



UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAÍBA CENTRO DE
CIÊNCIAS EXATAS DA
NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

WÉRIKA SOUZA MATOS

**A INTERFERÊNCIA DO PISF NA GEOMORFOLOGIA DE RIOS NÃO
PERENES EM PERNAMBUCO**

João Pessoa – PB

Fevereiro - 2024

WÉRIKA SOUZA MATOS

**A INTERFERÊNCIA DO PISF NA GEOMORFOLOGIA DE RIOS NÃO
PERENES EM PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba PPGG/UFPB como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Henrique de Barros Lyra

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente.

Linha de Pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental.

João Pessoa – PB

Fevereiro - 2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M433i Matos, Wérika Souza.

A interferência do PISF na geomorfologia de rios não perenes em Pernambuco / Wérika Souza Matos. - João Pessoa, 2024.

78 f. : il.

Orientação: Jonas Otaviano Praça de Souza.

Coorientação: Luiz Henrique de Barros Lyra.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Rios. 2. PISF - Projeto de Integração do Rio São Francisco. 3. Rios não perenes. 4. Semiárido. 5. Impactos ambientais. I. Souza, Jonas Otaviano Praça de. II. Lyra, Luiz Henrique de Barros. III. Título.

UFPB/BC

CDU 556.53(043)



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DA ALUNA WÉRIKA SOUZA MATOS, CANDIDATA AO TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA, NA ÁREA DE TERRITÓRIO, TRABALHO E AMBIENTE.

1 Aos 06 (seis) dias do mês de Fevereiro de 2024 (dois mil e vinte e quatro), às
2 16:00 (dezesseis) horas, na plataforma Google Meet, reuniram-se, em caráter de
3 solenidade pública, os membros da comissão designada para avaliar **Wérika Souza**
4 **Matos**, candidata ao grau de mestre em Geografia, na área de **Território, Trabalho e**
5 **Ambiente**. Foram componentes da banca examinadora os professores Jonas Otaviano
6 Praca de Souza (orientador) – Doutor em Geografia; Luiz Henrique de Barros Lyra
7 (coorientador) – Doutor em Geografia; Victor Hugo Rabelo Coelho (examinador
8 externo) – Doutor em Engenharia Civil; e Kleber Carvalho Lima (examinador externo)
9 – Doutor em Geografia; sendo os dois primeiros integrantes do corpo docente da UFPB
10 e o terceiro, da UPE. Dando início aos trabalhos, o Presidente da banca, Prof. Jonas
11 Otaviano Praca de Souza, após declarar os objetivos da reunião, apresentou a
12 candidata avaliar **Wérika Souza Matos**, a quem concedeu a palavra para que
13 defendesse, oral e sucintamente, sobre o tema apresentado, intitulado: “**O IMPACTO**
14 **DO PISF NA DINÂMICA E ESTRUTURA HIDROGEOMORFOLÓGICA DE RIOS NÃO**
15 **PERENES EM PERNAMBUCO**”. Após discorrer sobre o referido tema, a candidata foi
16 arguida pelos examinadores, na forma regimental. Ato contínuo, passou a comissão em
17 caráter secreto, a proceder à avaliação e julgamento do trabalho, concluindo por
18 atribuir-lhe o conceito **Aprovada**. Face à aprovação, declarou o Presidente achar-se a
19 avaliada legalmente habilitada a receber o Grau de mestre em Geografia, cabendo à
20 Universidade Federal da Paraíba, providências, como de direito, à expedição do
21 Diploma a que o mesmo fez jus. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a Ata, que
22 segue assinada e aprovada pela Comissão Examinadora.

23
24
25 
26 **Prof. Dr. Jonas Otaviano Praca de Souza**
27 Orientador

28
29
30 
31 **Prof. Dr. Luiz Henrique de Barros Lyra**
32 Coorientador

33 Documento assinado digitalmente
34  VICTOR HUGO RABELO COELHO
35 Data: 07/02/2024 08:25:54-0300
36 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

37 **Prof. Dr. Victor Hugo Rabelo Coelho**
38 Examinador externo

39 Documento assinado digitalmente
40  KLEBER CARVALHO LIMA
41 Data: 07/02/2024 09:48:47-0300
42 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Kleber Carvalho Lima
Examinador externo

À minha família, minha base e porto seguro,
com amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de cursar o mestrado e por ter me capacitado para concluí-lo.

Agradeço a minha mãe Catiana Matos e a minha vó Zélia Matos por todo apoio, incentivo e suporte emocional e financeiro.

Sou grata a toda a minha família, em especial ao meu irmão Wésley Matos e aos meus primos Taillane Matos, Lucas Matos e Marcos Matos, por acreditarem no meu potencial e por todo o apoio prestado.

Ao Danilo Freire por todo apoio, suporte, carinho e compreensão, principalmente nos últimos meses da pesquisa.

À minha amiga Joanna Célia por todo apoio e trajetória que vivemos juntas do início ao fim do mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jonas Souza por toda paciência, compreensão, dedicação ao trabalho e ajuda prestada para a realização da pesquisa durante esses dois anos.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Luiz Henrique Lyra por todo apoio, incentivo e dedicação.

A todos os amigos do Grupo de Estudos em Ambientes Fluviais Semiáridos, em particular Jeferson Rodrigues, Mirelle Oliveira e Camilla Santos, por toda ajuda prestada, com paciência, empatia e compreensão.

Aos amigos, Michel Monteiro, Pablo Wesley e Marcos Antônio pela amizade construída nesses anos de mestrado, pelas trocas de conhecimento e todo apoio.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos nesse último ano de pesquisa.

Grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização dessa dissertação.

Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.

Provérbios 16:3

RESUMO

Grande parte dos rios do semiárido são não perenes, em conjunto com a associação da irregularidade das chuvas e as altas taxas de evapotranspiração, contribuem para o aumento do risco de déficit hídrico na região. Diante do contexto, o governo busca desenvolver modelos de gestão hídrica para lidar com a escassez hídrica que atinge a região, entre essas medidas, surgiu o projeto de transferência da água do rio São Francisco, o PISF. Contudo, uma obra de transposição de tamanho porte gera impactos ambientais, entre eles, o impacto direto e indireto nos rios que foram cortados pela obra. Neste sentido, a pesquisa objetiva apontar o impacto hidrogeomorfológico do PISF na dinâmica e estrutura hidrogeomorfológica de rios não perenes em Pernambuco. Os procedimentos metodológicos para o desenvolvimento da pesquisa foram realizados com base em 5 etapas. Que são, a análise documental, mapeamentos temáticos, identificação e espacialização dos rios impactados e estruturas construídas, classificação fluvial dos trechos impactados e a identificação das mudanças hidrogeomorfológicas nos trechos impactados. Foram identificados dez tipos de estruturas diferentes, com base nessas identificações apontou-se que os diferentes tipos de estruturas impactam os canais de maneira mais intensa que outras. Estrutura como as barragens de comporta, barramentos e comporta de saída de barramento, possuem impactos mais diretos sobre os canais, pois haverá maior deposição de carga sólida, redução na velocidade da água, ocorrência de inundações, processos de assoreamento, processos de erosão, entre outros. A partir da análise mais aprofundada de 4 trechos representativos, foi possível identificar impactos como, retenção de fluxo dos canais, constrição do canal, e áreas com acúmulo de carga sólida nos canais.

Palavras-Chave: PISF; Rios não perenes; Semiárido; Impactos ambientais.

ABSTRACT

A significant portion of the rivers in the semi-arid region is non-perennial. The irregularity of rainfall and high evapotranspiration rates contribute to an increased risk of water deficit in the region. In this context, the government aims to develop water management models to address the area's water scarcity. Among these measures, the project to transfer water from the São Francisco River, known as PISF, emerged. However, a transposition project of such magnitude generates environmental impacts, including direct and indirect effects on the rivers intersected by the project. In this sense, the research aims to highlight the hydrogeomorphological impact of PISF on the dynamics and hydrogeomorphological structure of non-perennial rivers in Pernambuco. The methodological procedures for the research were carried out based on five stages, including documentary analysis, thematic mapping, identification and spatialization of impacted rivers and structures, fluvial classification of impacted sections, and identification of hydrogeomorphological changes in the impacted sections. Ten different types of structures were identified, and these structures were observed to impact the channels differently. Structures such as gate dams, barriers, and outlet gates of barriers directly impact the channels, leading to increased sediment deposition, reduced water velocity, flooding, sedimentation processes, and erosion processes, among others. A more in-depth analysis of four representative sections identified impacts such as flow retention, channel constriction, and areas with accumulated solid material in the channels.

Keywords: PISF; Non-perennial rivers; Semi-arid; Environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização do Eixo Leste do PISF em Pernambuco	15
Figura 2- Mapa das unidades geológicas do Eixo Leste do PISF	17
Figura 3- Modelo Digital de Elevação onde está localizada o eixo Leste do PISF	21
Figura 4- Declividade em porcentagem da área onde está localizada o Eixo Leste do PISF	21
Figura 5- Principais sistemas influenciadores de chuva no Nordeste brasileiro	22
Figura 6- Projeto de Integração do Rio São Francisco Com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional	28
Figura 7- Localização da área do projeto	30
Figura 8- Sequência Metodológica	34
Figura 9- Estilos Fluviais e estruturas do PISF	47
Figura 10- Estruturas construídas no Eixo Leste do PISF	48
Figura 11- Saída de água concretada - Jusante	55
Figura 12- Mapa de uso e ocupação, MDE e Localização do ponto de análise do primeiro ponto analisado	56
Figura 13- Ortofoto e Perfil Lateral do Canal Impactado definido.	Erro! Indicador não
Figura 14- Aqueduto atravessando canal	58
Figura 15- Mapa de uso e ocupação, MDE e Localização do ponto de análise do segundo ponto analisado	59
Figura 16- Ortofoto e Perfil Lateral do Canal Impactado	59
Figura 17- Passagem de água concretada	61
Figura 18- Mapa de uso e ocupação, MDE e Localização do ponto de análise do terceiro ponto analisado	62
Figura 19- Ortofoto e Perfil Lateral do Canal Impactado definido.	Erro! Indicador não
Figura 20- Passagem de água concretada	63
Figura 21- Mapa de uso e ocupação, MDE e Localização do ponto de análise do quarto ponto analisado	64
Figura 22- Ortofoto e Perfil Lateral do Canal Impactado definido.	Erro! Indicador não

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Período geológico, nome da unidade e tipo de rocha predominante na área de estudo	20
Quadro 2- Impactos selecionados previstos no EIA	42
Quadro 3- Características dos canais impactados no Eixo Leste do PISF. Em verde estão os canais analisados em detalhe	45
Quadro 4- Tipos de estruturas encontradas no PISF e possíveis impactos gerados	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Geral	14
2.2. Específicos	14
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	15
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
4.1. Sistema fluvial e aspectos fluviais do semiárido	24
4.2. Impactos antrópicos em rios não perenes	26
4.3. Impacto de projetos de transferência de água entre bacias - análise e monitoramento e o caso do PISF	27
5. MATERIAIS E MÉTODOS	34
5.1. Análise documental	35
5.2. Mapeamentos temáticos	35
5.3. Identificação e espacialização dos rios impactados e estruturas construídas	36
5.4. Classificação fluvial dos trechos impactados	37
5.5. Identificação das mudanças hidrogeomorfológicas nos trechos impactados.	38
6. RESULTADOS	39
6.1. Análise dos documentos técnicas	38
6.2. Caracterização das drenagens diretamente impactadas pela construção do Eixo Leste	42
6.3. Impactos geomorfológicos nos trechos cortados.	44
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
8. REFERÊNCIAS	69

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso ambiental dotado de grande valor econômico, sendo fundamental tanto para a sobrevivência humana, quanto para o desenvolvimento de diversas atividades econômicas, como a produção de alimentos e mercadorias (RIBEIRO, 2008). Por ser um recurso essencial para a humanidade, sua gestão necessita de atenção, e gera discussões e análises de estudiosos que se dispõem a trabalhar com o tema, sobretudo na Geografia. As discussões sobre gestão hídrica são recentes no Brasil, pouco se debatia a respeito até o século XIX. A partir do século XX que as discussões sobre a temática se intensificaram, com a promulgação da Lei 9433/97, a chamada Lei de Águas, que proporcionou ao Estado o papel de gestão dos recursos hídricos (PEREIRA, 2019).

O semiárido brasileiro apresenta características próprias, como irregularidade das chuvas, baixos índices anuais e altas taxas de evapotranspiração potencial, elementos que juntos contribuem para o risco constante de escassez hídrica (ATAIDE, 2021). Grande parte dos rios localizados na região são intermitentes ou efêmeros, ou seja, rios que geralmente escoam apenas durante pouco tempo após o período chuvoso (REBOUÇAS, 1999). Devido a essas características naturais do semiárido, o governo busca desenvolver modelos de gestão hídrica com medidas pensadas para lidar com a escassez hídrica que atinge a região, entre essas medidas, surgiu a ideia da transferência da água do rio São Francisco. O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), é um projeto de infraestrutura hídrica que capta água no Rio São Francisco, aduzindo-a para bacias hidrográficas do nordeste setentrional nos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Seu objetivo principal é garantir segurança hídrica, organizado em dois eixos principais de transferência de água: Eixo Norte e Eixo Leste, bem como ramais associados (BNDS, 2022).

Contudo, considera-se que uma obra de transposição de tamanha proporção gere impactos ambientais onde se é instalada, sobretudo, na dinâmica

hidrogeomorfológica dos rios intermitentes que foram impactados diretamente e indiretamente pelo projeto.

O presente trabalho pretende então analisar os impactos causados na hidrogeomorfologia do trecho do Eixo Leste da obra do PISF, apontando quais canais foram diretamente impactados pela obra, indicando também se esses impactos estavam previstos dentro dos relatórios de impactos ambientais do projeto. O Eixo Leste, corresponde ao Trecho V do projeto, atendendo os estados de Pernambuco e Paraíba, com sua captação no reservatório de Itaparica, em Petrolândia-PE, indo até o riacho Mulungu, em Monteiro (PB), com extensão total de cerca de 220 km, e capacidade de adução de 28 m³/s até o reservatório Copiti; daí em diante, até o final, na Paraíba, sua capacidade de adução é reduzida para 18 m³/s (BRASIL, 2015).

Compreender e analisar os impactos e modificações causados na dinâmica hidrogeomorfológica gerados pelo PISF é importante, pois através de estudos como esse é possível apontar as possíveis falhas e fragilidades do projeto em relação a questão ambiental, como também é possível abrir espaço para reflexões sobre maneiras mais adequadas para outras construções de obras de transposição como a do PISF.

O presente trabalho está dividido em quatro partes. Na primeira, são abordados os objetivos do projeto, divididos em objetivo geral e específicos. O tópico seguinte compõe, a fundamentação teórica da pesquisa, tem os seguintes subitens: sistema fluvial e aspectos fluviais do semiárido; impactos antrópicos em rios não perenes e por último, impacto do projeto de transferência de água entre bacias - análise e monitoramento e o caso do PISF. No tópico “Sistema fluvial e aspectos fluviais do semiárido” é explanado sobre a concepção de sistema fluvial e seus principais conceitos, abordando também as características fluviais do semiárido, sobretudo, da dinâmica dos rios.

O último tópico trata-se dos procedimentos metodológicos. Onde são mostrados os passos seguidos para a construção da pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Analisar características morfológicas de rios não perenes sob a interferência das obras de construção do PISF em Pernambuco.

2.2. Específicos

- Analisar, a partir da literatura e documentos técnicos, os impactos na rede de drenagem cortadas pelo PISF;
- Identificar e mapear as drenagens impactadas pelos canais do PISF e as estruturas construídas;
- Avaliar os diferentes tipos de impactos morfológicos na dinâmica e estrutura dos rios não perenes.

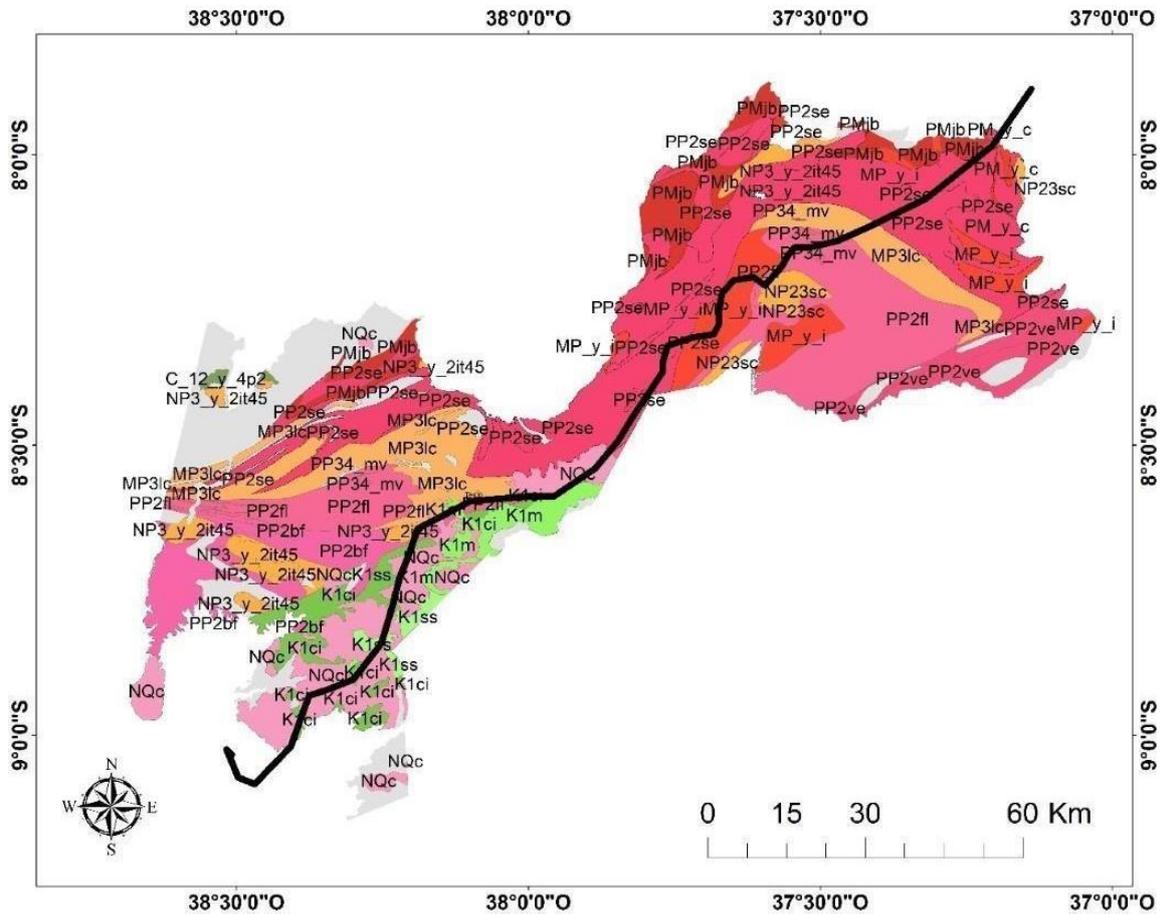
Elaboração autoral, (2023).

A vegetação desta região é, no conjunto, caatinga arbórea, de pequeno porte. Há áreas, entretanto, em que pela precariedade do solo ou pela devastação feita pelo homem, reduz-se a arbustiva ou quase nula (LIMA, 2007).

No que se refere a geologia, os terrenos encontrados na área de estudo, são predominantes do período Paleoproterozóico, sendo as unidades geológicas principais as unidades de Sertânia, Floresta e Belém do São Francisco (Figura 2).

O Complexo Sertânia ocorre no Terreno Alto Moxotó. Constitui uma sequência composta principalmente por metapelitos com níveis carbonáticos, calcissilicáticos, quartzíticos e raros metabasitos. Os litotipos dominantes são biotita gnaisses, por vezes xistosos, as vezes exibindo um bandamento bem definido, com alternância de minerais máficos e bandas quartzo-feldspáticas. Ocorrem intercalações de rochas calcissilicáticas, calcários, anfibolitos e quartzitos. O Complexo Floresta está situado no Terreno Alto Moxotó e corresponde aos blocos de Floresta e Mulungu, além de pequenas porções inseridas no Terreno Alto Pajeú. O complexo é constituído por metaplutônicas da fácies metamórfica anfibolito alto, com alguns resquícios da fácies granulito e pré-migmatização. As litologias deste complexo são bastante variadas e estão representadas por ortognaisses quartzo dioríticos, tonalíticos e granodioríticos com biotita e/ou anfibólio, granulitos e migmatitos, incluindo metagabros, metadioritos, magnetita-grunerita xistos, grafita xistos e rara presença de biotita xistos, calcários cristalinos, rochas calcissilicáticas e gonditos. O Complexo Belém do São Francisco é formado por ortognaisses e migmatitos com restos de supracrustais. Predominam metaleucogranitos róseos e migmatitos que englobam restos de ortognaisses tonalíticos-granodioríticos e supracrustais do Complexo Cabrobó. Os migmatitos possuem estrutura do tipo schlieren, nebulítica e raft (COSTA, 2001).

Figura 2- Mapa das unidades geológicas do Eixo Leste do PISF



Legenda

— Canal da transposição - eixo Leste

Unidades geológicas

Cretáceo

Formação Candeias (K1ci)

Marizal (K1m)

São Sebastião (K1ss)

Permiano

Camalaú (PM_y_c)

Granitóides indiscriminados (MP_y_i)

Serra de Jabitacá (PMjib)

Cambriano

Suíte intrusiva Prata (C_12_y_4p2)

Neoproterozóico

Surubim - Carolina (NP23sc)

Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3_y_2it45)

Mesoproterozóico

Lagoa das Contendas (MP3lc)

Paleoproterozóico

Sertânia (PP2se)

Belém do São Francisco (PP2bf)

Floresta (PP2fl)

Malhada Vermelha (PP34_mv)

Vertentes (PP2ve)

Neoarqueano

Depósitos colúvio-eluviais (NQc)

Geologia secundária

Geologia secundária

Sistema de Coordenada Geográfica

Datum: SIRGAS 2000

Fonte: CPRM

Elaboração: Wérica Souza Matos

Quadro 1- Período geológico, nome da unidade e tipo de rocha predominante na área de estudo

Cretáceos	
Nome da Unidade	Tipo de rocha
Formação Candeias	Sedimentar
Marizal	Sedimentar
São Sebastião	Sedimentar
Permiano	
Nome da Unidade	Tipo de rocha
Camalaú	Metamórfica
Granitoides Indiscriminados	Metamórfica
Serra de Jabitacá	Metamórfica
Cambriano	
Nome da Unidade	Tipo de rocha
Suíte Intrusiva Prata	Ígnea
Neoproterozóico	
Nome da Unidade	Tipo de rocha
Surubim Carolina	Metamórfica
Suíte Intrusiva Itaporanga	Ígnea
Mesoproterozóico	
Nome da Unidade	Tipo de rocha
Lagoa das Contendas	Metamórfica, Sedimentar
Paleoproterozóico	
Nome da Unidade	Tipo de rocha
Sertânia	Metamórfica
Belém do São Francisco	Metamórfica
Floresta	Metamórfica
Malhada Vermelha	Metamórfica
Vertentes	Metamórfica
Neoarqueano	
Nome da Unidade	Tipo de rocha
Depósitos colúvio-aluviais	Sedimentar

Fonte: CPRM, (2023).

Como visto no Quadro 1, as rochas presentes nas unidades da área de estudo são as rochas metamórficas, sedimentares e ígneas. As rochas metamórficas são formadas através de processos físicos e/ou químicos que modificam a composição mineralógica, textura e estrutura interna do protólito (nome dado a rocha original que sofre essas alterações) sem que haja fusão completa ou desagregação dessa rocha até que a rocha se estabilize às novas condições.

Alguns dos exemplos mais recorrentes de rochas metamórficas são: quartzito, gnaisse, ardósia, xisto e mármore (ALMEIDA e RAPOSO, 2021).

As rochas sedimentares surgem a partir da influência de fatores químicos e físicos sobre as rochas expostas e compõem o grupo das rochas que predominam na superfície, e que nela encontra os fatores ligados à sua formação. (AMORIM, SOUZA e TOLEDO, 2021).

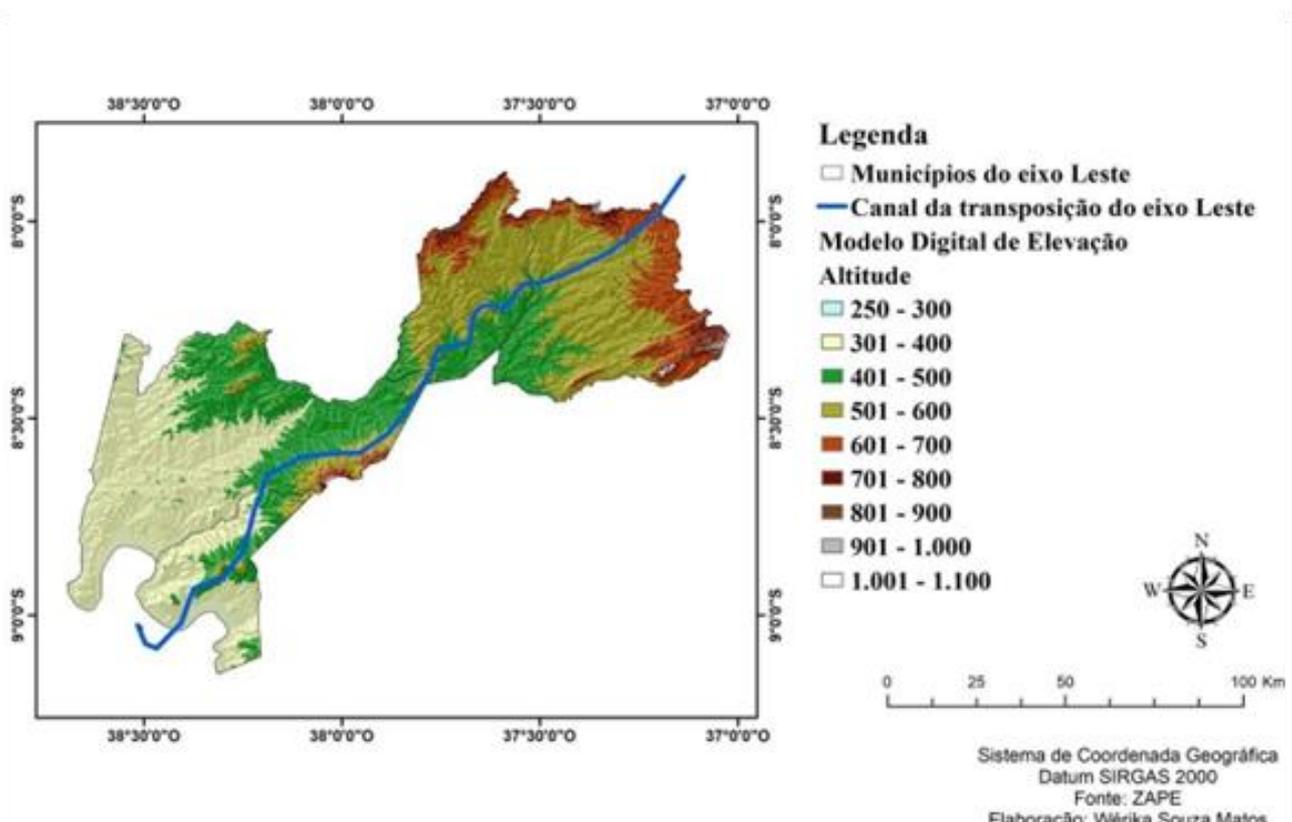
As rochas ígneas são formadas pela consolidação do magma. O magma consiste de uma fusão predominantemente silicatada, móvel, de alta temperatura, proveniente do interior do globo terrestre (MUGLLER et al, 2005).

A área de estudo está localizada numa unidade geomorfológica designada como Depressão Sertaneja. A Depressão Sertaneja possui características físico-geográficas como: amplas superfícies de erosão, desenvolvidas em rochas cristalinas cristalofilianas, produzidas por prolongados processos de pedimentação; presença de amplos pediplanos e pedimentos, com relevos residuais do tipo inselbergues; algumas áreas da unidade de paisagem exibem setores de paisagens dissecados em colinas rasas; drenagem superficial muito ramificada e de regime intermitente sazonal; fraco potencial de águas subterrâneas, que ocorrem geralmente em áreas de fraturas geológicas; predomínio de solos rasos a medianamente profundos; aparecimento frequente de afloramentos rochosos cristalinos e cristalofilianos, bem como de chãos pedregosos (“rañas”, pavimentos detríticos). Nos setores de maior declividade surgem os neossolos litólicos e dispostos no fundo dos vales, solos aluviais (flúvicos); recobrimento vegetal de caatinga hiperxerófila e hipoxerófila, com enclaves pouco comuns de cerrados e mata ciliares de carnaúba (JATOBÁ e SILVA, 2017).

Em se tratando de relevo, Andrade (2009), pontua que a Depressão Sertaneja é um dos compartimentos regionais de relevo mais extensos de Pernambuco. Possui uma topografia aplainada, do tipo pediplano, formada durante fases bem secas do Cenozoico. As altitudes desse compartimento variam entre 400 e 600 m, em média (ANDRADE, 2009).

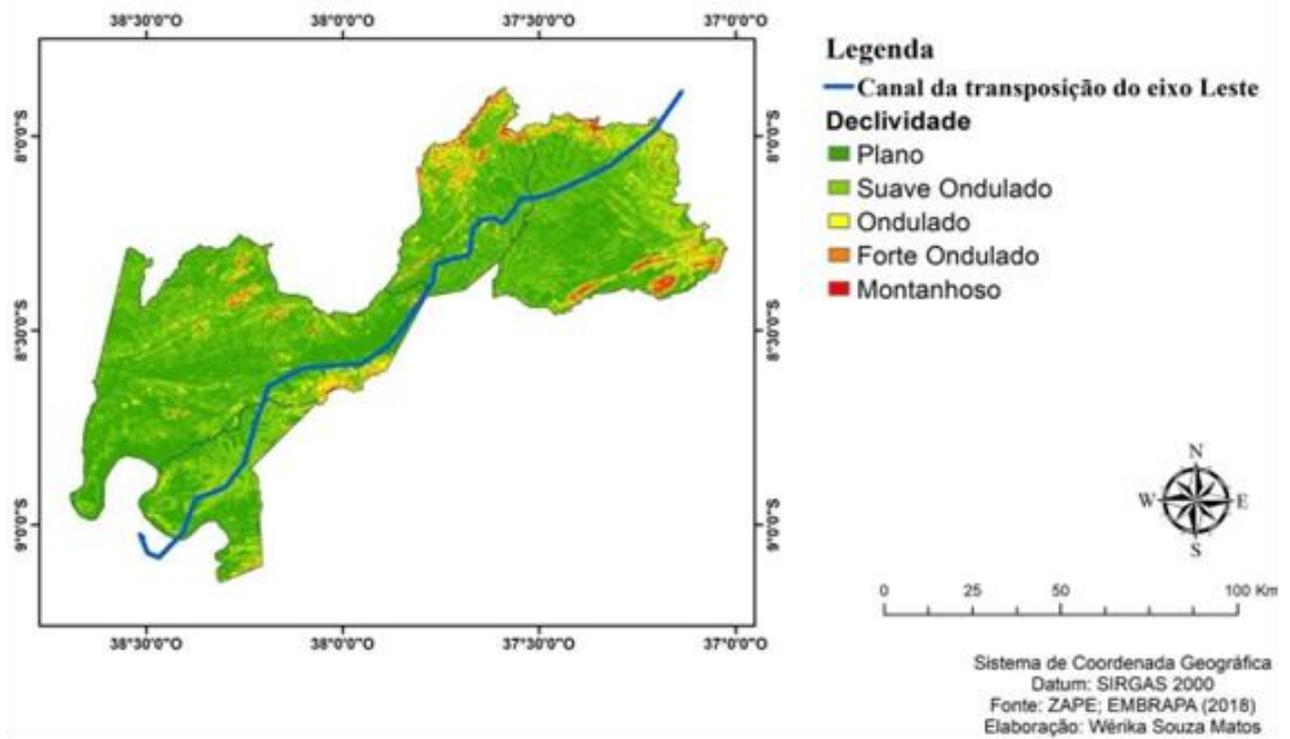
O eixo Leste do PISF, está localizado nesse compartimento regional de relevo, diante disso as altitudes de sua localização variam entre 400 e 600 m (Figura 3). Apresentando topografia que varia majoritariamente de plano a suave ondulado (Figura 4).

Figura 3- Modelo Digital de Elevação onde está localizada o eixo Leste do PISF



Elaboração autoral, (2023).

Figura 4- Declividade em porcentagem da área onde está localizada o Eixo Leste do PISF



Elaboração autoral, (2023).

No clima, a área de estudo está inserida no Semiárido brasileiro, apresentando predominantemente temperaturas altas, podendo variar no quadro climático devido à interferência do relevo e das massas de ar. (BRASIL, 2023).

Em linhas gerais, a região apresenta altas temperaturas, e longos períodos de estiagem, característicos da região Nordeste. A seca é um problema sintomático, onde em vários momentos presenciou-se o seu agravamento, tornando-se assim um fenômeno relativamente comum em Pernambuco (SOUZA, 2019).

A grande variabilidade no regime pluviométrico do Nordeste do Brasil é, em parte, explicada em função dos diversos fenômenos que influenciam a região. De acordo com Uvo e Berndtsson (1996), quatro mecanismos governam o regime de chuva da região.

Figura 5- Principais sistemas influenciadores de chuva no Nordeste brasileiro



Fonte: UVO e BERNDTSSON (1996).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que atua sobre o oceano Atlântico, é responsável pelas precipitações que ocorrem no centro norte da região

no período de fevereiro a maio. Os Sistemas Frontais ou Frentes Frias (FF), que provocam chuva no centro sul do Nordeste, atuam nos meses de novembro a janeiro. Já os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), que ocorrem na primavera, verão e outono (de setembro a abril), normalmente são mais frequentes no mês de janeiro. Por sua vez, os eventos El Niño/La Niña/Oscilação Sul (ENOS), que são resultantes de alterações nos valores da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no oceano Atlântico (Dipolos), os Ventos Alísios e a Pressão ao Nível do Mar (PNM), exercem influência nos padrões de chuva da região com maior ou menor intensidade a depender da localização dos estados na região (MOURA et al, 2019).

No que se refere à hidrografia, a área de estudo está localizada na bacia hidrográfica do rio Moxotó. A bacia hidrográfica do rio Moxotó está situada, em sua maior parte, no estado de Pernambuco, estendendo-se na sua porção sudeste para o estado de Alagoas até o rio São Francisco. A bacia se localiza entre 07° 52' 21" e 09° 19' 03" de latitude sul, e entre 36° 57' 49" e 38° 14' 41" de longitude oeste, com sua porção pernambucana constituindo a Unidade de Planejamento Hídrico UP8. A UP8 limita-se: ao norte, com o estado da Paraíba e com a bacia do rio Pajeú (UP9); ao sul, com o estado de Alagoas e com o grupo de bacias de pequenos rios interiores 2 - GI2(UP21); a leste, com as bacias dos rios Ipojuca (UP3) e Ipanema (UP7); e a oeste, com a bacia do rio Pajeú e o grupo de bacias de pequenos rios interiores 3 - GI3 (UP22) (APAC, 2023).

O rio Moxotó nasce no município de Sertânia, próximo à divisa entre os estados de Pernambuco e Paraíba. Da nascente até sua foz, no rio São Francisco, o rio possui uma extensão de cerca de 226 km. Seus principais afluentes pela margem direita, de montante para jusante, são o riacho do Saquinho, o riacho do Lajedo, o riacho da Custódia, o riacho do Capiti e o riacho Juazeiro. Pela margem esquerda, destacam-se o riacho do Feliciano, o rio Piutá, o riacho Salgado, o riacho do Pioré, o rio Priapé e o riacho do Parafuso, que serve de limite entre os estados de Pernambuco e Alagoas. Com sua nascente situada no município de Sertânia, o rio Piutá é o afluente mais importante do rio Moxotó. Após percorrer cerca de 54 km de extensão, esse rio deságua no reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, também conhecido como Poço da Cruz, no rio Moxotó (APAC, 2023).

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. Sistema fluvial e aspectos fluviais do semiárido

A partir da perspectiva da geografia, a compreensão do estudo e análises dos trechos fluviais se dá pela concepção de um sistema integrado, chamado de sistema fluvial.

O sistema fluvial é formado por componentes que interagem continuamente através do fluxo e refluxo de energia, o que impulsiona a dinâmica interna do sistema. Esses componentes podem ser de natureza biótica ou abiótica e apresentam características distintas de acordo com seu papel no sistema. No entanto, cada componente opera de acordo com as condições permitidas pelo sistema, não utilizando toda sua capacidade potencial (uma propriedade emergente) como parte integrante do sistema (MATTOS et al., 2004; Rodrigues, 2021). De acordo com Souza (2013), do ponto de vista sedimentológico, o conceito de sistema fluvial é entendido como a área de origem dos sedimentos, a rede de transporte e os locais de deposição. Esses elementos não são espacialmente exclusivos e oferecem diferentes escalas, além de interagirem entre si. Para entender as inter-relações, ou um dos elementos separados, é preciso entender o comportamento dos rios, os inputs de água na área de origem dos sedimentos, a quantidade e o tipo de sedimento disponível, como são os controles climáticos e geológicos e o que eles afetam, qual a utilização dos solos, a cobertura do vegetal e sua relação com as zonas do sistema fluvial, entre outros (SCHUUM, 1997 apud SOUZA, 2013).

De acordo com Cavalcante (2018), a geometria do sistema fluvial reflete um estado de quase equilíbrio entre vários fatores inter-relacionados. Fatores como vazão, carga de sedimentos e diâmetro de sedimentos transportados, agem de forma independente dentro do canal, pois são controlados por fatores externos como litologia e estrutura do embasamento, relevo e clima (BIGARELLA e MOUSINHO, 1965; SCHUMM, 1977; PONTE, 2003 apud CAVALCANTE, 2018). De modo geral, a produção de sedimento e o transporte de sedimentos controlam a forma como o canal é ajustado (KNIGHTON, 1998 apud CAVALCANTE, 2018). O gradiente, por sua vez, é um fator dependente, geralmente ajustado de acordo com o curso da atividade dentro do canal. Outros correlatos fundamentais incluem largura e profundidade, vazão e rugosidade do leito. A interação desses diferentes fatores constitui a fluidez do canal (SUGUIO e BIGARELLA, 1990 apud CAVALCANTE, 2018).

Dentro do contexto de sistemas fluviais, nas regiões semiáridas, onde há déficit

hídrico, os rios são predominantemente não perenes. Os rios não perenes são aqueles que fluem apenas durante a estação chuvosa, com os fluxos perdurando de poucas semanas até meses. Nos rios não perenes, para a compreensão da dinâmica fluvial, a relação entre precipitação e escoamento são essenciais, onde a magnitude e a frequência dos eventos chuvosos serão os responsáveis pelo controle da vazão nos canais (SOUZA, 2014).

Conseqüentemente, o escoamento superficial é influenciado, dentre outros elementos, pela cobertura vegetal, sendo o elemento que mais pode sofrer mudanças, antrópicas e naturais. Isto significa que, quando há mudança na cobertura vegetal, a dinâmica do escoamento superficial e, conseqüentemente, o comportamento da vazão dos rios se modifica. E no que se refere a ambientes semiáridos, em que o escoamento superficial é o principal agente da descarga dos rios, as modificações de vazão em relação às mudanças na cobertura superficial são mais intensas, produzindo também mudanças nos domínios processuais (SOUZA e ALMEIDA, 2015; TUCCI e CLARK, 1997).

Em ambientes semiáridos, a dinâmica das precipitações sofre alterações com base nas características da superfície, transformando-se em escoamento superficial. Isso interfere diretamente no processo de escoamento na relação entre encosta e canal, determinando se a água atinge ou não o canal e de que maneira. A função do escoamento superficial nesse contexto é identificada pela conectividade hidrológica da área analisada (REANEY, BRACKEN e KIRKBY, 2013 citados por MAIA, 2019).

Os rios não perenes em terras secas, como foi citado, possuem fluxos de água nos canais somente durante as estações chuvosas (SOUZA, 2014). Diante disso, os momentos de fluxo são considerados eventos de cheia e serão exclusivamente nesses eventos que ocorrerá processos geomorfológicos fluviais (GRAF, 1988; SOUZA 2011).

Para analisar o fluxo do canal nesses ambientes de terras secas, é preciso compreender os eventos de cheias, pois a cheia é o evento onde há um aumento do fluxo fora do padrão que submerge áreas que, normalmente, não são inundadas (GRAFE, 1988). Sendo assim, quando há fluxo de água nos canais, nas terras secas, pode-se compreender como eventos de cheia, visto que o padrão é quando os canais estão secos (SOUZA, 2011). De forma geral, ao se tratar das cheias nas terras secas, a resposta do aumento do fluxo às precipitações é mais rápida do que em regiões úmidas. Apresentando sete fatores controladores nas variações, espaciais e/ou temporais, dos picos de descargas, que são: Área da bacia de drenagem, intensidade

da precipitação para uma determinada duração e frequência, declividade do canal principal, o comprimento da bacia, a área das superfícies de lagos e lagoas, a relação entre escoamento superficial e a precipitação para os meses de picos de descarga, e o número por ano de dias com tempestade (GRAF, 1988).

Segundo GRAF (1988), há em suma, quatro tipos de cheias: cheias rápidas (flash floods), evento de pico único, evento de picos múltiplos, e inundações sazonais. Esses tipos de cheias não são temporalmente excludentes e possuem uma dependência espacial / escalar parcial; um exemplo disso são as cheias repentinas que ocorrem em canais menores enquanto as cheias sazonais ocorrem em canais maiores. No entanto, não há um padrão temporal definido para a distribuição desses eventos, existindo apenas uma tendência temporária à recorrência; sendo flutuações de precipitação que alteram os volumes de inundação de maneira complexa (LEOPOLD, WOLMAN e MILLER, 1964 apud SOUZA, 2011).

4.2. Impactos antrópicos em rios não perenes

As atividades antrópicas interferem e impactam o ambiente natural, com isso a humanidade enfrenta desafios únicos no que se refere à capacidade limitada dos ecossistemas em sustentar o nível atual de consumo material humano e suas atividades econômicas, junto com o crescimento da população, ocasionando consequências catastróficas ao meio ambiente (ADIN e SILVA, 2004). Dentre os recursos naturais que mais sofrem impactos das ações humanas, os recursos hídricos sempre foram um dos mais explorados, devido aos seus diversos usos e finalidades (OLIVEIRA et al, apud 2011 BANDEIRA, 2019), como também por ser um recurso que pode ser afetado de forma direta ou indiretamente devido às alterações em outros ambientes naturais que estão interligados a esses ambientes que envolvem tais recursos hídricos.

Práticas como as alterações nos sistemas de captação no meio rural, como as atividades agrícolas e pastoris, desmatamentos, corte em encostas, efeitos diretos e indiretos do processo de urbanização e mudanças práticas na conservação da dinâmica do ambiente físico, podem causar alterações no fornecimento de água e de sedimentos para um canal fluvial e, portanto, ocorrer ajustamentos morfológicos para a dinâmica fluvial (GREGORY, 2006 apud BARRETO, 2015).

Diante disso, no semiárido brasileiro, as modificações devido aos impactos humanos têm uma forma predominante de desordem sobre as bacias fluviais, possivelmente exercendo uma influência tão importante quanto os ajustes decorrentes pelas mudanças climáticas, ou mesmo estimulando os processos de superfície terrestre quando da ocorrência dos eventos naturais extremos, de alta magnitude e baixa recorrência (CORRÊA, 2011).

As ações diretas sobre os canais fluviais do semiárido buscam, sobretudo, controlar e estabilizar o suprimento d'água, e, em alguns casos, reduzir os efeitos prejudiciais das enchentes. Entretanto, as mudanças indiretas, geralmente ocorridas ao longo dos interflúvios e pedimentos, trazem respostas tão importantes à dinâmica fluvial quanto a represamento direto e a substituição da vegetação ripariana nas margens, principalmente influenciando sobre o fluxo de sedimento para as bacias e o incremento das feições provenientes da erosão, tanto da ação do fluxo hortoniano não canalizado, como da erosão linear (CORRÊA, 2011).

Os impactos indiretos sobre as bacias de drenagem nos ambientes semiáridos, aparentemente podem parecer menos extremos do que as respostas às ações diretas, como o barramento do canal. Porém, seus resultados são mais universais e espacialmente alastrados, com impactos por vezes lentos e com alcance que ultrapassa o entorno imediato da área diretamente afetada. Cabe citar também as dificuldades encontradas em se diferenciar as respostas fluviais às intervenções humanas diretas na escala dos segmentos fluviais dos impactos indiretos na escala da bacia (BRIERLEY et al, 2006 apud CORRÊA, 2011).

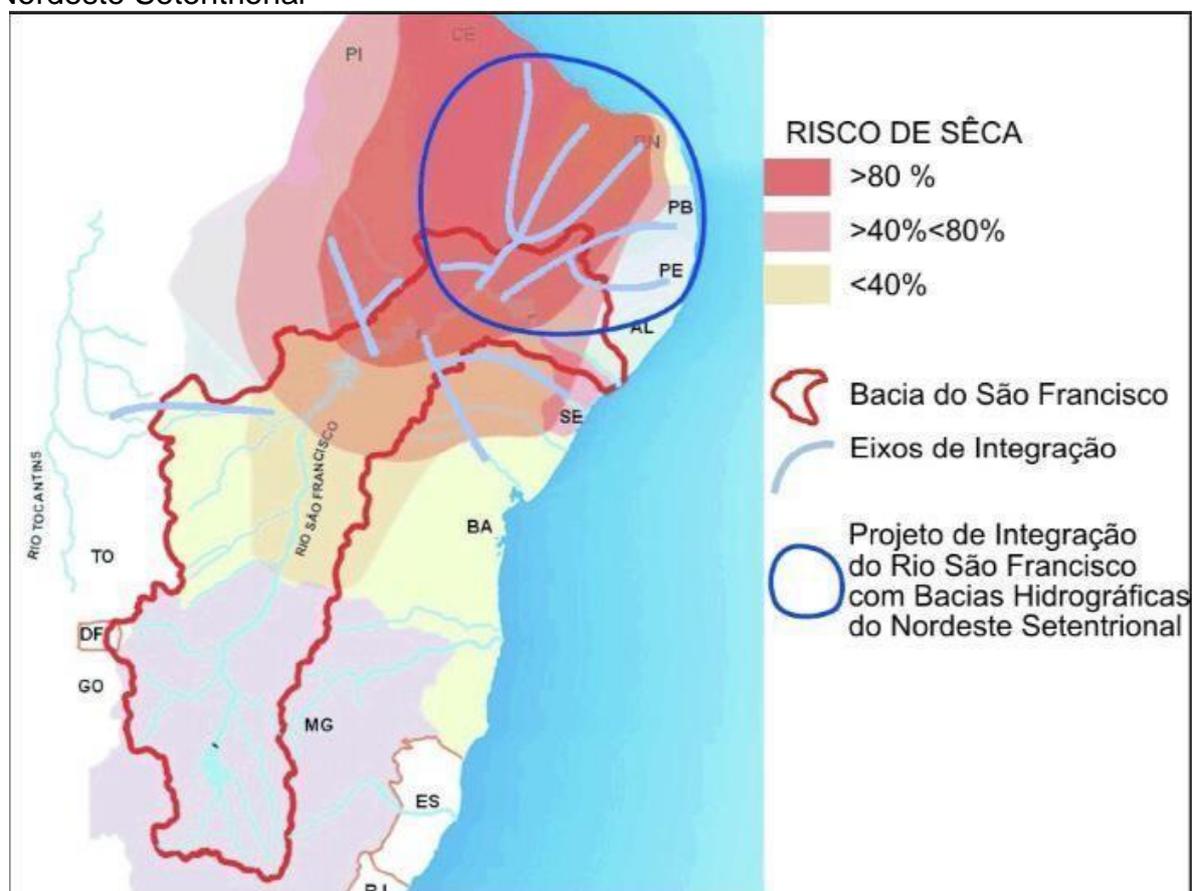
Certamente a junção de fatores antrópicos e naturais, como as mudanças climáticas, o sobrepastoreio, o desmatamento e mesmo o cruzamento de limiares erosivos intrínsecos podem estar tipicamente relacionados à retomada da erosão nas bacias semiáridas no Nordeste. Contudo, outras atividades como construção de estradas, retificações de canais, aterros para obras ferroviárias resultam em impactos tão agressivos quanto as práticas tradicionais de uso da terra (BAILING e WELLS, 1990 apud CORRÊA, 2011).

Diante do contexto apresentado, é possível compreender que uma obra de transposição de tamanha proporção como a do PISF gera impactos e modificações ambientais na dinâmica hidrogeomorfológica dos rios intermitentes que foram cortados pelo projeto na região do semiárido.

4.3. Impacto de projetos de transferência de água entre bacias - análise e monitoramento e o caso do PISF

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), surge como a solução hidráulica para a seca do Nordeste (SILVA et al, 2020). O PISF é um projeto de infraestrutura hídrica que capta água no Rio São Francisco, aduzindo-a para bacias hidrográficas do nordeste setentrional nos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Seu objetivo principal é garantir segurança hídrica, através da integração de bacias hidrográficas. O empreendimento está organizado em dois eixos principais de transferência de água: Eixo Norte e Eixo Leste, além de ramais associados (BNDS, 2022).

Figura 6- Projeto de Integração do Rio São Francisco Com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional



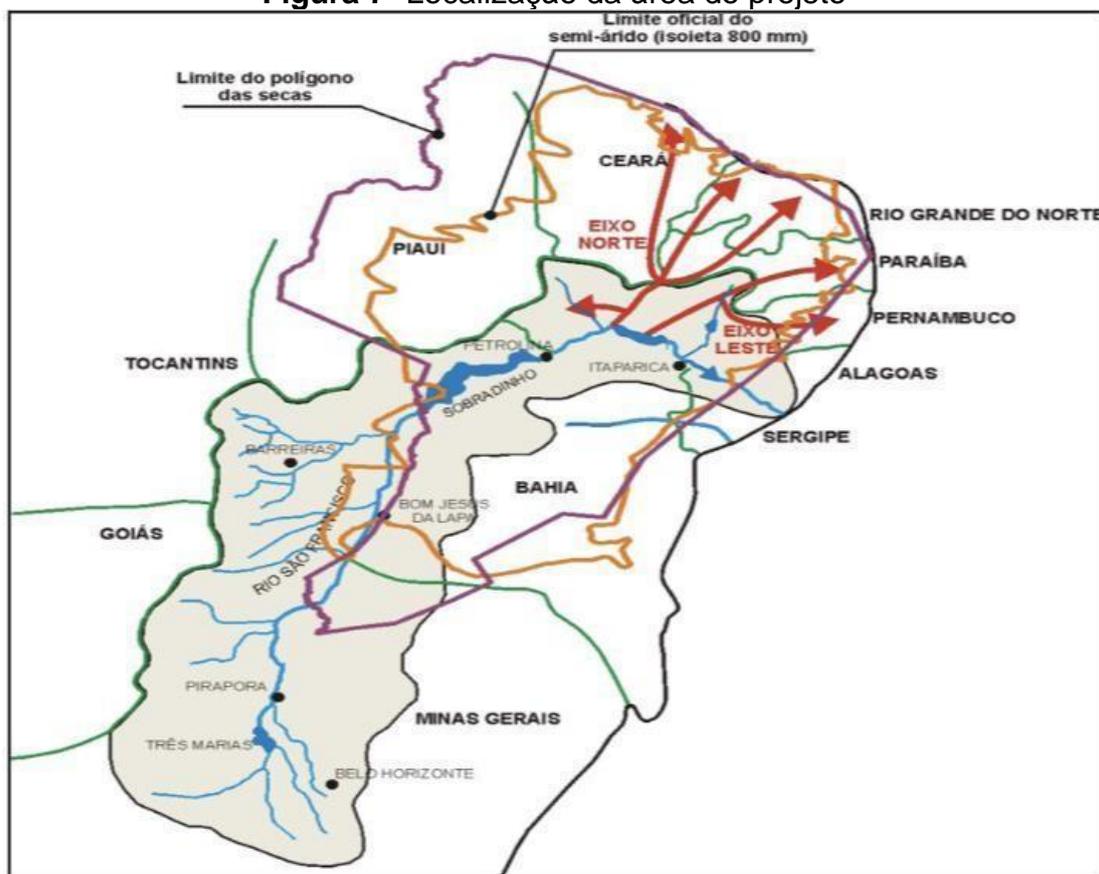
Fonte: Brasil, 2015

Silva (2017 apud Silva et al, 2020) pontuam que, é importante ressaltar que a obra se configura como duas transposições e não apenas uma, conforme apresentado por agentes governamentais. Apesar de alguns impactos ambientais do projeto terem sido subestimados no relatório de impactos ambientais, considerou-se que os impactos decorrentes desse empreendimento não seriam de proporção capaz de inviabilizar o projeto pelo critério ambiental (Silva et al, 2020 apud Castro, 2011).

O PISF consiste em dois eixos, o Eixo Leste e o Eixo Norte. O Eixo Leste, corresponde ao Trecho V, atende os estados de Pernambuco e Paraíba, com sua captação no reservatório de Itaparica, em Petrolândia-PE, indo até o riacho Mulungu, em Monteiro (PB), extensão total de cerca de 220 km, e capacidade de adução de 28 m³/s até o reservatório Copiti; daí em diante, até o final, na Paraíba, sua capacidade de adução é reduzida para 18 m³/s (Brasil, 2015).

No trecho após o reservatório Copiti, há uma única derivação, a partir do reservatório Barro Branco, para o denominado Ramal do Agreste, com capacidade de adução de 8 m³/s, com a finalidade para abastecer o agreste pernambucano. O Eixo Leste tem um total de seis estações elevatórias para vencer um desnível de cerca de 300 m (Brasil, 2015).

Figura 7- Localização da área do projeto



Fonte: Brasil, (2015).

Uma obra de tamanha proporção como a do PISF gera impactos ambientais, entre eles, o aumento dos processos erosivos na região semiárida nordestina. Pois para implantação da obra, são feitas escavações para abertura de canais, de túneis e estradas de acesso; gerando desmatamento na região (LIMA, 2013). Estava previsto no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) de 2004, medidas para amenização desses impactos, como: a instalação de dispositivos para drenar a água das chuvas e levá-las a locais onde não provoquem erosão, durante a construção; o cobrimento das laterais das escavações com espécies nativas da região, de modo a reter a terra e evitar a formação de sulcos; o monitoramento das áreas com maiores probabilidades de desmoronamento de pedras ou terra, numa ação preventiva para conter acidentes; e uma maior atenção aos locais onde forem

extraídas terra ou pedra, para que se reintegrem rapidamente à paisagem natural (RIMA, 2004).

As medidas governamentais para amenizar os impactos erosivos podem demonstrar-se eficientes em algumas áreas, porém não na totalidade espacial que abrange a transposição do rio São Francisco. O fato ocorre porque as medidas adotadas são eficientes para evitar impactos ambientais em áreas que não estão sofrendo processo de desertificação dos solos. Porém este processo está ocorrendo em várias áreas da região Semiárida do Nordeste (LIMA, 2013). A política de construir canais para drenar a água da chuva e direcionar a água em locais que têm baixo risco de erosão deveria levar em consideração também as áreas que estão sofrendo do processo de desertificação dos solos. As áreas que sofrem de desertificação dos solos são mais suscetíveis aos processos erosivos (LIMA, 2013).

Outra mudança gerada também pela transposição, é a modificação do regime fluvial das drenagens receptoras. Os rios que serão utilizados como canais naturais e que levarão as águas captadas no rio São Francisco até os açudes de maior porte (Castanhão, Armando Ribeiro Gonçalves, Santa Cruz e Epiácio Pessoa), intermitentes em sua maioria, o período de tempo em que ficam secos será muito pequeno. Nos rios abaixo desses açudes de maior porte, haverá um aumento das vazões médias e uma diminuição no pico das cheias frequentes. Alguns rios que serão utilizados como canais naturais têm uma capacidade inferior à vazão de projeto prevista para 2025; por isso, as vazões excedentes deverão passar por um canal auxiliar, paralelo aos riachos (RIMA, 2004).

Alterações do comportamento hidrossedimentológico dos corpos d'água também acontecem devido a obra de transposição. Devido as obras, a exposição dos solos os deixa submissos à ação das chuvas e ao transporte de sedimentos para os rios e reservatórios locais. Pode haver também o desbarrancamento das margens de rios e reservatórios, em função do aumento e variação do fluxo de água. A utilização de novas áreas para agricultura irrigada também poderá contribuir para o aumento dos processos erosivos, gerando um fluxo maior de sedimentos aos corpos d'água (RIMA, 2004).

A obra da transposição, também interfere na recarga fluvial dos aquíferos. No semiárido, as águas subterrâneas eventualmente utilizadas somente são repostas

nos períodos de chuva. Com a operação do sistema, essa reposição se dará de modo contínuo em diferentes locais, beneficiando as populações próximas que são abastecidas por poço. Essa reposição acontece somente nos poços situados nos aluviões (RIMA, 2004).

De acordo com RIMA de 2004, a obra também influencia no regime fluvial do rio São Francisco. A capacidade máxima das estações de bombeamento do Projeto de Integração é 127 m³/s, e a vazão média prevista para captação ao longo de todo o período de operação é 63 m³/s. Com a operação das bombas, em 20% do tempo não ocorreria nenhuma alteração das vazões no baixo São Francisco. Em 60% do tempo, haveria uma redução entre zero e 3% nas vazões, e somente em 20% do tempo, essa redução seria superior a 3%. Os níveis d'água no baixo São Francisco continuaria sendo controlada pela operação dos reservatórios existentes, sobretudo o de Xingó (RIMA, 2004).

Guimarães Jr (2007), ao tratar dos impactos do projeto do PISF, pontua que a argumentação técnica em defesa do projeto é falha, demonstrando falta de isenção e precaução, além de certo desconhecimento da dimensão e de questões ambientais tanto do rio São Francisco, como também de aspectos sociais econômicos do Semiárido brasileiro.

No que se refere a percepção social dos impactos ambientais causados pela obra, Colucci (2018) faz uma citação da narrativa do cacique Valdemir Lisboa, no Seminário "São Francisco: margem em tensão" (Recife, março de 2017):

É triste quando a gente margeia o Eixo Leste e vê o tamanho do estrago na flora, com a retirada das plantas que usamos na nossa medicina diária; na fauna, provocando o desaparecimento de animais silvestres; e acima de tudo no solo, com a remoção da terra e olhos d'água fechados, de forma criminosa com cimento.

É inevitável que ocorra mudanças para o meio ambiente inundado com a construção de hidrelétricas, transposição de rios e desvio de cursos secundários de águas, mas, nem sempre as demandas sociais delas decorrentes foram priorizadas (COLUCCI, 2018).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi construída a partir de uma abordagem qualitativa, realizada através de um estudo de caso. Os dados foram coletados a partir de dados secundários (pesquisas bibliográficas) e dados primários (pesquisa de campo). O trabalho está dividido em cinco etapas metodológicas: análise documental, mapeamentos temáticos, identificação e espacialização dos rios impactados e estruturas construídas, classificação fluvial dos trechos impactados e identificação das mudanças hidrogeomorfológicas nos trechos impactados.

Figura 8- Sequência Metodológica



Elaboração autoral (2024).

5.1. Análise documental

A primeira etapa consistiu na análise documental, onde ocorreu o estudo de documentos técnicos da obra, como os relatórios ambientais do projeto, relatórios finais do Eixo Leste, e relatórios de viabilidade ambiental do projeto, entre outros documentos. Para realização dessa etapa da pesquisa, documentos como o Relatório Síntese de Viabilidade Técnico-econômica e Ambiental (RIMA) e o Relatório de Recomendações do PISF do Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas (2021) foram consultados; além desses documentos, foi consultado também o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do PISF, sendo esse, o principal documento analisado. Essa análise documental foi desempenhada com intuito de apontar quais impactos foram previstos pela obra dentro desses relatórios e se esses impactos correspondem aos possíveis impactos e mudanças hidrogeomorfológicas apontadas na pesquisa.

5.2. Mapeamentos temáticos

Para realização do mapa de localização utilizou-se a base de dados do IBGE, com escala de 1:250000. O mapa de localização aponta a representação dos quatro municípios pernambucanos que o canal do eixo Leste do PISF percorre, que são Custódia, Sertânia, Floresta e Petrolândia.

O mapa de geologia teve como base os shapes de dados vetoriais SIG do mapa de Geodiversidade com escala de 1:1.000.000 disponibilizados na plataforma do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), nele são apontadas as unidades geológicas presente no trecho do eixo Leste.

Para o desenvolvimento do modelo digital de elevação e do mapa de declividade da área aplicou-se a fonte de dados SRTM, com escala de 1:250000 e resolução de 30x30m para ambos, esses mapas contém as características topográficas da região. As discussões desses mapas foram realizadas na caracterização da área.

Para a elaboração do mapa contendo a representação dos estilos fluviais, dos tipos de estruturas cortando os canais e do tipo de confinamento (classificação) dos canais, foi preciso seguir alguns passos.

Primeiramente, foi necessário ir a campo, que foi posterior à identificação dos canais impactados a partir de imagens de sensoriamento remoto do Google Earth, essa etapa será detalhada no item 5.3. Em campo foi percorrido todo o trecho do eixo Leste, sendo marcado todos os pontos de interesse para serem analisados. A marcação desses pontos foi realizada através do GPS.

Em seguida, esses pontos foram exportados do GPS para a ferramenta Google Earth em formato KMZ. Com os pontos importados para o Google Earth, foi possível visualizar e explorar a rota dos locais que foram marcados. Nessa etapa, foi realizada a classificação dos canais, que será detalhada no item 5.4.

Para essa classificação dos canais, foi necessário primeiramente realizar a extração da drenagem. Para isso, utilizou-se a fonte de dados disponível pelo SRTM da EMBRAPA por meio do site Brasil Relevo, com escala de 1:250000 e resolução de 30x30m, esse processo foi realizado através do ArcGis 10. Após esse processo, esse arquivo foi exportado do ArcGis 10 e importados para a ferramenta Google Earth, em formato KML. Com os dados adicionados no Google Earth, foi possível visualizar os cursos d'água como elementos sobrepostos no mapa e assim ser realizada a marcação dos polígonos indicando as planícies de inundação para assim ser realizada a classificação dos canais de acordo com o seu confinamento.

Após essa etapa, esse arquivo foi novamente exportado do Google Earth para o ArcGis 10 no formato KML, para assim ser realizada a última etapa para a construção do mapa. Nessa etapa foi realizada a identificação dos tipos de estruturas construídas, que teve como apoio as imagens registradas em campo, as imagens de satélite disponível no Google Earth, e as anotações da ficha de campo. Assim foi identificadas os diferentes tipos de estruturas, que foi representada no mapa através de diferentes símbolos.

O processamento dos dados e elaboração de todos os mapas foi realizado através do Software ArcGis 10.

5.3. Identificação e espacialização dos rios impactados e estruturas construídas

Para a identificação e espacialização dos rios impactados e das estruturas construídas, foi necessário realizar primeiramente o recorte da área a ser estudada, no caso, todo trecho do eixo Leste do PISF, que fica localizado em Pernambuco entre os municípios de Sertânia, Custódia, Floresta e Petrolândia. Esse mapeamento foi executado através da ferramenta Google Earth. A partir desse passo, foram marcados todos os pontos de interesse para a realização da pesquisa, no caso os canais que estavam localizados no trecho onde o canal do PISF percorre, por tanto, canais que foram diretamente impactados pelo PISF.

Logo após, realizou-se o primeiro campo exploratório, com o intuito de conhecer melhor a área estudada para assim ser feita a identificação dos canais afetados pela obra da transposição e identificação das estruturas construídas. Os registros dos canais foram realizados através de fotos, marcações com o GPS e anotações descritivas de cada ponto visitado, apontando riachos cortados pela obra da transposição, drenagens com barramentos, processos erosivos, os diferentes tipos de estruturas construídas, e quaisquer mudanças hidrogeomorfológicas observadas.

5.4. Classificação fluvial dos trechos impactados

Após o levantamento feito em campo, foi executada a extração da drenagem. Com base nos pontos marcados em campo com a utilização do GPS, foi identificada de modo mais preciso os canais cortados pelo PISF. Com a extração da drenagem e a marcação dos pontos realizados, foi possível elaborar a classificação dos estilos fluviais. Essa identificação foi realizada através do reconhecimento das planícies de inundação ao longo dos trechos dos canais impactados pelo PISF, determinando a tipologia do vale para cada trecho, podendo o canal ser confinado (quando menos de 10% do trecho apresenta extravasamento do fluxo - planície de inundação), semiconfinado (quando entre 10 a 90% do trecho apresenta planície de inundação) e lateralmente não-confinado (quando mais de 90% do trecho apresenta planície de inundação) (BRIERLEY & FRYIRS, 2005). Logo após, foi realizada a identificação dos tipos de estruturas construídas, com o apoio das imagens registradas em campo, as

imagens de satélite disponíveis no Google Earth, e as anotações da ficha de campo. A discussão dos tipos de estruturas construídas será realizada nos resultados da pesquisa. Posteriormente, foram feitas a organização dos dados contendo os resultados.

5.5. Identificação das mudanças hidrogeomorfológicas nos trechos impactados

O quinto passo foi a identificação das mudanças hidrogeomorfológicas nos trechos impactados dos rios não perenes devido às estruturas construídas do PISF, apontando como essas estruturas interferem na dinâmica fluvial desses rios. Para realização dessa identificação foram utilizadas imagens de drone a partir da análise de trechos representativos, onde foi realizada uma análise dos impactos ocorridas durante o período analisado. Essa análise teve como objetivo, avaliar possíveis mudanças, como transformações nas formas desses rios, ou na sua tipologia, processos erosivos, mudanças dinâmicas dos rios, entre outros. Já que, uma grande interferência ou influência na vazão de um rio não perene pode transformá-lo em um rio perenizado.

6. RESULTADOS

6.1 Análise dos documentos técnicos

O principal documento analisado para a elaboração da pesquisa foi o documento de Estudo de Impacto Ambiental do PISF (EIA). Segundo o Ministério do Meio Ambiente, comum a todos os estados e regulamentado pela Resolução CONAMA 001/1986, o EIA é exigido no licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades que possam causar significativos impactos ambientais.

No EIA são abordados os aspectos técnicos necessários para a avaliação dos impactos ambientais a serem gerados pelo empreendimento. O EIA deve ser elaborado por equipe técnica multidisciplinar habilitada, e deverá conter no mínimo, as seguintes atividades técnicas, conforme Resolução CONAMA 01/1986:

I – Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:

- a) o meio físico – o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;
- b) o meio biológico e os ecossistemas naturais – a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;
- c) o meio socioeconômico – o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

- 4. II – Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas

propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

5. III – Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.
6. IV – Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento (os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados).

Segundo o EIA do PISF, o projeto buscou focar as diferentes fases da obra e examinar a natureza dos componentes ambientais que possam sofrer impactos. A partir desse conjunto de informações, procurou-se identificar medidas mitigadoras adequadas, visando evitar, minimizar ou eliminar qualquer potencial impacto adverso, que deverá ser de responsabilidade de execução por parte do empreendedor. Os componentes identificados, a partir do diagnóstico, estão listados a seguir:

a) Meios Físico e Biótico

- Cobertura Vegetal
- Solos / Aptidão Agrícola
- Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos e
- Recursos Minerais
- Fauna Terrestre
- Fauna Entomológica e Malacológica
- Peixes
- Qualidade da Água e Limnologia
- Geologia e Geomorfologia
- Ar

b) Meio Antrópico

- Comunidades Rurais e Urbanas
- Comunidades Especiais

- Atividades Econômicas
- Saúde Pública
- Abastecimento de Água
- Segurança Pública
- Patrimônio Histórico e Arqueológico
- Finanças Municipais

Segundo o documento, com base nos possíveis impactos identificados, foi realizada uma análise intensiva e, em conjunto, elaborou-se uma Matriz-Síntese, com a correlação entre as atividades previstas e as características ambientais das Áreas de Estudo. A identificação de recursos e processos ambientais e a avaliação de impactos associados que incluíram três etapas:

- Etapa 1 – correlação de cada uma das atividades previstas com os respectivos aspectos ambientais (informações contidas nas Seções sobre os meios físico, biótico, antrópico e legislação ambiental);
- Etapa 2 – identificação do maior número de possíveis impactos ambientais;
- Etapa 3 – avaliação da magnitude e relevância dos impactos, segundo critérios estabelecidos relevantes ao projeto, considerando os riscos ambientais, exigências legais e interesses da comunidade.

No que se refere aos impactos relacionados aos recursos hídricos, às reservas hídricas, e aos impactos na geologia e geomorfologia, o documento apresenta os seguintes impactos em forma de fluxogramas que aqui serão apresentados no quadro a seguir:

Quadro 2 – Impactos selecionados previstos no EIA

Componentes ambientais	Impactos negativos	Impactos positivos	Ações causadoras
------------------------	--------------------	--------------------	------------------

Recursos hídricos Subterrâneos e Superficiais (Parte 1).	IMP 41 - Início ou Aceleração dos Processos de Desertificação; IMP 37 - Assoreamento de corpos d'água		Implantação de infraestrutura s: Limpeza de Terreno; Terraplanagem; Instalações (captação de água).
Recursos hídricos Subterrâneos e Superficiais (Parte 2).	IMP 35 - Início ou Aceleração de Proc. erosivos e carreamento de sedimentos; IMP 37 - Assoreamento de corpos d'água		Desmatamento da faixa de domínio, do canal e dos reservatórios.
Recursos Hídricos Superficiais (Parte 2)	IMP 35 - Início ou Aceleração de Proc. erosivos e carreamento de sedimentos; IMP 37 - Assoreamento de corpos d'água		Infraestrutura para obras: Abertura de Acessos; Melhoria dos Acessos Existentes.
Recursos Hídricos Subterrâneos e Superficiais (Parte 3)	IMP 41 - Início ou Aceleração dos Processos de Desertificação; IMP 37 - Assoreamento de corpos d'água.		Obras civis: Implantação das Estruturas Hidráulicas - Aumento do Tráfego de Veículos - Áreas de Empréstimo - Obtenção de Areia
Geologia / Geomorfologia (Parte 3)	IMP 34 - Instabilização de encostas marginais dos corpos d'água; IMP 37 - Assoreamento de corpos d'água		Obras civis: Implantação das Estruturas Hidráulicas - Aumento do Tráfego de Veículos - Áreas de Empréstimo - Obtenção de Areia

Recursos Hídricos Superficiais (Parte 4)	IMP 38 - Risco de eutrofização dos novos reservatórios	IMP 39 - Melhoria da Qualidade da Água nas Bacias Receptoras	Enchimento dos reservatórios
Recursos Hídricos Subsuperficiais (Parte 4)		IMP 40 - Aumento da recarga fluvial dos aquíferos	Enchimento dos reservatórios
Recursos Hídricos Superficiais (Parte 5)	IMP 36 - Modif. regime fluvial e do comport. Hidrossedime.na s drenagens receptoras; IMP 37 - Assoreamento de corpos d'água; IMP 38 - Risco de eutrofização dos novos reservatórios.	IMP 39 - Melhoria da Qualidade da Água nas Bacias Receptoras	Operação do sistema
Recursos Hídricos Subsuperficiais (Parte 6)		IMP 40 - Aumento da recarga fluvial dos aquíferos	Operação do sistema
Geologia / Geomorfologia (Parte 6)	IMP 34 - Instabilização de encostas marginais dos corpos d'água		Operação do sistema

Adaptado de Relatório de Estudo Ambiental (EIA) do PISF (2004).

Para todas as fases do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (planejamento, construção e operação), foram identificados 44 impactos ambientais ao todo. Cada impacto identificado foi detalhado no documento em forma de tópicos, onde cada tópico detalhou cada tipo de impacto, explicitando a forma desse impacto, ou seja, se esse impacto era negativo ou positivo, direto ou indireto, a temporalidade desse impacto, se o mesmo era reversível ou irreversível, em que fase do projeto o impacto se enquadrava, a espacialização desse impacto (se era local ou regional), sua magnitude, e a probabilidade de ocorrência desse impacto. Todavia, não foi identificado no documento analisado, um mapeamento apontando onde essas áreas de impacto direto ou indireto, de maior ou menor impacto estariam localizadas. Contudo, após análise do documento, nenhum

impacto referente aos impactos geomorfológicos e hidrológicos foram identificados para os rios não perenes localizados no percurso da transposição que foram cortados pela obra.

6.2 Caracterização das drenagens diretamente impactadas pela construção eixo Leste

Para a elaboração da caracterização das drenagens, foi realizada, primeiramente, a seleção dos 27 canais impactados, e em seguida, foram extraídos os valores correspondentes ao tamanho de cada canal, a área de captação desses, sua ordem e o seu tipo de confinamento. Os dados foram extraídos e organizados na tabela a seguir.

Quadro 3- Características dos canais impactados no Eixo Leste do PISF. Em verde estão os canais analisados em detalhe.

Canais	Tamanho dos Canais	Área de captação Km ²	Ordem dos canais	Tipo confinamento
Canal 1	0,133963 Km	0,007949 Km ²	Terceira ordem	Não confinado
Canal 2	1,443881 Km	0,519143 Km ²	Terceira ordem	Confinado
Canal 3	1,443881 Km	0,519143 Km ²	Terceira ordem	Confinado
Canal 4	2,56933 Km	3,230081 Km ²	Terceira ordem	Confinado
Canal 5	2,56933 Km	3,23008 1Km ²	Terceira ordem	Confinado
Canal 6	9,723551 Km	7,661684 Km ²	Terceira ordem	Confinado
Canal 7	1,01792 Km	0,327733 Km ²	Terceira ordem	Confinado
Canal 8	0,25526 Km	0,043348 Km ²	Terceira ordem	Confinado
Canal 9	3,636786 Km	2,20267 Km ²	Terceira ordem	Confinado
Canal 10	8,096609 Km	9,909051 Km ²	Primeira ordem	Confinado
Canal 11	0,805409 Km	0,224757 Km ²	Primeira ordem	Confinado
Canal 12	0,946717 Km	0,191 Km ²	Primeira ordem	Confinado
Canal 13	2,808025 Km	1,109628 Km ²	Primeira ordem	Confinado
Canal 14	10,73968 Km	22,61665 Km ²	Segunda ordem	Confinado
Canal 15	7,564907 Km	6,602559 Km ²	Primeira ordem	Confinado

Canal 16	1,947434 Km	0,660492 Km ²	Primeira ordem	Confinado
Canal 17	1,554692 Km	0,361287 Km ²	Terceira ordem	Semiconfinado
Canal 18	24,927543 Km	66,494712 Km ²	Terceira ordem	Semiconfinado
Canal 19	3,58793 Km	2,541941 Km ²	Primeira ordem	Não confinado
Canal 20	1,707388 Km	0,602857 Km ²	Segunda ordem	Semiconfinado
Canal 21	10,581312 Km	11,076265 Km ²	Primeira ordem	
Canal 22	8,134085 Km	6,66061 Km ²	Primeira ordem	Confinado
Canal 23	1,016027 Km	0,248883 Km ²	Primeira ordem	Confinado
Canal 24	15,631 Km	45,64871 Km ²	Segunda ordem	Semiconfinado
Canal 25	9,701645 Km	19,656852 Km ²	Primeira ordem	Confinado
Canal 26	15,101578 Km	126,759704 Km ²	Terceira ordem	Confinado
Canal 27	12,617214 Km	23,402525 Km ²	Segunda ordem	Confinado

Elaboração autoral (2024).

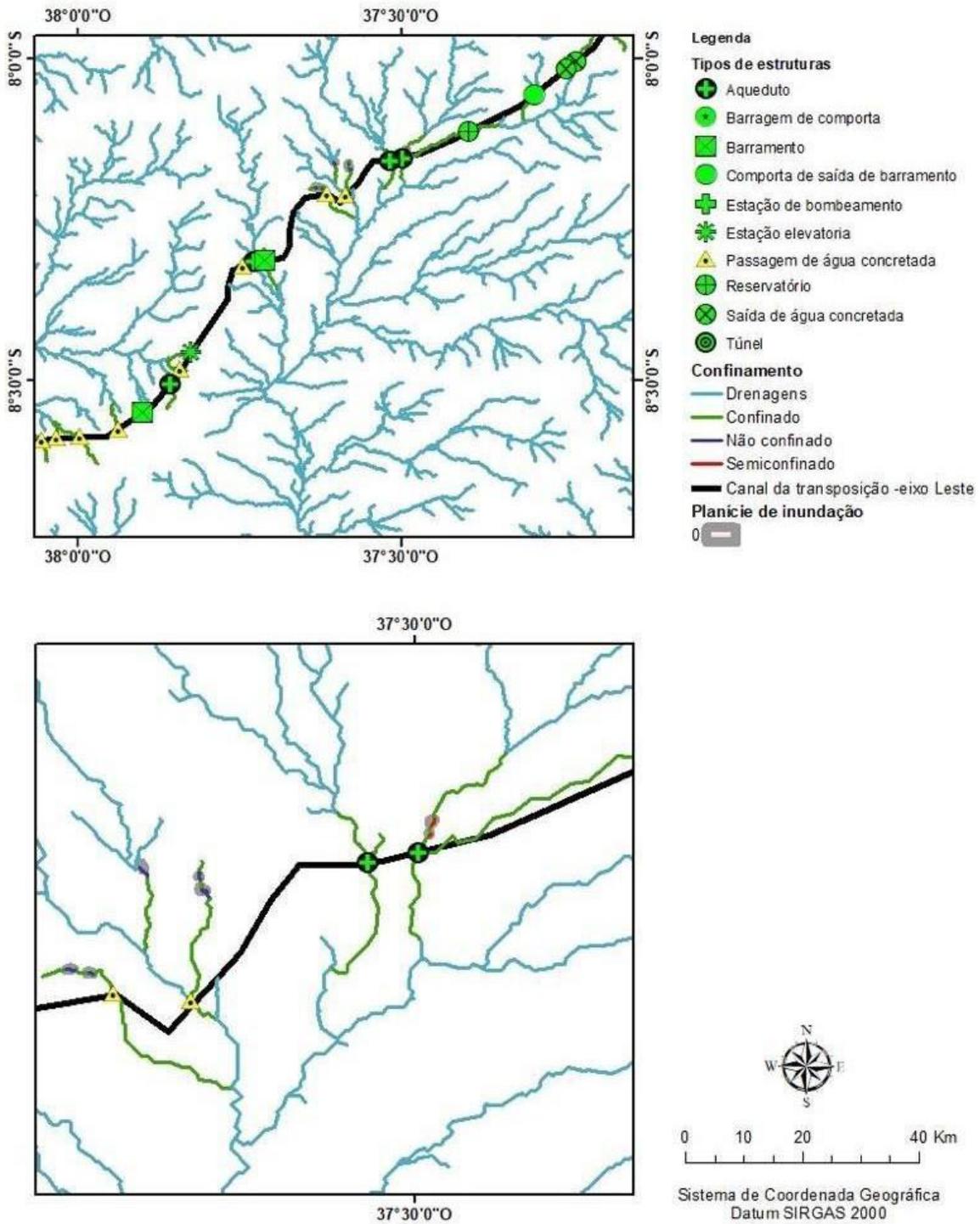
A partir dos dados encontrados, é possível observar que o tamanho dos canais varia bastante, com o menor medindo cerca de 0,25526 Km (Canal 8) e o maior chegando aos 24,927543 Km (Canal 18). Também é possível apontar, com base nos dados do quadro acima, que o tamanho da área de captação dos canais também varia bastante, onde a menor área de captação corresponde a área do Canal 12, medindo 0,191 Km, e o maior, corresponde a área do Canal 26, medindo 126,759704 Km. No que se refere a Ordem dos canais, a predominância dos canais impactados são de terceira ordem. Já no que diz respeito ao tipo de confinamento dos canais, a predominância é de canais confinados, pois não apresentam planície de inundação. Dos 27 canais analisados, 20 são canais confinados, 4 semiconfinados e 3 não confinados.

Importante salientar que os canais destacados em verdes são os canais que foram selecionados para serem analisados de forma mais precisa, essa análise será detalhada no tópico seguinte.

6.3 Impactos geomorfológicos nos trechos cortados

A partir da análise realizada no trecho, foi possível apontar e mapear os 27 rios não perenes impactados pela obra no Eixo Leste, e seu tipo de confinamento, assim como foi possível identificar também, os diferentes tipos de estruturas instalada em cada trecho (Figura 9).

Figura 9- Estilos Fluviais e estruturas do PISF



Porção superior: tipos de estruturas cortando os canais. Porção inferior: tipo de confinamento dos canais. Elaboração autoral, (2023).

A partir da observação e análise de imagens de satélite, registros fotográficos e da ficha de campo, foi possível identificar os tipos de estruturas construídas nos canais cortados pela obra. Foram identificados dez tipos de estruturas diferentes (Figura 10), que são: aquedutos, barragens de comporta, barramentos, comporta de saída de barramento, estações de bombeamento, estações elevatórias, passagens de água concretadas, reservatórios, saída de água concretada e túneis.

Figura 10- Estruturas construídas no Eixo Leste do PISF



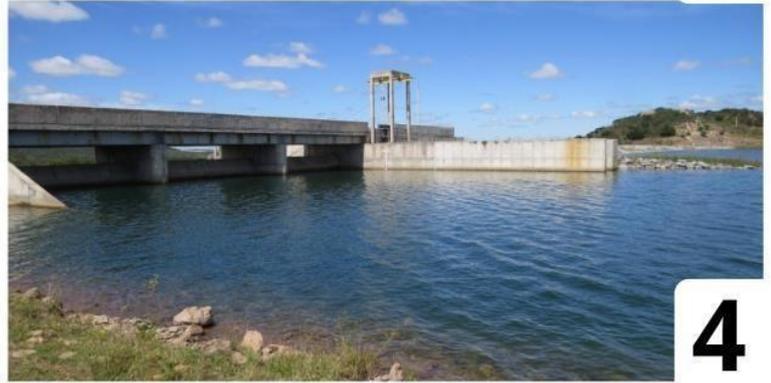
1



2



3



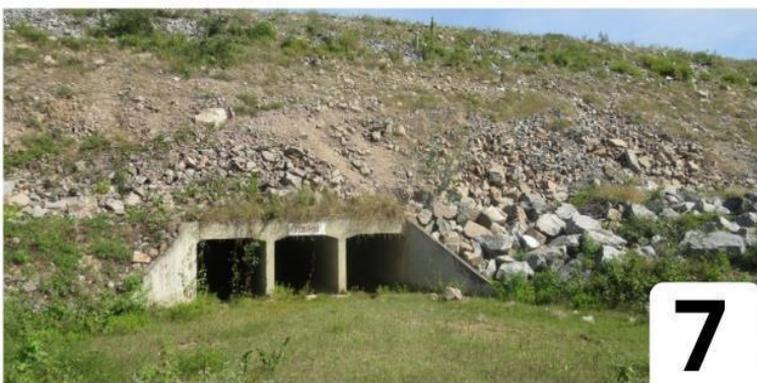
4



5



6



7



8



9



10

Nome de cada estrutura: 1 Túnel; 2 Saída de água concretada; 3 Barragem de comporta; 4 Comporta de saída de barramento; 5 Reservatório; 6 Aqueduto; 7 Passagem de água concretada; 8 Barramento; 9 Estação de bombeamento; 10 Estação elevatória. Autorial, (2024).

Essas construções possuem graus de impactos diferentes nos canais, como por exemplo, os aquedutos, túneis e passagens de água concretadas, que não chegam a barrar os canais. Entretanto, construções como as barragens de comporta, barramentos e comporta de saída de barramento, possuem impactos mais diretos sobre os canais, pois além de barrar artificialmente o fluxo de água, também barra os sedimentos.

Em um rio, a velocidade das águas depende de fatores importantes como a declividade do perfil longitudinal, o volume das águas, a forma da seção transversal, o coeficiente de rugosidade do leito e viscosidade da água, fazendo com que a velocidade das águas tenha variações nos diversos setores do canal no qual ela flui. Nesse sentido, qualquer obstáculo influencia na eficiência do fluxo das águas, por exemplo, quanto mais lisa for a calha, maior será a eficiência do fluxo. Desse modo, o comportamento da velocidade das águas e seu fluxo (turbulento ou laminar) relacionam-se com a corrente fluvial (ou trabalho) que o rio executa, possibilitando o transporte da carga sedimentar nas suas mais variadas formas (suspensão, saltação e rolamento), de acordo com a granulação das partículas (tamanho e forma) e das características da própria corrente, elaborando uma forma de relevo fluvial em função destas variáveis (Coelho, 2008).

Do ponto de vista de um sistema, a capacidade de erosão das margens de um rio e o movimento e deposição de sedimentos são influenciados por diversos fatores, incluindo a vazão e a natureza das correntes fluviais. Esses elementos contribuem para a manutenção de uma condição estável e equilibrada no canal fluvial. Desse modo, qualquer alteração nesse equilíbrio resulta imediatamente em mudanças nas condições de erosão, transporte e deposição, eventualmente levando a um novo estado de equilíbrio (Christofolletti, 1980 e Silva et al. 2003).

Quando há uma intervenção humana de grande impacto, como no caso da construção de grandes barragens, ocorre a ruptura do equilíbrio longitudinal do rio. Praticamente toda barragem no curso do rio interfere no seu sistema lótico

(correntezas), transformando-o em um sistema com características lênticas (ou de águas semi-paradas) no reservatório. Essa interferência específica desencadeia uma série de efeitos em cadeia que, dependendo da magnitude e da área afetada, pode ter repercussões irreversíveis (Cunha, 1995, 2001a apud Coelho, 2008).

De acordo com Cunha (1995), podem ser citados diversos impactos Hidrológicos e Geomorfológicos com a construção de uma barragem. No que se refere aos hidrológicos a autora cita: deposição de carga sólida; mudança térmica das águas; redução da velocidade das águas; subida do nível das águas; armazenamento de carga líquida; armazenamento de carga sólida; modificação no conteúdo de gases dissolvidos; elevação do nível piezométrico (compressibilidade dos líquidos); alteração na taxa de infiltração; maior disponibilidade de água subterrânea; ocorrência de inundações; assoreamento no reservatório; redução da vida útil da barragem; alteração na transparência da água; alteração na estrutura térmica da água; controle da regularização das descargas; redução da carga sólida (sedimentos); sanilização da água; alteração na estrutura térmica; redução do nível piezométrico; alteração nas taxas de infiltração; menor disponibilidade de água subterrânea. Já no que se refere aos impactos Geomorfológicos, são citados: assoreamento na desembocadura dos rios principais; assoreamento no fundo dos vales principais; assoreamento na desembocadura e no fundo dos vales afluentes; formação de novas áreas de inundação; submersão das formas de relevo; processos de abrasão lacustre; recuo das margens ou das falésias lacustres; formação de praias e depósitos de abrasão; processos de assoreamento; formação de bancos arenosos emersos ou imersos; formação de lagoas fechadas; colmatção da desembocadura dos rios principais; formação de novas áreas de inundação; entalhe no leito do rio, com conseqüente descida do nível de base local; descida do nível de base dos afluentes com retomada erosiva (entalhe) dos seus leitos; processos de erosão nas margens; alteração nos sedimentos de fundo e das margens; reajustamento na morfologia do canal pela migração dos setores de erosão e sedimentação; processos de deposição nas margens e fundo do leito; modificações na dinâmica da foz (Coelho, 2008).

No que diz respeito as demais construções, como aquedutos, estações de bombeamento, passagens de água concretadas, túneis, reservatórios e saídas de água concretada, construções essas que foram encontradas na área de estudo da

presente pesquisa de dissertação, até o presente momento, são escassos os estudos no que se refere aos impactos causados por esses tipos de construções em rios. Porém, no quadro a seguir (quadro 4) são listados os diferentes tipos de construções instaladas nos canais estudados, apontando alguns dos possíveis impactos que cada tipo de construção pode gerar.

Quadro 4- Tipos de estruturas encontradas no PISF e possíveis impactos gerados

Tipo de estrutura	Possíveis impactos
Aquaduto	Alteração hidrológica inexistente, e geomorfológica mínima. Possibilidade de constrição lateral.
Barragem de comporta	Deposição de carga sólida; redução da velocidade das águas; subida do nível das águas; armazenamento de carga líquida; armazenamento de carga sólida; alteração nas taxas de infiltração; ocorrência de inundações; assoreamento na desembocadura dos rios principais; assoreamento no fundo dos vales principais; assoreamento na desembocadura e no fundo dos vales afluentes; submersão das formas de relevo; recuo das margens ou das falésias lacustres; processos de assoreamento; entalhe no leito do rio; descida do nível de base dos afluentes com retomada erosiva (entalhe) dos seus leitos; processos de erosão nas margens; alteração nos sedimentos de fundo e das margens; reajustamento na morfologia do canal pela migração dos setores de erosão e sedimentação; processos de deposição nas margens e fundo do leito; modificações na dinâmica da foz (Coelho, 2008).
Barramento	Os impactos dessa construção são semelhantes aos causados pela construção de barragens, pois o que difere uma construção da outra geralmente são o tamanho das estruturas, onde os barramentos costumam ser de menor construção. Contudo, os impactos podem ser idênticos aos causados pelas construções de barragens. Podem ser citados, a interferência no fluxo natural do rio, processos de

	sedimentação,
--	---------------

	processos de assoreamento, entre outros citados na construção de barragens (Coelho, 2008).
Comporta de saída de barramento	Assim como os barramentos, os impactos devido a construções como as Comporta de saída de barramento serão similares aos impactos causados na construção de uma barragem, apesar de suas estruturas serem distintas. De todo modo, ambas as estruturas podem influenciar na dinâmica do fluxo natural do rio, influenciando nos processos de sedimentação, erosão, entre outros. Os impactos podem variar de acordo com tamanho, operação e localização das estruturas (Coelho, 2008).
Estação de bombeamento	Alterações no fluxo natural do rio, alteração na disponibilidade da água.
Estação elevatória	Modificações no curso natural do rio, alterações na disponibilidade de água.
Passagem de água concretada	Construção do canal, possibilidade de retenção de fluxo e carga sólida. Alteração na resistência lateral e de leito.
Reservatório	Alteração no escoamento do rio principal, o que induz modificações no leito do rio, alterando a velocidade das águas e diminuindo sua capacidade de transporte. No reservatório e em torno dele, ocorre diminuição de fluxo de água e formação de ondas produzidas pelo vento no espelho d'água. A ação abrasiva das ondas pode originar feições, juntamente com os depósitos trazidos pelos rios, como praias e leques lacustres formados nas margens do reservatório. Mudanças na dinâmica fluvial pela diminuição de matéria e energia no sistema hidrográfico, influenciando no transporte, no tipo de sedimentos e na morfologia do canal, podendo alterar delta e estuário (Ramalho, 2009).

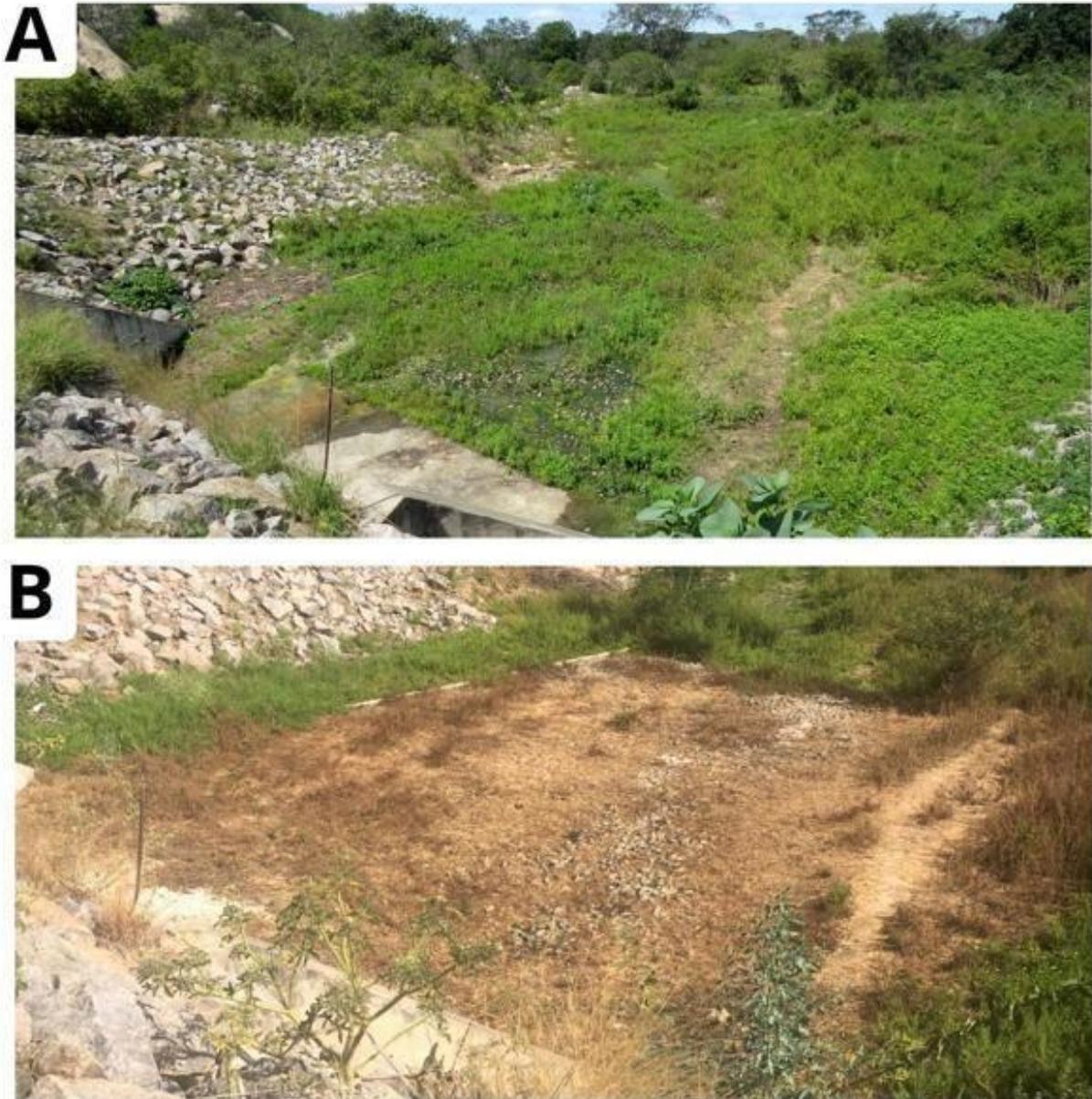
Saída de água concretada	Constrição do canal, possibilidade de retenção de fluxo e carga sólida. Alteração na resistência lateral e de leito.
Túnel	Erosão das margens, erosão do fundo dos rios (Rocha, 2006).

Desses 27 trechos impactados, 4 deles foram escolhidos para ser realizada uma análise mais aprofundada dos possíveis impactos. Os pontos foram escolhidos por serem áreas representativas dos tipos de estruturas e impactos que essas podem causar.

Trecho A – Passagem de água concretada

O primeiro trecho escolhido trata-se do canal 14 (figura 11), cujo tipo de construção é uma Passagem de água concretada. Não possui planície de inundação, portanto é um canal classificado como confinado. É um canal de Segunda ordem, medindo 10,73968 Km, possuindo uma área de captação de 22,61665 Km².

Figura 11- Saída de água concretada - Jusante



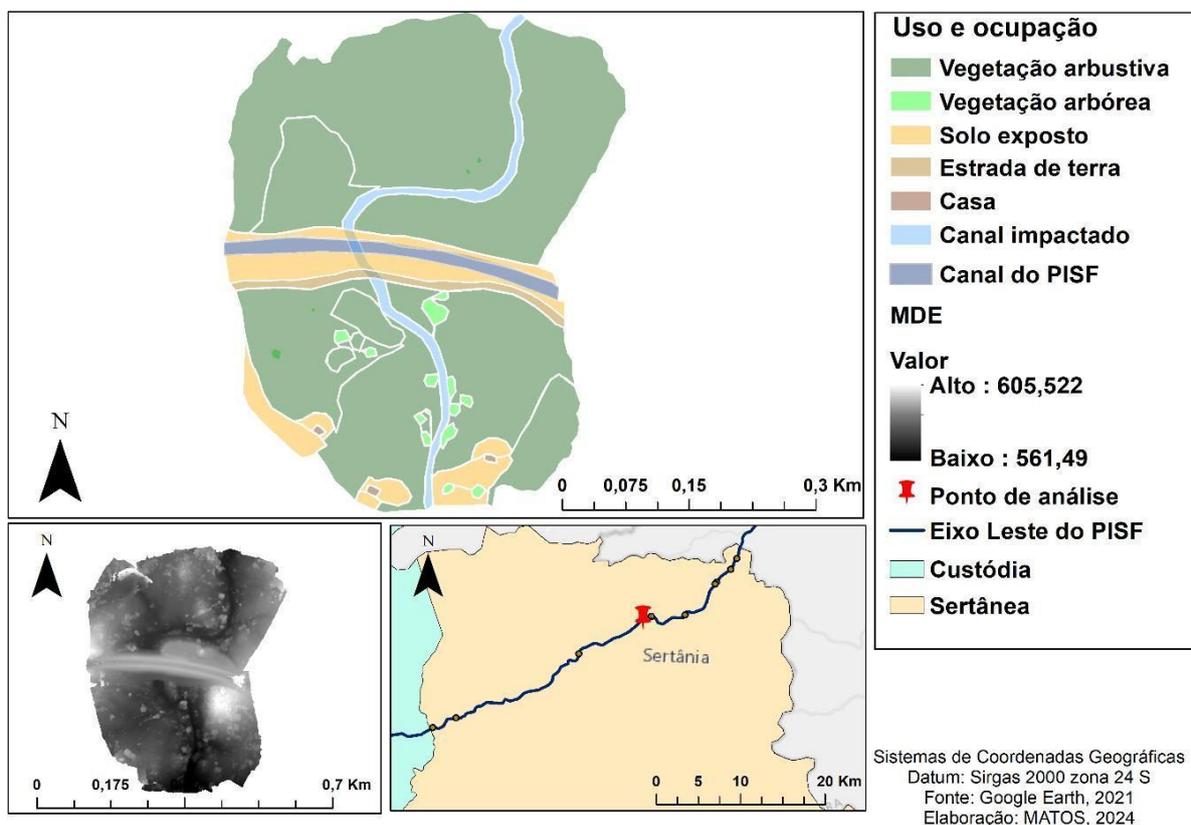
11A: Registro realizado em julho de 2022; **11B:** registro realizado em novembro de 2023. Autorial, (2023).

Através dos campos realizados nos anos de 2022 e 2023, foi possível observar que não houve mudanças tão significativas devido a construção da Saída de água concretada, a ponto de ser capturadas através dos registros fotográficos realizados. Porém, através dos registros desse ponto, é possível observar que no primeiro registro (11A), há mais vegetação verde na saída de água, já no segundo registro (11B), praticamente não há vegetação, as poucas visíveis, são vegetações muito secas. Essa mudança na vegetação pode ser explicada pelo fato de que, no primeiro

registro, havia água correndo a jusante do trecho, o que favorece assim para o desenvolvimento de uma vegetação mais exuberante e verde. Já no segundo registro, feito no ano posterior, por não haver água correndo, a vegetação encontrada no mesmo local se encontrava mais seca. Dessa forma, podemos observar que, essa construção gerou retenção de fluxo em determinado período, sendo assim, causou certo impacto nesse trecho analisado.

Através do mapa de uso e ocupação da área (Figura 12) é possível observar que a vegetação presente no ponto de análise é a arbustiva e a arbórea, sendo a mais predominante, a vegetação arbustiva.

Figura 12- Mapa de uso e ocupação, MDE e Localização do ponto de análise do primeiro ponto analisado



Porção superior: mapa de uso e ocupação do ponto de análise. Porção inferior: MDE e localização do ponto de análise. Elaboração autoral, (2024).

A vegetação arbórea no semiárido, também chamada de Caatinga Arbórea, possui fisionomia de porte florestal, com árvores cujas copas tocam-se, não

permitindo assim a visualização dos estratos inferiores. Apresentam caducifolia durante o período de seca. *Schnopsis brasiliensis*, *Astronium urundeuva*, *Ziziphus joazeiro* e *Caesalpinia pyramidalis*, são os elementos típicos dessa classe. Já a vegetação Arbustiva/ Caatinga Arbustiva, caracteriza-se pela uniformidade do estrato arbustivo, entremeadas por plantas espinhosas como cactáceas e bromeliáceas. Apresenta como espécies mais representativas a *Mimosa acustipula*, *Leocereus squamosus*, *Anadenanthera macrocarpa*, *Bromelia laciniosa*, *Pilocereus gounellii* e *Caesalpinia microphylla* (Santos, 2004).

Através do mapa de uso e ocupação, também é possível observar outras características da área, como a presença de algumas áreas com solo exposto, algumas casas próximas ao PISF, uma estrada de terra na lateral do Eixo do PISF, o canal do PISF e por onde o canal impactado percorre.

É importante destacar que, não somente os diferentes tipos de estruturas do PISF pode impactar os canais, mas também outras construções realizadas para viabilizar a própria construção, manutenção e monitoramento do PISF, como o caso das estradas de terra por exemplo, que em alguns trechos podem reter água dos canais.

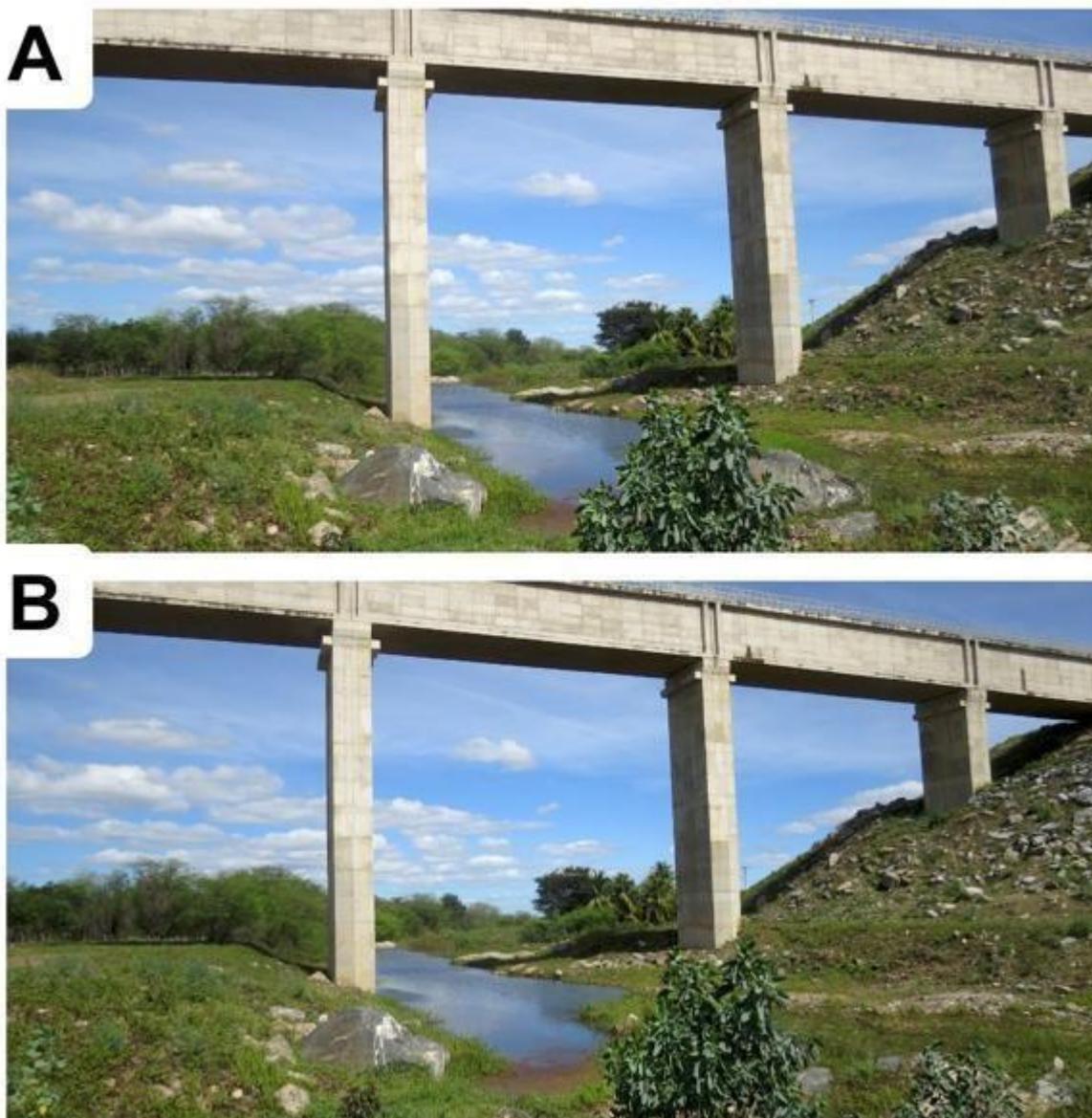
Na parte inferior do mapa, é possível observar o mapa de localização do ponto de análise, ou seja, o canal impactado, que se encontra no município de Sertânia. Além disso, podemos observar o MDE da área, que representa as altitudes da superfície topográfica. Observando o MDE, é possível apontar que as partes mais claras representam as áreas mais altas e as mais escuras, as partes mais baixas, medindo a superfície mais alta o valor de 605,522m e a mais baixa 561,49m.

Trecho B – Aqueduto

O segundo ponto escolhido equivale ao canal 18, no qual o tipo de construção é um Aqueduto, possui pequenas áreas de planície de inundação somente em um lado do canal, portanto, é um canal semiconfinado. Está classificado como um canal de terceira ordem. O canal mede aproximadamente 24,927543 Km, e possui uma área de captação de cerca de 66,494712 Km.

Comparando as imagens registradas entre os dois anos analisados (Figura 14), é possível observar que não houve mudanças visíveis no canal impactado pela estrutura.

Figura 13- Aqueduto atravessando canal



14A: registro realizado em julho de 2022; **14B:** registro realizado em novembro de 2023.

A partir da observação do trecho, é possível identificar que, as alterações devido a construção do aqueduto são mínimas, pois não interferirá diretamente no canal. Como listado no Quadro 4, destacando os tipos de estruturas encontradas no PISF e os possíveis impactos gerados por elas, pode se observar que nas estruturas

de Aquedutos, a alteração hidrológica no canal será inexistente, e geomorfológica mínima.

O mapa de uso e ocupação (Figura 15), mostra que há uma predominância bem equilibrada entre vegetação arbustiva e arbórea na área. Também é possível observar que há poucas áreas de solo exposto e também a presença de uma pequena área de agricultura. Além disso, o mapa também indica onde está o canal impactado, o canal do PISF e o aqueduto, que é o tipo de contração localizada nesse trecho. É possível observar também as laterais do PISF e uma estrada de terra em uma dessas laterais.

Figura 14- Mapa de uso e ocupação, MDE e Localização do ponto de análise do segundo ponto analisado

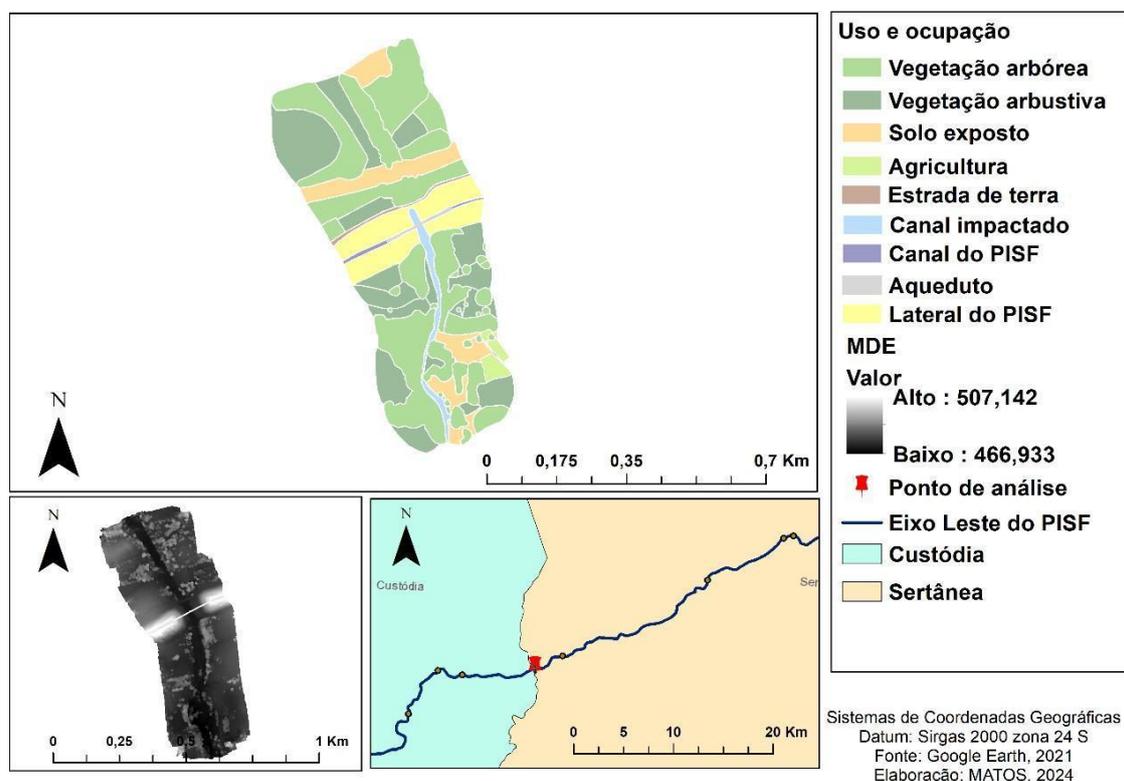


Figura 15- Ortofoto e Perfil Lateral do Canal Impactado

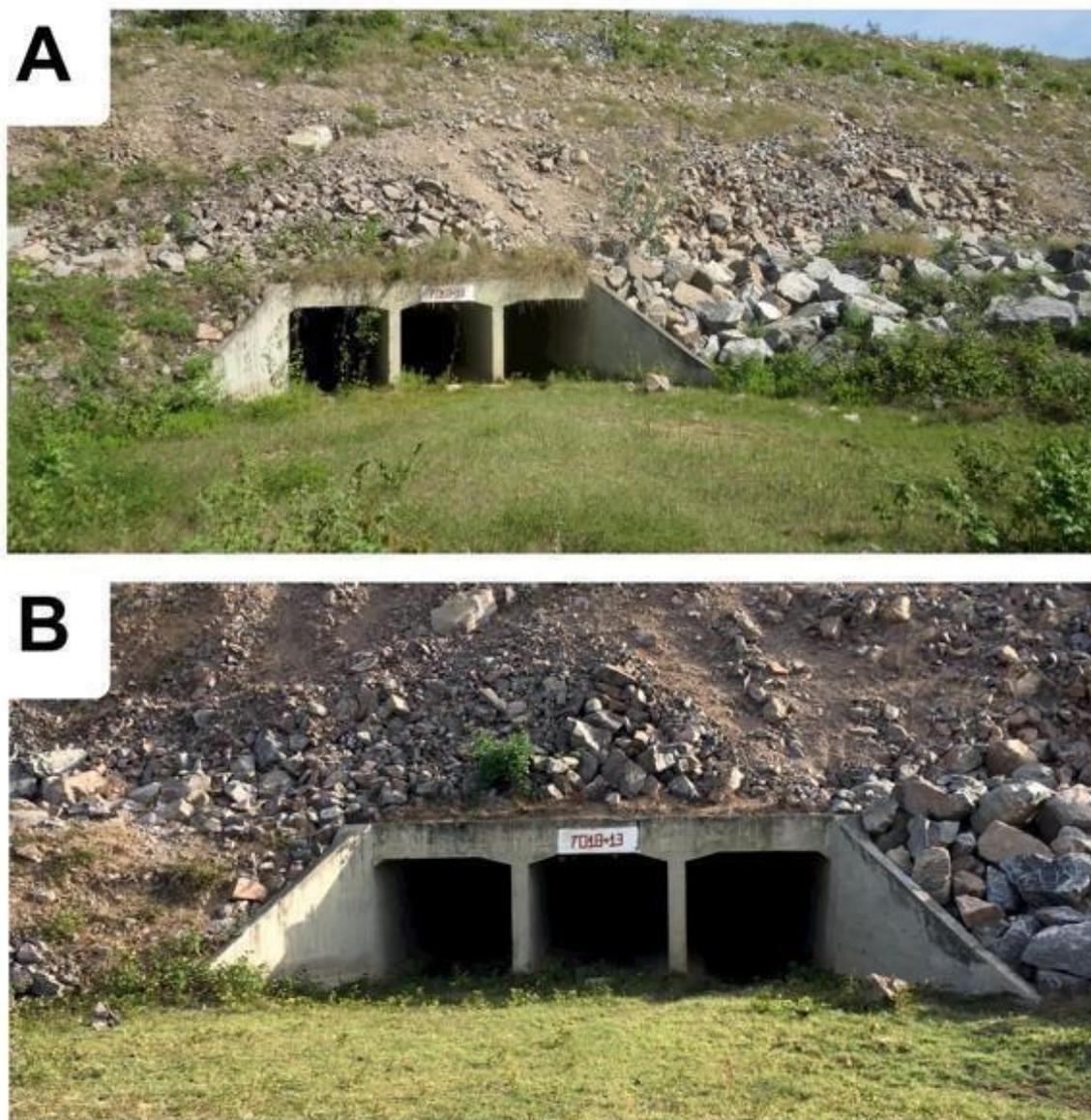
Porção superior: mapa de uso e ocupação do ponto de análise. Porção inferior: MDE e localização do ponto de análise. Elaboração autoral, (2024).

Trecho C – Passagem de água concretada

O terceiro ponto corresponde ao canal 19, tem como tipo de construção uma Passagem de água concretada, apresenta pequenas áreas de planícies de inundação, desse modo, é classificado como um canal não confinado. O canal está classificado como um canal de primeira ordem. Mede 3,58793 Km, e dispõe de uma área de captação de aproximadamente 2,541941 Km.

A partir dos campos realizados entre os anos de 2022 e 2023, foi possível observar que não houve mudanças por causa da construção da Saída de água concretada. Através dos registros desse ponto (Figura 17), é possível observar que no primeiro registro (17A), há mais vegetação verde no trecho, já no segundo registro (17B), as vegetações encontradas eram muito secas.

Figura 16- Passagem de água concretada



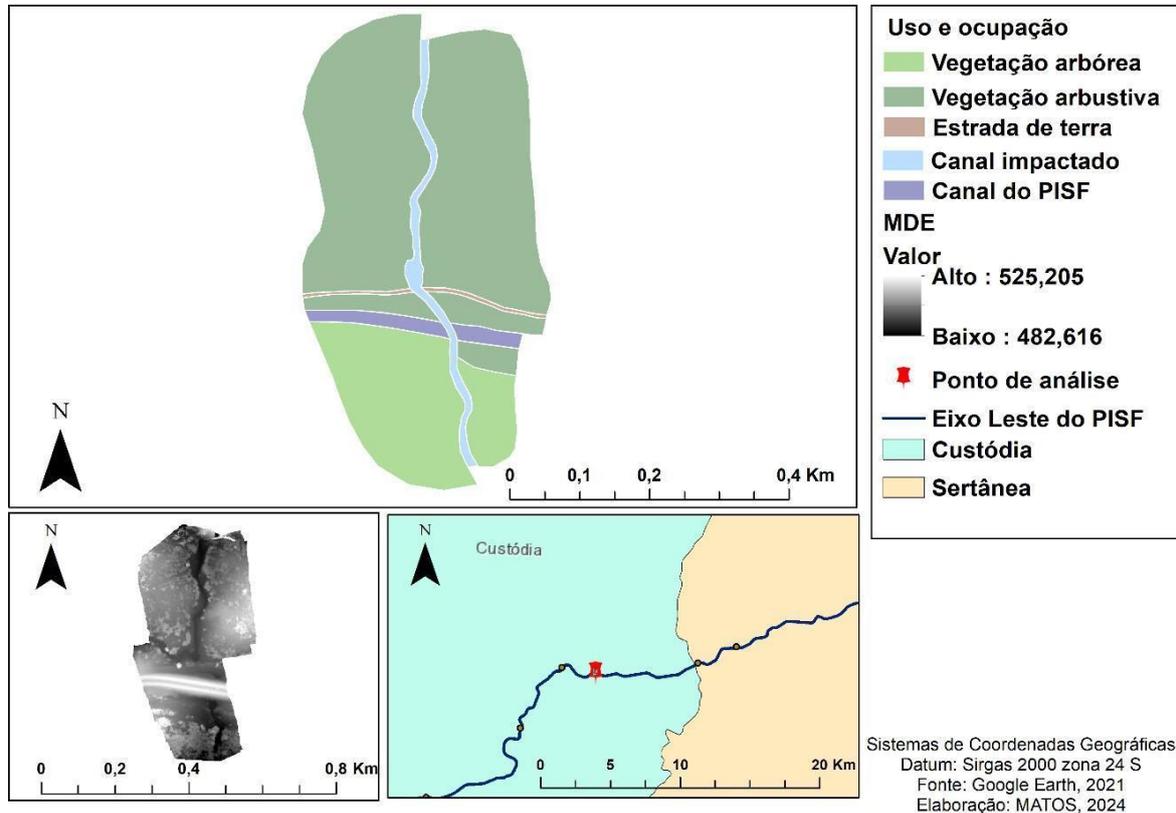
17A: Registro realizado em julho de 2022; **17B:** Registro realizado em novembro de 2023.

Essa mudança na vegetação pode ser explicada devido à precipitação antecedente, pois no primeiro registro, o campo foi realizado logo após um período chuvoso na região, o que favorece assim para o desenvolvimento de uma vegetação mais verde. Já no segundo registro, feito no ano posterior, a vegetação vista no mesmo local se encontrava mais seca, pois o campo foi realizado no momento em que a região costuma registrar um dos seus períodos mais secos do ano.

A partir do mapa de uso e ocupação (Figura 18), do local analisado, é possível constatar que a área apresenta vegetação arbustiva e arbórea, com uma grande

predominância de vegetação arbustiva. É possível observar também onde está localizado o canal impactado, o canal do PISF e uma estrada de terra próximo ao canal do PISF.

Figura 17- Mapa de uso e ocupação, MDE e Localização do ponto de análise do terceiro ponto analisado



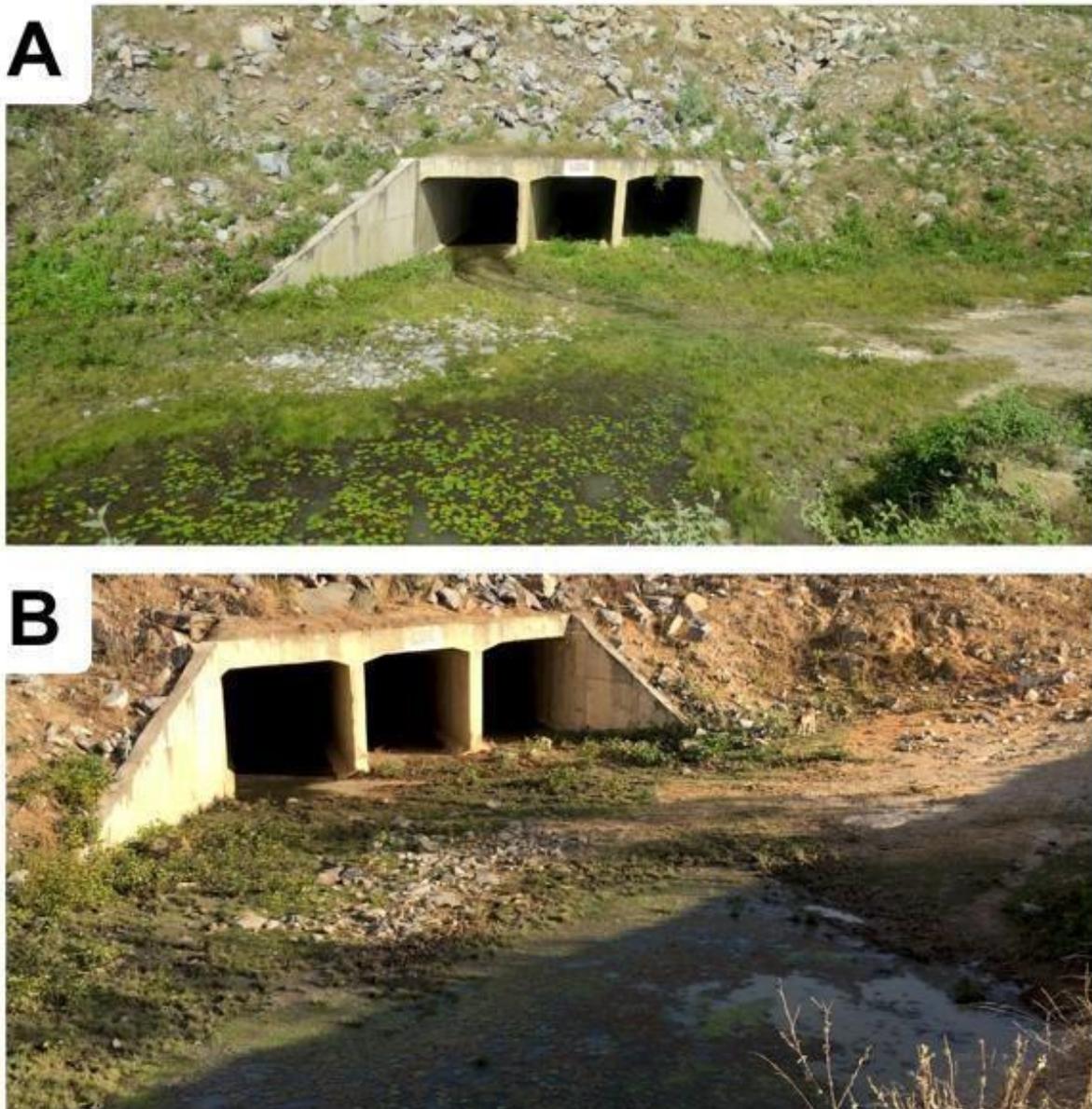
Porção superior: mapa de uso e ocupação do ponto de análise. Porção inferior: MDE e localização do ponto de análise. Elaboração autoral, (2024).

Trecho D – Passagem de água concretada

O último ponto escolhido se trata do canal 21, seu tipo de construção é Passagem de água concretada (Figura 20), possui planície de inundação, desse modo, é considerado como um canal não confinado. O canal é classificado como um canal de primeira ordem, mede aproximadamente 10,581312 Km, dispendo de uma área de captação de cerca de 11,076265 Km.

A partir dos registros desse ponto, é possível observar que tanto no primeiro registro (20A) quanto no segundo (20B), havia água correndo no trecho, porém, no primeiro registro, é possível notar que há mais água do que no segundo, o que pode explicar o fato de no segundo registro, as vegetações encontradas estarem mais secas do que no primeiro. Além disso, é possível apontar o impacto causado pela construção no segundo registro, como a constrição do canal, a retenção de fluxo e áreas com acúmulo de carga sólida no trecho analisado.

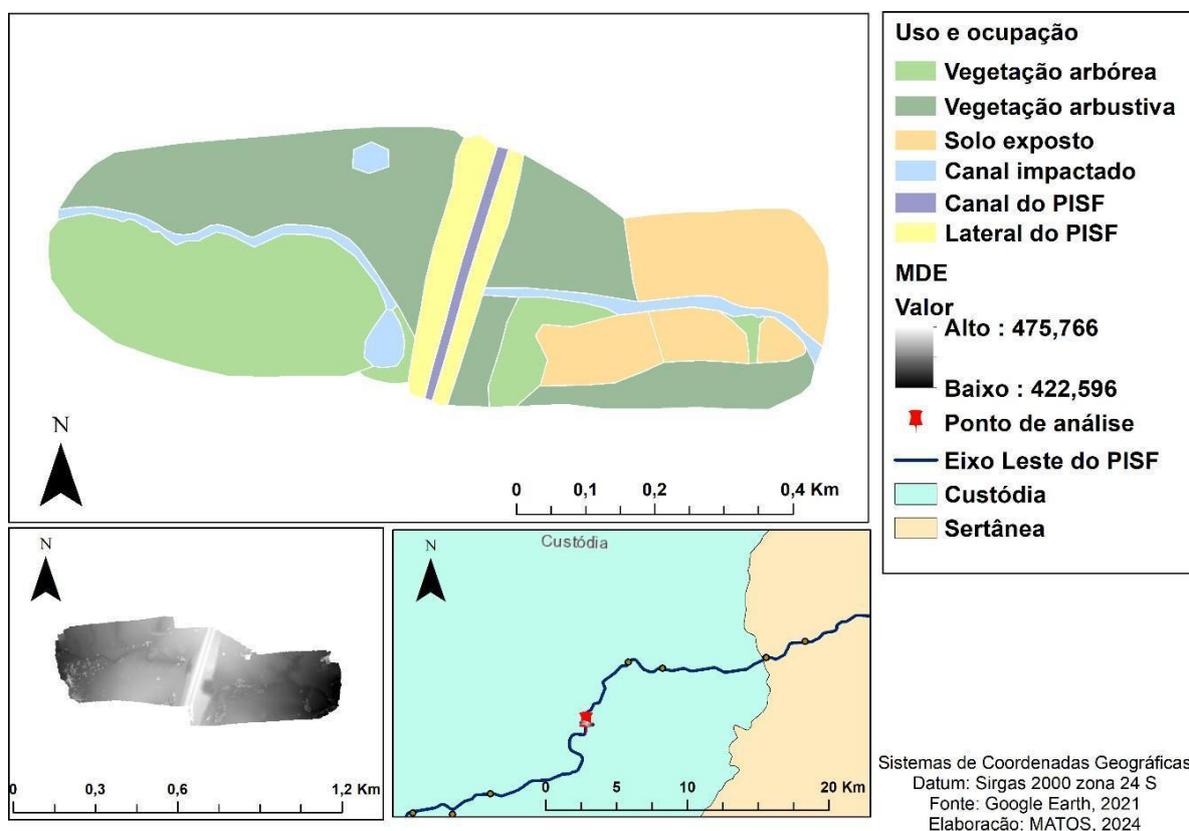
Figura 18- Passagem de água concretada



20A: Registro realizado em julho de 2022; **20B:** Registro realizado em novembro de 2023.

No mapa de uso do solo desse ponto (Figura 21), pode-se observar que a predominância de solo exposto é maior que nos outros pontos analisados. Também é apontado que a vegetação dessa área são a vegetação arbustiva e arbórea, com uma maior predominância de vegetação arbustiva. É exposto também, o canal impactado, o canal do PISF e as laterais do PISF.

Figura 19- Mapa de uso e ocupação, MDE e Localização do ponto de análise do quarto ponto analisado



Porção superior: mapa de uso e ocupação do ponto de análise. Porção inferior: MDE e localização do ponto de análise. Elaboração autoral, (2024).

6.3.1. Considerações sobre interferências geradas por obras de engenharia hidráulica

No que concerne às alterações provocadas nos rios devido a obras de transferência hídrica, estudos como o de Chen (2013) oferecem uma contribuição significativa. Em sua pesquisa, o autor analisou o projeto South-to-North Water Diversion (SNWD), concebido para mitigar a escassez de água no norte da China. Chen identificou diversos impactos do SNWD em diferentes ambientes regionais chineses. Em particular, o autor destacou descobertas de um estudo prévio (Wang e Ma, 1999), que apontou os potenciais efeitos geológicos na linha média do SNWD. Problemas como instabilidade das encostas, devido à expansão da argila e das rochas, e a salinização do solo tendem a surgir gradualmente com o aumento dos lençóis freáticos (Chen, 2013).

Estudos como os de Aristeidis Mertzanis e Konstantinos Mertzanis (2013), também se destacam por suas valiosas contribuições ao tema em questão. Em um trabalho publicado no *British Journal of Environment & Climate Change* em 2013, os autores abordam as interferências antrópicas significativas que, devido à sua natureza e localização, alteram a evolução natural dos processos hidrogeomorfológicos na zona costeira deltaica dos rios Nestos, Acheloos, Arachthos, Louros, Spercheios, Inois e Alfeios, na Grécia. O estudo não apenas sintetiza as pesquisas ambientais e geomorfológicas nas áreas em análise, mas também descreve a evolução geomorfológica dessas regiões e avalia os impactos das atividades humanas mencionadas anteriormente. No que se refere a impactos/mudanças causadas por construções como barragens e reservatórios, os autores pontuam que, as construções em algumas áreas resultaram numa redução progressiva dos sedimentos fluviais. As barragens e a presença de lagos artificiais modificaram consideravelmente a morfologia (forma da rede fluvial, morfologia do fundo do vale e Delta) do sistema fluvial (Mertzanis e Mertzanis, 2013).

Castro (2019), pontua a respeito dos impactos hidrológicos e geomorfológico na construção de barragens para a dinâmica fluvial. O autor aponta como principais impactos hidrológicos a deposição de carga sólida, redução da velocidade das águas, armazenamento de carga líquida, armazenamento de carga sólida, ocorrência de Inundações, assoreamento no reservatório, entre outros. Já no que se refere a impactos geomorfológicos, ele cita, assoreamento no fundo dos vales principais, assoreamento na desembocadura e no fundo dos vales afluentes, formação de novas

áreas de inundação, recuo das margens ou das falésias lacustres, processos de assoreamento, entre outros impactos.

Desse modo, diante das análises conduzidas por Chen (2013), Mertzanis e Mertzanis (2013), e Castro (2019), torna-se evidente a complexidade e amplitude dos impactos das intervenções humanas nos sistemas fluviais. Enquanto Chen destaca os efeitos das obras de transferência hídrica, Mertzanis e Mertzanis ressaltam as transformações provocadas por barragens e reservatórios. Já Castro (2013) aborda os impactos hidrológicos e geomorfológicos específicos que as construções de barragens podem causar. Em conjunto, esses estudos destacam a necessidade premente de uma abordagem holística na gestão dos recursos hídricos e na implementação de projetos de engenharia hidráulica, considerando não apenas os aspectos imediatos, mas também os efeitos a longo prazo sobre a dinâmica fluvial e os ecossistemas associados. Portanto, a compreensão dos múltiplos impactos e a busca por soluções integradas são cruciais para mitigar os efeitos adversos e promover a sustentabilidade dos recursos hídricos e dos ambientes fluviais em escala global.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma obra de transposição hídrica gera inúmeros impactos ambientais e sociais. O presente trabalho teve como intuito, identificar quais interferências o Projeto de Integração do Rio São Francisco causou aos rios não perenes que foram afetados pela construção de diferentes estruturas construídas ao longo de todo canal da transposição, tendo como área de estudo, o Eixo Leste do PISF em Pernambuco.

Desse modo, a presente pesquisa viabilizou a identificação de dez tipos de estruturas diferentes que impactam os rios não perenes de diferentes formas no Eixo Leste em Pernambuco. A partir da análise mais aprofundada de 4 trechos (Trecho A - Passagem de água concretada, Trecho B – Aqueduto, Trecho C – Passagem de água concretada e Trecho D – Passagem de água concretada) foi possível identificar impactos, como retenção de fluxo dos canais, constrição do canal, e áreas com acúmulo de carga sólida nos canais.

Além disso, através da identificação dos 27 rios impactados pelas estruturas, é possível citar que algumas dessas estruturas impactam de maneira mais acentuada e outras vão impactar de forma menos expressiva esses rios.

Construções como Barragem de Comporta, Barramento, Comporta de saída de Barramento e Reservatório irão impactar de maneira mais intensa, pois, haverá maior deposição de carga sólida, redução na velocidade da água, ocorrência de inundações, processos de assoreamento, processos de erosão, mudanças na dinâmica fluvial e morfologia do canal, entre outros impactos (Coelho, 2008; Ramalho, 2009).

As construções que menos impactam são, Aquedutos, Estação de bombeamento, Estação elevatória, Passagem de água concretada, Saída de água concretada e Túneis. Os impactos gerados por essas construções são, constrição lateral do rio, alterações no fluxo natural do rio, retenção de fluxo e de carga sólida, alguns processos de erosão, entre outros.

O presente trabalho também viabilizou a elaboração da classificação dos estilos fluviais desses canais (tipo de confinamento), onde foi possível identificar que a maior parte desses canais são confinados, além disso, foi realizado também o cálculo do tamanho dos canais, tamanho da área de captação, e a ordem dos canais, onde foi possível apontar que grande parte dos canais foram classificados como canais de terceira ordem.

É importante destacar as dificuldades encontradas para a elaboração da

pesquisa, como a falta de informação sobre os impactos causados pelo PISF e a falta de espacialização dos impactos nos documentos analisados.

Além disso, é importante citar que devido ao pouco tempo de monitoramento dos canais, não foi possível identificar mudanças e impactos tão significativos, porém, com um maior tempo de monitoramento, possivelmente será encontrado uma quantidade mais significativas de impactos gerados devido às construções das diferentes estruturas. Portanto, o presente trabalho contribui para uma possível continuidade da pesquisa, com um maior tempo de monitoramento desses rios impactados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. de; FUCK, R. A. **Províncias estruturais brasileiras**. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, 1977, Campina Grande. Resumo das comunicações. Campina Grande: SBG, 1977. 79p. (Boletim Especial SBG, Núcleo Nordeste, 6) p.12 –13.
- ALMEIDA, R. C. de; RAPOSO, M. I. B. Rochas metamórficas. **Geologia Geral: Uma revista da turma 63**, p. 26-27, 2021.
- ALVES, J.J. A; NASCIMENTO, S. S. **Transposição do rio São Francisco: (des)caminhos para o semi-árido do Nordeste brasileiro**. Brasil, 2009.
- AMARAL, L. **História geral da agricultura brasileira: no tríplice aspecto político-social -econômico**. 2. ed. 2 v. São Paulo.
- AMORIM, I. de P.; SOUZA, I. C. C. de; TOLEDO, C. E. V. Rochas sedimentares. **Geologia Geral: Uma revista da turma 63**, p. 24-25, 2021.
- ANA, **São Francisco**, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/sao-francisco/sao-francisco-saiba-mais>. Acesso em: 3 de março, 2023.
- ANDRADE, M. C. de. **Geografia de Pernambuco ambiente e sociedade**. João Pessoa, PB: Editora Gafset, 2009.
- ANDRADE, M. C. O. **Pernambuco e o trópico**. Revista do IEB, n. 45, p. 11 – 20, abr. 2017.
- APAC. **Bacias Hidrográficas - Rio Moxotó**. Agência Pernambucana de Água e Clima. Recife, 2023.
- ATAIDE, L. C. P. **Impactos da variabilidade hidro climática no semiárido brasileiro**. Campina Grande, 2021.
- BANDEIRA, M. da. S. F. et al. **Impactos ambientais de rios com nascentes em unidades de conservação: avaliação preliminar dos rios Mutari e Jardim, Santa Cruz Cabralia, Bahia**. Florianópolis, junho/setembro, 2019.
- BARRETO, R. D. **Uso e ocupação do solo às margens do rio São Francisco no município de Petrolina-PE: impactos ambientais no canal fluvial**. Recife, 2015.
- BRASIL, Governo do Estado de Pernambuco. **Descubra Pernambuco**. Disponível em: < <https://www.pe.gov.br/geografia>>. Acesso em: 6 de julho, 2023.
- BRASIL, Ministério da Integração Nacional. **Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Brasil, 2004.

BRASIL, Ministério da Integração Nacional. **Relatório Final Dos Projetos Executivos Do Lote C**. Recife, 2015.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional. **Transposição São Francisco**. Brasil, 2022.

CAVALCANTE, A. A. **Geomorfologia Fluvial no Semiárido Brasileiro**. Recife, 2018.
CIDIN, R. da. C. P. J; RICARDO, S. da. **Pegada Ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural**. Rio Claro, junho, 2004.

CHEN, Y. **Hierarchical biodiversity and environment impact assessment of South-to-North Water Diversion Project of China**. *Environmental Skeptics and Critics*, 2013, 2(4): 149-152.

COELHO, A. L. N. **Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens**. *Caminhos de Geografia Uberlândia* v. 9, n. 26 Jun/2008 p. 16 – 32.

COLUCCI, M. da. G. **Populações deslocadas no Nordeste e os impactos ambientais da transposição do rio São Francisco (ODS15)**. Brasil, 2018.

CORRÊA, A. C. B. **Antropogênese e Morfogênese sob a ação de eventos climáticos de alta magnitude no semiárido pernambucano: o caso da bacia do Riacho Salgado**. *Revista Brasileira de Geomorfologia* - v. 12, nº 3, 2011.

COSTA, U. B. **Geologia e recursos minerais do estado de Pernambuco**. Serviço Geológico do Brasil. Recife, 2001.

COSTA, U. R. **Geologia e recursos minerais do estado de Pernambuco**. Recife, 2001.

CHRISTOFOLETTI, Antônio, **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1980.

188 p. Disponível em: https://www.academia.edu/29717877/Geomorfologia_Christofoletti. Acesso em 13 de dezembro de 2023.

DIAS, C. B. S. **A crise hídrica e os conflitos da agricultura irrigada do projeto público de irrigação Senador Nilo Coelho, no submédio Vale do São Francisco**. Juazeiro, 2018.

GRAF, W. L. **Fluvial Process in Dryland Rivers**. Caldwell: The Blackburn Press, 1988.

GUIMARAES JR, J. A. **Caderno do CEAS: Revista Crítica de Humanidades**. Brasil, 2007.

IBAMA. **Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>>.

Acesso em: 25 de março, 2023.

JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. **Estrutura e dinâmica atual de paisagens.** 1.Ed. – Ananindeua: Itacaiúnas, 2017.

LIMA, D. de. A. **Estudos Fitogeográficos de Pernambuco.** Recife, vol. 4, p.243-274, 2007.

GRAF, W. L. **Fluvial Process in Dryland Rivers.** Caldwell: The Blackburn Press, 1988.

MAIA, R. de. S. **Análise do comportamento fluvial a partir da classificação dos estilos fluviais do rio Taperoá-Semiárido Paraibano.** João Pessoa-PB, 2019.

MATTOS, Sérgio Henrique Vannucchi Lemes de; PEREZ FILHO, Archimedes. Complexidade e Estabilidade em Sistemas Geomorfológicos: uma introdução ao tema. /**Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 5, n. 1, p.11-18, 2004.

MERTZANIS, A; MERTZANIS, K. **Impact of River Damming and River Diversion Projects in a Changing Environment and in Geomorphological Evolution of the Greek Coast.** British Journal of Environment & Climate Change, 3(2): 127-159, 2013.

MOURA, M. S. B et al. **Clima e água de chuva no Semiárido.** Embrapa, Brasil, 2007.

MOURA, M. S. B.; et al. **Aspectos meteorológico do semiárido brasileiro.** Cap. 2. Brasil, 2019.

MUGGLER, C. C et al. **Conteúdos básicos de geologia e pedologia para as disciplinas de sol 213, sol 215 e sol 220.** Viçosa - Minas Gerais 2005.

OLIVEIRA, L. C. DE; PEREIRA, R.; VIEIRA, J. R. G. **Análise da degradação ambiental da mata ciliar em um trecho do rio Maxaranguape, RN: Uma contribuição à gestão dos recursos hídricos do Rio Grande do Norte - Brasil.** Holos Environment, v.5, p.49-66, 2011.

PIRES, A. P. N. **O COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO: a gestão das águas e a transposição do Rio São Francisco.** São Paulo, 2016.

RAMALHO, M. F. de J. L. **Considerações sobre o ambiente de rios represados: o caso do rio Piranhas-Açu no Rio Grande do Norte.** Sociedade e Território, Natal,

v. 21, nº 1 – 2 (Edição Especial), p. 183-196, jan./dez. 2009.

REBOUÇAS, A. da C. **O Potencial de Água do Semi-Árido Brasileiro: Perspectivas do Uso Eficiente.** São Paulo, 1999.

ROCHA, G. dos S. C. **Desvio de rios para a construção de barragens.** São Paulo, 2006.

RODRIGUES, J. M.; **MODIFICAÇÕES GEOMÓRFICAS NOS ESTILOS FLUVIAIS DA BACIA DO ALTO CURSO DO RIO PIRANHAS, SEMIÁRIDO PARAIBANO.** João Pessoa, 2021.

SANTOS, M. P. D. **As comunidades de aves em duas fisionomias da vegetação de Caatinga no estado do Piauí, Brasil.** Ararajuba 12 (2):113-123, dezembro de 2004.

SILVA, Alexandre M.; SCHULZ, Harry E.; CAMARGO, Plínio B. **Erosão e Hidrossedimentologia em bacias hidrográficas, São Carlos - São Paulo: RiMa.** 2003. 37 p.

SILVA, M. M. V. da; DINIZ, P. C. O.; MEDEIROS, P. da C. **Conflitos pelo acesso à água: impactos da Transposição do rio São Francisco sobre a Vila Lafayette, Monteiro/PB. Brasil, 2020.**

SILVA, P. C. G. da, et al. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

SILVA, T. C. da, et al. **Avaliação quantitativa de captações de águas de nascentes na bacia do rio Gramame.** Maceió, 2011.

SOUZA, J. C. L, **História econômica de Pernambuco: uma síntese das características de sua formação.** Recife, 2019.

SOUZA, J. O. P. de. **Sistema Fluvial e Açudagem no Semi-Árido, Relação Entre a Conectividade da Paisagem e Dinâmica da Precipitação, na Bacia de Drenagem do Riacho do Saco, Serra Talhada, Pernambuco.** Recife, 2011.

SOUZA, J. O. P. de; CORRÊA, A. C. de B. **Sistema Fluvial e Planejamento Local no Semiárido.** Fortaleza, 2012.

SOUZA, J. O. P. **Modelos de evolução da dinâmica fluvial em ambiente semiárido – bacia do riacho do sacco, serra talhada, Pernambuco.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Campus Recife, Curso de Pós-Graduação em Geografia. Recife, 2014.

SOUZA, J. O. P.; ALMEIDA, J. D. M. **Processos fluviais em terras secas: uma revisão.** *Revista OKARA: Geografia em debate* v.9, n.1, p. 108-122, 2015. ISSN:

1982-3878 João Pessoa, PB, DGEOC/CCEN/UFPB. 2015.

TUCCI, C.; CLARKE, R. **Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.2, N.1, p, 135-152, 1997.

UVO, C. R. B.; BERNDTSSON R. **Regionalization and spatial properties of Ceará state rainfall in Northeast Brazil.** J. Geoph. Res., v. 101, n. D2, p. 4.221-4.233, 1996.