para análise ambiental tem diversas vantagens além do custo-benefício, e quando aliado a outras informações a exemplo de meteorológica e/ou morfologia possibilita resultados relevantes. Outrossim, compreender como o solo é utilizado e ocupado é essencial para uma série de razões, como mostra Rodrigues, Rodrigues, Vendramini, (2023), entre elas o manejo sustentável dos recursos naturais, adaptação às mudanças climáticas, preservação da biodiversidade etc.

Para Pinheiro *et al.*, (2020), apesar da caatinga deter grande representatividade conservacionista, existe uma ameaça na biota através das várias ações humanas, onde se pode observar que a retirada da cobertura vegetal é o fator inicial para degradação ambiental. As alterações na paisagem através da degradação ambiental são bastante visíveis na caatinga. Estudos como o de Jardim *et al.*, (2022), evidenciaram a redução da vegetação herbácea nativa, numa escala temporal, utilizando o sensoriamento remoto como uma das ferramentas na avaliação da mudança no uso e ocupação do solo.

As atividades humanas e suas interações com o meio ambiente podem ser analisadas através do uso e ocupação do solo, essa avaliação é de bastante relevância para compreender os

impactos ambientais causados pela ação antrópica e natural ao longo do tempo. Fistarol e Santos, (2020), elucida que áreas com coberturas do solo de forma inadequada apresentam índice erosivo bem elevado, e o monitoramento do uso e ocupação do solo torna-se uma ferramenta fundamental para análise dos processos de mudanças ambientais. Segundo Silva et., al. 2020, existe uma quantidade significativa de estudos envolvendo o uso do sensoriamento remoto, geralmente avaliando e monitorando riscos de desertificação e degradação. Uma análise ambiental do uso e ocupação do solo é um processo contínuo e iterativo, e pode ser realizado em diferentes escalas, desde uma região específica até um município inteiro e/ou uma bacia hidrográfica. É importante frisar, que a avaliação da evolução do uso e ocupação do solo é bastante relevante para o planejamento do uso de recursos hídricos, Preis, Franco, Varela, (2021), dizem que essa justificativa se eleva pelo fato dos cursos d'água e ocupação do solo estarem interligados, e as atividades antrópicas têm afetado a qualidade de água e a degradação do solo.

2.2.3 Políticas Públicas

Pode-se compreender por políticas públicas decisões e ações tomadas por parte do governo para conter questões sociais, econômicas e políticas que afetam toda sociedade. É importante frisar que para solucionar os problemas no que tange a política como uma ação pública, é indispensável a presença de vários elementos da sociedade que sejam parte da escuta dos gestores (Social, 2011 p. 26). A política pública (PP) passa por diversas fases até a sua materialização, como mostra Lotta (2019). Tais fases podem ser avaliadas da seguinte maneira: definição de agenda, formulação, implementação da política, avaliação da política, revisão. Vale ressaltar que tais fases não necessariamente são lineares. Uma decisão pública considerada boa é aquela que se baseia em informações e análises de confiança, que traz consigo os efeitos desejados pelos indivíduos de uma sociedade (Secchi, 2020). Pensar alternativas que perpassam e impactem a forma de agir de uma gestão pública que seja ágil e coerente, visando o controle e redução das disparidades sociais e econômicas, elaborando estratégias de desenvolvimento de longo alcance é parte das políticas públicas (Marin, Farfán, Sierra, 2020).

No Brasil, país de dimensões continentais e diversidade socioeconômica, as políticas públicas têm o desafio primordial de enfrentar problemas complexos e atender às demandas de uma população numerosa dentro das disparidades regionais. Na região Nordeste do país, especificamente no semiárido, a seca é uma problemática de anos, ao longo do século XX, foram realizadas ações de prevenção a seca através da criação de algumas instituições a

exemplo de: DNOCS e SUDENE (Nascimento, Santos, 2022). É importante frisar que o Departamento Nacional de Obras Contra As Secas (DNOCS), foi primordial no início do conhecimento técnico-científico do semiárido no que tange a sua capacidade hídrica (Patricio, Lima, 2000). Além disso, o DNOCS realizou estudos a respeito do meio físico e social, além de planejamento e execução de projetos com ênfase em caráter hídrico, viário, agrícola, dentre outras obras para haver um desenvolvimento social e econômico na região (De Queiroz, Costa, Almeida, 2023).

A Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), foi a primeira criação no que tange ao planejamento regional, além disso, a SUDENE trata-se de uma conjunção entre forças políticas, que tinham como objetivo a superação de desigualdades econômicas e sociais (Pinto, 2022). Pode-se entender que se trata de um órgão de planejamento e execução de Políticas Públicas Sociais (PPS) com enfoque no Nordeste. Segundo Souza, Sousa, Sousa (2022), uma das PPS que norteia a região semiárida se trata da criação de açudes, todavia não foi o suficiente, ressaltando a necessidade de conhecer, conviver e intervir a partir de ações que integrem todo o contexto físico-natural de uma região como o semiárido. Ainda existem problemas relacionados à seca nos Estados que compõem o semiárido, no entanto, novas práticas e políticas estão sendo implementadas visando uma sinergia com o contexto local (Sampaio, 2020).

O Projeto Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) consiste na construção de dois canais NORTE e LESTE de transposição para desviar das águas do velho Chico e levá-las para auxiliar na distribuição de águas de alguns municípios. O projeto prevê a melhoria do acesso à água para uma população de 12 milhões de pessoas que fazem parte do sertão nordestino (Silva, 2022). Segundo Santos, Pedrozo (2023), o PISF para realização de sua implementação, realizou a desterritorialização de diversas famílias, aonde algumas foram territorializadas em vilas rurais às margens do empreendimento. Partindo dessa perspectiva, os autores elucidam a importância de estudos que visem trazer o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)6.

O ODS6, busca garantir o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos, ou seja, isso perpétua para a melhoria da qualidade de vida, principalmente das pessoas em áreas rurais.

Figura 3. Imagem aérea de um trecho do eixo leste da Transposição do São Francisco



Fonte: autora (2022).

O município de Floresta é um dos municípios contemplados pela transposição, o eixo leste passa em um dos assentamentos da zona rural do município, Serra Negra. Em estudo realizado em campo por Ataíde, Gonçalves, (2012), afirmam que as obras da transposição trouxeram uma promessa de modificação da realidade do assentamento no que tange o desemprego e a falta de renda da comunidade, contudo os autores elucidam que houve grandes expectativas e pouca efetivação. Tosold, Bessi (2013), afirma que o assentamento depende de carros pipa para o abastecimento das cisternas, a autora também discorre a respeito do preço alto desses carros e a água como imprópria para o consumo.

Esta dissertação apresenta três artigos científicos com intuito de atender ao objetivo geral e objetivos específicos, levando em consideração as escalas espaciais e temporais de análise. Primeiro, trabalhou-se com o município de Floresta que possui uma área de 3.604,948km², compondo o primeiro artigo e sendo a maior área em estudo. Segundo, trabalhou-se com uma sub-bacia que possui área de 236,02km², compondo o segundo artigo e sendo a segunda maior área em estudo. O terceiro trabalhou-se com o assentamento Serra Negra, com 0,22km² sendo a menor área em estudo. A dissertação trouxe uma discussão em diferentes escalas espaciais, fazendo um downscale espacial. O capítulo a seguir corresponde a maior área analisada neste estudo.

3 CAPÍTULO 1 DINÂMICA DO USO DO SOLO, BALANÇO HÍDRICO E NDVI NO MUNICÍPIO DE FLORESTA-PERNAMBUCO, BRASIL

3.1 INTRODUÇÃO

Na região semiárida do Brasil, assim como em outras partes do mundo, as condições climáticas exercem controle sobre a evolução da paisagem e a distribuição da população. O crescimento populacional pode ser uma das principais causas de impacto no uso e ocupação da terra, uma vez que frequentemente falta um planejamento adequado. Áreas em desenvolvimento ou de interesse econômico geralmente sofrem com desmatamento ou mudanças na utilização da ocupação e uso do solo, resultando em alterações nos recursos hídricos e potencialmente comprometendo a segurança hídrica para as gerações futuras. Fatores antropogênicos e naturais desempenham um papel significativo nas mudanças no uso da terra. Explorações intensivas de áreas agrícolas e de pecuária são comuns na região semiárida do Nordeste do Brasil, onde o histórico de secas e a falta de água são preocupações constantes nas esferas acadêmica, científica, de gestão e de políticas públicas (Maldonado, Carvalho, 2010), (Zanella, 2014) (Fiorese, 2021).

A avaliação do uso da terra e ocupação na região semiárida é de extrema importância devido às características específicas dessa área, onde a escassez de recursos hídricos e as condições climáticas representam desafios significativos para o desenvolvimento sustentável. Mudanças na paisagem podem ser analisadas por meio de estudos, como demonstrado por Noronha, Freitas, Solórzano (2022), onde o mapeamento das alterações de terras permitiu afirmar que a modificação do espaço ocorre de acordo com demandas históricas, sociais, econômicas e políticas públicas. Uma análise do das alterações da utilização do espaço em um determinado território pode auxiliar em um planejamento adequado e contribuir para a proteção dos recursos naturais, reduzindo conflitos no uso da terra.

É importante ressaltar que a modelagem de dados pode ser utilizada no processo de investigação em áreas, em uma escala de tempo que determinará diferentes tipos de ocupação (Santos, Feitosa, 2022). O sensoriamento remoto auxilia no desenvolvimento de estudos que avaliam o uso da terra (Mamede, Araújo, 2021). Informações sobre uso da terra e ocupação podem ser obtidas por meio de diferentes metodologias que utilizam imagens de satélite (Sousa, et al, 2021). A observação realizada em imagens por meio da detecção remota traz a possibilidade de monitorar sistematicamente o crescimento da população, fontes de poluição, desmatamento e uso e ocupação. (Schleich, Filho, Lahm, 2023).

Para monitorar diferentes áreas no mundo, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) tem sido amplamente utilizado e já está bem estabelecido no ambiente acadêmico-científico para esse fim. O NDVI refere-se à qualificação e detecção da saúde das plantas, utilizando a luz refletida nas bandas visíveis e no infravermelho próximo (Kumar, 2022). De acordo com (Sales, et al, 2023) (Araújo et al., 2023), para o bioma caatinga, que apresenta, como uma de suas principais características, uma diversidade em sua composição vegetal, muitas vezes sendo arbustos espinhosos, (Sales, et al, 2023) (Araújo et al., 2023), a teledetecção, especialmente o NDVI, pode ser uma ótima ferramenta de análise para obter variações temporais e espaciais.

A biodiversidade da fauna e flora presentes na caatinga merece destaque, e é importante ressaltar que a dinâmica das plantas desse bioma é principalmente afetada por fatores edafoclimáticos (Caetano *et al.*, 2022). É importante destacar que o NDVI se torna atraente devido à sua capacidade de delimitar rapidamente a vegetação e o estresse vegetativo, o que é essencial em estudos de uso da terra (Huang, *et al.*, 2020) e em áreas semiáridas. O estresse vegetativo está relacionado à disponibilidade de água na área. Portanto, o NDVI representa espacial e temporalmente as condições de água do local. Muitos elementos do ciclo hidrológico podem estar intimamente relacionados ao NDVI. Além disso, este índice representa e destaca muito bem o uso e ocupação do solo (Galvncio *et al.*, 2022) desenvolveram um sistema que permite obter o NDVI de forma rápida e fácil. Neste sistema, também é possível classificar as imagens de NDVI para verificar as áreas com alto vigor vegetativo. Nas regiões semiáridas, no período seco, as plantas que se destacam com alto vigor vegetativo geralmente são as florestas ribeirinhas e áreas irrigadas. Assim, é possível mapear esses dois tipos de uso da terra de forma rápida e fácil, empregando o NDVI e imagens de satélite do período seco.

Peixoto, Araújo, Neto (2023) explicam que as mudanças em uma determinada área estão diretamente relacionadas às condições ambientais e formas, tanto no passado quanto no presente, e, de acordo com os autores, estudos ambientais são extremamente importantes para entender a dinâmica de um local. De acordo com Santiago (2023), a pressão sobre os recursos naturais é mais evidente em regiões de seca, como o sertão nordestino, cujas características morfoclimáticas são frágeis e uma alta susceptibilidade a ações humanas é observada.

Conforme Daneshi *et al.*, (2021), a segurança hídrica é um objetivo político-chave para o desenvolvimento sustentável, que está sob pressão devido às mudanças no uso da terra e às mudanças climáticas, especialmente em áreas semiáridas. A alteração do uso da terra altera o escoamento superficial e afeta os processos hidrológicos e o consumo de água em toda a bacia, enquanto as mudanças climáticas modificam os padrões de precipitação e temperatura e,

consequentemente, a evapotranspiração e o suprimento de água. É importante enfatizar que a água é um recurso precioso em todo o planeta. O Brasil possui várias regiões que enfrentam sérios problemas de escassez de recursos naturais. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar as mudanças no uso da terra e ocupação e sua relação com a disponibilidade de água no município de Floresta, região semiárida no Nordeste do Brasil.

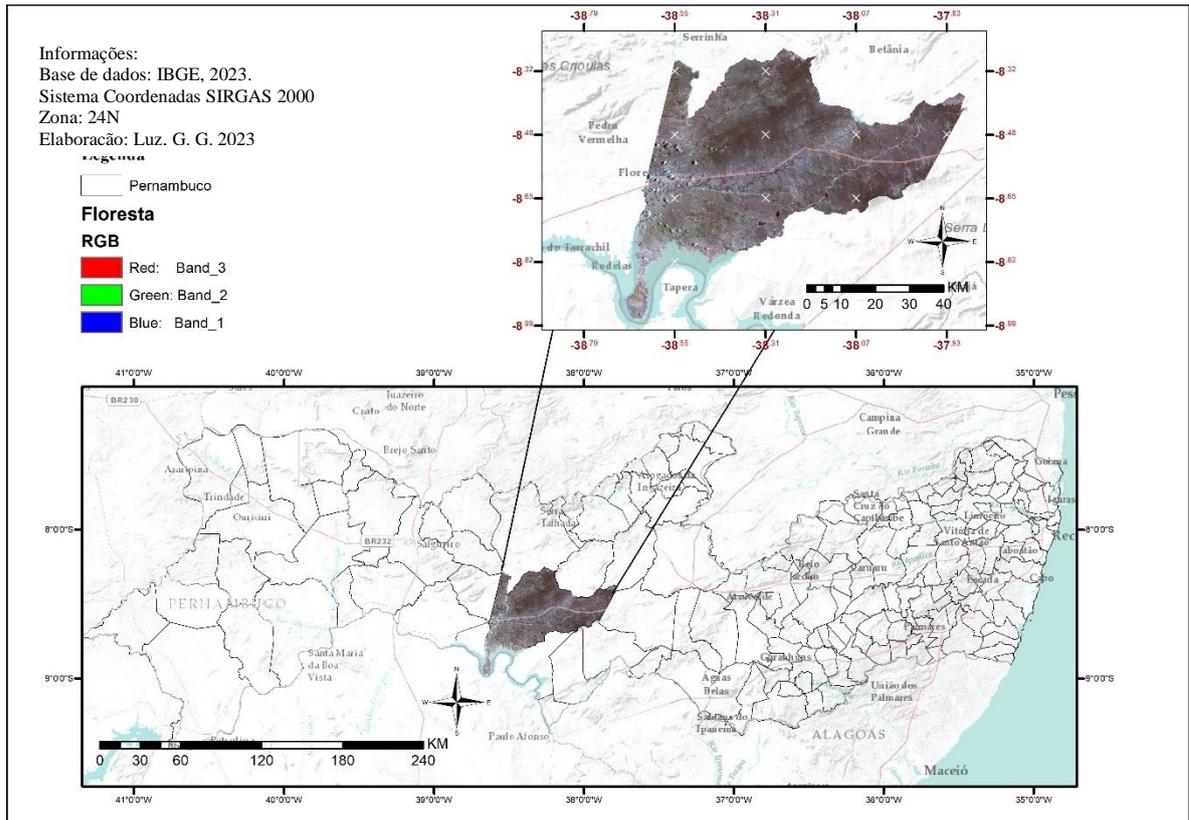
3.1.1 Material e métodos

Caracterização da área de estudo

Esta pesquisa foi realizada no município de Floresta, localizado na região do sertão pernambucano, como indicado na Figura 4. O município abrange uma área territorial de 3.604,948 km² e possui uma população estimada em 30.144 habitantes, resultando em uma densidade demográfica de 8,36 habitantes por km², de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Contendo as seguintes coordenadas geográficas 8036' de latitude sul e 38034' de longitude oeste de Greenwich (Filho, *et al.*, 2001). Na região analisada, predominam cenários caracterizados por superfícies planas e relevos suaves, intercalados de maneira dispersa por áreas íngremes de serras e/ou serrotes. Destaca-se como elevação principal a Serra Negra, cujo topo apresenta um clima mais ameno e úmido, permitindo o desenvolvimento de uma vegetação de floresta subcaducifólia. (Filho *et al.*, 2001). O município apresenta clima muito quente, semiárido, tendo estação chuvosa entre janeiro e maio. A temperatura média anual é de 26,1° C, sendo a vegetação predominantemente de Caatinga Hiperxerófila (IBGE, 2023).

De acordo com informações da Prefeitura do Município, a caprino-ovinocultura desempenha um papel significativo no desenvolvimento econômico local, seguido pela pecuária, agricultura de subsistência e agricultura irrigada, que se concentram às margens dos rios Pajeú e Riacho do Navio, bem como nas áreas próximas ao Lago de Itaparica. Além disso, a construção do eixo Leste da Transposição do Rio São Francisco trouxe consigo vastas oportunidades de crescimento econômico, por meio da irrigação, tanto em escala empresarial quanto agroindustrial. Para obter mais informações detalhadas sobre a economia do município, recomenda-se consultar o seguinte link: <https://floresta.pe.gov.br/economia/>.

Figura 4. Localização do município de Floresta-PE



Fonte: Autora, 2023.

Obtenção de dados:

Inicialmente, foram utilizados dados de uso e ocupação do solo, fornecidos pela categoria 07 do MapBiomias, acessíveis por meio do link [<https://brasil.mapbiomas.org/download>]. O mapeamento produzido por essa plataforma é dinâmico e atualizado sempre que ocorrem melhorias no algoritmo. O MapBiomias é uma rede colaborativa brasileira composta por Organizações Não Governamentais (ONGs), universidades e empresas de base tecnológica (startups), que oferece informações sobre o uso do solo no território brasileiro, visando promover a conservação dos recursos naturais e contribuir para o combate às mudanças climáticas, por tanto as imagens são categorizadas em uma escala anual.

Em 08 de agosto de 2023, os dados foram obtidos, escolhidos os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2015 e 2021 (ano mais recente disponível na base de dados do MapBiomias).

As classes que tiveram mais significância depois da quantificação foram: formação florestal, formação savânica, formação campestre, pastagem, mosaico de usos, áreas urbanas, outras áreas não vegetadas, mineração, rio, lago, oceano, outras culturas temporárias e outras culturas perenes.

Após classificação, foi realizado o cálculo de cada raster através da ferramenta “r.report” disponível no Qgis GRASS, os únicos parâmetros alterados foram: Unidades “selecionando K (quilômetros quadrado)” e selecionando a opção não reportar nenhuma cédula de dados, utilizado para retirada dos valores sem dados e executar. Após a execução, foi feita a tabulação dos valores no Excel, para calcular a diferença foi realizado a seguinte fórmula: Valor do ano final (2021) subtraído pelo valor do ano inicial.

A análise baseada em dados obtidos por meio de imagens dos satélites Landsat 5 e 8, disponíveis para acesso no site [<https://earthexplorer.usgs.gov/>]. O critério utilizado para a seleção das imagens foi uma cobertura de nuvens de até 30%. Foram escolhidas datas específicas com base na disponibilidade de imagens que atendiam a esse critério: 22/08/1988, 24/09/2000, 02/01/2014, 26/05/2014, 22/04/2019, 02/12/2021, 07/11/2021, 12/02/2023 e 14/07/2023. Essas datas foram selecionadas devido à menor presença de nuvens nas imagens, garantindo uma maior clareza e precisão na análise das áreas de interesse.

Imagens dos satélites Landsat 5 e 8 foram utilizadas para calcular o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. É importante destacar que em ambos os critérios de seleção para esses processos, o estudo teve como objetivo analisar as possíveis mudanças relacionadas à implementação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste (PISF) no município de Floresta.

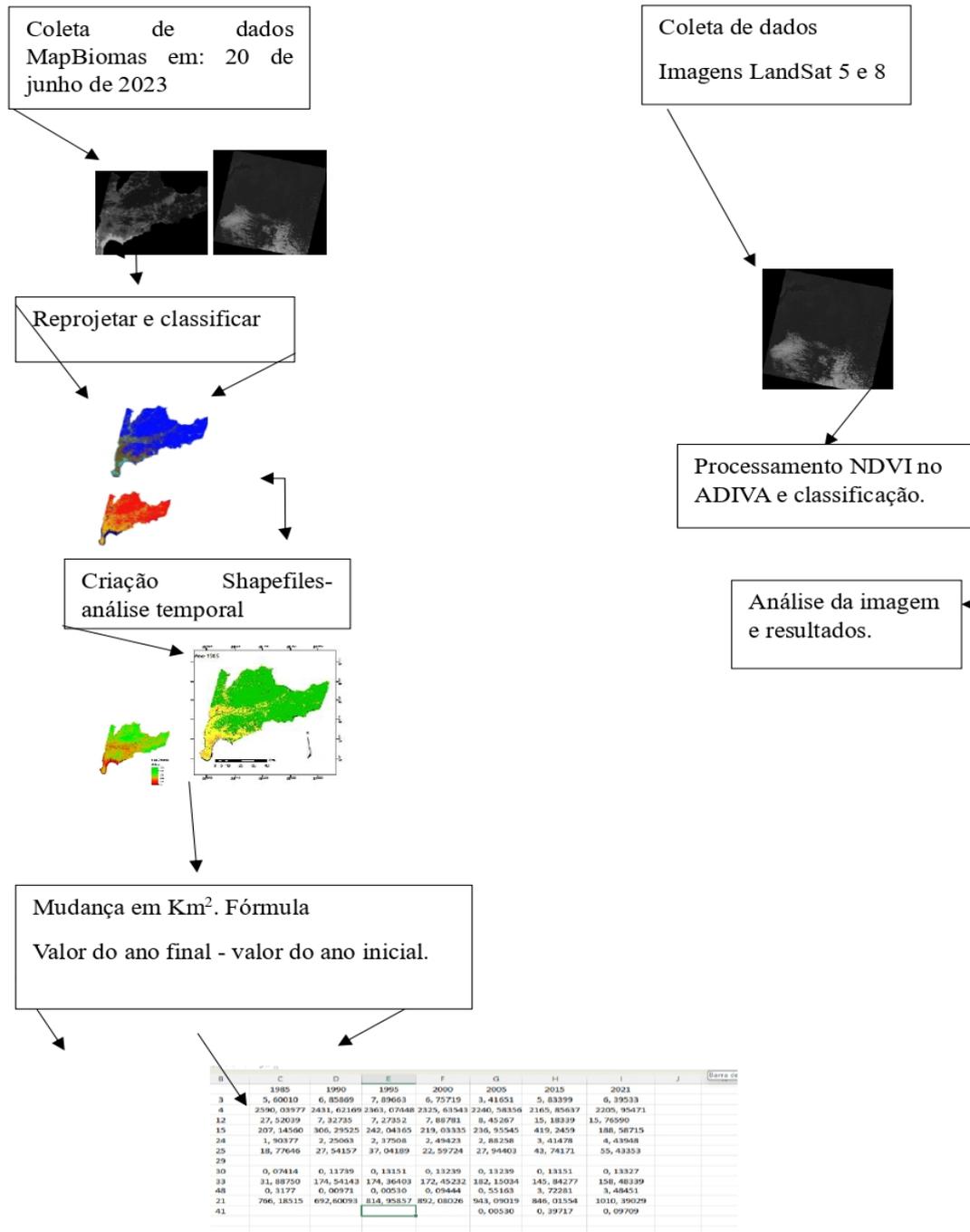
Quanto ao desempenho do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, as imagens foram processadas utilizando o software Análise do Índice de Vegetação e Água (ADIVA). O ADIVA permite estimar rapidamente e com precisão índices de vegetação e água, avaliar as condições físicas e hídricas da vegetação, bem como avaliar o vigor da vegetação. Após o processamento, as imagens foram classificadas em uma escala de 0 a 5 (0-0,1; 0,11-0,2; 0,21-0,3; 0,31-0,4; 0,41-0,5) e ortomosaicos de imagens de drones foram usados para validar os resultados.

O balanço hídrico anual e mensal da área de estudo foi obtido utilizando o Sistema de Unidades de Resposta Hidrológica de Pernambuco, disponível em <https://super.hawqs.tamu.edu/>. Este sistema utiliza o modelo SWAT (Soil & Water Assessment Tools) para avaliar o balanço hídrico, possibilitando a avaliação da qualidade e quantidade de água em uma bacia hidrográfica.

Nas variáveis de balanço hídrico, como Precipitação, SW-água do solo, W_STRS (número de dias sob estresse hídrico), TEM_STRS (número de dias sob estresse térmico), biomassa e IAF (Índice de Área Foliar) foram aplicadas estatísticas de similaridades com distância quadrada euclidiana e o método de agrupamento de Ward. O intuito foi avaliar as

semelhanças entre as variáveis de balanço hídrico e a cobertura vegetal, e, conseqüentemente, o uso e ocupação do solo.

Figura 5. Fluxograma da metodologia utilizada neste estudo.



Fonte: autora, 2023.

3.2 Resultado e Discussão

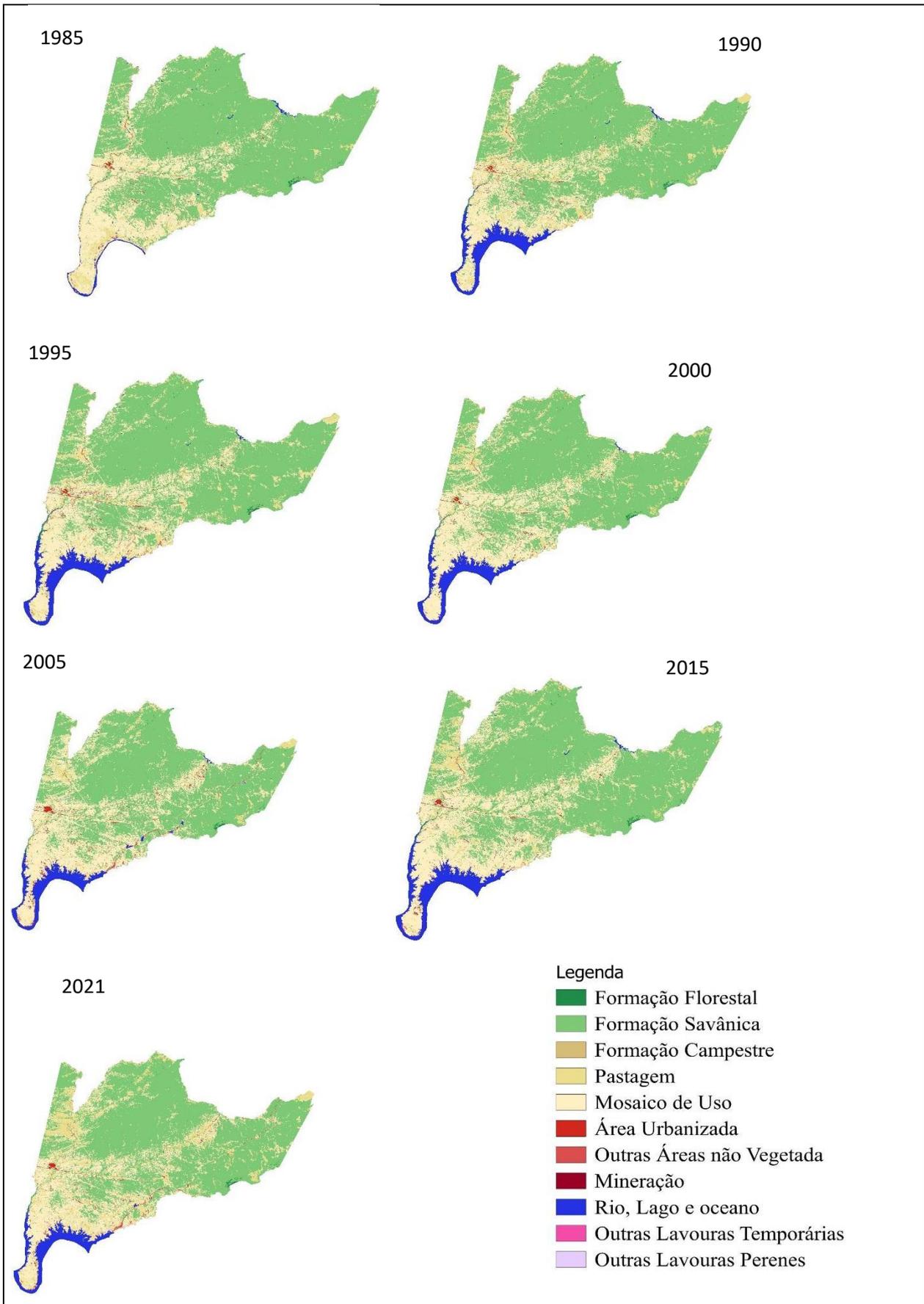
Neste estudo, destaca-se que a maior degradação ambiental ocorreu na região com formação savânica, conforme demonstrado na Tabela 1. Além disso, houve um aumento significativo na diversidade de padrões de uso da terra. Essa diversificação no uso da terra destaca a complexidade crescente na gestão e no planejamento ambiental da região. Apesar das perdas significativas, é importante notar que a formação savânica desempenha um papel importante na paisagem municipal (Figura 6), embora esteja sendo gradualmente substituída por diversos padrões de mosaicos de uso da terra que corresponde a áreas de uso agropecuário onde não é possível distinguir entre pastagem e agricultura. A perda significativa da formação savânica não é um caso isolado no município em estudo, pois encontra-se também acontecendo em várias cidades que compõem o bioma caatinga, e podem estar ligados a fatores climáticos e/ou socioeconômicos como mostrado por Farias, Silva, Barros (2022).

Conforme destacado por Alves, Martis, Morais (2023), o bioma caatinga, de modo geral, caracteriza-se por uma vegetação com elevada frequência de elementos xerófitos. Essa característica exemplifica a fitofisionomia da savana estépica e contribui para explicar o aumento observado na formação florestal (tabela 1).

Tabela 1. Variação do uso e cobertura do solo e mudanças de uso (km²), no período 1985-2021.

Classes	1985	1990	1995	2000	2005	2015	2021	Alteração km ²
Formação Florestal	5.600	6.859	7.897	6.757	3.417	5.834	6.395	0.795
Formação Savânica	2590.040	2431.625	2663.074	2325.635	2240.584	2465.856	2205.955	-384.08
Formação Campestre	27.520	7.327	7.274	7.888	8,453	15,183	15,766	-11,754
Pastagem	207,146	306,295	242,044	219,033	236,956	419,246	188,587	-18,558
Mosaico de usos	766,185	692,601	814,959	892,080	943,901	846,016	1010,390	244,205
Área Urbana	1,904	2,251	2,375	2,494	2,883	3,415	4,439	2,536
Outras áreas não vegetadas	8,776	27,542	37,042	22,597	27,944	43,742	55,434	46,657
Mineração	0,074	0,117	0,132	0,132	0,132	0,132	10,133	10,059
Rio, Lago, Oceano	31.888	174.541	174.364	172.452	182.150	145.843	158.483	126.596
Outras culturas temporarias					0.005	0.397	0.097	0.097
Outras Culturas Perenes	0.318	0.010	0.005	0.094	0.552	3.723	3.485	3.166

Figura 6. Uso e ocupação do solo



O município de Floresta, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, experimentou um aumento populacional de 2,93% em 2022 em relação ao censo de 2010. Além disso, segundo o Instituto de Águas e Saneamento, com dados de 2020, cerca de 68,2% da população vive em áreas urbanas, enquanto apenas 31,08% da população do município reside em áreas rurais. Esse crescimento populacional é um dos fatores que contribuem para o aumento das áreas urbanas nos municípios do semiárido e pode ser observado esse aumento no município através da figura 6.

Após a avaliação do uso e ocupação do solo na base de dados do MapBiomas, analisou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no período de 1988 a 2023 (Figura 7 A). É notável a variação do vigor vegetativo na área em estudo. Sabe-se que a distribuição espacial e temporal do vigor vegetativo em uma região semiárida está diretamente relacionada à disponibilidade de água, que é influenciada pela precipitação. É possível observar um maior vigor vegetativo entre os seguintes anos: 2014, 2021 e 2023, bem como um maior estresse hídrico da vegetação em 1988 e 2019. É importante mencionar que alguns desses anos foram marcados pelo fenômeno climático El Niño (Galvncio e Souza, 2002) (Barbosa Junior e Galvncio, 2009). O El Niño é conhecido por causa da alteração climática, no semiárido isso pode significar períodos de secas mais prolongadas e intensas, afetando diretamente a disponibilidade hídrica, agricultura. O aumento da intensidade ocorreu nos anos de 2014 e 2016 (tabela 2), medidas de conservação de água, diversificação das fontes de abastecimento e investimentos em infraestrutura hídrica podem se tornar ainda mais urgentes nessas condições.

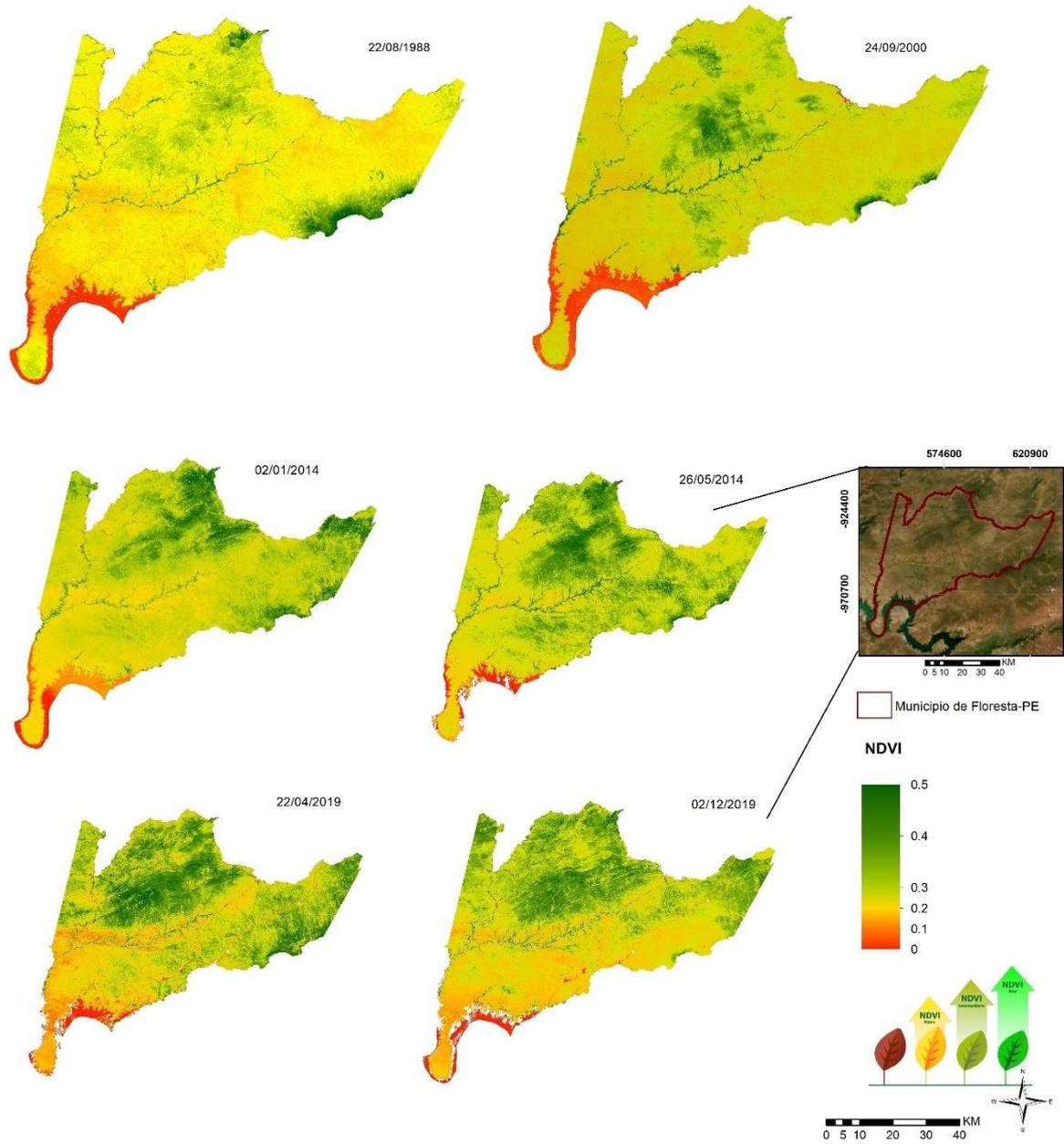
Tabela 2. Anos de El Niño e Intensidade no Brasil

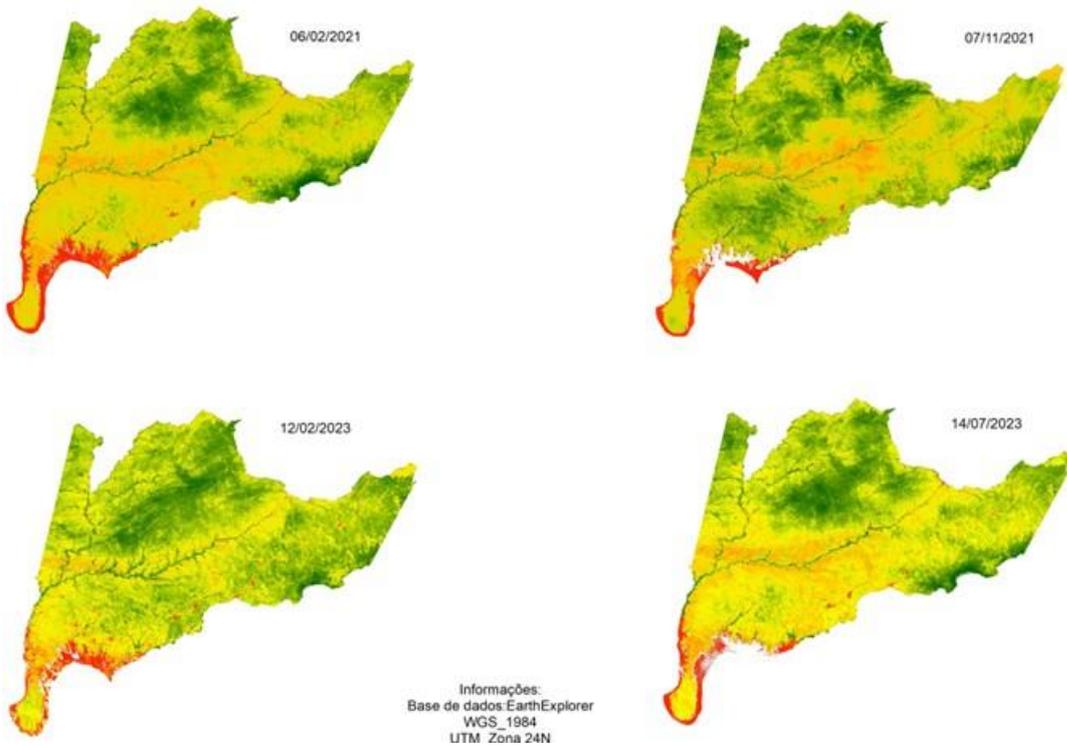
Ano	Intensidade
2014	Alta intensidade
2016	Alta intensidade
2018	Baixa intensidade
2019	Baixa intensidade

Fonte: autora adaptado de Galvncio e Souza (2002).

Para ilustrar a relação com a disponibilidade de água, foi utilizado os balanços hídricos de alguns anos para comparação com o vigor vegetativo e as mudanças no uso e ocupação do solo. Além disso, sobrevoos com drones foram realizados em uma pequena área para validar o NDVI (ver figura 7) e mapear o uso e a cobertura da terra (ver figura 7).

Figura 7. Variação espacial e temporal do NDVI, imagem UVA na sobreposição e validação do NDVI.

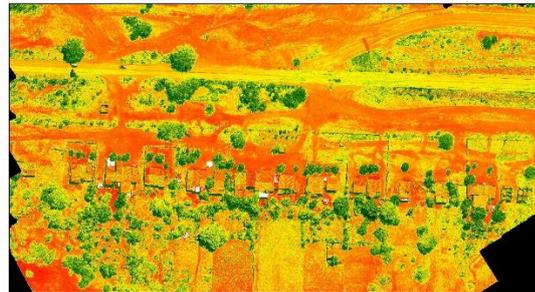




30/05/2023



30/05/2023



Fonte: autora, 2023.

A disponibilidade hídrica anual (Tabela 3) durante os anos em estudo revela algumas características distintas. O ano de 1998 se destaca pela extrema escassez hídrica, com uma precipitação total anual de apenas 182,8 mm e uma alta evapotranspiração potencial de 2133,4 mm (ver tabela 3). Mesmo com a ocorrência do fenômeno El Niño em 2019, o impacto no balanço hídrico não foi tão significativo. No entanto, em 2014, ano em que foi observado um maior vigor vegetativo (Figura 7), o balanço hídrico não apresentou a maior precipitação, mas o escoamento lateral mostrou-se significativo (ver tabela 3). Portanto, ao planejar o uso de uma

bacia hidrográfica no semiárido, é essencial considerar as variáveis de vazão abaixo da superfície para uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos.

Ao analisar a umidade do solo, observa-se que nas décadas de 1990 a 2000 houve uma escassez de água significativa no solo (Figura 8). Isso teve um impacto direto na cobertura vegetal (Figura 7) e nas mudanças no uso e ocupação do solo (Figura 6), resultando em uma perda acentuada da formação savânica. É relevante destacar que o fluxo de retorno de água diminuiu em 2019. Esse fluxo de retorno é influenciado pelas plantas através de suas raízes e percolação. A redução na cobertura vegetal pode estar afetando negativamente esse fluxo. Essa variável é importante em regiões semiáridas, onde a agricultura familiar depende desse recurso hídrico. Portanto, é crucial a implementação de políticas públicas que visem à restauração desse recurso natural, garantindo segurança hídrica para a agricultura familiar. Nesse contexto, este estudo, juntamente com o trabalho de Vigerstol e Aukema (2011), que utilizou a ferramenta SWAT, ressalta a importância de obter informações detalhadas sobre o ciclo hidrológico para embasar a tomada de decisões.

Tabela 3. Balanço hídrico anual na área em estudo em milímetros.

<i>DADOS</i>	<i>1987</i>	<i>1988</i>	<i>1998</i>	<i>2005</i>	<i>2014</i>	<i>2019</i>
<i>Evaporação e transpiração</i>	557,1	522,2	206,7	467,3	520,2	532,9
<i>Precipitação</i>	794,4	807,0	182,8	822,2	807,0	794,4
<i>Evapotranspiração potencial</i>	2.098,4	1.788,5	2.133,4	1.579,8	1.737,8	1.827,1
<i>Fluxo lateral</i>	24,0	25,0	5,5	26,7	25,1	24,6
<i>Fluxo de retorno</i>	79,6	101,1	0,3	158,6	109,0	93,7
<i>Escoamento superficial</i>	105,4	108,9	8,8	120,7	111,6	108,6

Fonte: Autora, 2023 Base dados SUPER

Figura 8. Água no solo



Ao analisar quais variáveis do balanço hídrico que estão mais relacionadas com a cobertura vegetal e o uso da terra, identificou-se que a biomassa e o Índice de Área Foliar (IAF) apresentam maior semelhança com os dias de estresse hídrico (Figura 9). O estresse hídrico ocorre quando a demanda por água ultrapassa a disponibilidade desse recurso em uma região ou sistema específico. Essa escassez de água tem o potencial de impactar adversamente o crescimento e desenvolvimento de organismos, ecossistemas ou atividades humanas que dependem desse recurso. Um dos mecanismos mais simples para o planejamento agrícola e o uso correto do solo relacionado ao clima é a utilização do balanço hídrico (Oliveira, Assunção, 2013). Isso indica que as variáveis relacionadas à cobertura vegetal têm uma correlação mais forte com o número de dias sob estresse hídrico, fator observado em estudos como o de Santana, Batista (2022). Essa informação sugere que as mudanças climáticas na área podem impactar substancialmente a cobertura vegetal devido ao aumento no número de dias de carência de água.

Isso ressalta que não apenas a quantidade total de água disponível, mas também a distribuição temporal da água, desempenha um papel significativo na dinâmica da cobertura vegetal na região. Ao observar a figura que representa os dias de desfalque hídricos (figura 10), são mais intensos e prolongados na área em estudo.

Figura 9. Dendrograma. SW - Água no Solo, Precip - Precipitação, W_STRS - Número de dias sob estresse hídrico, TEM_STRS - Número de dias sob estresse de temperatura, biomassa e LAI - Índice de Área Foliar.

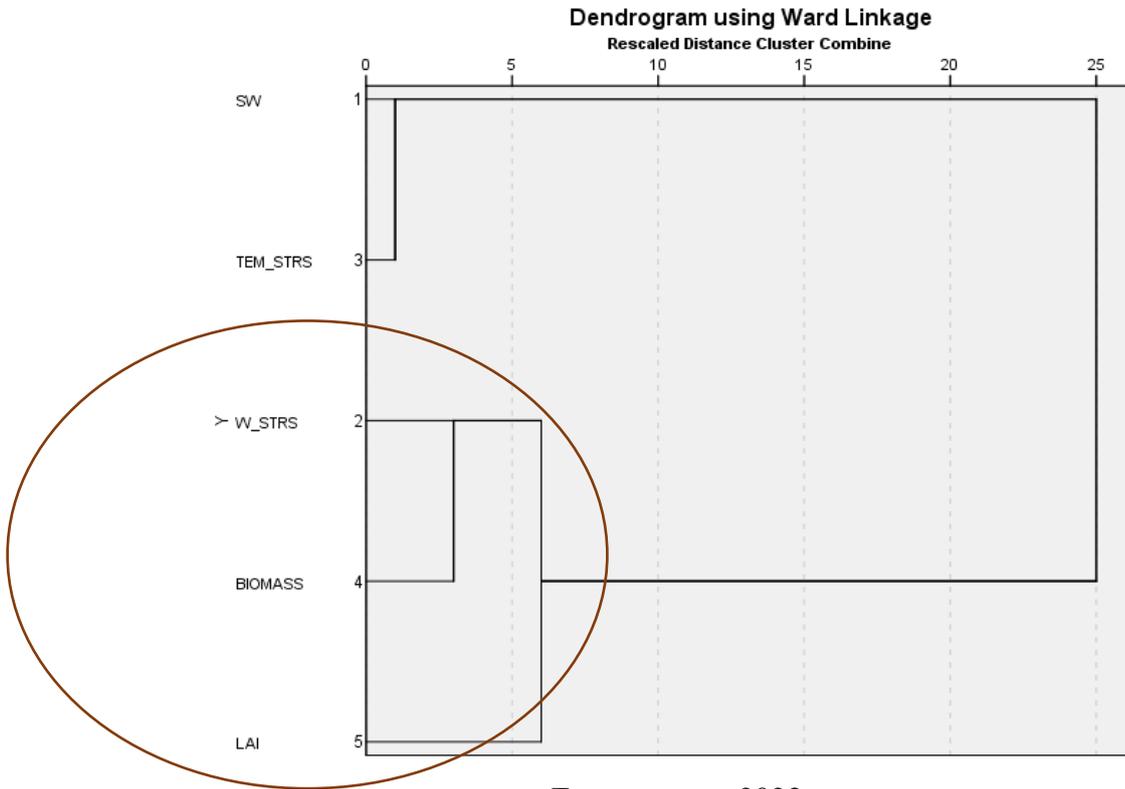
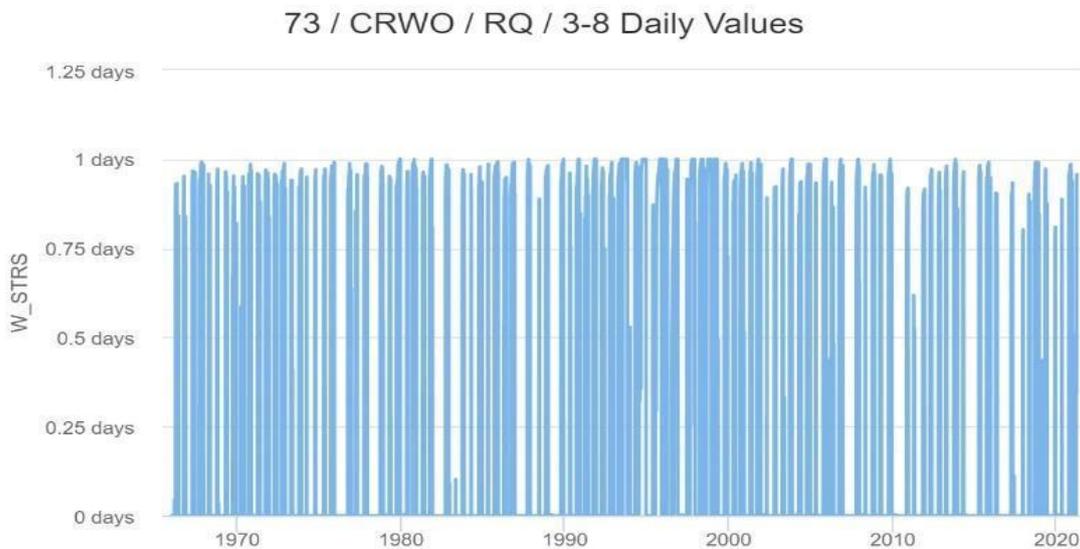


Figura 10. Número de dias sob estresse hídrico



Fonte: autora, 2023

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) desempenha um papel fundamental nas políticas públicas de segurança hídrica na área em análise. Conhecido também como o canal leste da Transposição do São Francisco (Figura 11), o PISF estende-se

de Floresta, em Pernambuco, até Monteiro, na Paraíba. Como resultado desse projeto, o município de Floresta obteve um acréscimo de 126.596 km² de água, aumentando a disponibilidade hídrica na região. No entanto, para que essa disponibilidade hídrica seja eficaz, é necessário que a distribuição da água, tanto em termos espaciais quanto temporais, seja eficiente, a fim de lidar com o aumento do número de dias de estresse hídrico.

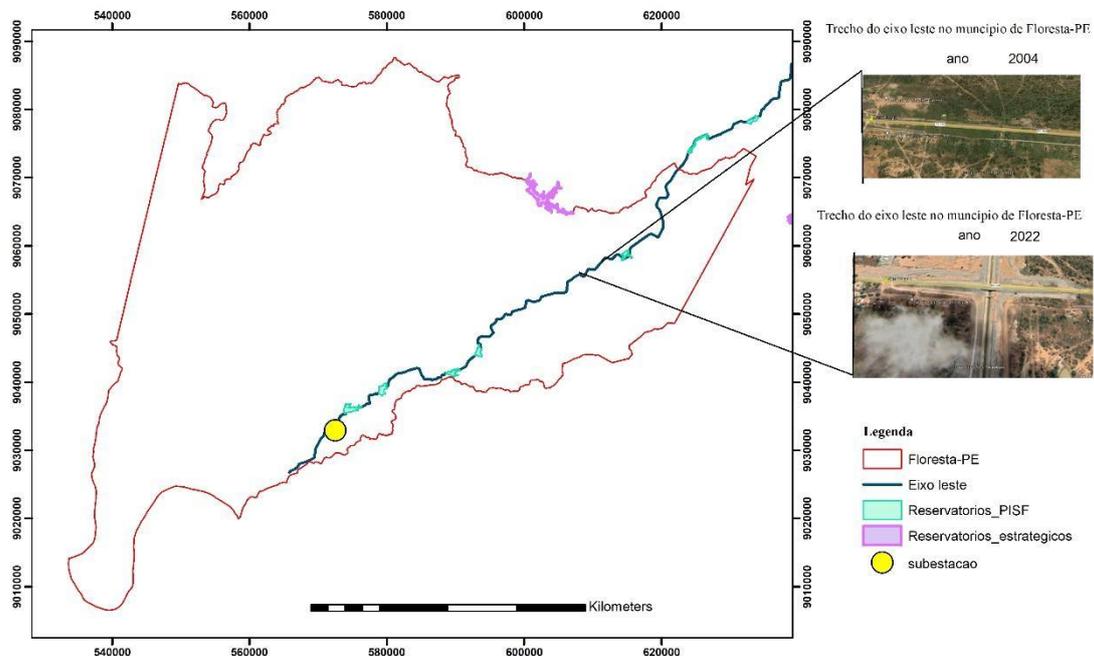
O reservatório Barra do Juá, localizado no município em análise, é o principal beneficiário das águas provenientes do PISF e tem como finalidade o abastecimento de água para a irrigação na região. Em 2021, o Ministério do Desenvolvimento Regional autorizou a transferência de água do reservatório de Muquém para a represa de Juá, ambas situadas no município de Floresta, em Pernambuco. Essa ação teve como objetivo fornecer água para cerca de 800 propriedades no sistema Reservatório Barra do Juá-Riacho do Navio.

A liberação da água foi realizada de forma gradual, atingindo um fluxo de 3m³/s por aproximadamente 90 dias, com o intuito de minimizar perdas durante o transporte e possibilitar que o Riacho do Navio, que sofria com a seca por vários anos, voltasse a ter um fluxo de água. Essa iniciativa faz parte do Projeto de Integração do Rio São Francisco, que já está com mais de 97% de avanço operacional nos eixos norte e leste.

No Eixo Leste, mais de 57 municípios se beneficiam do abastecimento de água do Rio São Francisco desde 2017, dos quais 21 estão localizados em Pernambuco e 36 na Paraíba. Mesmo em sua fase de pré-operação, essa iniciativa conseguiu evitar que a cidade de Campina Grande, na Paraíba, enfrentasse uma crise de escassez de água devido à pior seca registrada nos últimos 100 anos.

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) tem como objetivo atender às necessidades de abastecimento de água da população do semiárido, proporcionando água para consumo humano e uso na agricultura. O período de seca ocorrido entre 2012 e 2017 acelerou a conclusão do Eixo Leste do PISF, garantindo o fornecimento de água para as cidades que fazem parte desse eixo. A Figura 6 demonstra um aumento no volume dos corpos d'água no município, após o PISF. Assim, é possível perceber a influência do PISF no uso e ocupação do solo na área.

Figura 11. Eixo da transposição em Floresta, os reservatórios e áreas afetadas com o projeto.



Fonte: autora, 2023

3.3 Conclusão

Em conclusão, torna-se evidente que a promoção da segurança hídrica em regiões semiáridas requer uma abordagem cuidadosa nas políticas públicas de gestão da água. A consideração do número de dias com estresse hídrico se revela crucial nesse cenário. A capacidade dessas políticas de atender às demandas temporais e espaciais específicas emerge como um elemento determinante para enfrentar os desafios associados à escassez de recursos hídricos nessas áreas. Portanto, a formulação de estratégias adaptativas e resilientes, que respondam de maneira efetiva às particularidades desses contextos, se apresenta como um passo fundamental para assegurar uma gestão hídrica sustentável e eficaz.

A degradação da formação de savanas no semiárido revela-se como um fenômeno intrincado e diversificado, sendo o resultado da interação complexa entre elementos naturais e intervenções humanas. Adicionalmente, é crucial reconhecer que práticas sustentáveis relacionadas ao manejo do solo, conservação dos recursos hídricos e proteção da biodiversidade exercem um papel essencial na salvaguarda da vegetação nesse contexto. A implementação e promoção de abordagens que conciliem o equilíbrio ambiental com as necessidades humanas

emergem como estratégias indispensáveis para conter a contínua perda das savanas no semiárido, assegurando, assim, a sustentabilidade desse ecossistema.

Adicionalmente, é crucial que os agricultores tenham acesso constante a informações e diretrizes atualizadas, a fim de otimizar os resultados em suas lavouras. A condução de estudos sistemáticos e o monitoramento contínuo são imperativos para validar os impactos da transferência de água, assegurando, assim, a sustentabilidade e o uso eficiente dos recursos hídricos no contexto do semiárido. Essa abordagem baseada em dados e conhecimentos atualizados não apenas capacita os agricultores, mas também contribui para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais resilientes e adaptáveis às condições específicas dessa região.

Além disso, a chegada das águas da transposição no município carrega consigo a perspectiva de impulsionar um maior desenvolvimento econômico por meio da agricultura. Esse cenário ressalta a importância de monitorar de perto como essas águas serão utilizadas, com o intuito de promover uma conscientização sobre seu uso e consumo adequados. Essa vigilância é essencial para garantir não apenas a eficiência na utilização dos recursos hídricos, mas também para orientar práticas que contribuam para um desenvolvimento econômico sustentável e equitativo, alinhado aos princípios de preservação ambiental e responsabilidade social. Maiores detalhes sobre a importância dessa conscientização poderão ser vistos no próximo capítulo.

4 CAPÍTULO 2 AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E DA INFLUÊNCIA AMBIENTAL NA VIDA DAS PESSOAS EM UMA PEQUENA BACIA DO SERTÃO DE PERNAMBUCO, UTILIZANDO O SUPER E O VANT

4.1 INTRODUÇÃO

As mudanças decorrentes das alterações ambientais globais têm gerado um interesse significativo tanto nos órgãos governamentais como na comunidade científica, à medida que se torna cada vez mais evidente que este fenômeno representa uma ameaça para numerosas populações em todo o mundo (Karanja *et al.*, 2011). A utilização da água depende da sua disponibilidade e, nas regiões semiáridas, esse fator demonstra variabilidade temporal e espacial, principalmente em pequenas bacias hidrográficas (Campos, Soares, 2013). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) (2017), o PISF (Projeto de Integração do Rio São Francisco) visa aumentar a segurança do abastecimento de água nos reservatórios do semiárido. Consequentemente, o monitoramento da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas semiáridas é de extrema importância para garantir a segurança hídrica da população (Brito *et al.*, 2020).

A segurança hídrica está intrinsecamente ligada a ações crônicas e eventos extremos (Brito, Brito, Rufino, 2022). Nas zonas semiáridas, a segurança hídrica é perpetuamente um assunto controverso e vital. Uma compreensão abrangente das características hidrológicas da região é imperativa para decisões informadas sobre políticas públicas. Em certas ocasiões, a aquisição de dados detalhados no local pode ser financeiramente proibitiva. Portanto, a modelagem hidrológica torna-se uma ferramenta valiosa e essencial para avaliar com precisão as condições da água em uma determinada região. Assim, ela desempenha um papel fundamental nos processos de gestão e tomada de decisão relacionados à segurança hídrica em áreas semiáridas, auxiliando na otimização da utilização dos recursos hídricos disponíveis.

O modelo hidrológico Soil & Water Assessment Tools – SWAT é amplamente utilizado no Brasil e, devido à necessidade de ajustes nos resultados obtidos por meio da modelagem e dos dados observados, é necessária a realização de uma calibração. Diferentes estudos foram desenvolvidos para calibrar o modelo SWAT no Brasil, como mencionado (Tretin, Laurent, Robaina, 2023), (Rodrigues *et al.*, 2021), (Martins *et al.*, 2020), (Castro, Machado, 2019), (Nascimento, Silva, 2018), (Viana *et al.*, 2018), (Souza *et al.*, 2022). A intenção é fornecer um sistema que facilite o monitoramento e planejamento de bacias hidrográficas. Esse sistema, foi desenvolvido para o Estado de Pernambuco e é denominado SUPer - Sistema de Unidades de Resposta Hidrológica de Pernambuco.

As bacias hidrográficas podem ser consideradas sistemas naturais que desempenham um papel fundamental no ciclo hidrológico. É essencial destacar que o fluxo de água pode constituir o componente mais crítico do ciclo hidrológico e pode ser influenciado pelas mudanças climáticas e pelas atividades humanas (Mikaeilli, Shourian, 2022). Mudanças climáticas e atividades humanas são determinantes tanto da quantidade quanto da qualidade da água, e a análise desses dois fatores é de extrema importância na formulação de políticas públicas (Cão *et al.*, 2022).

No Brasil, os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) foram criados para implementar as disposições da Lei de Águas (Majeski, Trindade, 2023). Esses comitês são compostos por pessoas com interesses diversos que defendem, analisam e deliberam sobre os programas incluídos nos Planos de Bacia, representando uma iniciativa significativa para toda a comunidade civil. Uma bacia hidrográfica é responsável por receber a água da chuva que cai na superfície, que pode ser captada e armazenada em reservatórios, lagos, solo e aquíferos subterrâneos, conforme demonstrado por (Branchi, 2022).

Estudos que investigam o comportamento da precipitação e da vazão em uma bacia hidrográfica têm chamado a atenção de pesquisadores em todo o mundo (Rosin, Amorim, Morais, 2015). A quantidade e distribuição temporal da precipitação são de extrema importância na determinação do regime de vazão dos rios, o que impacta diretamente na disponibilidade hídrica. Estudos como o de Ferreira e Valverde (2022) elucidam a importância da precipitação em conjunto com eventos extremos que impactam diretamente a vida das pessoas que residem em uma determinada bacia hidrográfica. Outro processo altamente pertinente dentro do ciclo hidrológico é a evapotranspiração, que se tornou a segunda variável mais crítica dentro do ciclo hidrológico (Rocha *et al.*, 2021). Quando a demanda atmosférica por evapotranspiração (ET) supera a oferta de precipitação, leva a indicadores de déficit hídrico, potencialmente agravando a vulnerabilidade social através da redução da disponibilidade de água e do acesso limitado (Eakin, Lemos, Nelson 2014).

Compreender a quantificação da Evapotranspiração (ET) é fundamental para entender as interações entre a energia atmosférica e a superfície terrestre, bem como para analisar os balanços hídricos regionais nas bacias hidrográficas (Andrade *et al.*, 2020).

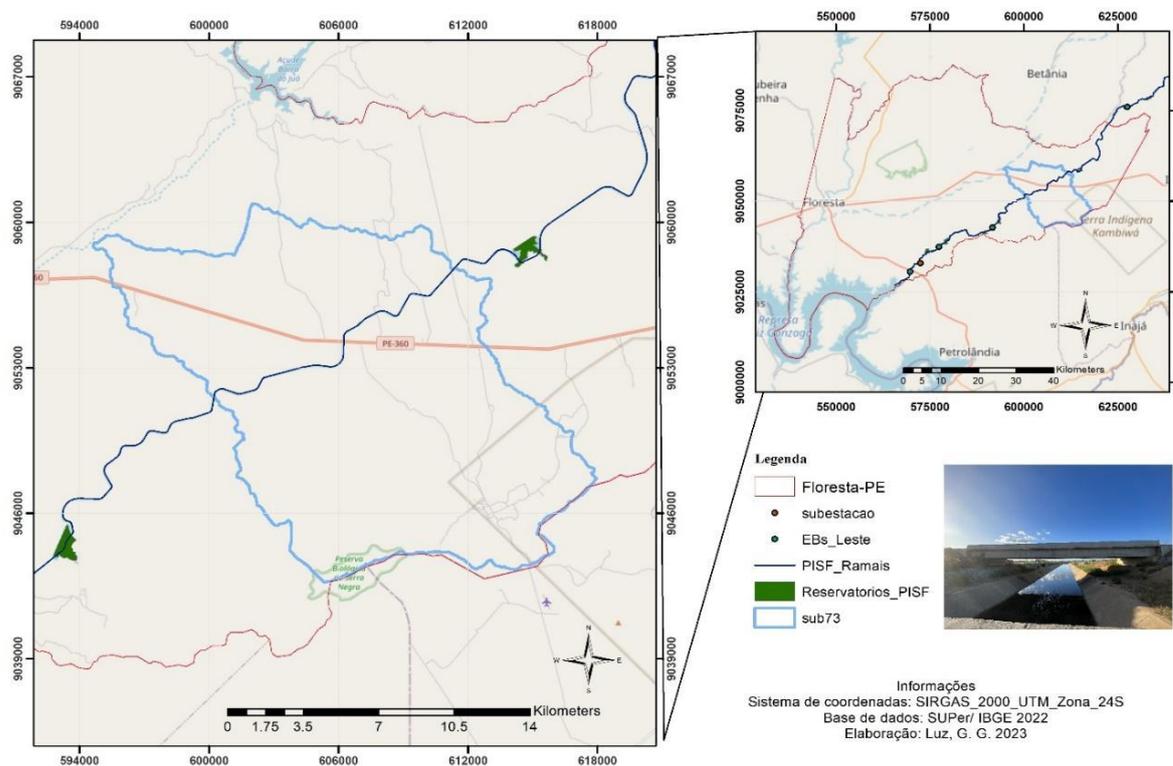
O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) foi executado pelo Ministério da Integração Nacional (Santos, Pedrozo, Ioris. 2022) e é um dos empreendimentos mais significativos do semiárido, visando garantir a segurança hídrica. A comunidade científica tem estado envolvida nas discussões sobre a eficácia desse projeto. No que diz respeito ao aspecto físico do PISF, ele abrange a construção de dois eixos que conectam o Rio São Francisco com

bacias hidrográficas intermitentes: os eixos NORTE e LESTE (Costa, Ojima 2022). A chegada da água do Rio São Francisco, pelo eixo leste, gerou expectativas de um aumento potencial no acesso à água para os municípios ao longo do canal (Silva, Almeida, 2021). Esta pesquisa pretende elucidar o profundo impacto do ciclo hidrológico na vida das pessoas e no meio ambiente.

4.1.1 Material e métodos

A área em estudo corresponde a sub-bacia 73 da bacia hidrográfica do Pajeú, com uma extensão de 236,02 km². Essa região está localizada no sertão pernambucano e possui características climáticas semiáridas. Além disso, está próxima ao Rio São Francisco e sofre influência direta do Projeto de Integração (Figura 12) Parte da bacia inclui áreas indígenas, e de assentados. Suas coordenadas UTM são -8.526, -38.124. Quanto ao uso da terra na bacia, predominam as categorias SPAS-pastagem e CRWO-mosaico de cultivo.

Figura 12. Área de estudo sub bacia 73



Fonte: autora, 2023

Processamento dos dados:

Neste estudo, foram utilizados 61 anos de dados em escala diária, cobrindo o período de 1961 a 2021. Esses dados diários estão disponíveis no modelo. Os dados diários do ciclo hidrológico contribuem para a gestão eficaz dos recursos hídricos em uma região. Isso abrange

o monitoramento dos níveis de água em rios, lagos e aquíferos, bem como a medição das taxas de precipitação e evaporação. Essas informações são indispensáveis para o planejamento e alocação de recursos hídricos para o abastecimento de água potável e a irrigação agrícola. Para aquecer o modelo SWAT, foram usados cinco anos.

O modelo SWAT, disponível gratuitamente em <http://swat.tamu.edu/>) tem gradualmente expandido suas fronteiras, pois possui um perfil de modelos variados para os interesses tanto de empresas privadas quanto de órgãos públicos (Bressiani *et al.*, 2015b). O SWAT é um modelo semi-distribuído no qual uma bacia de destino é dividida em várias sub-bacias, que por sua vez são subdivididas em unidades de resposta hidrológica (HRUs) que consistem em áreas homogêneas em relação ao uso da terra, relevo e características do solo. As HRUs são representadas no modelo como uma porcentagem da área da sub-bacia e podem ou não ser espacialmente explícitas, dependendo do número delas por sub-bacia. O modelo SWAT possui cinco componentes principais: hidrologia, solo, clima, vegetação e gerenciamento da terra; e é capaz de fornecer resultados em quatro resoluções temporais: anual, mensal, diária e subdiária (Arnold *et al.*, 2012).

O SWAT requer dados observados de quatro componentes essenciais: relevo, clima, solos e uso da terra e cobertura.

Relevo: os dados espaciais de relevo foram obtidos usando os dados da EMBRAPA Relevo (<https://www.cnpem.embrapa.br/projetos/relevobr/>), que fornece produtos corrigidos da missão NASA SRTM (Shuttle radar topography), que tem como objetivo mapear a topografia da superfície da Terra. Os dados deste modelo estão em formato de imagem, com pixels de resolução espacial de 90 m e altitude (m).

Clima: os dados climáticos da série, ou seja, precipitação, radiação global, umidade relativa, temperatura do ar ou ponto de orvalho, temperatura média do ar, temperaturas máximas e mínimas do ar e velocidade do vento, foram obtidos para os anos de 1961 a 2021 por meio do banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia; <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php>). Em seguida, foram selecionadas apenas as informações da vazão da estação de Floresta, localizada no estado de Pernambuco. Utilizamos valores mensais médios simulados e observados em Floresta, com coordenadas de long -38.64 e lat -8.61. O código da estação é 48860000 para o escoamento obtido na agência brasileira de águas. O município de Floresta foi escolhido porque era a estação mais próxima da sub-bacia 73 em estudo, permitindo assim uma calibração e ajuste melhores do modelo para essa área. Por causa disso, aqui avaliamos os dados do SUPer com dados observados. Para avaliar a calibração do modelo, foi utilizado o coeficiente de determinação.

Solos: As características espaciais dos solos foram obtidas por meio de duas bases de dados: (i) o mapeamento espacial dos solos veio do Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (ZAPE). Esses dados estão disponíveis na forma de um mapa com escala de 1:250.000 no site <http://www.uep.cnps.embrapa.br/zape/>, e (ii) os dados relacionados às medições físico-químicas das características de cada tipo de solo foram retirados do banco de dados de Solos da EMBRAPA (https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta_publica.html).

Uso e cobertura da terra: os dados iniciais de uso e cobertura da terra foram obtidos por meio das séries de 1975 a 2013 do Landsat TM 5, ETM+/Landsat 7 e OLI/Landsat 8, disponíveis em <https://earthexplorer.usgs.gov/> e www.dgi.inpe.br/CDSR/. Os produtos foram baixados com base na qualidade radiométrica e na ausência de cobertura de nuvens (<10%), resultando em oito mapas anuais de cobertura da terra (1975, 1993, 2001, 2003, 2005, 2007, 2009 e 2013), utilizando 42 imagens e a biblioteca GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) disponível em <http://www.gdal.org/>.

Nesta etapa, todos os dados foram formatados para entrada no modelo SWAT, e o projeto foi criado com a ajuda da ferramenta ArcSWAT disponível para o software ArcGIS em <http://swat.tamu.edu/software/arcswat/>. Os mapas de uso da terra foram processados usando a ferramenta SWAT2009_LUC_64bit.exe, que é um pré-processador que implementa a dinâmica de cobertura da terra no SWAT. Detalhes sobre o software podem ser obtidos em Pai and Saraswat (2011). Cada projeto corresponde a uma única bacia. O ArcSWAT foi configurado para delimitar sub-bacias ou áreas de drenagem de aproximadamente 10.000 hectares, gerando sub-bacias e HRUs (Unidades de Resposta Hidrológica); Range Brush era o tipo de vegetação disponível no banco de dados do SWAT e foi escolhido para representar a Caatinga devido à proximidade em termos de características físicas. Inicialmente, os dados disponíveis no banco de dados em relação ao Range Brush não foram modificados, exceto a classe de vegetação, que foi alterada para leguminosa anual de estação quente para evitar dormência da vegetação. Foram usados cinco anos para aquecer o modelo. Nesse ano de aquecimento, o SWAT simulou dados climáticos usando a ferramenta geradora de clima.

Calibração e Validação do Modelo

Software: O modelo foi calibrado usando o software SWAT-CUP (SWAT Calibration and Uncertainty Programs). O SWAT-CUP é um software que integra as saídas do modelo SWAT e cinco algoritmos de calibração, incluindo o SUFI2 (Sequential Uncertainty Fitting 2; Abbaspour; Johnson; Van Genuchten, 2004), que se destaca por sua rapidez e precisão no processamento, consistindo em três etapas principais: modificação dos valores de entrada do

SWAT, execução do SWAT e extração dos valores de saída desejados. Detalhes sobre o funcionamento do SWAT-CUP são descritos por Rouholahnejad *et al.*, (2012).

Dados observados: A calibração ocorreu no nível de escoamento.

Análises estatísticas

O desempenho do modelo foi obtido a partir de valores observados e simulados, utilizando os seguintes métodos estatísticos: coeficiente de eficiência Nash-Sutcliffe (NS) (Zar, 1996). O NS varia de ∞ a 1 (Nash; Sutcliffe, 1970), onde 1 indica uma simulação perfeita.

Após a calibração, o modelo foi carregado no SUPER - Sistema de Unidades de Resposta Hidrológica para Pernambuco, link <https://super.hawqs.tamu.edu/>.

Neste estudo, o sistema SUPER foi utilizado para o modelo de simulação da quantificação e qualidade da água na bacia.

A base metodológica do SUPER é o SWAT. O SUPER tem sido usado para simular diversas bacias no estado de Pernambuco para avaliações de recursos hídricos e solo. O SUPER é um modelo eficiente que simula continuamente uma ampla variedade de processos de bacias para um período de registro definido. O SUPER permite estimar a umidade do solo em detalhes espaciais e temporais. Portanto, acredita-se que o SUPER seja muito útil na indicação de desastres que têm uma boa relação com o balanço hídrico e a umidade do solo.

No SUPER, o modelo foi executado em escala diária, o período de aquecimento foi de cinco anos e a versão do modelo SWAT foi SWAT2012. O projeto no SUPER para a sub-bacia 73 possui sete Unidades de Resposta Hidrológica (HRU).

Cenários

1. Atual

2. Diminuição semiárida de 15% nas chuvas e aumento de 2 graus Celsius na temperatura (mudanças climáticas)

Os critérios para a configuração do cenário foram sem quaisquer mudanças para considerar a situação atual. O segundo critério considera o estudo de Galvincio e Luz (2021).

O sistema de modelo hidrológico usado para avaliar a disponibilidade de água foi o SUPER. Além disso, esse sistema ajudou a compreender as mudanças que ocorreram na sub-bacia estudada. O estudo pôde obter informações precisas e necessárias para compreender a dinâmica hidrológica.

Para uma melhor análise dos impactos das mudanças climáticas nas condições ambientais da vegetação, foi usada a análise da biomassa por uso da terra, onde SPAS - pastagem de verão e CRWO - mosaico de cultivos/área florestada, tipos de solo são RQ -

Quociente de Risco (representa as atividades relativas do metabolismo microbiano aeróbico e anaeróbico) e TC - solo eutrófico e declive 0-3, 3-8, 8-20, 20-45.

Neste estudo, imagens de fotografia aérea obtidas com um Veículo Aéreo Não Tripulado (UAV) em 28/09/2023 foram usadas para visualizar as mudanças na vegetação e na temperatura da superfície em áreas com condições variáveis no projeto de desvio de água do Rio São Francisco. Ou seja, uma área com entrada de água no sistema hidrológico.

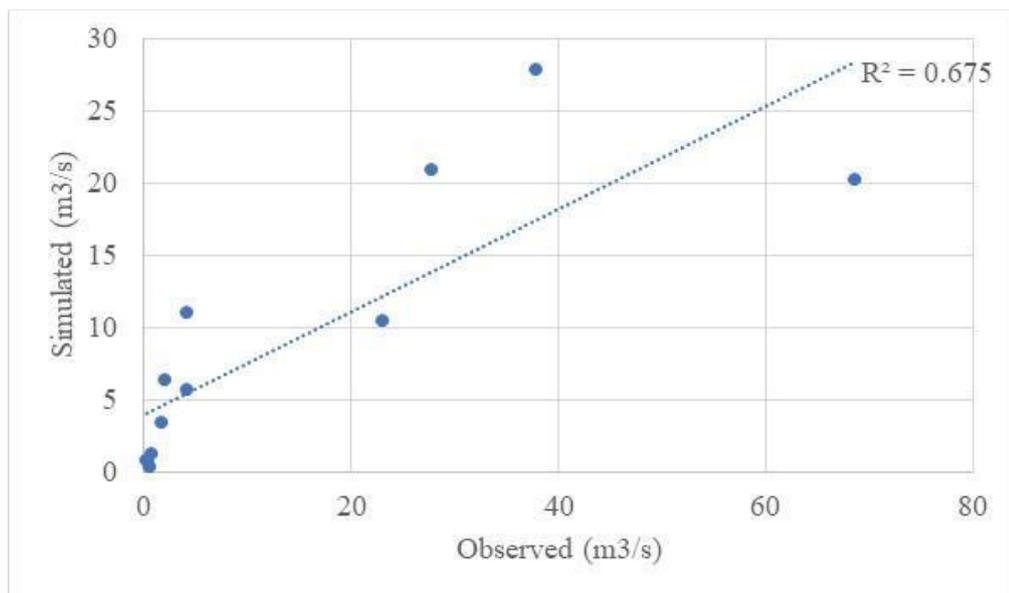
Os achados serviram para investigar a mudança ambiental na sub-bacia e como esse fenômeno está interconectado com a população residente na área de estudo.

4.2 Resultados

Calibração da Bacia

O modelo foi calibrado usando o modelo SWAT. Observa-se que os pontos de controle de calibração do modelo (Ver figura 13) apresentaram r^2 acima de 0,67. Diferentes estudos já foram desenvolvidos para a bacia do Pajeú com o objetivo de contribuir para um melhor gerenciamento dos recursos hídricos, conforme Porto *et al.*, (2022).

Figura 13. Relação entre escoamento superficial observado e simulado para a bacia do Pajeú.



Fonte: autora, (2023).

O balanço hídrico médio anual da bacia 73 apresenta uma precipitação média anual de 661mm, escoamento superficial de 73mm, fluxo lateral de 20mm, fluxo de retorno de 67mm, evaporação e transpiração de 459mm e evapotranspiração potencial de 1788mm, conforme a Figura 14. As estatísticas do balanço hídrico médio anual são apresentadas na Tabela 4. Observa-se que 69% da precipitação se destina à evapotranspiração real. O fluxo de base

representa 55% do fluxo total e inclui o fluxo lateral e o fluxo de retorno. O fluxo total é de 161,3 mm. Nas camadas iniciais do solo, ocorre infiltração/captação pela vegetação/redistribuição da umidade do solo, que se transforma em fluxo lateral. O escoamento de superfície representa 24% da precipitação, ou seja, 24% da precipitação é transformada em escoamento. A percolação para o aquífero raso representa 16% da precipitação, enquanto o fluxo de base equivale a 13%. O escoamento de superfície corresponde a 11%. Ao simular as mudanças climáticas, o balanço hídrico é significativamente alterado, com uma redução no fluxo de base, como mostrado na Figura 15. É importante ressaltar a importância do fluxo de base em áreas semiáridas.

Figura 14. Balanço hídrico médio anual da sub-bacia 73 da bacia do Pajeú-PE.

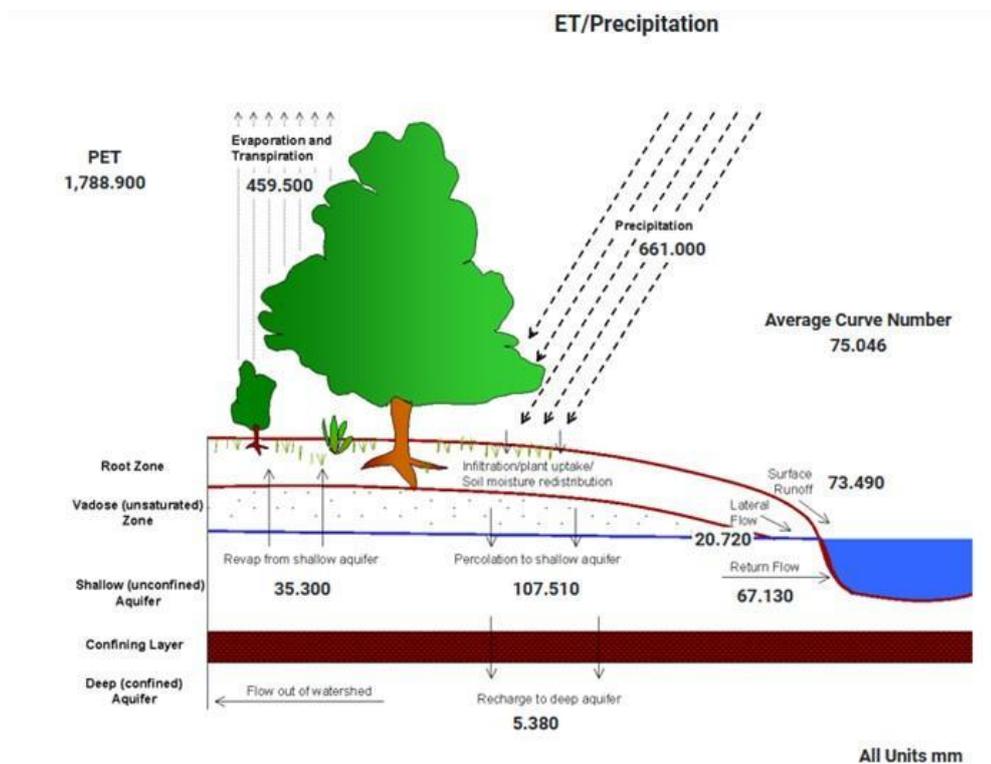


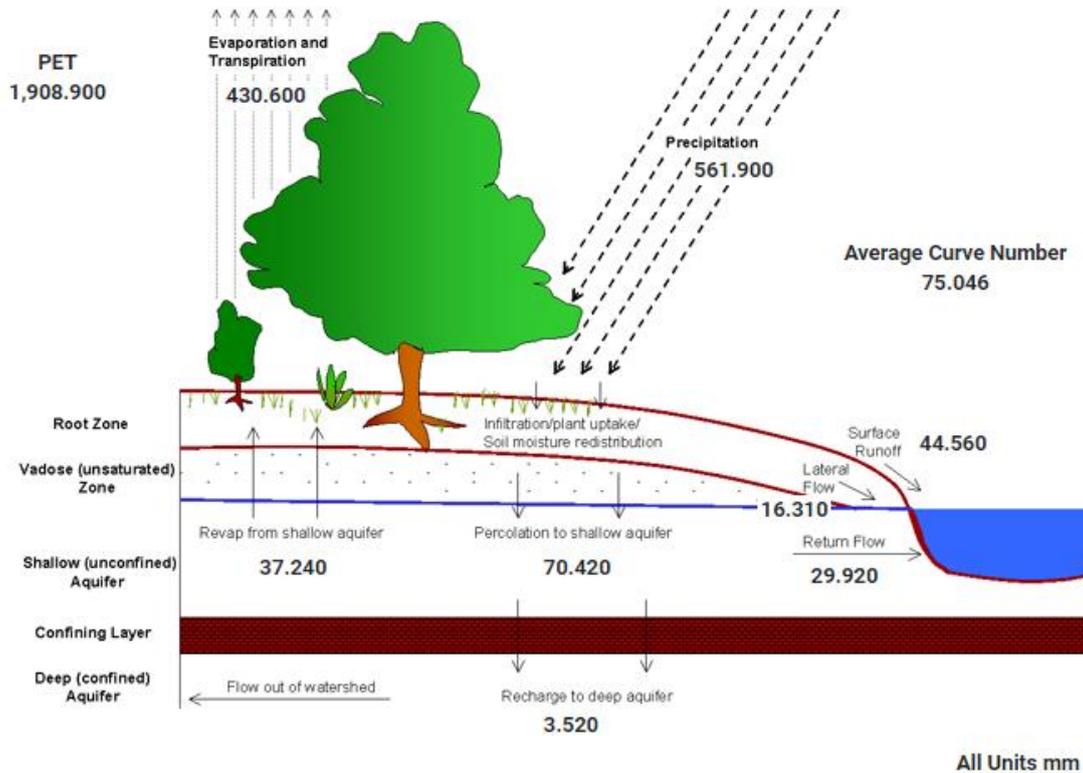
Tabela 4. Índices de Balanço Hídrico.

Escoamento de superfície/Precipitação	0.244
Fluxo de base/Fluxo total	0.545
Escoamento superficial/fluxo total	0.455
Percolação/Precipitação	0.163
recarga profunda/ Precipitação/	0.008
Evapotranspiração/Precipitação	0.695

Fonte: autora, (2023).

Cenário de Mudanças Climáticas

Figura 15. Balanço hídrico médio anual, situação mudança climática.

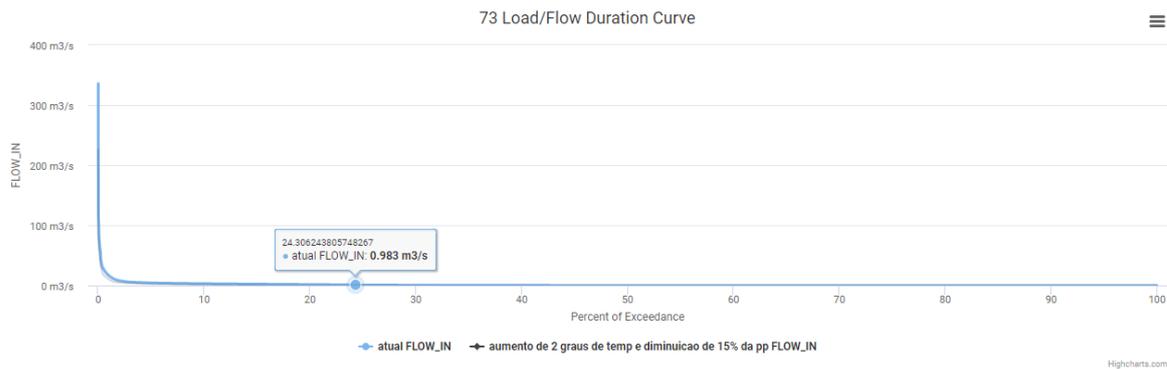


Fonte: autora, (2023).

Cenário Atual

Na Figura 16, observa-se que os 25% do ano com vazão acima de $1\text{m}^3/\text{s}$. A decisão de aumentar a vazão para $6\text{m}^3/\text{s}$ tem como objetivo assegurar a segurança hídrica ao longo do ano. No entanto, as mudanças climáticas apresentam um desafio significativo, reduzindo a disponibilidade de água para apenas 15% do ano, o que corresponde a 36 dias anuais. Diante desse contexto, torna-se evidente que o projeto do PISF desempenhará um papel crucial na mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Ao aumentar a vazão, busca-se garantir um suprimento mais estável de água, minimizando os efeitos adversos da redução na disponibilidade hídrica ao longo do ano. Porém pode-se questionar se o aumento da vazão pelo PISF servirá apenas para mitigar o efeito das mudanças climáticas?

16. Curva da duração da vazão na sub-bacia 73, no âmbito da bacia do Pajéu.



Fonte: autora, (2023).

Nas condições atuais, a vegetação na sub-bacia 73, objeto de estudo, enfrenta sete dias de estresse de temperatura média, 70 dias de estresse hídrico, 30 dias de estresse de nitrogênio e 43 dias de estresse de fósforo, conforme mostrado na tabela 2 e Figura 17. Com as mudanças climáticas (Figura 18), o número de dias com estresse de temperatura diminui para 2, enquanto os dias com estresse hídrico aumenta para 83. Além disso, os dias com estresse de nitrogênio caem para 18 e os dias com estresse de fósforo caem para 29. Em outras palavras, é possível observar um impacto significativo nas condições do solo devido às mudanças climáticas na região.

A redução no número de dias com estresse térmico pode ser prejudicial para diversas espécies de plantas nativas da região. Além disso, a diminuição dos níveis de fósforo e nitrogênio também pode afetar os níveis de sobrevivência das espécies vegetais. Isso pode afetar a agricultura familiar na área, que depende das condições hídricas. Essas condições também podem ter impactos na qualidade de vida das pessoas que vivem na região.

É importante ressaltar que os impactos das mudanças climáticas variam de acordo com o uso da terra, tipo de solo e declividade. No caso do uso de SPAS (pastagem), solo TC (eutrófico) e declive de 3-8 neste estudo, as mudanças climáticas podem levar a um aumento na biomassa, conforme mostrado na Figura 19. Esse efeito é mais pronunciado em áreas com declives mais suaves, como demonstrado na Figura 20. Isso pode ser explicado pelo fato de que essas áreas possuem uma maior disponibilidade de água.

As condições do solo, por exemplo, o RQ do solo que representa as atividades relacionadas ao metabolismo microbiano aeróbio e anaeróbio, e áreas com declividades mais destacadas mostraram um aumento significativo na biomassa, conforme indicado nas Figuras 21 e 22. No entanto, no caso do mosaico de áreas agrícolas/florestas, solos do tipo TC

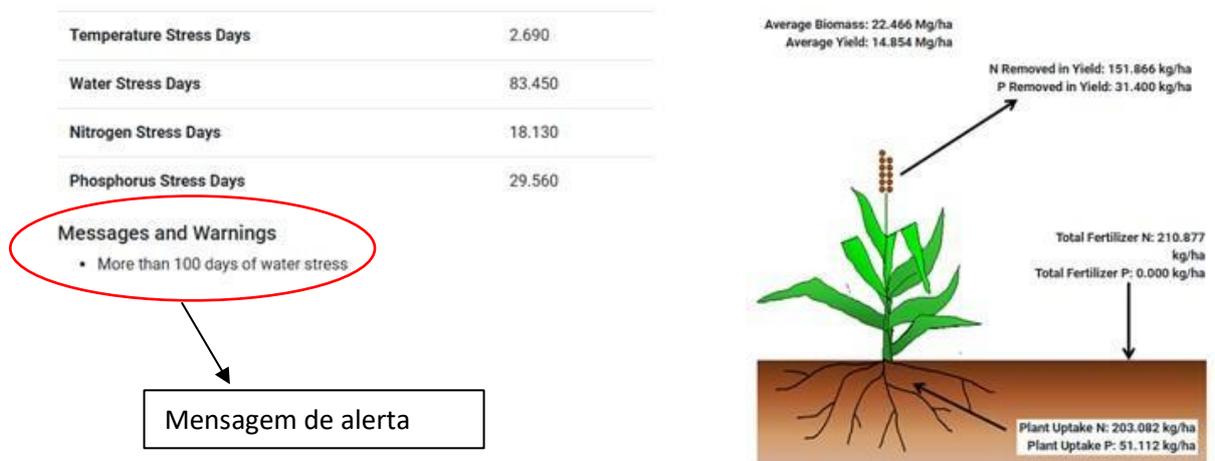
(eutrófico) e declives de 0-3, espera-se uma diminuição na biomassa no futuro, como evidenciado na Figura 23 e na Figura 24 (declive de 3-8).

Figura 17. Condições ambientais anuais da vegetação, situação atual.



Fonte: autora, (2023)

Figura 18. Condições ambientais anuais da vegetação, situação das alterações climáticas.



Fonte: autora, (2023).

Os solos do tipo SPAS TC (ver figuras 19 e 20) correspondem a pastagens em solos eutróficos. Solos eutróficos são caracterizados por possuir níveis adequados de nutrientes essenciais para promover um saudável crescimento vegetal. A eutrofização está associada ao estado de fertilidade do solo, indicando um equilíbrio satisfatório de nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas. Notavelmente, observa-se que em áreas de menor declividade (ver figura 19), há um aumento na biomassa, ultrapassando 30 toneladas por hectare.

Os solos classificados como RQ são solos que demandam suplementação de nutrientes. É evidente que em áreas de menor declividade, há um incremento notável na biomassa, conforme ilustrado na Figura 21, atingindo quase 30 toneladas por hectare. No entanto, mesmo

com esse aumento, os solos de menor declividade (ver Figura 22) não ultrapassam a marca de 23 toneladas por hectare.

Os solos classificados como CRWO RQ constituem um "mosaico de uso do solo" que demanda suplementação de nutrientes, enquanto os CRWO TC representam um mosaico de uso do solo rico em nutrientes. Notavelmente, o aumento da biomassa é mais expressivo em áreas de menor declividade, conforme ilustrado na Figura 23, alcançando valores que ultrapassam as 30 toneladas. A análise das médias, valores mínimos e máximos (ver Figuras 24, 25 e 26 para CRWO) reforça de maneira evidente esse aumento significativo na biomassa. Esses resultados indicam a influência significativa da topografia e do estado nutricional do solo na produtividade, destacando a necessidade de considerar esses fatores ao planejar estratégias de manejo agrícola na região em estudo.

Figura 19. Variação temporal da biomassa na sub-bacia 73, solos TC- declividade 0-3

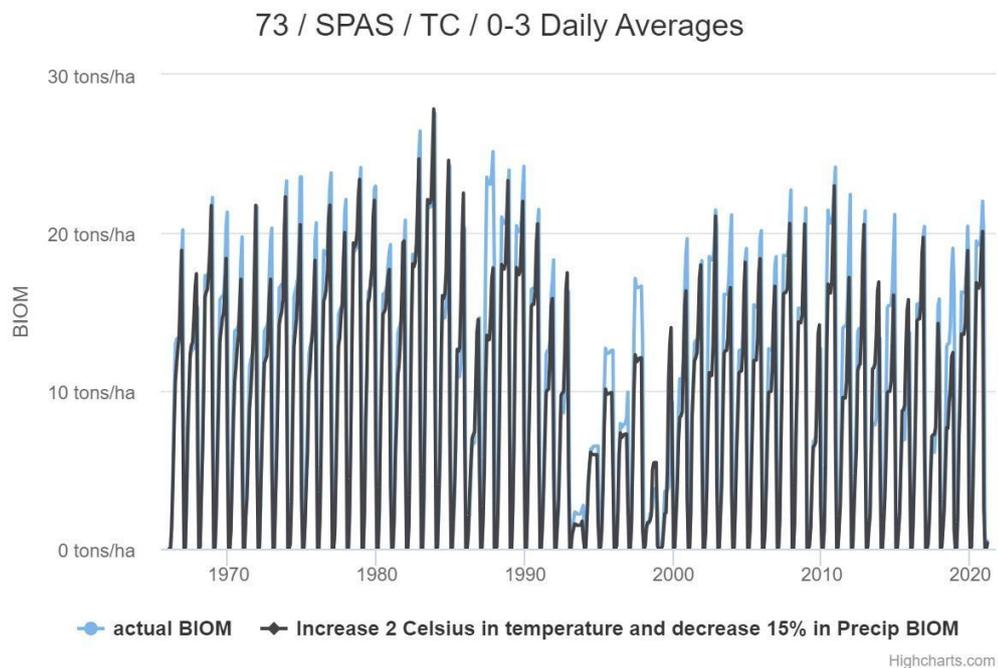


Figura 20. Variação temporal da biomassa na sub-bacia 73, solos TC- declividade 3-8

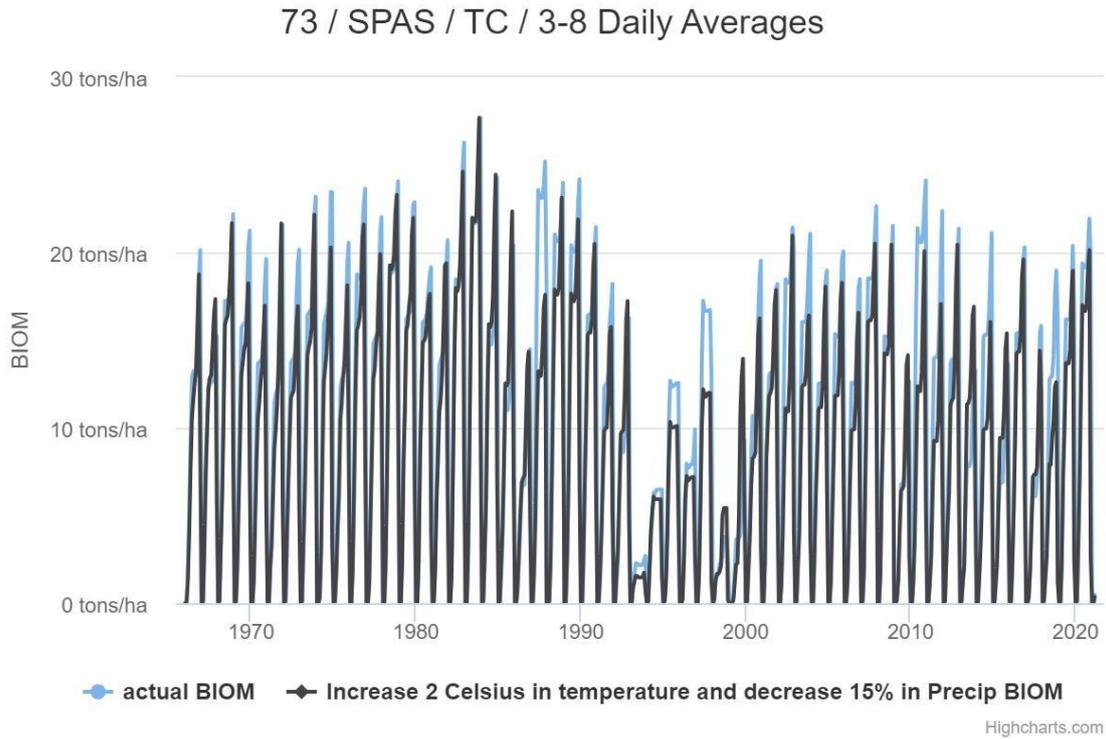


Figura 21. Variação temporal da biomassa sub-bacia 76, solos pobres em nutrientes. Declividade 8-20.

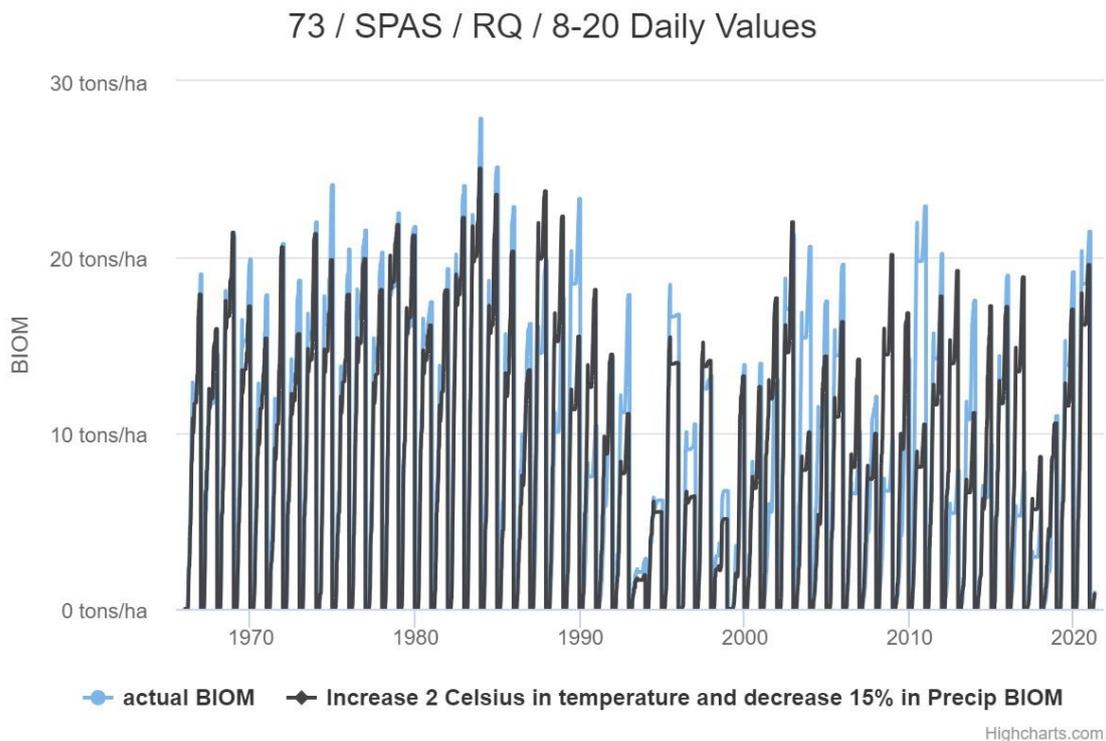


Figura 22. Variação temporal da biomassa sub-bacia 76, solos pobres em nutrientes. Declividade 20-45.

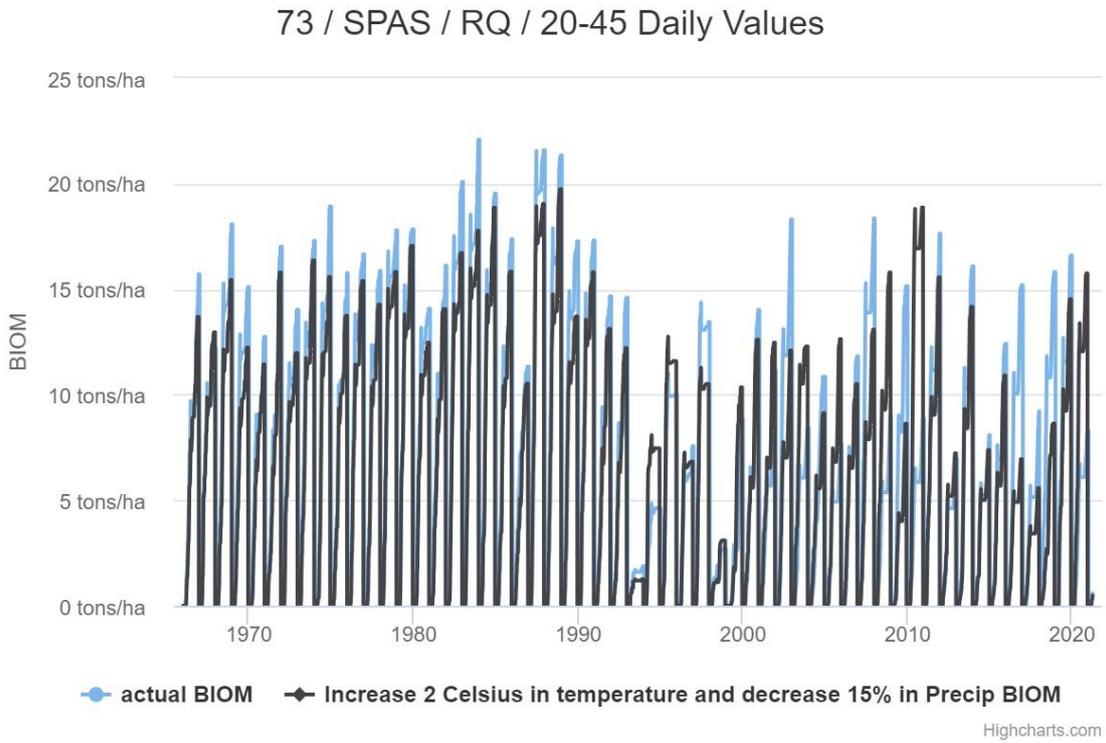


Figura 23. Variação temporal da biomassa sub-bacia 76, mosaico de uso/ solos RQ, declividade 3-8.

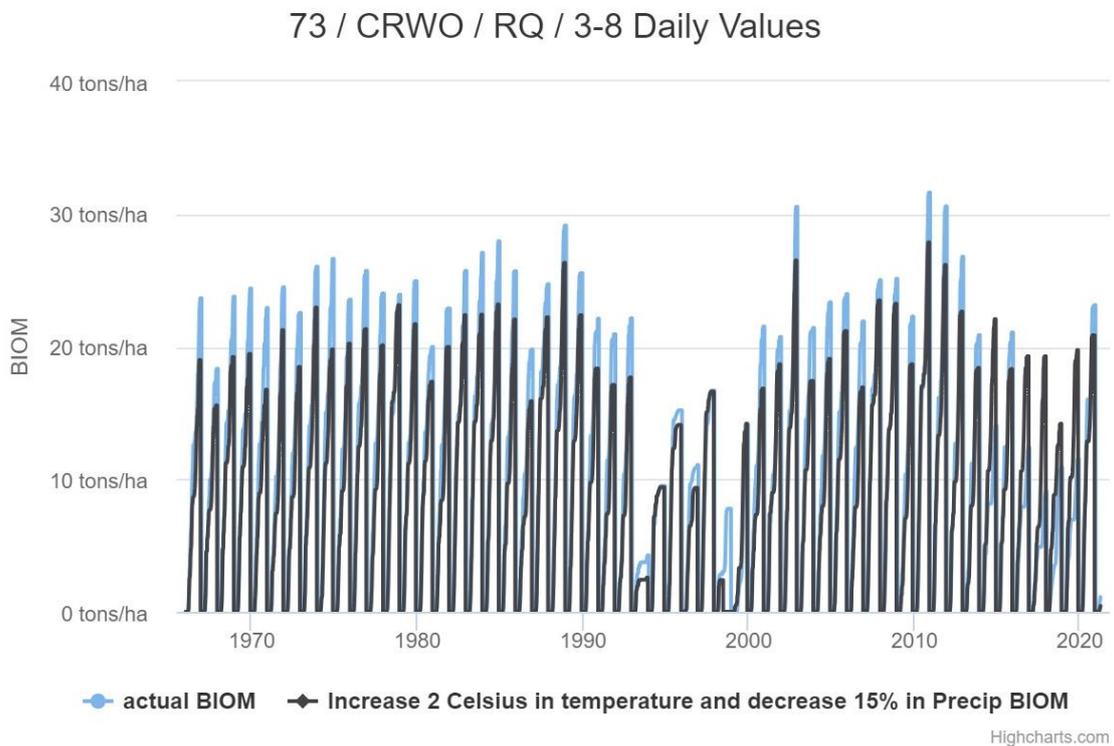


Figura 24. Variação média temporal da biomassa sub-bacia 73. Mosaico de uso/ TC. Declividade 0-3.

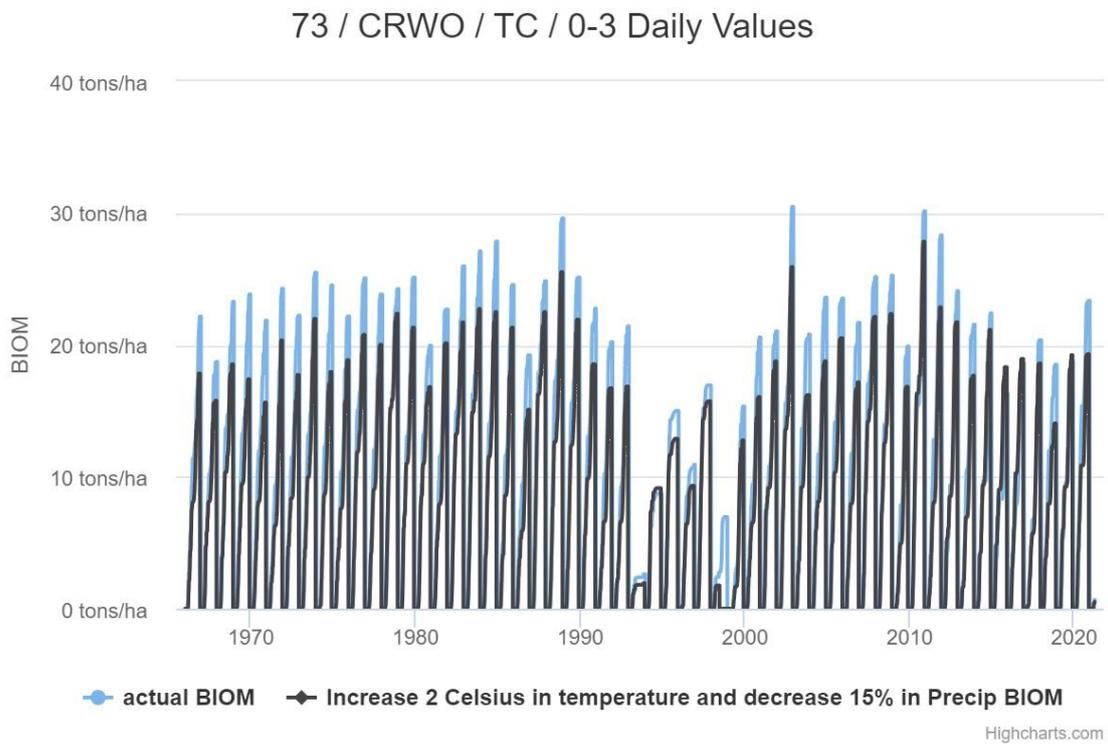


Figura 25. Variação máxima temporal da biomassa. Solo CRWO/TC declividade 0-3.

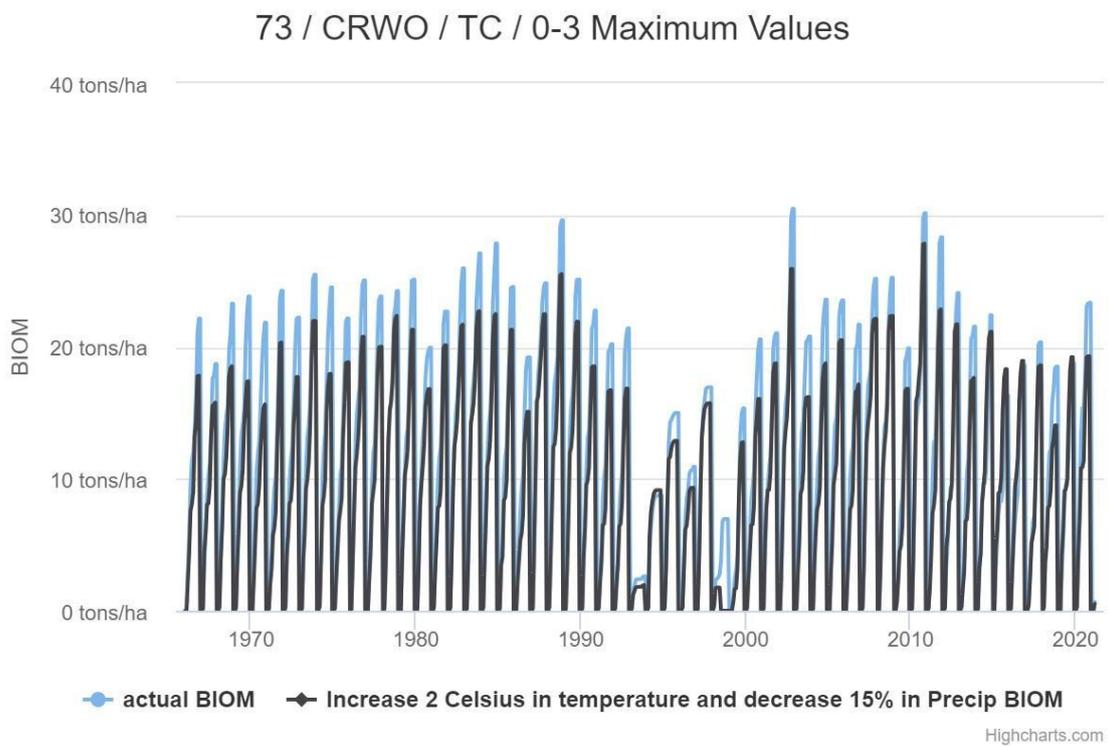
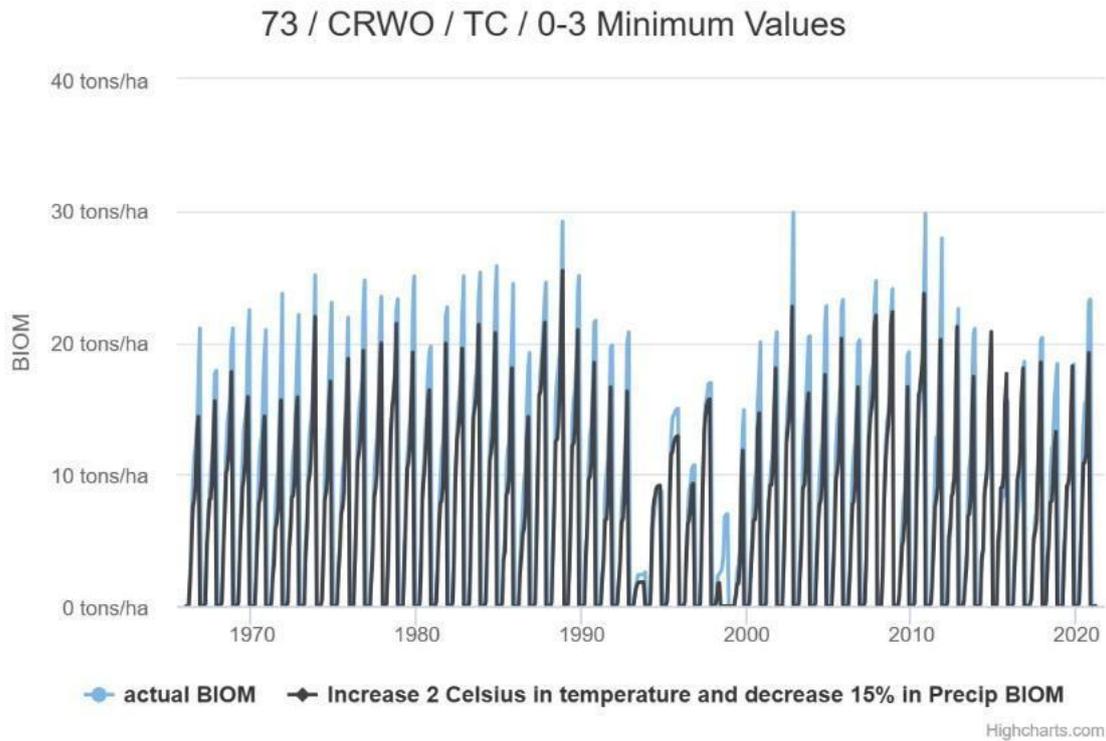
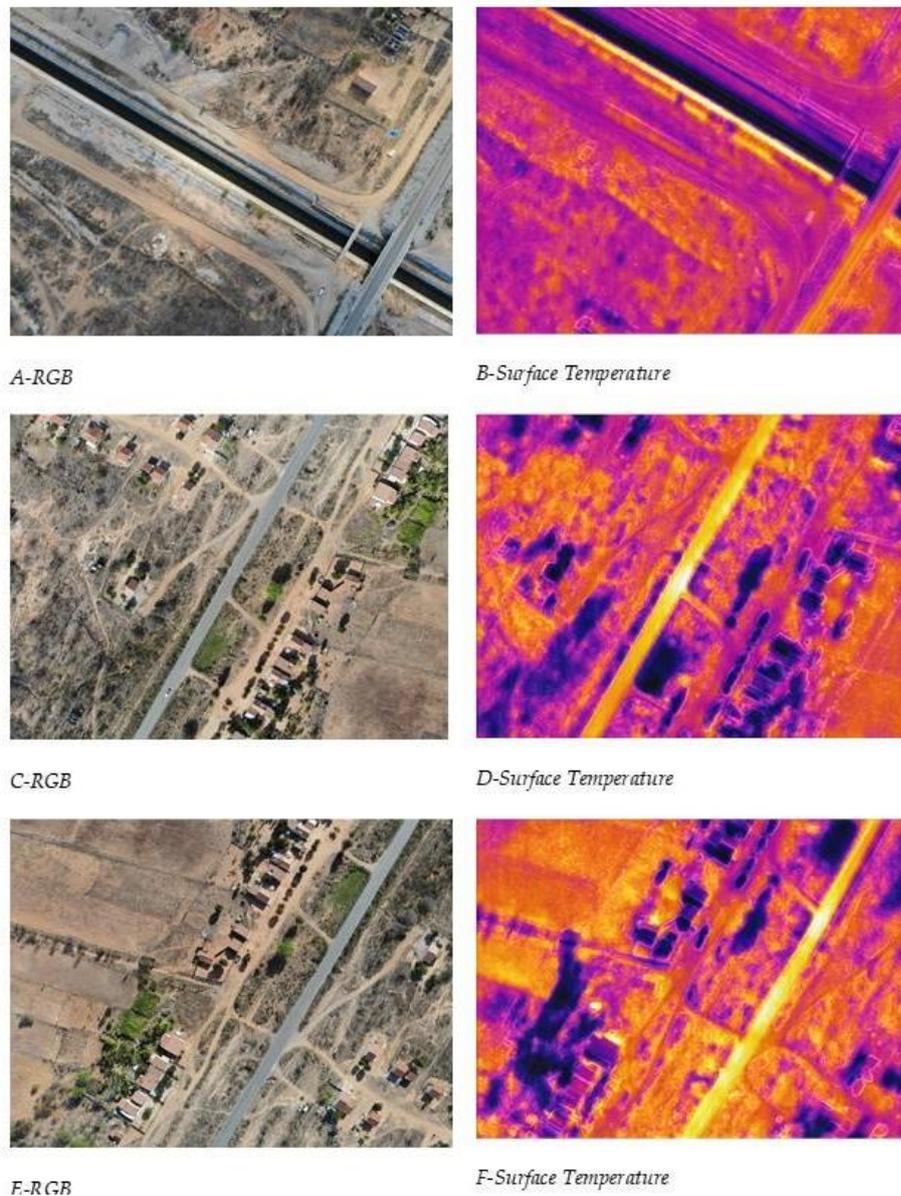


Figura 26. Variação mínima temporal da biomassa. Solo CRWO/TC declividade 0-3.



É possível observar a influência do canal na temperatura da superfície. Também é possível ver a influência da vegetação verde próxima às residências, como mostrado nas Figuras 27 (A a F). Essa vegetação verde influencia a temperatura da superfície e, conseqüentemente, a temperatura das residências, proporcionando uma melhor qualidade de vida em relação às condições de temperatura. Diante do que foi apresentado neste estudo, que as áreas de CROW com mudanças climáticas aumentarão a biomassa, acredita-se que a temperatura da superfície nessas áreas onde há aumento de biomassa será mais amena. O aumento no abastecimento de água por meio do canal do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) terá influência na cobertura vegetal, com um aumento na biomassa, especialmente nas áreas de CROW. Portanto, conclui-se que as mudanças climáticas terão impactos diferentes em pequenas escalas.

Figura 27. Imagens RGB e temperatura superficial em pequena área da sub-bacia 73.



Fonte: autora, (2023).

4.2.1 Discussão

As conclusões deste estudo revelaram um estado profundamente preocupante dos recursos hídricos na região investigada, motivando a ativação de um sistema de alerta, nomeadamente o sistema SUPer, que emite avisos e mensagens ao detectar um período de stress hídrico superior a 100 dias. Importante salientar que o estresse hídrico representa uma ameaça a vida humana e interrompe diversos processos fisiológicos, o que por sua vez, dificulta o crescimento e desenvolvimento de algumas plantas por isso é importante sua monitorização (Wahab, *et al.*, 2022) (Muhammad, *et al.*, 2022) (Yahaya, Shimelis, *et al.*, 2022).

Episódios prolongados de stress hídrico têm implicações profundas, especialmente numa região caracterizada por disponibilidade de água severamente limitada. A escassez prolongada de água pode precipitar uma escassez de água potável, afetando assim negativamente o abastecimento público de água e tornando a água imprópria para consumo, uso culinário e higiene pessoal. O controle quantitativo e a exploração segura dos recursos hídricos são elementos fundamentais para o desenvolvimento sustentável em regiões com o stress hídrico elevado. (Nassery *et al.*, 2017). Medidas de contingência, tais como estratégias de racionamento de água que envolvam restrições de utilização e distribuição controlada de água, podem ser aplicadas como resposta a tais circunstâncias e gerar um equilíbrio entre a oferta e a demanda (Mirdashtvan *et al.*, 2021).

Além disso, a agricultura representa uma pedra angular da subsistência das comunidades rurais que habitam a região semiárida em análise. Serve como principal fonte de renda para as famílias locais. Períodos prolongados de stress hídrico representam uma ameaça significativa aos esforços agrícolas, resultando potencialmente em danos nas colheitas, diminuição da produção agrícola, aumento dos preços dos alimentos e até mesmo aumentos nas taxas de desemprego. Além disso, a escassez de recursos hídricos pode induzir a migração forçada, fenômeno que já se manifestou na região Nordeste, conforme elucidado nos trabalhos de Buriti, Aguiar (2008) e Douglas (2022).

Um resultado intrigante deste estudo é o aumento projetado na biomassa média anual. No entanto, é importante observar que a eficácia do sequestro de carbono não se manterá consistente. Resultados análogos foram corroborados em publicações relacionadas aos ecossistemas florestais nos Estados Unidos, como exemplificado por Zhu *et al.*, (2018). A trajetória de recuperação florestal depende de dois parâmetros cruciais: a saturação assintótica da biomassa acima do solo e a idade em que o stand atinge a metade da saturação. Ambos os parâmetros são presumidos como dependentes das condições climáticas. Em todos os tipos de florestas, temperaturas elevadas geralmente estimulam níveis mais altos de biomassa saturada acima do solo, ao mesmo tempo em que diminuem a idade em que a metade da saturação é alcançada. Por outro lado, o aumento da precipitação exerce uma influência positiva tanto nos níveis de biomassa saturada quanto na idade em que a metade da saturação é alcançada. Os parâmetros estimados derivados do modelo fornecem métricas quantificáveis para a biomassa saturada e a idade do ponto médio, como elucidado por Zhu *et al.*, (2018).

4.3 Conclusão

Portanto, pode-se concluir que a diminuição da cobertura vegetal na área tem um impacto significativo no sistema hídrico. Isso pode levar à perda de solo fértil, à redução da qualidade do solo e ao aumento da sedimentação nos cursos d'água à medida que a água da chuva escoar. Esse aumento no escoamento pode transportar partículas de solo, nutrientes, pesticidas e poluentes para corpos d'água, prejudicando a qualidade da água.

Também fica evidente que a disponibilidade de água está diminuindo, o que pode causar escassez de água potável, essencial para a saúde e higiene. A agricultura, a produção de cultivos e a criação de gado também são afetadas negativamente, o que pode piorar a segurança alimentar e reduzir os rendimentos. Isso destaca a importância do monitoramento dos recursos hídricos.

Em resumo, o estudo sugere que a qualidade de vida das pessoas nesta área pode diminuir devido à redução da disponibilidade de água e à má saúde da vegetação. Para lidar com esses problemas, são necessárias políticas públicas eficazes para mitigar o impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos e no bem-estar dos moradores. Além disso, este estudo enfatiza a necessidade de políticas públicas bem executadas e monitoradas de perto para proteger o meio ambiente e melhorar a vida das pessoas mais detalhes em uma escala micro pode ser observada no capítulo a seguir.

5 CAPÍTULO 3 CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE SOCIAL EM UM ASSENTAMENTO ÀS MARGENS DA TRANSPOSIÇÃO DO SÃO FRANCISCO

5.1 INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil é caracterizada por condições climáticas singulares, com chuvas escassas e irregulares ao longo do ano, além de temperaturas elevadas. Esses fenômenos climáticos estão ligados aos inúmeros problemas socioambientais que se acumularam ao longo da história (José et al., 2022). No sertão nordestino, o acesso limitado à água de qualidade está interligado às condições socioeconômicas e ambientais, bem como à infraestrutura hídrica disponível (Tomaz, Santos, Jepson, 2023). Diante desse contexto desafiador, torna-se evidente a necessidade premente de abordar questões relacionadas à gestão sustentável dos recursos hídricos nessa região. A escassez de chuvas e as altas temperaturas demandam estratégias eficazes para o manejo racional da água.

O primeiro registro de seca data do período da colonização portuguesa, documentado pelo jesuíta Fernão Cardim, descreveu o fenômeno migratório dos indígenas diante da fome instaurada devido ao processo de seca no Nordeste brasileiro (Campos, 2014). O semiárido é caracterizado por um histórico de secas, cujos efeitos se manifestam de diversas formas, incluindo a perda de safra, o aumento do desemprego rural, a falta de água para as comunidades e o crescimento da vulnerabilidade (Zanella, 2014). É fundamental compreender que a seca é um fenômeno natural, resultante de alterações no regime hidrometeorológico (Marengo, Cunha, Alves, 2016).

Os principais sistemas que influenciam as chuvas no Nordeste brasileiro são: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sistemas frontais ou frentes frias, o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), linhas de instabilidade (LI), ondas de leste (OL), complexos convectivos de mesoescala (CCMS), brisa marítima e brisa terrestre, bem como a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico, incluindo eventos climáticos como El Niño, La Niña e o Dipolo (Moura, Sobrinho, Silva, 2019). O clima é a característica mais marcante do semiárido, e apesar de sua vasta extensão territorial, essa região possui um clima relativamente uniforme. No entanto, as secas não ocorrem de maneira homogênea, como evidenciado por Tavares, Arruda e Silva (2019), podendo variar de secas prolongadas a anos de seca total ou parcial, com impactos observados em toda a região.

Os recursos hídricos são de extrema importância global, desempenhando um papel vital tanto na economia quanto na sobrevivência humana. Em países em desenvolvimento e em regiões com escassez hídrica, a água assume uma relevância ainda maior nos setores social e econômico (Silveira et al., 2018). Devido às estiagens prolongadas, as pessoas que vivem no

semiárido muitas vezes precisam migrar para outras regiões, conforme discutido por Rabelo e Neto (2017). A vulnerabilidade causada pela escassez de recursos hídricos em áreas áridas e semiáridas é uma realidade que se acumulou ao longo da história do sertão nordestino (José et al., 2022). A vulnerabilidade social aumenta à medida que a insegurança hídrica persiste no semiárido, conforme destacado por Tomaz, Santos e Jepson (2023).

A Transposição do São Francisco é um megaprojeto concebido para gerar desenvolvimento econômico na região Nordeste e atenuar as desigualdades no sertão. De acordo com Costa e Ojima (2022), a vulnerabilidade social ainda é uma realidade e requer atenção, principalmente para as comunidades mais próximas dos eixos leste e norte do PISF. A limitação no acesso à água de qualidade no sertão nordestino não é apenas uma questão técnica, mas também uma questão social, afetando diretamente a qualidade de vida das comunidades locais. Portanto, abordar essas questões requer uma metodologia holística que leve em consideração não apenas aspectos técnicos, mas também sociais e ambientais.

A vulnerabilidade social é um tema de grande relevância e complexidade que permeia as sociedades em todo o mundo. Sua definição varia conforme as diversas áreas do conhecimento. No entanto, a vulnerabilidade sempre está relacionada à condição em que determinados grupos de indivíduos ou comunidades se encontram em situação de fragilidade diante das adversidades sociais, econômicas e políticas (Gomes, Pereira, 2005; Janczura, 2012; Cançado, Souza, Silva, 2014).

Portanto, compreender a conexão entre a vulnerabilidade social e a segurança hídrica no semiárido é crucial para o desenvolvimento de políticas e estratégias eficazes que buscam melhorar as condições de vida das comunidades locais, garantindo o acesso à água potável e promovendo a sustentabilidade ambiental e social.

Para desenvolver estratégias eficazes, é fundamental contar com a colaboração de especialistas, comunidades locais e tomadores de decisão. Partindo desse princípio, o estudo propôs observar as vulnerabilidades de um assentamento no semiárido pernambucano. Foi feito por meio da utilização de duas ferramentas principais: fotografias e questionário. O objetivo é entender melhor a realidade das pessoas que vivem próximas às margens de uma das políticas públicas mais relevantes para a segurança hídrica. As fotografias foram usadas para documentar aspectos importantes do cotidiano e das condições de vida da comunidade, enquanto o questionário permitiu coletar informações sobre percepções, necessidades e desafios relacionados aos moradores do assentamento. Essa abordagem participativa visava não apenas identificar os problemas, mas também envolver ativamente os moradores na busca por soluções mais adequadas e contextualizadas.

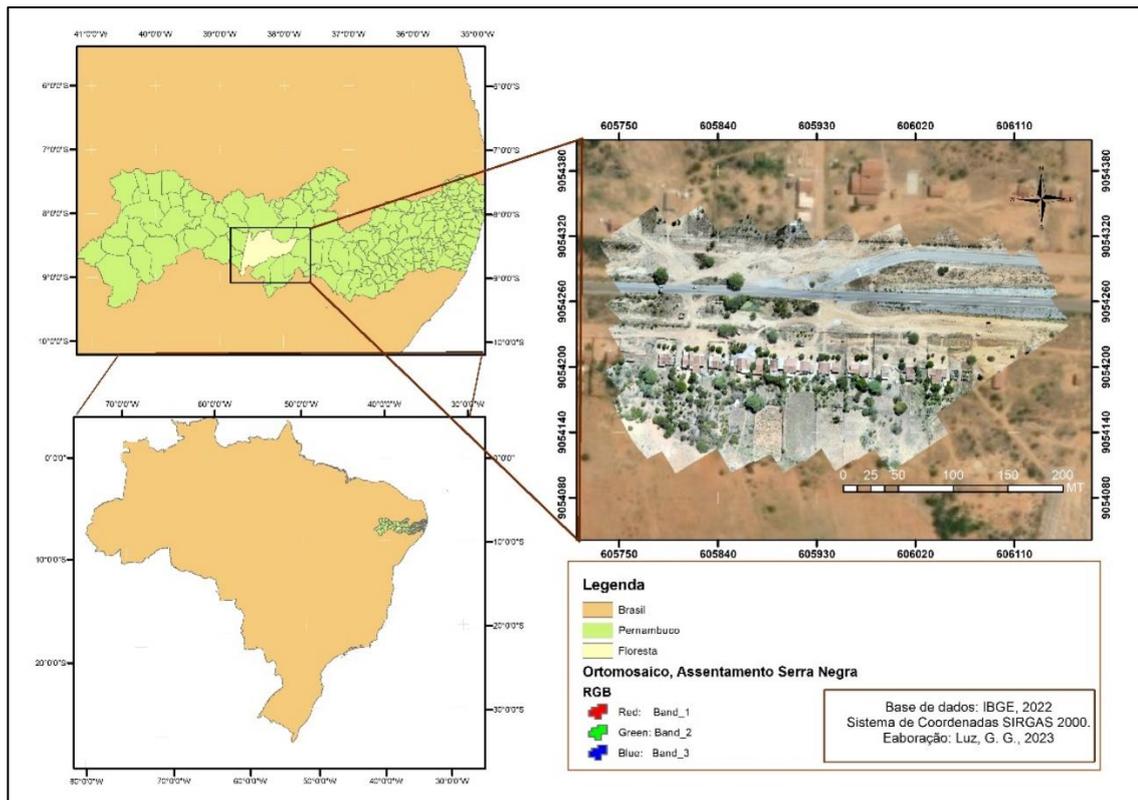
5.1.1 Material e métodos

O município de Floresta está situado no sertão pernambucano. Em 2022, sua população era de 30.144 pessoas, de acordo com dados do IBGE, resultando em uma densidade demográfica de 8,36 habitantes por quilômetro quadrado. No ano de 2021, o salário médio mensal na região era equivalente a 1,7 salários-mínimos, e a taxa de ocupação da população era de 11,7% em relação ao total de habitantes. Cerca de 47,3% da população sobrevivia com renda de até meio salário-mínimo. Além disso, o município de Floresta é um dos maiores do estado de Pernambuco, abrangendo uma extensão territorial de 3.674,0 quilômetros quadrados.

Este estudo se concentra no Assentamento Serra Negra (Figura 28), localizado às margens da Transposição do Rio São Francisco, precisamente no eixo leste, e faz parte do município de Floresta. Segundo Ataíde, Gonçalves (2012), o assentamento foi fundado em 1989 e tem aproximadamente 192 habitantes. Sua fundação marcou um dos primeiros movimentos em prol da reforma agrária no estado de Pernambuco. O assentamento serra negra é uma das 20 comunidades que ficam ao entorno do eixo leste e não recebem abastecimento de água potável.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o assentamento corresponde a uma área de 2.427,0000 hectares, com capacidade para 103 famílias, e possui 64 famílias assentadas em seu registro. O ato de criação ocorreu em 04/10/1991 e a obtenção em 04/09/1991. [Fonte: <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/reforma-agraria/assentamentosgeral.pdf>]

Figura 28. Localização do assentamento Serra Negra.



5.2 Procedimentos metodológicos

Na fase inicial da pesquisa, adotou-se uma abordagem empírica, utilizando a coleta de dados por meio de fotografias. Essas imagens foram fundamentais para documentar a proximidade das residências em relação ao canal, os dois tipos de cisternas em utilização, a infraestrutura de encanação disponível para futuras conexões de água e as características das estruturas residenciais, as quais se destacam pela sua simplicidade. Por meio desse registro visual, foi possível evidenciar a vulnerabilidade enfrentada pelos assentados, oferecendo uma compreensão mais tangível e detalhada da situação em questão.

Essa metodologia é amplamente utilizada em diversas áreas científicas, como sociologia, antropologia, geografia e outras disciplinas. A captura de imagens foi realizada durante a pesquisa de campo a qual foi realizada nas seguintes datas:

27/09/2022

28/09/2022

29/05/2023

30/05/2023

As fotografias desempenham um papel crucial ao proporcionar uma visão única e enriquecedora para investigar as temáticas abordadas na pesquisa, conforme evidenciado por

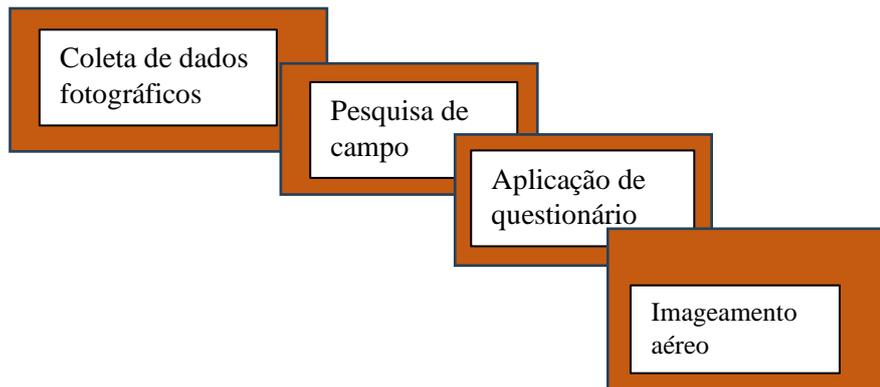
Laignier e Fortes (2010). Além disso, elas desempenham um papel fundamental ao oferecer informações que contribuem para a compreensão e focalização das problemáticas por meio da visualização, como ressaltado por Ert, Fleischer e Magen (2016). Com base nesses fundamentos, as imagens utilizadas nesta pesquisa foram empregadas para validar as informações obtidas por meio do questionário aplicado aos residentes do assentamento

Na segunda etapa da pesquisa, foi aplicado um questionário direcionado a aproximadamente 80 famílias, escolhidas criteriosamente para representar as primeiras famílias assentadas. Essa seleção estratégica permitiu uma amostragem representativa e intencional, visando capturar as experiências e percepções das famílias pioneiras no assentamento.

As perguntas fechadas foram elaboradas com o intuito de coletar informações sobre a composição familiar e a renda predominante na região, visando compreender a situação de vulnerabilidade econômica existente. Por outro lado, as perguntas abertas foram formuladas para explorar as percepções dos moradores em relação ao Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional e para compreender a importância da água em suas vidas. Dessa forma, através do questionário, foi possível obter uma visão ampla das opiniões e sentimentos dos sertanejos, refletidos nas palavras mais frequentemente mencionadas por eles.

Para a condução desta pesquisa, foi empregado um drone da marca MAVIC dual, que está equipado com uma câmera de resolução 4056 x 3040 pixels, capaz de captar imagens nas faixas RGB e THERMAL. Neste estudo, optou-se por utilizar apenas as imagens da faixa visível (RGB). Os voos do drone foram planejados e executados com o auxílio do aplicativo Pix4Dcapture, o qual está disponível para dispositivos iOS e Android. Cada voo teve uma duração média de 20 minutos, e foram realizados quatro voos por dia. O mapeamento aéreo foi abrangente, cobrindo toda a extensão do assentamento Serra Negra. No entanto, houve uma ênfase especial na área onde o questionário foi aplicado e onde residem os primeiros moradores do assentamento, ou seja, a parte mais antiga do assentamento recebeu uma atenção especial no estudo. As análises estatísticas foram realizadas no software S tatistical Package for the Social Sciences, licença demonstrativa de 30 dias, para gerar os gráficos e as análises das variáveis pertencentes ao questionário aplicado.

Figura 29- Fluxograma da metodologia



5.2.1 Resultados e discussão

A problemática da disponibilidade de água no semiárido emerge como um desafio crítico com repercussões globais. O mapeamento aéreo realizado (Figura 30) destaca de maneira evidente a proximidade do canal leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF), situando-se a meros 150,19 metros das primeiras residências do assentamento Serra Negra. Contudo, a ausência de fornecimento de água encanada nas residências dos assentados, conforme constatado pelo questionário aplicado onde todos os entrevistados afirmaram não ter água encanada em sua residência, revela uma desconexão alarmante entre a proximidade física do canal e a falta de acesso a um recurso vital.

Essa disparidade suscita a necessidade imperativa de uma avaliação mais abrangente das políticas de distribuição e utilização dos recursos hídricos na região. Apesar de o PISF ter sido concebido como uma solução para a escassez de água, a eficácia dessas medidas pode estar comprometida por lacunas na infraestrutura adequada ou por falhas na implementação, especialmente no contexto da comunidade estudada.

Conforme destacado por Cunha, Sobral e Melo (2023), espera-se que o PISF atenda às demandas hídricas da população, concentrando-se em áreas urbanas, perímetros de irrigação e usos difusos ao longo de seus canais. A partir dessa assertiva, torna-se evidente a razão pela qual a comunidade em questão ainda não desfruta dos benefícios do PISF, apesar da proximidade física com o projeto. O trabalho de campo retratado e a análise dessa afirmação indicam a possibilidade de uma futura conexão direta entre o canal e as residências, possibilitando o transporte de água potável para os moradores que estão tão próximos do projeto. Entretanto, é crucial ressaltar a urgência da necessidade de água por parte dos assentados, que há aproximadamente 34 anos enfrentam a luta pelo direito básico à água potável.

Figura 30. Imagem aérea da área em estudo.



Fonte: autora, 2023.

Conforme observado por Soares (2013), o Eixo Leste do PISF é responsável por levar água para o açude de Poço da Cruz (PE) e para o rio Paraíba, desempenhando um papel crucial na manutenção dos níveis do açude Epitácio Pessoa (PE). Esse trecho do projeto é composto por 5 aquedutos, 2 túneis e 9 reservatórios.

Analisando os registros do dia 30 de maio de 2023, é possível notar a presença de encanação para um possível fornecimento de água (Figura 31, A e B). Além disso, é visível a construção de uma caixa d'água (Figura 31, C) e uma tubulação que se estende diretamente até as áreas das residências (Figura 31, D). Durante a visita de campo, foi observado que o meio de acesso à água do PISF é por meio de bombas que são acionadas utilizando as instalações já

existentes. Cada morador possui sua própria bomba, e um sistema de revezamento foi organizado entre eles, de modo que, quando um morador está usando a bomba, os outros são avisados, permitindo uma distribuição equitativa, a fim de utilizar apenas quando necessário.

É importante destacar que a questão do saneamento e seu impacto na saúde humana é uma preocupação antiga na história, como destacado por Araújo (2011). A falta de saneamento em Serra Negra parece apresentar semelhanças com outras regiões, como evidenciado em estudo realizado por Araújo *et al.*, (2012) em Ibimirim, onde o saneamento está ligado principalmente com a falta de acesso a água de forma direta. É relevante ressaltar que o reuso e o armazenamento da água intensificam os impactos sociais, aumentando as vulnerabilidades, especialmente entre as populações que vivem em áreas rurais (Ribeiro, 2023).

Figura 31. Encanação da transposição.





Fonte: autora, (2023).

No semiárido, a utilização de cisternas desempenha um papel crucial na gestão da água e no enfrentamento dos desafios relacionados à escassez hídrica na região. Essas estruturas desempenham um papel importante na superação dos desafios relacionados à falta d'água, na melhoria da qualidade de vida das comunidades locais, na promoção da sustentabilidade ambiental e no fortalecimento da agricultura familiar. Além disso, as cisternas garantem o acesso à água potável e apoiam as atividades econômicas em áreas afetadas pela seca. Como resultado, foi observado que quase todas as casas no assentamento possuem cisternas (Figura 32).

Quando questionados sobre a existência de poços e cisternas, cerca de 90% dos moradores relataram a presença de cisternas em suas residências, enquanto 8,75% afirmaram

ter apenas poços, e 1,25% disseram que não possuíam nenhuma das duas alternativas, dependendo do fornecimento de água dos vizinhos para sobreviver.

Estudos anteriores, como o de Sousa Jr. e Aquino (2023), destacaram a importância das cisternas na melhoria da qualidade de vida das pessoas, o que é conhecido como tecnologias sociais. No entanto, no assentamento, o abastecimento das cisternas muitas vezes ocorre por meio da compra de água de caminhões-pipa, que é organizada e financiada pelos próprios moradores.

Segundo registros do Projeto de Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, 3 poços tubular foram monitorados no assentamento serra negra no ano de 2005, com profundidade de 60/198/60 (m) (Ver tabela 5), apenas o 198 estava em operação, sendo utilizado uma bomba submersa como equipamento de bombeamento o uso da água do poço concentrava-se em utilização doméstica e animal. O valor de STD 1119,3 (mg/L), sendo classificada como água salobra.

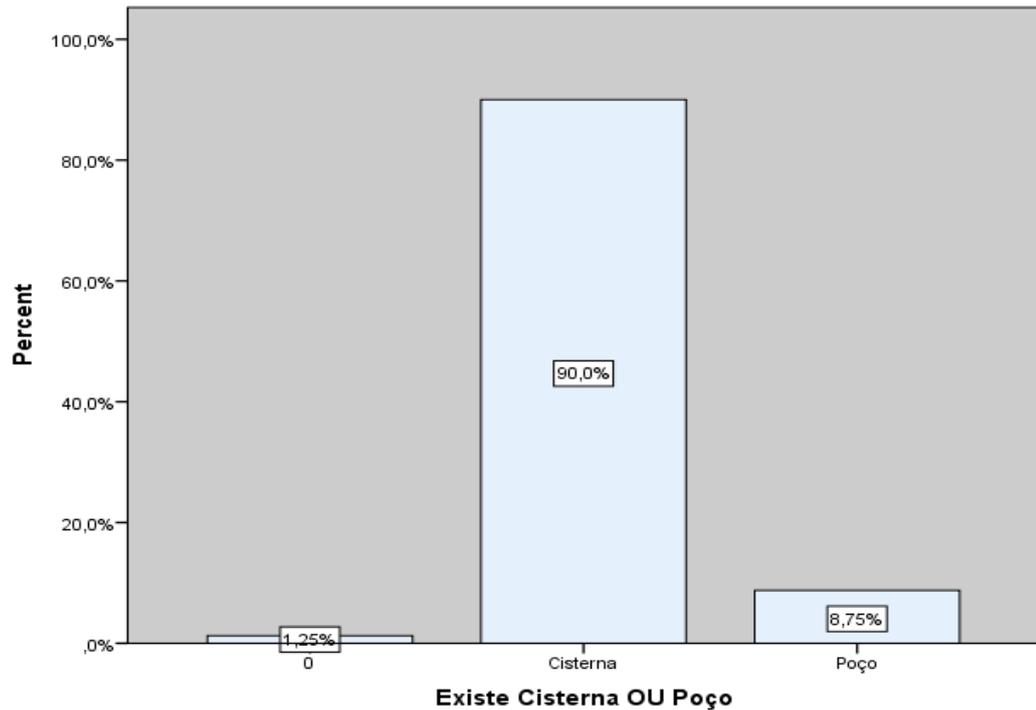
Tabela 5. Situação de Poços no Assentamento Serra Negra

PROF.(m)	Situação do Poço	Equipamento de Bombeamento	Fonte de energia	STD (mg/L)	Uso
60	Abandonado	Catavento			
198	Em Operação	Bomba submersa		1119,3	Doméstico/Animal
60	Paralisado	Bomba injetora	Monofásica		

Fonte: CPRM/2005 adaptado pela autora.

Na pesquisa de campo, observou-se que alguns poços ainda estão em uso, como demonstrado no questionário (ver Figura 32), servindo para fins domésticos e auxiliando no cuidado de animais. Vale destacar que a água salobra geralmente requer processos de dessalinização ou tratamento para torná-la adequada para outros usos. A dessalinização vem sendo bastante utilizada no semiárido como mostra Silva, *et al.*, 2023, a dessalinização de fontes subterrâneas salobras, através da osmose reversa (OR), emerge como uma solução para a produção de água potável, visando atender às necessidades da população em várias localidades o que auxilia para mitigar o efeito das desigualdades e vulnerabilidades com relação ao acesso a água.

Figura 32. Respostas dos assentados com relação a existência de Cisternas ou Poços (Artesanais), em suas residências.



Fonte: autora, (2023).

Figura 33: Cisternas nas residências. (A) primeiras cisternas colocadas, (B) As cisternas atuais modernizadas pelo programa Um milhão de Cisterna



Fonte: autora, (2023).

Diante do questionário aplicado, foi realizada uma comparação entre a variável que representa a quantidade de pessoas que residem em um único domicílio e a variável que indica a quantidade de pessoas trabalhando e aposentadas (Figura 34). Em domicílios com 10 membros, nenhum deles estava empregado, e apenas uma pessoa estava aposentada. No gráfico que representa a aposentadoria, observou-se que 51,25% dos entrevistados afirmaram que não havia nenhuma pessoa aposentada, 43,75% disseram que pelo menos uma pessoa na residência estava aposentada, e somente 5% mencionaram que duas pessoas estavam aposentadas no mesmo domicílio.

No que diz respeito ao emprego, 61,25% dos entrevistados relataram a inexistência de pessoas empregadas, enquanto 35,5% mencionaram que pelo menos uma pessoa na residência estava empregada, e 3,75% afirmaram que pelo menos duas pessoas estavam empregadas. Além disso, 2,5% dos entrevistados disseram que pelo menos três pessoas estavam trabalhando no dia da entrevista. É importante destacar que, para fins deste estudo, o termo "trabalho" se refere às pessoas empregadas que recebem pelo menos um salário-mínimo mensalmente. A pesquisa contou com a participação de 80 famílias, todas participando de forma voluntária.

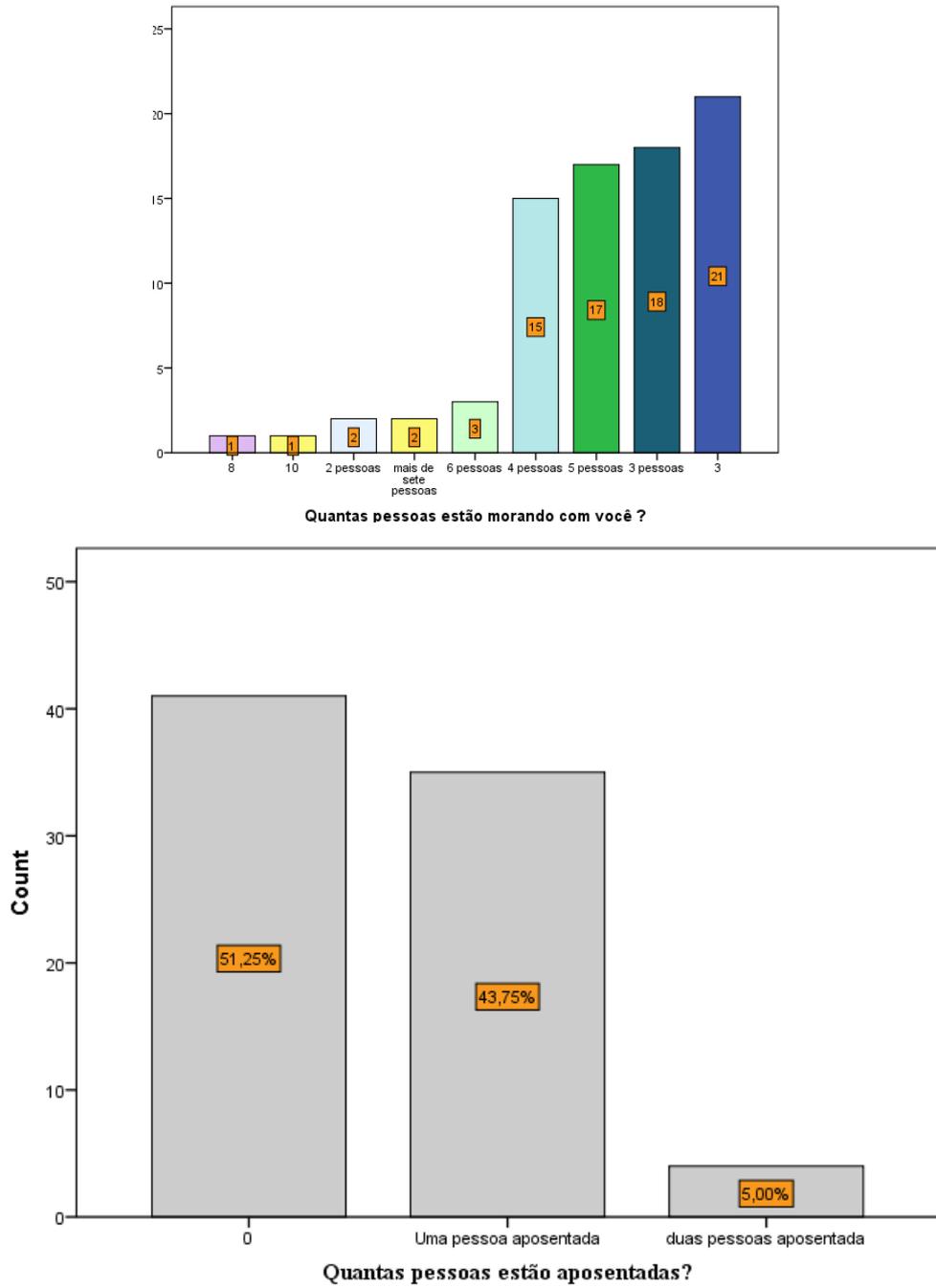
A partir dessas informações, é possível concluir que os assentados enfrentam desafios consideráveis em relação ao emprego e a aposentadoria. Muitas famílias não têm acesso a empregos formais ou benefícios de aposentadoria, o que pode levar a dificuldades econômicas significativas.

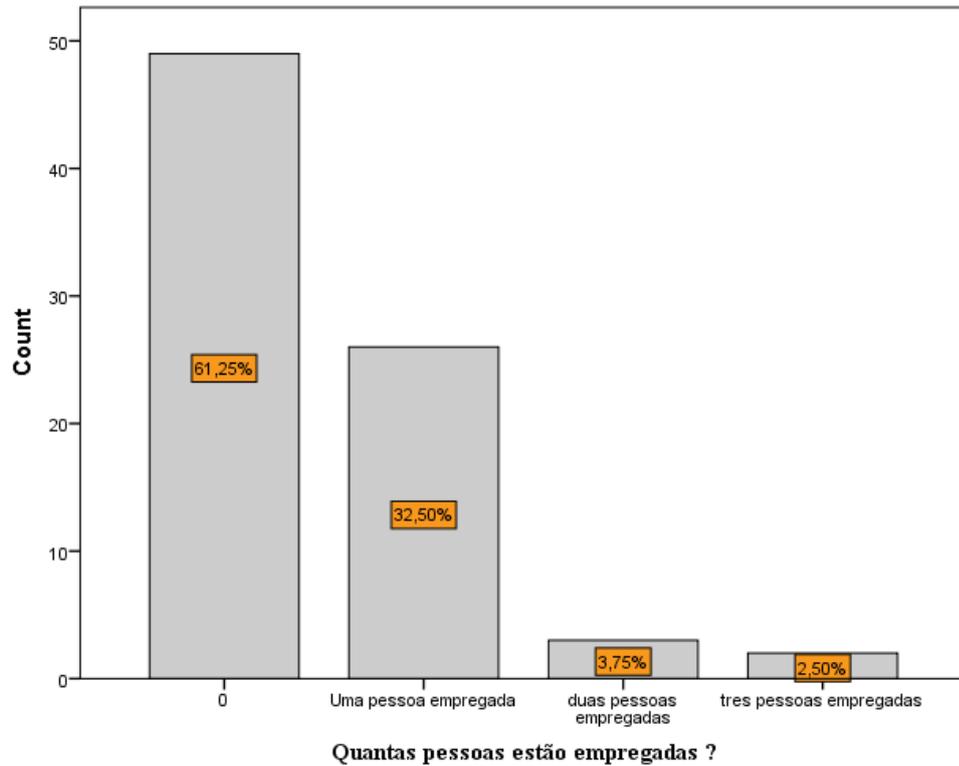
Conforme observado por Stocker (2023), os assentados não apenas cultivam para seu consumo pessoal, mas as culturas por eles produzidas também podem ser fonte de renda, melhorando sua qualidade de vida. Com base nessa análise, torna-se evidente a relevância da agricultura familiar nos assentamentos como um meio de promover a sustentabilidade econômica das famílias, especialmente aquelas com grande número de residentes. A densidade populacional nos domicílios varia consideravelmente, carecendo de um padrão uniforme. Portanto, algumas famílias podem ser mais vulneráveis do que outras dentro do assentamento.

Os entrevistados relataram que, apesar dos investimentos limitados na região, alguns encontraram maneiras de aumentar a renda familiar cultivando produtos agrícolas para venda no centro comercial de Floresta. Outros complementam sua renda com empregos temporários na cidade. Essas estratégias permitem que as famílias sobrevivam, apesar das disparidades econômicas existentes.

É notável que, apesar das diferenças, os assentados se apoiam mutuamente em momentos de necessidade, seja compartilhando alimentos escassos em suas casas ou contribuindo financeiramente para a aquisição de água por meio de caminhões-pipa. Isso reflete a coesão e o espírito de comunidade presentes entre os residentes dos assentamentos.

Figura 34: Quantidade de pessoas por domicílio, quantidade de pessoas empregadas e quantidade de pessoas aposentadas





Fonte: autora, (2023).

A vulnerabilidade social está ligada à situação econômica das famílias, sendo essencial analisar a renda mensal dos moradores para compreender a qualidade de vida que essa renda proporciona. Consoante o gráfico de renda mensal (figura 35), 55,0% dos 80 entrevistados no assentamento Serra Negra sobrevivem com apenas um salário-mínimo. Lemos (2020) observa que a economia no semiárido enfrenta uma fragilidade decorrente das disparidades na geração e distribuição de renda, que estão relacionadas a diversos fatores, com ênfase na escassez de recursos naturais, em particular, a água. Além disso, a ausência de investimentos na região agrava ainda mais as condições de vulnerabilidade da população.

A análise das condições habitacionais no assentamento é demonstrada através das imagens (ver Figura 36), onde foram registradas 4 residências representativas da estrutura predominante na localidade em estudo. É observável que a maioria das casas apresenta pisos de chão batido, telhados simples e menos de quatro cômodos, sendo importante ressaltar que algumas residências abrigam aproximadamente 10 pessoas.

Por fim, os dados aqui apresentados evidenciam a urgência de políticas e intervenções direcionadas à melhoria das condições de vida das famílias em situação de vulnerabilidade no semiárido. Tais iniciativas devem abordar questões cruciais como o acesso a recursos básicos,

oportunidades de emprego e educação, além de promover práticas agrícolas sustentáveis para aumentar a renda e garantir a segurança alimentar dessas comunidades.

Figura 35: Rendimento mensal dos moradores do Assentamento Serra Negra-PE

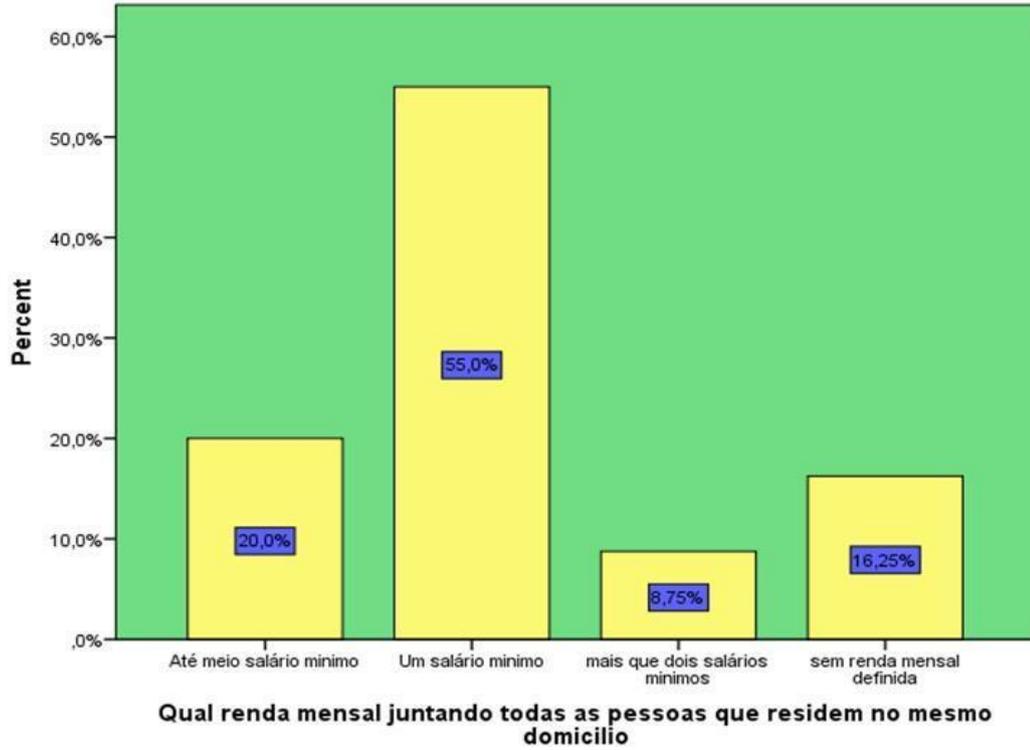


Figura 36. Estrutura das casas do assentamento serra negra





Fonte: autora, (2023).

Duas perguntas abertas foram formuladas, indagando sobre o conhecimento prévio acerca da Transposição e as expectativas em relação a esse empreendimento. Observou-se que, apesar da relevância do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), os habitantes do assentamento apresentaram lacunas de compreensão, evidenciadas por respostas genéricas. Tal constatação sugere a ausência de um processo adequado de consulta e informação à comunidade, denotando a necessidade de um esforço mais robusto na disseminação de informações sobre o referido projeto.

Ao serem indagados sobre o significado da água, mesmo entre indivíduos diversos, a resposta convergiu de forma unânime para a expressão "VIDA". Esta foi a palavra proferida por todos os 80 residentes ao serem questionados sobre a percepção pessoal acerca do significado da água. Tal constatação evidencia que a água representa um dos recursos mais inestimáveis para os habitantes sertanejos do assentamento Serra Negra.

5.3 Conclusão

A eficácia e a riqueza da metodologia fotográfica foram evidenciadas ao serem utilizadas como meio de complementar e validar as declarações dos residentes durante a pesquisa de campo. Através das fotografias, foi possível visualizar de forma direta e tangível as condições das habitações, a infraestrutura local e outros aspectos relevantes mencionados pelos moradores durante as entrevistas. Essa abordagem permitiu uma validação visual dos achados da pesquisa, fortalecendo a credibilidade e a consistência dos resultados obtidos.

Conclui-se que apesar da chegada da Transposição do São Francisco, os habitantes que residem a uma distância aproximada de 150, 19 metros do canal do eixo leste, ainda sofrem com a falta de água encanada, mesmo com a infraestrutura de encanamento disponível, verifica-se que a água não alcança as torneiras, o que implica em dificuldades substanciais no cumprimento das necessidades básicas de sobrevivência humana. Este cenário ressalta a

necessidade de abordagens e soluções mais abrangentes e eficazes para atender as demandas hídricas dos assentados.

A despeito da existência de cisternas e poços nas habitações dos assentados, constata-se que a questão da disponibilidade hídrica permanece como um dos desafios mais prementes na região em questão. A necessidade de abastecer as cisternas frequentemente obriga os residentes a recorrerem à aquisição de serviços de caminhões-pipa, um procedimento que se configura como um ônus considerável para muitos devido às circunstâncias econômicas particularmente precárias que caracterizam a comunidade. Esta situação ilustra de maneira eloquente a persistência das dificuldades enfrentadas pelas populações locais no tocante a garantia de acesso a recursos hídricos essenciais para suas atividades cotidianas e subsistência.

Conclui-se que, os assentados subsistem com uma renda mensal equivalente ao salário-mínimo. A renda bruta de famílias no interior do assentamento é classificada como sendo baixa ou mesmo muito baixa, circunstância que potencialmente compromete substancialmente o padrão de vida dos assentados. É necessário a implementação de ações concretas destinadas à melhoria da qualidade de vida nos assentamentos do semiárido. Apesar dos avanços alcançados, há ainda uma considerável margem para a realização de esforços adicionais e para a implementação de iniciativas que visem a mitigação das dificuldades enfrentadas por essa comunidade.

Além disso, em relação às perguntas abertas (Apêndice E), foi possível observar a falta de informação por parte dos assentados quanto ao significado da obra e à importância do projeto. No entanto, quando questionados sobre o significado da água, a maioria respondeu com a palavra "VIDA". Isso indica que, apesar da conscientização sobre a importância da água, os sertanejos que participaram deste estudo não foram devidamente informados sobre a relevância do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) em suas vidas.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A região semiárida se destaca por suas características importantes e desafiadoras, tornando as políticas públicas voltadas para o seu desenvolvimento de extrema importância. Especificamente, no âmbito das políticas públicas, a Transposição do São Francisco emerge como um marco significativo para as localidades beneficiadas pelo projeto. Contudo, enfrenta-se o desafio de garantir que o PISF atenda integralmente aos seus objetivos iniciais, visando efetivamente alcançar a segurança hídrica e impulsionar o desenvolvimento regional.

A análise da estrutura do eixo leste, a partir do município de Floresta-PE, revelou alterações ao longo dos anos. A abordagem, fundamentada no uso e ocupação do solo e na interligação de imagens de satélites e drones, proporciona informações valiosas sobre o aumento da urbanização no município, a perda de formação savânica e o aumento do mosaico de uso.

Sob a perspectiva de analisar o ambiental entrelaçado com o social, destaca-se a importância de uma gestão detalhada da análise do ciclo hidrológico, fornecendo informações relevantes e buscando minimizar a problemática da seca para o sertão. Ao investigar a partir de uma comunidade às margens de um trecho da transposição, concluiu-se que, apesar dos benefícios trazidos pelo PISF, a falta de diálogo com as comunidades evidencia a urgência de incorporar cada vez mais a voz da população nas decisões, onde serão os principais beneficiários.

Em última análise, ressalta-se que a avaliação das políticas públicas pode e deve ser realizada com o auxílio de ferramentas tecnológicas, a exemplo de imagens. Para que uma política pública seja efetivamente implementada, é essencial caminhar de mãos dadas com a voz da comunidade, reconhecendo-a como peça central no processo de tomada de decisões.

REFERÊNCIA

_____. COSTITUIÇÃO 1988, Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. [https://portal.stf.jus.br/constituicao-supremo/artigo.asp?abrirBase=CF&abrirArtigo=225#:~:text=Do%20Meio%20Ambiente-.Art.,as%20presentes%20e%20futuras%20gera%C3%A7%C3%B5es.&text=\(...\)](https://portal.stf.jus.br/constituicao-supremo/artigo.asp?abrirBase=CF&abrirArtigo=225#:~:text=Do%20Meio%20Ambiente-.Art.,as%20presentes%20e%20futuras%20gera%C3%A7%C3%B5es.&text=(...)).

ALMEIDA Gonçalves Mendes, Priscylla Dayse et al. Public Policies and Adaptation to Climate Change: Three Case Studies in the Brazilian Semi-Arid Region. **Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate**, v. 13, n. 3, 2022.

ALMEIDA Silva, A.; RODRIGUES, B.; DA SILVA, G. F. Breve panorama das Indicações Geográficas do Nordeste brasileiro e reflexões sobre os negócios LOCAIS/ Brief overview of geographical indications of northeast Brazil and reflections on local business. **Informe GEPEC**, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 238–256, 2022. DOI: 10.48075/igepec.v26i1.28146.

ALMEIDA, A. N. de; MARTINS, S. D. Evolução da Qualidade dos Planos de Mitigação e Monitoramento nos Estudos de Impacto Ambiental. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. e12355, 2023. DOI: 10.59306/rgsa.v12e12023e12355.

ANA – Agência Nacional das Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno. Brasília-DF.

ANDRADE, Ricardo Guimarães et al. Análise espaço-temporal da evapotranspiração na bacia do rio Paraibuna usando o produto MOD16. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3406-3416, 2020.

APAC- Agência Pernambucana de Águas e Climas, Conselho Gestor- Barra do Juá, 2023, disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/133-barra-do-juia/156-barra-do-juia> (accessed em july 2023).

ARAÚJO, EFRAIM; MAMEDE, George Leite. Validation of soil uses around reservoirs in the semi-arid through image classification. **Revista Caatinga**, v. 34, p. 670-681, 2021.

ARAÚJO, GVR et al. Ausência de Saneamento Básico no Semiárido Pernambucano: A Percepção de Moradores da Comunidade de Poço da Cruz, Ibimirim-PE. In: **II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. 2011.

ATAIDE, Renata Érica de Figueredo; GONÇALVES, Cláudio Ubiratan. Questão agrária no sub-médio São Francisco: conflitos territoriais provocado pela construção do Canal da Transposição, Eixo Leste-Floresta-Pernambuco. **Proceedings of XIII Jornada do Trabalho** **Proceedings of XIII Jornada do Trabalho**, 2012.

BAI, Junhong et al. Wetland biogeochemistry and ecological risk assessment. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 97, p. 1-2, 2017.

BRASIL, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diretoria de Desenvolvimento e Consolidação de Projetos de Assentamento** DD Coordenação-Geral de Implantação - DDI - Sistema SIPRA. 2023, Disponível em : <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/reforma-agraria/assentamentosgeral.pdf>

BRANCHI, Bruna Angela. Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas e Índices Compostos: Aplicação e Desafios. **Sociedade & Natureza**, v. 34, 2022.

BRITO, H Costa de.; BRITO, Y Maia Araújo de, ASSIS W. de Dunga; FERREIRA, Y Barbosa Costa.; VASCONCELOS, Sheila Rochele, I. Análise temporal da disponibilidade hídrica nos estados beneficiados pela Transposição do Rio São Francisco. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 21, n. 75, p. 102–116, 2020. DOI: 10.14393/RCG217550733.

BURITI, Catarina de Oliveira; AGUIAR, José Otávio. Secas, migrações e representações do semi-árido na literatura regional: por uma história ambiental dos sertões do Nordeste brasileiro. **Textos e Debates**, n. 15, 2008.

CAETANO, Robert et al. Uso de índices espectrais na caracterização da cobertura vegetal em região de Caatinga do Semiárido Baiano. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 2, p. 28-43, 2022.

CAMPOS, José Nilson B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos avançados**, v. 28, p. 65-88, 2014.

CANÇADO¹, Taynara Candida Lopes; DE SOUZA, Rayssa Silva; DA SILVA CARDOSO, Cauan Braga. Trabalhando o conceito de Vulnerabilidade Social. 2014.

CARVALHO, Paula Roberta Souza et al. Modelagem Hidrológica na Sub-Bacia do Rio Paraibuna Utilizando o Modelo SMAP, **Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, IV**, 2023, Campos dos Goytacazes, RJ,

DA COSTA ARSKY, Igor. Os efeitos do Programa Cisternas no acesso à água no semiárido. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, 2020.

DA COSTA, Paulo Victor Maciel; OJIMA, Ricardo. Transposição do Rio São Francisco: Migração e Vulnerabilidade no Semiárido Nordeste. **Anais**, p. 1-13, 2022.

DA CUNHA, C. R. M. .; SOBRAL, M. do C. M. .; MELO, . M. G. de S. . Avanços e desafios do gerenciamento integrado dos recursos hídricos no modelo de gestão no Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco Com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF). **Revista Foco**, [S. l.], v. 16, n. 02, p. e1118, 2023. DOI: 10.54751/RevistaFoco.v16n2-179.

DA SILVA MENDES, Izabela Aparecida; DA COSTA, Adriana Monteiro. Mudança temporal no uso e cobertura da terra na Bacia do Alto Rio das Velhas. **RAEGA-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 55, p. 154-175, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v55i0.82190>.

DA SILVA STOCKLER, N. Mercados invisíveis: a circulação pelos circuitos curtos nos limites dos assentamentos rurais. **Geografia em Atos (Online)**, Presidente Prudente, v. 7, n. 1, 2023. DOI: 10.35416/2023.9247. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/9247>. Acesso em: 24 set. 2023.

DA SILVA, Ana Carolina Aguerri Borges. Da esperança ao conflito: desigualdade no acesso à água pelos trabalhadores rurais reassentados pela transposição do rio São Francisco no estado de Pernambuco–Brasil. **Revista Fim do Mundo**, n. 8, p. 73-93, 2022.

DA SILVA, Francisco Elitom Rodrigues et al. A água e sua importância para o sertanejo no ambiente semiárido cearense. **Revista Equador**, v. 8, n. 2, p. 186-208, 2019.

DA SILVA, Jhon Lennon Bezerra et al. Spatial-temporal dynamics of the Caatinga vegetation cover by remote sensing in municipality of the Brazilian semi-arid. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. 1-10, 2019.

DANESHI, Alireza et al. Modelling the impacts of climate and land use change on water security in a semi-arid forested watershed using InVEST. **Journal of Hydrology**, v. 593, p. 125621, 2021.

DE ARAÚJO Filho, José Coelho et al. Semi-arid Soils of the Caatinga Biome of Northeastern Brazil. In: **The Soils of Brazil**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 175-193.

DE BRITO, Higor Costa; DE BRITO, Yáscara Maia Araújo; RUFINO, Iana Alexandra Alves. O índice de segurança hídrica do Brasil e o semiárido brasileiro: desafios e riscos futuros. **Rev. Bras. Cartogr**, v. 74, n. 1, 2022.

DE CARVALHO, Márcio Douglas et al. Os paus de arara: a migração de nordestinos na década de 1950, sob o olhar das fotoreportagens da revista O Cruzeiro. **CLIO: Revista Pesquisa Histórica**, v. 40, n. 2, p. 171-198, 2022.

DE CASTRO, Rafael Adriano; MACHADO, Elias. Análise de sensibilidade de parâmetros hidrológicos na bacia do Rio Das Pedras Guarapuava-PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 05, p. 1746-1756, 2019.

DE CLAUDINO SALES, Vanda. Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 8, n. 2, p. 125-141, 2004.

DE MEDEIROS Pereira, Maria Caroline; DE SOUSA Miranda, Roberto. A intensificação das desigualdades sociais como consequência da crise do abastecimento de água no semiárido nordestino. **ENANPUR**, Belém, 2023.

DE MOURA, Magna Soelma Beserra; SOBRINHO, José Espínola; DA SILVA, Thieres George Freire. Aspectos meteorológico do semiárido brasileiro. 2019.

DE QUEIROZ, Marcus Vinicius Dantas; DE SIQUEIRA Costa, Bianka Victória Almeida; DE ALMEIDA, Douglas Inácio Costa. Arquitetura, Estado e Obras Hídricas em Regiões Semiáridas da América Latina (1909-1945): Um Panorama. **Revista Arquitetura e Lugar**, v. 1, n. 1, p. 74-85, 2023.

DE SANTANA Peixôto, Maria Carolina; DE ARAÚJO, João Paulo Rodrigues; NETO, Manoel Cirício Pereira. Sistemas ambientais, vulnerabilidade e uso e ocupação no município de Assú/RN. **Geografia (Londrina)**, v. 32, n. 1, p. 31-48, 2023.

DE SÃO JOSÉ, Rafael Vinicius et al. Hazard (seca) no semiárido da Bahia: Vulnerabilidades e Riscos climáticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 4, p. 1978-1993, 2022.

DE SOUSA JÚNIOR, F. S.; DE AQUINO, J. M. Tecnologias sociais de convivência com o semiárido no município de Upanema/RN. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 277–298, 2023. DOI: 10.55905/rcssv12n1-016. Disponível em: <https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/rccs/article/view/2608>. Acesso em: 24 sep. 2023.

DE SOUSA, Maria da Conceição et al. Spatio-temporal dynamics of land use changes of an intense anthropized basin in the Brazilian semi-arid region. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 24, p. 100646, 2021.

DE SOUZA, Maria Aparecida; RAMALHO, Ângela Maria Cavalcanti. Cenarização prospectiva do acesso à água no semiárido paraibano: entrelaçamentos e desafios. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e16011326274-e16011326274, 2022.

DE SOUZA, Maria Roberta Rodrigues et al. Desafios da educação inclusiva no Semiárido Brasileiro: uma revisão sistemática. **Perspectivas em Diálogo: Revista de Educação e Sociedade**, v. 10, n. 22, p. 159-181, 2023

DE SOUZA, Sérgio Domiciano Gomes; DE SOUZA, Anny Catarina Nobre; DE SOUSA, Maria Losângela Martins. Políticas públicas de convivência com o semiárido na sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará, Brasil. 2022.

DEVIA, Gayathri K.; GANASRI, B. Pa; DWARAKISH, G. Sa. A review on hydrological models. **Aquatic procedia**, v. 4, p. 1001-1007, 2015.

DO NASCIMENTO, Carlos Eduardo Pereira; DOS SANTOS, Maria Daniele Cruz. Estado e Políticas Públicas: A Seca no Semiárido Nordeste. **Revista Geotemas**, v. 12, p. e02206-e02206, 2022.

DO NASCIMENTO, Jennifer Marinho; FRADE, Tatiane Gomes; DA SILVA, Richarde Marques. Modelagem da resposta do escoamento em uma bacia do semiárido da Paraíba utilizando o modelo SWAT (Modelling of runoff response in semi-arid catchment of Paraíba State using SWAT). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 1137-1150, 2018.

DOS SANTOS Sousa, Wanderson et al. Estimativa do balanço hídrico de uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema com o Modelo SWAT. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, p. 146-154, 2018.

DOS SANTOS, Viviane Brás; DOS REIS, Ana Cecília. Diversidade na escola: os caminhos da política de inclusão escolar no contexto do semiárido brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 2, p. 8553-8566, 2023.

DOS SANTOS¹, Sávio Barbosa; FEITOSA, Ailton. Caracterização da dinâmica no uso e ocupação do solo diante das adversidades do clima no município de Palmeira dos Índios/AL. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 02, p. 1053-1062, 2022.

DRAVET, Florence Marie; SILVA, Alberto Marques; CHAVES, Beatriz. Perspectivas Teóricas e Aplicadas na Pesquisa em Economia Criativa no Brasil: Revisão de escopo theoretical and applied perspectives in Creative economy research in Brazil: scoping review. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 3, 2022.

EAKIN, Hallie C.; LEMOS, Maria C.; NELSON, Donald R. Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. **Global environmental change**, v. 27, p. 1-8, 2014.

ERT, Eyal; FLEISCHER, Aliza; MAGEN, Nathan. Trust and reputation in the sharing economy: The role of personal photos in Airbnb. **Tourism management**, v. 55, p. 62-73, 2016.

FARIAS, C., VIANA, J., Miranda, R., SILVA, S., Vasco, G., MONTEGRO, S., GALVÍNIO J, D. Técnica de calibração para modelagem da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, Brasil, utilizando o SWAT. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 2023, 16 (3), 1621-1628 doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.3p1621-1628>.

FERNANDES, M. R. do N.; XAVIER, A. R.; AMORIM, A. V.; LEMOS, A. B. da S.; LEMOS, P. B. S.; CYSNE, M. do R. de F. P.; CYSNE, M. R. P.; GOMES, L. G. A. Políticas de acesso a água e de combate à seca no Nordeste do Brasil: do paradigma assistencialista ao modelo sustentável de convivência com o semiárido. **Observatório de La economia Latino Americana**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 530–558, 2023. DOI: 10.55905/oelv21n1-029. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/295>. Acesso em: 27 oct. 2023.

FERREIRA, Briane Carla Coppi; VALVERDE, Maria Cleofé. Análise dos índices de extremos de precipitação em cenários futuros na bacia do rio Ribeira de Iguape-São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, p. 41-55, 2022.

FERREIRA, José Gomes et al. ÁGUA, Semiárido e Sustentabilidade: Aplicando o ODS 6 aos Municípios do Rio Grande do Norte: Water, Semi-Arribes and Sustainability: Applying SDS 6 To The Municipalities of Rio Grande do Norte. **MIX Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 75-90, 2023.

FERREIRA, Pedro C. Long-term perspectives of Brazilian economy: an exploratory analysis. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 18, n. 4, p. 533-560, 1998.

FIORESE, Caio Henrique Ungarato. Land use and occupation in the Fundaça Stream subbasin, Espírito Santo, Brazil. **Revista Agrogeoambiental**, v. 13, n. 1, p. 82-96, 2021.

FISTAROL, Pedro Henrique Bagnara; SANTOS, J. Y. G. Implicações das alterações no uso e ocupação do solo nas perdas de solo da bacia do Rio de Ondas, Estado da Bahia. **Okara: Geografia em Debate**, v. 14, n. 1, p. 81-103, 2020.

Freire, Paulo, *Pedagogia da Esperança*. Paz e Terra, 1994.

FREITAS, N. T. A.; MARIN, F. A. D. G. Educação Ambiental e Água: Concepções e Práticas Educativas em Escolas Municipais. **Nuances: Estudos sobre Educação**, Presidente Prudente, v. 26, p. 234–253, 2015. DOI: 10.14572/nuances.v26i0.2813. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/Nuances/article/view/2813>. Acesso em: 7 out. 2023.

FURTADO, Celso. **Formação Econômica do Brasil**. 32. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2005. 253 p. (2).

GALINDO, Eryka. Água, Nosso Primeiro Alimento: O Caso da Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA). In: Encontro da Rede de Estudos Rurais, 10., 2023, São Carlos. **Encontros**. São Carlos: Ufscar, 2023. p. 1-13.

GALVINCIO, J. D., LUZ, G. G. Desenvolvimento de modelo que estima o impacto do CO₂ Atmosférico nas precipitações do estado de Pernambuco, utilizando ARIMA. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 2021, 14, 1840-1851. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1840-1851>

GALVÍNCIO, J. D.; SOUZA, F. A. S. Relação entre o fenômeno El Niño e os totais mensais precipitados na bacia hidrográfica do rio São Francisco. **RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 113-119, 2002.

GALVINCIO, Josiclêda. Domiciano, et al. ADIVA-Análise de Índice de Vegetação e Água. 2022. doi <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.3.p1654-1659>.

GOMES, M. A.; PEREIRA, M. L. D. Família em situação de vulnerabilidade social: uma questão de políticas públicas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, n. 2, p. 357-363, 2005.

GONDIM, Juliana Maria Soares et al., **Práticas de uso sustentável da água da chuva como meio de minimizar os impactos da crise hídrica no semiárido nordestino**. Anais CONADIS... Campina Grande: Realize Editora, 2018.

GOUVEIA, J. NASCIMENTO, C. Identificação operacional de áreas com potencial de regeneração e/ou recuperação vegetal nas mesorregiões do sertão e São Francisco pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 2023, 16 (3), 1231-1246 doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.3.p1231-1246>.

GUENNI, L. B, CARDOSO, M., GOLDAMMER, J, Hurtt, G, MATA, L. J, EBI, K, House, J, Valdes, J. Regulation of natural hazards: floods and fires. *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. 2005, 55. 441-454. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c04539f206cb9d189e12acacce1759e080e1a150>

HAYRAN Cabral dos Santos, R.; EUDES Nogueira Rodrigues, M. .; SILVA, José Rodrigues da. Análise Temporal do Regime Pluviométrico do Município do Congo no Estado da Paraíba. **Revista Georaguaia**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 272–287, 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/14518>. Acesso em: 9 out. 2023.

Henig, Edir Vilmar, Esperança no Semiárido: Apontamentos sobre a formação da renda de produtores do Sertão do Araripe/PE. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 58–68, 2023. DOI: [10.24979/ambiente.v16i1.1044](https://doi.org/10.24979/ambiente.v16i1.1044).

HUANG, Sha et al. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. **Journal of Forestry Research**, v. 32, n. 1, p. 1-6, 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Portal Cidades: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/floresta/panorama> 2023.

Instituto Nacional do Semiárido - INSA. (comp.). **O semiárido Brasileiro**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiariado-brasileiro#:~:text=O%20Semi%C3%A1rido%20Brasileiro%20se%20estende,semi%C3%A1ridos%20mais%20povoados%20do%20mundo..> Acesso em: 06 jun. 2023.

JANCZURA, Rosane. Risco ou vulnerabilidade social? **Textos & Contextos (Porto Alegre)**, v. 11, n. 2, p. 301-308, 2012.

JARDIM, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz et al. Using remote sensing to quantify the joint effects of climate and land use/land cover changes on the caatinga biome of northeast Brazilian. **Remote Sensing**, v. 14, n. 8, p. 1911, 2022.

JÚNIOR, Edson Vieira Barbosa; GALVINCIO, Josiclea Domiciano. Análise Climatológica da Quadra Chuvosa do Município de Belém de São Francisco–PE, para o Período de 1962 A 2009. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, n. 2, p. 31-42, 2009.

KARANJA, Diana; ELLIOTT, Susan J.; GABIZON, Sascha. Community level research on water health and global change: where have we been? Where are we going?. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 3, n. 6, p. 467-470, 2011.

KUMAR, B. Pradeep et al. Geo-environmental monitoring and assessment of land degradation and desertification in the semi-arid regions using Landsat 8 OLI/TIRS, LST, and NDVI approach. **Environmental Challenges**, v. 8, p. 100578, 2022.

LA ROVERE, Renata Lèbre. The contribution of evolutionary economic geography to studies on knowledge in firms: a research agenda for the analysis of Brazil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 21, p. e022007, 2022.

LAIGNIER, Pablo; FORTES, Rafael. A criminalização da pobreza sob o signo do “choque de ordem”: uma análise dos primeiros cem dias do governo Eduardo Paes a partir das capas de O Globo. **Comunicação & Sociedade**, v. 31, n. 53, p. 53-78, 2010.

LANG, Yanqing; SONG, Wei; ZHANG, Ying. Responses of the water-yield ecosystem service to climate and land use change in Sancha River Basin, China. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 101, p. 102-111, 2017.

LAUTZE, Jonathan; MANTHRITHILAKE, Herath. Water security: old concepts, new package, what value?. In: **Natural resources forum**. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2012. p. 76-87.

LEGESSE, Dagnachew; VALLET-COULOMB, Christine; GASSE, Françoise. Hydrological response of a catchment to climate and land use changes in Tropical Africa: case study South Central Ethiopia. **Journal of hydrology**, v. 275, n. 1-2, p. 67-85, 2003.

LEMOS, J. de J. S. Vulnerabilidades induzidas no Semiárido Brasileiro. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, [S. l.], v. 10, p. 245–268, 2020. DOI:

10.24302/drd.v10i0.2728. Disponível em: <http://ojs.unc.br/index.php/drd/article/view/2728>. Acesso em: 2 out. 2023.

LESSA DA SILVA, . . .; SILVA, . R. da; RIBEIRO DE HOLANDA, . A. C.; SOARES, . de A.; GONDIM, . V. S.; ANTONINO, . C. D. Eficiência de dessalinizadores na remoção de sais de água salobra no semiárido pernambucano: desalter efficiency in removing salts from brackish water in pernambuco's semi-arid region . **MIX Sustentável**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. 17–27, 2023. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n5.17-27. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/5891>. Acesso em: 5 fev. 2024.

LIQUETE, Camino et al. Securing water as a resource for society: an ecosystem services perspective. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 11, n. 3-4, p. 247-259, 2011.

LIU, Yi et al. Evaluating the performance of satellite-based precipitation products using gauge measurement and hydrological modeling: A case study in a dry basin of Northwest China **Journal of Hydrometeorology**, v. 23, n. 4, p. 541-559, 2022.

LOTTA, Gabriela. A política pública como ela é: contribuições dos estudos sobre implementação para a análise de políticas públicas. **Teoria e análises sobre implementação de políticas públicas no Brasil. Brasília: Enap**, p. 11-38, 2019.

LUCENA, Rebecca Luna et al. Métodos estatísticos na análise interanual das chuvas: uma apreciação da série histórica do município de Caicó/RN. **Cadernos do IME-Série Estatística**, v. 54, p. 43-62, 2023.

LUZ, G. G, GALVINCIO, J. D.. Balanço hídrico superficial da bacia hidrográfica do riacho Milagres-PE, utilizando o SUPer. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 2, p. 1094-1107, 2022.

MACEDO, Neusa Dias de. **Iniciação à pesquisa bibliográfica**. Edições Loyola, 1995.

MAJESKI, J. C. L., & TRINDADE, L. de L. Lacunas de governança da água nas bacias hidrográficas da vertente Atlântica do Estado de Santa Catarina. **Engenharia Sanitaria E Ambiental**. 2023, 28, e20220231. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220231>.

MALDONADO, Francisco Darío; SANTOS, JR Dos; DE CARVALHO, Vitor Celso. Land use dynamics in the semi-arid region of Brazil (Quixaba, PE): characterization by principal

component analysis (PCA). **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 23, p. 5005-5013, 2002.

MANSO, Carlos Alberto; BARRETO, Flávio Ataliba; TEBALDI, Edinaldo. O desequilíbrio regional brasileiro: novas perspectivas a partir das fontes de crescimento “pró-pobre”. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 37, n. 3, p. 307-328, 2006.

MapBiomass. 2022. Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2021 –p.49. 2022. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>.

MARENGO, José A.; CUNHA, Ana P.; ALVES, Lincoln M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanálise**, v. 3, n. 1, p. 49-54, 2016.

MARIN Lefont, Lisandra; FARFÁN, Álvarez Mariano P.; SIERRA, Ramírez Juan Carlos. Políticas públicas, cultura del debate y nueva gobernanza: valoraciones mínimas. **Alcance**, v. 9, n. 23, p. 110-131, 2020.

MARIZ, Jonas Alves et al. Análise sustentável da pegada hídrica total na sub-bacia do Rio Paraíba, localizado no Semiárido Nordestino, Brasil. **Natural Resources**, v. 12, n. 1, p. 75-90, 2022. <https://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2022.001.0008>

MARQUETTI, Adalmir et al. Uma interpretação da economia brasileira a partir da taxa de lucro: 1950-2020. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 43, p. 309-334, 2023.

MARTINS, Carlos Benedito. Em defesa do conceito de sociedade. **Revista brasileira de ciências sociais**, v. 28, p. 229-234, 2013.

MARTINS, Letícia Lopes et al. Calibração hidrológica do modelo SWAT em bacia hidrográfica caracterizada pela expansão do cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 576-594, 2020.

MATTOS, Leandra Iriane. As desigualdades sociais como reflexo da falta de políticas públicas. **Revista Avant**, [S. l.], v. 7, n. 1, 2023. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/avant/article/view/6370>. Acesso em: 3 nov. 2023.

MCPHILLIPS, Lauren E. et al. Defining extreme events: A cross-disciplinary review. **Earth's Future**, v. 6, n. 3, p. 441-455, 2018.

MELSEN, L. A. It takes a village to run a model—the social practices of hydrological modeling. **Water Resources Research**, v. 58, n. 2, p. e2021WR030600, 2022.

METYCH, Michele. "natural disaster". *Encyclopedia Britannica*, 27 Mar. 2023, [Acessado em 31 junho 2023](https://www.britannica.com/science/natural-disaster). Disponível em: <https://www.britannica.com/science/natural-disaster>.

MIKAEILI, Omidreza; SHOURIAN, Mojtaba. Assessment of the analytic and hydrologic methods in separation of watershed response to climate and land use changes. **Water Resources Management**, v. 37, n. 6-7, p. 2575-2591, 2023.

MIRDASHTVAN, Mahsa et al. Sustainable water supply and demand management in semi-arid regions: optimizing water resources allocation based on RCPs scenarios. **Water Resources Management**, v. 35, p. 5307-5324, 2021.

MUHAMMAD ASLAM, Mehtab et al. Mechanisms of abscisic acid-mediated drought stress responses in plants. **International journal of molecular sciences**, v. 23, n. 3, p. 1084, 2022.

MUNANG, Richard et al. The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 1, p. 47-52, 2013.

NASCIMENTO, C. E. P. do .; SANTOS, M. D. C. dos . EstadO e Políticas Públicas: A seca no Semiárido Nordestino. **Revista Geotemas**, Pau dos Ferros, v. 12, p. e02206, 2022. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/3887>. Acesso em: 27 out. 2023.

NASSERY, Hamid Reza et al. Water management using system dynamics modeling in semi-arid regions. **Civil Engineering Journal**, v. 3, n. 9, p. 766-778, 2017.

NOGUEIRA, Daniela; MILHORANCE, Carolina; MENDES, Priscylla. Do Programa Um Milhão de Cisternas ao Água para Todos: divergências políticas e bricolagem institucional na promoção do acesso à água no Semiárido brasileiro. **IdeAs. Idées d'Amériques**, n. 15, 2020.

NOGUEIRA, H. A. S.; AGUIAR, R. de S.; GISI, M. L. A importância dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia para a redução da desigualdade educacional no Brasil. **Revista on line de Política e Gestão Educacional**, Araraquara, v. 27, n. 00, p. e023029, 2023. DOI: 10.22633/rpge.v27i00.18005. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/rpge/article/view/18005>. Acesso em: 26 out. 2023.

NORONHA, Felipe; FREITAS, Marcelo Motta de; SOLÓRZANO, Alexandre. Os Novos Ecossistemas do “Sertão Carioca”: Transformação da Paisagem e História de Uso da Terra na Bacia do Rio Piabas (1968-2018), Rio de Janeiro. **Sociedade & Natureza**, v. 34, 2022.

PACHECO, Clécia Simone Gonçalves Rosa *et al.* O controle social e extensão rural: seus desafios e avanços no desenvolvimento rural brasileiro sob uma revisão narrativa. In: **Extensão Rural: Desafios e Perspectivas para o Fortalecimento de Práticas Agrícolas Sustentáveis**. Capítulo 17. P. 236. ANO: 2022 .Doi: **10.37885/221110747**.

PATRÍCIO, Sandro Marcelino; DE LIMA, Damião. Caminhos e Descaminhos do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas–DNOCS. **Associação Nacional de História de Pernambuco-ANPUH-PE**. 2000.

PERTUACK, Stewart; LATUE, Philia Christi. Geographic Artificial Intelligence and Unmanned Aerial Vehicles Application for Correlation Analysis of Settlement Density and Land Surface Temperature in Panggang Island Jakarta. **Buana Jurnal Geografi, Ekologi Dan Kebencanaan**, v. 1, n. 1, p. 39-47, 2023.

PERUZZO, Jeremias Sousa et al. Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento ambiental da bacia do Alto Piranhas, Semiárido Nordeste (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 7, n. 3, 2019.

PINHEIRO, Katarina Romênia et al. Impacto da precipitação e do uso e ocupação do solo na cobertura vegetal na Caatinga. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 2, p. 221-231, 2020.

PINHEIRO, Lidiane Gomes et al. Avaliação da sustentabilidade do processo de dessalinização de água no semiárido potiguar: Estudo da comunidade Caatinga Grande. **Sociedade & Natureza**, v. 30, p. 132-157, 2020.

PINTO, Gustavo Louis Henrique. Política agrária no primeiro Plano Diretor da SUDENE: fome, abastecimento e política. **Revista Katálysis**, v. 25, p. 517-527, 2022.

PIRES, Daniela de Oliveira. **A construção histórica da relação público-privada na promoção do direito à educação no Brasil**. Dissertação de mestrado, Pós-graduação em educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, página 2. 2015.

PORTELA, B., ALVES, G., SILVA, S., LAFAYATTE, K. Análise da vulnerabilidade a inundações na bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém, utilizando o modelo de análise hierárquia. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 2023, 16(3), 1247-1262. Doi:<https://doi/10.26848/rbgf.v16.3.p1247-1262>.

PORTO, Amaurayany VS et al. Analysis of future climate projections for the Pajeú River basin simulated by the regional model Eta-Hadgem2-ES. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing v**, v. 12, n. 1, p. 1-9, 2022.

Prefeitura de Floresta. **Economia**, 2023 Disponível em: <https://floresta.pe.gov.br/economia/>
Acesso em: 01/10/2023

.PREIS, Christian Milanez; FRANCO, Davide; VARELA, Sophia Cavalcante. Avaliação do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí e Simulação para 2027. **Geosciences= Geociências**, v. 40, n. 02, p. 407-414, 2021.

RABELO, Udinart Prata; LIMA NETO, Iran Eduardo. Efeito de secas prolongadas nos recursos hídricos de uma região semiárida: uma análise comparativa para o Ceará. 2018.

RAFFESTIN, Claude. A produção das estruturas territoriais e sua representação. **Territórios e territorialidades: teorias, processos e conflitos**, v. 1, p. 17-35, 2009.

REYNA, Cecilia et al. Atitudes em relação às políticas sociais: dos indicadores individuais aos construtos latentes. **Ciencias Psicológicas**, v. 16, n. 2, 2022.

RIBEIRO, M. V. Aplicação e acompanhamento de um sistema de reúso de águas cinzas: Alternativa sustentável em comunidade do semiárido piauiense. In: Encontro Latino-Americano e Europeu Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 5., 2023. **Anais [...]**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/euroelecs/article/view/3061>. Acesso em: 5 fev. 2024.

RIVERO, Carolina Cislighi. **Direitos Fundamentais Sociais e o Princípio da Igualdade**. p. 1, Editora Dialética, 2022.

ROCHA JÚNIOR, Rodrigo Lins da et al. Long-Term Change and Regionalization of Reference Evapotranspiration in the Brazilian Northeast. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. SPE, p. 891-902, 2020.

ROCHA, Daniel de Souza; PEREIRA, Layll Karollynny de Oliveira; NASCIMENTO, Diego Coelho do. Desafios da Participação Social: A Gestão Municipal sob a ótica dos atores políticos-institucionais de Juazeiro Do Norte no período de 2010 a 2020. **Encontro Brasileiro de Administração Pública**, 2022.

RODRIGUES, Diego; RODRIGUES, Jessicleide Azevedo Lira; VENDRAMINI, William James Vendramini. ART Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo de Novo Horizonte do Norte – MT de 1986 A 2020. **Revista de Comunicação Científica**, [S. l.], v. 1, n. 13, 2023. Disponível em: <https://periodicos2.unemat.br/index.php/rcc/article/view/11691>. Acesso em: 16 out. 2023.

RODRIGUES, Jéssica Assaid Martins et al. Hydrological modeling in the Sono river basin, environmental protection region of the Jalapão, Brazilian savanna. 2021.

RODRIGUES, Suzi Carolina Moraes et al. Os recursos naturais no processo de desenvolvimento econômico capitalista. **Semioses**, v. 13, n. 4, p. 50-68, 2019.

ROSIN, Cássia; AMORIM, Ricardo Santos Silva; MORAIS, T. S. T. Análise de tendências hidrológicas na bacia do rio das Mortes. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 4, p. 991-998, 2015.

ROUHOLAHNEJAD, Elham et al. A parallelization framework for calibration of hydrological models. **Environmental Modelling & Software**, v. 31, p. 28-36, 2012.

SACO, P. M. et al. The role of soils in the regulation of hazards and extreme events. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 376, n. 1834, p. 20200178, 2021.

SALES, Francisco das Chagas Vieira et al. Caracterização Arbórea na Caatinga Pelo Método de Parcela Fixa e Ponto Quadrante. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 109, n. 1, p. 172-187, 2023.

SAMPAIO, Rárisson Jardiel Santos. Governança e Integração Das Políticas Públicas de Adaptação às Mudanças Climáticas para o Desenvolvimento Sustentável No Semiárido brasileiro. **Meeting of researchers in law and Sustainability**, II, Universidade do Vale do Itajaí, 2022.

SANTIAGO, Cristiane Maria Cordeiro; DA SILVA, Edson Vicente; SOARES, Leonardo Silva. Capacidade de Suporte dos Sistemas Ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio São Nicolau (BHSN)-Piauí. **Geografia**, v. 48, n. 1, p. 1-24, 2023.

SANTOS, Jaqueline Guimarães; PEDROZO, Eugenio Avila. Projeto de Integração do Rio São Francisco: Águas Para Quem? Uma Análise a Partir dos Atores AtingidoS. **Revista Gestão Organizacional**, v. 16, n. 3, p. 22-40, 2023.

SANTOS, Samuel Dias et al. Identificação de áreas prioritárias para a recuperação da vegetação nativa, com o auxílio da modelagem espacial multicriterial, na bacia do rio Buranhém–Minas Gerais e Bahia. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 26, p. e6-e6, 2022.

SCHLEICH, Alisson Passos; DA ROCHA FILHO, Joao Bernardes; LAHM, Regis Alexandre. Aplicações do Sensoriamento Remoto em Estudos Ambientais. **Educação Ambiental em Ação**, v. 20, n. 78, 2022.

SECCHI, Leonardo. **Análise de políticas públicas: diagnóstico de problemas, recomendação de soluções**. Cengage Learning, 2020.

SELL, Bruna Moreira; BRESSIANI, Danielle; TOLENTINO, Samanta. Desempenho Estatístico do SWAT+ na Modelagem Hidrológica de Uma Grande Bacia do Pampa Brasileiro. **XXIV ENPÓS- Encontro de pós-graduação**, UFPEL, 2022.

SILVA, J. L. B. et al. Spatial-temporal monitoring of the risk of environmental degradation and desertification by remote sensing in a Brazilian semiarid region. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 544-563, 2020.

SILVA, José Irivaldo Alves Oliveira; DE ALMEIDA, Poliana Lourenço Ribeiro. Gestão, Governança e Compliance: O caso da transposição do São Francisco. **Revista Direito em Debate**, v. 31, n. 57, p. e12015-e12015, 2022.

SILVA, M. A. ; LIMA, L. F. A seca na economia nordestina e a transposição do Rio São Francisco. In: XIII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (ECOECO), 2019, Campinas. Anais do XIII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (ECOECO), 2019.

SILVA, M. do S. B. e .; GONZÁLEZ, J. A. T. O Desafio do Ingresso e a Batalha pela Permanência Discussões sobre a Educação Superior no Brasil. **Revista Científica FESA**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 91–100, 2023. DOI: 10.56069/2676-0428.2023.265. Disponível em: <https://revistafesa.com/index.php/fesa/article/view/265>. Acesso em: 26 out. 2023.

SILVA, Margareth Correa; DA SILVA MENEZES, Janaína Specht. Educação, desigualdade e proteção social. **O Social em Questão**, v. 1, n. 52, p. 131-154, 2022.

SILVA, T. J. R. D. da; MEDEIROS, J. L. da S.; NASCIMENTO, M. B. do; CEZARIO, J. A.; CARREIRO, D. de A.; SANTOS, L. L. dos; PAIVA, W. de. Análise estatística da precipitação e da erosividade das chuvas no semiárido paraibano, Nordeste do Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 941–956, 2022. DOI: 10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.79997. Disponível em: <https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/79997>. Acesso em: 21 oct. 2023.

SILVEIRA, Adriana A. Dragone. A busca pela efetividade do direito à educação: análise da atuação de uma Promotoria de Justiça da Infância e Juventude do interior paulista. **Educar em Revista**, p. 233-250, 2010.

SOARES, Cleonice Batista Regis; MARTINS, Alécio Perini. A informação geográfica na análise das alterações de uso da terra e cobertura vegetal na microrregião Rio Vermelho (GO). **Cerrados**, v. 21, n. 1, p. 320-349, 2023.

SOARES, E. Seca no Nordeste e a transposição do rio São Francisco. **Revista Geografias**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 75–86, 2013. DOI: 10.35699/2237-549X.13362.

SOARES, Rogério Barbosa; CAMPOS, Kilmer Coelho. Uso e disponibilidade hídrica no semiárido do Brasil. 2013.

SOCIAL, Informe Final de Servicio. Políticas públicas. **Centro de Análisis de Políticas Públicas, U. De Chile. Santiago, Chile**, 2011.

STROPARO, Telma Regina, SUCHHODOLIAK, Maxwell Alexandre da Silva, SUCHODOLIAK, Luana Stefany Schirlo Ternovski. Diversificação e desenvolvimento rural: agricultura familiar, erva-mate e mel. **Open Science Research X. 1ed.: Editora Científica**, v. 10, p. 2047-2058, 2023. Doi: 10.37885/221211495. Capítulo, 142, página. 2050.

TAUK-TORNISIELO, Sâmia Maria. Análise ambiental: uma visão multidisciplinar. In: **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. 1995. p. 206-206.

TAVARES, Válter Cardoso; DE ARRUDA, Ítalo Rodrigo Paulino; DA SILVA, Danielle Gomes. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019.

TEIXEIRA, N. F. F.; MOURA, P. E. F.; DA SILVA, E. V. Caracterização ambiental do município de Pentecoste-CE como aporte ao planejamento ambiental e ordenamento territorial. **Observatório de la economía latino-americana**, [S. l.], v. 21, n. 9, p. 11677–11699, 2023. DOI: 10.55905/oelv21n9-063.

TOMAZ, Paula Alves; DE OLIVEIRA Santos , Jader; JEPSON, Wendy. Insegurança Hídrica Domiciliar e Vulnerabilidade Social em Contexto Municipal do Semiárido Cearense.

TOSOLD, Léa; BESSI, Renata. Entre mar e sertão. **Página 22**, n. 80, p. 26-31, 2013.

TRENTIN, Romario; LAURENT, François; DE SOUZA ROBAINA, Luís Eduardo. Vazão e Balanço Hídrico Relacionado a Mudanças no Uso da Terra em uma Bacia Hidrográfica de Médio Porte no Bioma Pampa do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 02, p. 873-893, 2023.

VALENTINI, Marlon Heitor Kunst et al. Overview on the historical series of annual maximum streamflows in Brazil: analysis based on temporal and statistical criteria.

Revista Brasileira de Geografia Física, v. 16, n. 02, p. 837-846, 2023.

VIANA, Jussara Freire de Souza et al. Modelagem hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama-PE utilizando o modelo SWAT. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, p. 155-172, 2018.

VIEIRA, Naldeir dos Santos et al. Governança Participativa e Inovação Social: Análise do Programa Cisternas nas Escolas na Região Semiárida Brasileira. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 19, n. 1, 2023.

VIGERSTOL, Kari L.; AUKEMA, Juliann E. A comparison of tools for modeling freshwater ecosystem services. **Journal of environmental management**, v. 92, n. 10, p. 2403-2409, 2011.

VILLA, B. de; PETRY, M. T.; MARTINS, J. D.; TONETTO, F.; TOKURA, L. K.; MOURA, M. B. de; SILVA, C. M. da; GONÇALVES, A. F.; CERVEIRA, M. P.; SLIM, J. E.; SANTOS, M. S. dos; BELLÉ, M. G.; JIMENEZ, D. H. Climatological water balance: a review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. e50211626669, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.26669. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26669>. Acesso em: 26 oct. 2023.

WAHAB, Abdul et al. Plants' physio-biochemical and phyto-hormonal responses to alleviate the adverse effects of drought stress: A comprehensive review. **Plants**, v. 11, n. 13, p. 1620, 2022.

WANG, Jiao et al. Hydrological model adaptability to rainfall inputs of varied quality. **Water Resources Research**, v. 59, n. 2, p. e2022WR032484, 2023.

WANG, Shuo et al. Analysis of runoff generation driving factors based on hydrological model and interpretable machine learning method. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 42, p. 101139, 2022.

WANG, Yibing et al. Accelerated hydrological cycle on the Tibetan Plateau evidenced by ensemble modeling of Long-term water budgets. **Journal of Hydrology**, p. 128710, 2022.

WANG, Zhengrong et al. Historical and future Palmer Drought Severity Index with improved hydrological modeling. **Journal of Hydrology**, v. 610, p. 127941, 2022.

YAHAYA, Muhammad Ahmad; SHIMELIS, Hussein. Drought stress in sorghum: Mitigation strategies, breeding methods and technologies—A review. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 208, n. 2, p. 127-142, 2022.

YANKOVICH, Elena Petrovna; YANKOVICH, Ksenia Stanislavovna; BARANOVSKIY, Nikolay Viktorovich. Dynamics of Forest Vegetation in an Urban Agglomeration Based on Landsat Remote Sensing Data for the Period 1990–2022: A Case Study. **Remote Sensing**, v. 15, n. 7, p. 1935, 2023.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, [S. l.], v. 1, n. 36, p. 126–142, 2014. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3176>. Acesso em: 12 set. 2023.

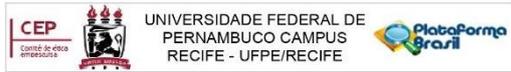
ZHANG, Bing et al. Progress and challenges in intelligent remote sensing satellite systems. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 15, p. 1814-1822, 2022.

ZHOU, Yanlai et al. Short-term flood probability density forecasting using a conceptual hydrological model with machine learning techniques. **Journal of Hydrology**, v. 604, p. 127255, 2022.

ZHU, Kai et al. Limits to growth of forest biomass carbon sink under climate change. **Nature communications**, v. 9, n. 1, p. 2709, 2018.

ZULAUF, W. E. O meio ambiente e o futuro . **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 14, n. 39, p. 85-100, 2000. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9530>. Acesso em: 3 nov. 2023.

APÊNDICE A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE SOCIAL E AMBIENTAL NO EIXO LESTE DA TRANSPOSIÇÃO DO SÃO FRANCISCO, UTILIZANDO A TECNOLOGIA DRONES
Pesquisador: GABRIELLY GREGORIO DA LUZ
Área Temática:
Versão: 4
CAAE: 67670423.5.0000.5208
Instituição Proponente: CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

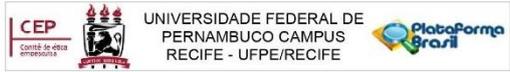
Número do Parecer: 6.038.272

Apresentação do Projeto:

Projeto de pesquisa para Dissertação do Programa de pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, "ANÁLISE SOCIAL E AMBIENTAL NO EIXO LESTE DA TRANSPOSIÇÃO DO SÃO FRANCISCO, UTILIZANDO A TECNOLOGIA DRONES" de GABRIELLY GREGÓRIO DA LUZ, sob orientação do Profa Dra. Josicilda Domiciano Galvino. Compreendendo que "o rio São Francisco é um dos rios mais importantes do Brasil, a transposição faz parte dos planos plurianuais da constituição de 1988 com intuito de gerar desenvolvimento para a região semiárida do Nordeste. Entender o que acontece nos municípios por onde passa o canal da transposição é de extrema importância para compreender o processo de modificação territorial e os benefícios gerados através da transposição". A pesquisa tem como indagação: Quais os impactos sociais e ambientais no município de Floresta com a chegada da Transposição do São Francisco?

Objetivo da Pesquisa:

- Geral:**
 Avaliar as condições sociais e ambientais do eixo leste da transposição do São Francisco.
- Específicos:**
1. Identificar o perfil socioeconômico dos moradores de Floresta;
 2. Apontar mudanças territoriais através da comparação de imagens de satélite;



Continuação do Parecer: 6.038.272

3. Identificar áreas irrigadas com imageamento através de imagens de drone.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:
 A população pode não se sentir confortável em responder o questionário, isso implicaria na qualidade da pesquisa.
 No entanto, caso ocorra a pesquisadora que já possui o contato do líder comunitário entrará em contato com ele para que possa ser realizado a pesquisa com um grupo específico que já se mostrou interessado em participar da pesquisa.
 A pesquisadora também será acompanhada de um integrante dos Movimentos dos Trabalhadores Sem Terra (MST) o que facilitará o diálogo com a comunidade.
 Ainda assim, a pesquisadora irá oferecer um isolamento caso seja mais viável para que o indivíduo que esteja disposto a participar sintam-se seguro para responder e confortável sem a presença de outras pessoas além de si e da pesquisadora.

Benefícios:
 Um indicador de vulnerabilidade é de bastante relevância para uma população como todo, principalmente com intuito de atender a população no seu anseio de melhoria da qualidade de vida. O indicador poderá ser utilizado também em outro assentamento que contenha características semelhantes ao de Serra Negra. Vale ressaltar que, uma pesquisa não pode apenas ouvir a população, e sim criar soluções concretas para o seu problema. Ou seja, ao participar do questionário auxiliará a indicar a vulnerabilidade e a desenvolver o indicador.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante para área de conhecimento.
Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:
 Os documentos apresentados acham-se em conformidade com as normas do CEP.

Recomendações:

Sem Recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

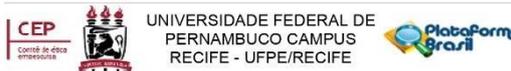
Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

As exigências foram atendidas e o protocolo está APROVADO, sendo liberado para o início da

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 6.038.272

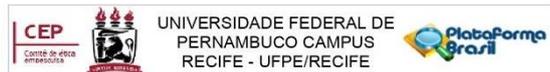
coleta de dados. Conforme as instruções do Sistema CEP/CONEP, ao término desta pesquisa, o pesquisador tem o dever e a responsabilidade de garantir uma devolutiva acessível e compreensível acerca dos resultados encontrados por meio da coleta de dados a todos os voluntários que participaram deste estudo, uma vez que esses indivíduos têm o direito de tomar conhecimento sobre a aplicabilidade e o desfecho da pesquisa da qual participaram.

Informamos que a aprovação definitiva do projeto só será dada após o envio da NOTIFICAÇÃO COM O RELATÓRIO FINAL da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final disponível em www.ufpe.br/cep para enviá-lo via Notificação de Relatório Final, pela Plataforma Brasil. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Substantiado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado. Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_2085848.pdf	28/04/2023 21:40:27		Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA_PENDENCIA_3.pdf	28/04/2023 21:39:34	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEMaiores18_doc	28/04/2023 21:33:21	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito
Outros	Carta_de_resposta_Pendencia2_.pdf	27/04/2023 16:25:21	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado.doc	27/04/2023 16:22:46	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito
Outros	CARTA_SERGEO_.pdf	08/04/2023 17:34:49	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_impossibilitado_.doc	08/04/2023 17:34:18	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito
Outros	Termo_Confidencialidade_assinado.pdf	02/03/2023 18:06:55	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito



Continuação do Parecer: 6.038.272

Outros	CartaAnuenciamento_orientador.pdf	02/03/2023 18:05:36	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito
Outros	Instrumento_de_Coleta_de_Dados_assinado.pdf	01/03/2023 11:20:59	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito
Outros	Curriculo_Gabrielly_LUZ.pdf	01/03/2023 11:20:03	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito
Outros	Comprovante_de_Vinculo.pdf	01/03/2023 11:18:35	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito
Folha de Rosto	Gabrielly_Gregorio_da_Luz_Comite_de_etica_07fev2023_assinado_assinado.pdf	10/02/2023 11:20:22	GABRIELLY GREGORIO DA LUZ	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

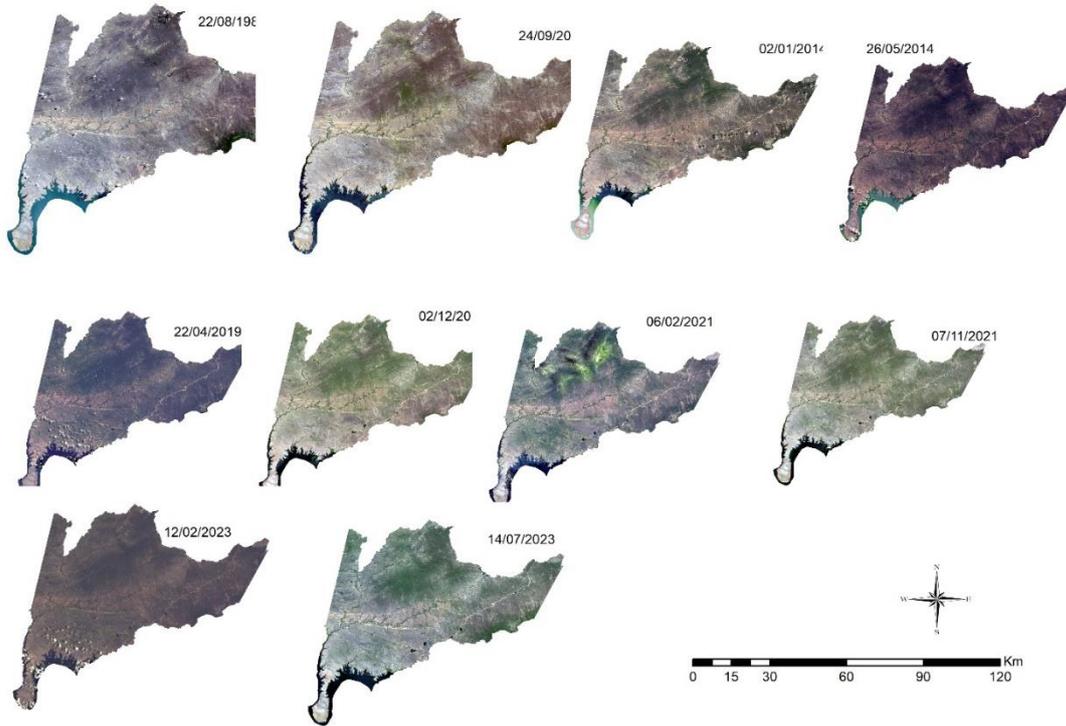
RECIFE, 03 de Maio de 2023

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
 (Coordenador(a))

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br

APÊNDICE - B COMPOSIÇÃO NATURAL COLOR LANDSAT 5 E 8



APÊNDICE C - MODELO DE PROJETO DE VOO DRONE

The screenshot displays a drone flight project interface. At the top, there is a navigation bar with a back arrow and the text 'Project List', the project ID 'Project 00086', and icons for sharing and information. The main area is split into two sections. On the left is a map showing a flight path over a rectangular area labeled 'Tabuleiro do Porco'. The path starts at a 'START' point and ends at an 'END' point, with a grid of small drone icons indicating the flight route. The map includes labels for '360', 'Exo Leste', and 'DUPLICATE'. On the right is a control panel for the 'Mavic 2 Enterprise Dual'. It features two columns: 'DOWNLOAD IMAGES' and 'UPLOAD IMAGES'. Each column shows '0 / 96 images' and a checkmark icon. Below the control panel, the text 'No photos copied yet' is displayed.

APÊNDICE D - MODELO DE QUESTIONÁRIO APLICADO

QUESTIONÁRIO – ANÁLISE SOCIAL- FLORESTA-PERNAMBUCO

INFORMAÇÃO GERAL

IDADE: _____

SEXO: _____

Escolaridade: _____

INFORMAÇÕES DA RESIDENCIA

Tipo de residência própria alugada

Qual tipo de chão da residência batido barro cerâmica

Teto: telha embutido telhado tradicional outros

INFORMAÇÕES RENDA

Quantas pessoas estão empregadas: 1 2 3 4+

Quantas pessoas estão aposentadas: 1 2 3 4+

Qual a renda mensal juntando toda as pessoas que residem na mesma casa:

Até meio salário-mínimo Mais que dois salários-mínimos

Um salário-mínimo sem renda mensal definida.

Quantidade de pessoas que moram com você? (____)

Quantidade de pessoas que trabalha? (____)

Quantidade de pessoas que estuda? (____)

Existe poço em sua residência? NÃO SIM

Existe água encanada em sua residência NÃO SIM, se sim quantas vezes.

O que você sabe a respeito da transposição?

O que você espera da transposição?

O que é água para você?

Data e horário da entrevista:

APÊNDICE E - NUVEM DE PALAVRAS COM AS RESPOSTAS DAS PERGUNTAS ABERTAS AOS MORADORES DO ASSENTAMENTO SERRA NEGRA.

