



**Universidade de Brasília
Faculdade UnB Planaltina - FUP
Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Prof.Água**

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO
ALTO RIO GRANDE NO MUNICÍPIO DE SÃO DESIDÉRIO-BA**

Lei Dimara Pereira Botelho

Planaltina, DF
2024

Lei Dimara Pereira Botelho

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO
ALTO RIO GRANDE NO MUNICÍPIO DE SÃO DESIDÉRIO-BA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Planaltina – UnB
como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre
em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Tadeu Carvalho do
Nascimento

Planaltina, DF
2024

Lei Dimara Pereira Botelho

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO
ALTO RIO GRANDE NO MUNICÍPIO DE SÃO DESIDÉRIO-BA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em Rede Nacional (ProfÁgua) da Universidade de Brasília (UnB) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento (UnB)

Orientador

Antônio de Almeida Nobre Júnior (UnB)

Examinador Interno

Dra. Márcia Tereza Pantoja Gaspar (ANA)

Examinador Externo

Irineu Tamaio (UnB)

Suplente

DEDICATÓRIA

Aos meus Amados pais Oscar Botelho da Cruz e Ana
Maria P. Botelho da Cruz pelo seu amor, apoio e por
nunca medirem esforços para que eu pudesse realizar
meus sonhos.

Dedico.

Entre o sono e sonho

Fernando Pessoa

Entre o sono e sonho,
entre mim e o que em mim
é o quem eu suponho
corre um rio sem fim.
Passou por outras margens,
diversas mais além,
naquelas várias viagens que todo rio tem.
Chegou onde hoje habito
A casa que hoje sou.
Passa, se eu me medito;
Se desperto, passou.
E quem me sinto e morre
no que me liga a mim
Dorme onde o rio corre -
esse rio sem fim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por tudo. Sou imensamente grata por toda a experiência compartilhada até aqui, esta dissertação não teria se concretizado sem a participação de inúmeras pessoas que estiveram presentes durante toda a minha jornada acadêmica. Dizer que este trabalho é individual seria um equívoco, pois ele é fruto do incentivo, paciência e persistência de muitos.

Agradeço à minha família, que mesmo à distância, sempre me incentivou. Aos meus sobrinhos Alexandre, Maria Helena e Gianna Maria, espero que se orgulhem muito de sua tia.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha ex-colega de trabalho e amiga, Patrícia Christiana, pelo seu contínuo apoio, contribuição e por sempre acreditar em mim. Ao meu amigo Marcos Oredes, pela presença constante e apoio sempre que necessário. E ao meu colega de trabalho, Antônio Frasca, pela disponibilidade em esclarecer minhas dúvidas e oferecer suporte.

Quero expressar minha profunda gratidão ao meu orientador, professor Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento, pela orientação dedicada, paciência e apoio desde o início desta jornada acadêmica.

Aos respeitados membros da banca, professores Márcia Tereza, Antônio Nobre e Irineu Tamaio, agradeço o tempo dedicado à avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões que foram fundamentais para seu desenvolvimento.

Agradeço também a todos os professores do curso de Mestrado pela oportunidade de crescimento acadêmico e pelo conhecimento transmitido. Em especial, ao coordenador geral do Profágua, professor Jefferson Nascimento, pela liderança e orientação durante todo o programa.

Aos meus colegas de mestrado, pela troca de conhecimentos, apoio mútuo e companheirismo nos momentos desafiadores, meu mais sincero agradecimento.

Por fim, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, meus mais profundos agradecimentos.

BIOGRAFIA

Meu nome é Lei Dimara Pereira Botelho, sou natural de Santa Maria da Vitória, na Bahia, e graduada em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás. Atualmente, trabalho no Serviço Geológico do Brasil (SGB), onde minha experiência profissional inclui na execução de serviços integrados no departamento de Hidrologia e Gestão Territorial, no preenchimento de dados para a Agência Nacional de Águas (ANA) e o monitoramento de redes hidrometeorológicas, contribuindo para a consistência desses dados.

Por meio do meu trabalho, tive a oportunidade de conhecer o Prof. Água, o que me inspirou a embarcar nessa jornada de aprendizado e troca de conhecimentos. A escolha do meu pré-projeto foi motivada pela minha ligação com a região oeste da Bahia. Ao longo dos 18 anos em que vivi em Goiânia, nas muitas viagens de ida e volta à minha cidade natal, observei uma grande transformação na paisagem: o Cerrado dessa região se converteu em extensas plantações de soja e algodão.

Preocupada com o uso da terra e, principalmente, com os recursos hídricos da região, e ciente de que toda ação gera uma reação, busquei, junto ao meu orientador, definir uma área de estudo mais específica. Inicialmente, havia escolhido uma área muito extensa para meu pré-projeto, então optei por focar na sub-bacia do Alto Rio Grande, na região de São Desidério, localizada majoritariamente sobre o sistema aquífero Urucuia. Essa área abriga um rico patrimônio espeleológico, com grandes galerias, lagos subterrâneos, concentrações de espeleotemas raros, sumidouros e um extenso rio subterrâneo.

Além de sua relevância econômica, São Desidério se destaca por seus atrativos naturais, como grutas, cachoeiras e cânions, que atraem turistas interessados em ecoturismo e aventura. A cidade abriga o Parque Municipal da Lagoa Azul, famoso por suas águas cristalinas e impressionantes formações rochosas. Com um clima semiárido, a região equilibra o desenvolvimento agrícola com suas belezas naturais. Para compreender e quantificar a relação entre as atividades humanas e as questões ambientais, o modelo de avaliação da fragilidade ambiental é essencial, pois subsidia a tomada de decisões e o planejamento adequado do uso da terra, contribuindo para minimizar os impactos ambientais.

BOTELHO, L. D. P. Análise da fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande no município de São Desidério-BA. 2024. Dissertação Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA) – Universidade de Brasília - UnB Planaltina (FUP).

RESUMO

Estudos envolvendo bacias hidrográficas abordam os impactos gerados pelas atividades humanas em bacias utilizadas como fontes de abastecimento. As ações humanas relacionadas à urbanização, industrialização e agricultura, sem planejamento adequado, são as que mais comprometem os serviços ambientais nas bacias. A sub-bacia do Alto Rio Grande, situado no município de São Desidério está localizado em sua maior parte na área de afloramento do Sistema Aquífero Urucuia, que agrupa um patrimônio espeleológico bastante rico em feições inusitadas. Em função da instalação de extensas lavouras de monoculturas, o quadro de ocupação e manejo do solo levanta preocupação com relação à sustentabilidade da área de recarga do sistema do aquífero. A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi proposta por Ross (1994), citado na literatura como referência nessa linha de pesquisa e associado à utilização de técnicas de geoprocessamento aplicadas em ambientes SIG. Os resultados obtidos foram a fragilidade potencial e a fragilidade emergente, que constatou que a região de estudo por possuir perfil relativamente plano, favorece o uso agrícola, especialmente o cultivo de lavouras temporárias como soja, milho e algodão. Mesmo obtendo resultado favorável a aptidão agrícola, a região em estudo apresenta ambientes cárstico, que caracteriza esses ambientes como extremamente frágeis devido a presença de rochas carbonáticas, que são altamente solúveis em água. Devido à presença de solos rasos e à alta permeabilidade do terreno, o ambiente cárstico é muito suscetível à contaminação, por poluentes da superfície, como agrotóxicos, fertilizantes e esgoto, que podem rapidamente infiltrar-se no solo e alcançar os lençóis freáticos subterrâneos. A alta conectividade entre os sistemas de água superficial e subterrânea também contribui para essa vulnerabilidade, o controle do uso da terra, o monitoramento da qualidade da água e o manejo adequado do turismo são fundamentais para minimizar os impactos sobre esse ambiente tão frágil.

Palavras-Chave: Sub-bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande; uso e ocupação do solo; São Desidério; Fragilidade ambiental.

ABSTRACT

Studies involving river basins address the impacts generated by human activities in basins used as sources of supply. Human actions related to urbanization, industrialization and agriculture, without adequate planning, are those that most compromise environmental services in basins. The Upper Rio Grande sub-basin, located in the municipality of São Desidério, is located mostly in the outcrop area of the Urucuia Aquifer System, which includes a speleological heritage quite rich in unusual features. Due to the installation of extensive monoculture crops, the situation of land occupation and management raises concerns regarding the sustainability of the recharge area of the aquifer system. The methodology used to develop this work was proposed by Ross (1994), cited in the literature as a reference in this line of research and associated with the use of geoprocessing techniques applied in GIS environments. The results obtained were potential fragility and emerging fragility, which found that the study region, due to its relatively flat profile, favors agricultural use, especially the cultivation of temporary crops such as soybeans, corn, and cotton. Even though the results were favorable to agricultural suitability, the study region has karst environments, which characterize these environments as extremely fragile due to the presence of carbonate rocks, which are highly soluble in water. Due to the presence of shallow soils and the high permeability of the terrain, the karst environment is very susceptible to contamination by surface pollutants, such as pesticides, fertilizers, and sewage, which can quickly infiltrate the soil and reach the underground water table. The high connectivity between surface and underground water systems also contributes to this vulnerability; land use control, water quality monitoring, and appropriate tourism management are essential to minimize the impacts on this fragile environment.

Keywords: *Rio Grande Hydrographic Sub-basin; land use and occupation; São Desidério; Environmental fragility.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Identificação das 34 sub-bacias.....	19
Figura 2 - Localização das Regiões de Planejamento e Gestão das Águas – RPGA do Rio Grande.....	21
Figura 3 - imagens da Orla e da Barragem em São Desidério.....	23
Figura 4 - Mapa de Localização da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério-BA.....	24
Figura 5 - Parque Municipal da Lagoa Azul.....	25
Figura 6 - Caverna do Buraco da Sopradeira em São Desidério.....	26
Figura 7 - Caverna Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério.....	27
Figura 8 - Caverna Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério.....	27
Figura 9 - Caverna Garganta do Bacupari, cavidade de grande dimensão e beleza cênica.....	27
Figura 10 - Caverna Garganta do Bacupari, cavidade de grande dimensão e beleza cênica.....	27
Figura 11 - Média mensal pluviométrica estação 1245015.....	29
Figura 12 - Média anual pluviométrica estação 1245015.....	29
Figura 13 - Imagens das plantações de soja e algodão no município de São Desidério	31
Figura 14 - Corte geológico esquemático.....	33
Figura 15 - Integração entre os instrumentos de gestão da PNRH.	47
Figura 16 - Principais atribuições e inter-relações dos entes do SINGREH.	59
Figura 17 - Comitês de bacia hidrográfica do estado da Bahia	61
Figura 18 - Imagem representativa da análise geomorfológica	68
Figura 19 - Imagem representativa da análise ambiental	69
Figura 20 - Mapa Pedológico da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA.....	74
Figura 21 - Mapa Geológico da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA.....	76
Figura 22 - Mapa Hipsométrico da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA ...	78
Figura 23 - Mapa Declividade da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA79..	79
Figura 24 - Mapa Geomorfológico da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA...	82
Figura 25 - Unidades geomorfológicas do Município de São Desidério, BA.	83
Figura 26 - Mapa Uso e Ocupação da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA	84
Figura 27 - Modelo esquemático de representação da sobreposição (Cruzamento) das informações para determinação da fragilidade potencial.....	86
Figura 28- Mapa Fragilidade Potencial da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA	87
Figura 29- Modelo esquemático de representação da sobreposição (cruzamento) das informações para determinação da fragilidade emergente.....	88
Figura 30- Mapa Fragilidade Emergente da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Categorias hierárquicas das classes de declividades	67
Tabela 2-Graus de fragilidade para a variável pedologia	70
Tabela 3-Graus de fragilidade para a variável uso e ocupação da terra	71
Tabela 4-Graus de fragilidade para a variável declividade	71
Tabela 5- Graus de fragilidade para a variável geologia	72
Tabela 6- Graus de fragilidade ambiental.....	73
Tabela 7 - Tipos de solos.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Unidade de Balanço e Unidades de planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos – RPGA do Rio Grande.....	20
Quadro 2- Municípios com Área Total ou parcialmente inseridas na RPGA do Rio Grande	22
Quadro 3- O sistema de Governança e gestão de recursos hídricos.....	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BA - Bahia
CBH - Comitê de Bacia Hidrográfica
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
DIRAM - Diretoria de Recursos Hídricos e Monitoramento Ambiental
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GIRH - Gestão Integrada de Recursos Hídricos
GWP - Global Water Partnership
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEMA - Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia
INGÁ - Instituto de Gestão das Águas e Clima
MDE - Modelo Digital de Elevação
MMA - Ministério do Meio Ambiente
PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
QGIS - Quantum Geographic Information System
RPGA - Região de Planejamento e Gestão das Águas
SAU - Sistema Aquífero Urucuia
SEMA - Secretaria do Meio Ambiente
SGB/CPRM - Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
SIG - Sistema de Informação Geográfica
SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.2	Justificativa	17
2	OBJETIVO.....	18
2.1	Objetivo Geral	18
2.2	Objetivos Específicos.....	18
3	LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO	19
4	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO	28
4.1	Clima, Aptidão Agrícola das Terras e Susceptibilidade à erosão	28
4.1.1	Clima.....	28
4.1.2	Aptidão Agrícola	30
4.1.3	Susceptibilidade à erosão	31
4.2	Geologia, Hidrogeologia e Solos.....	32
4.2.1	Geologia	32
4.2.2	Hidrogeologia	35
4.2.3	Solos.....	36
5	REFERENCIAL TEÓRICO.....	37
5.1	Hidrogeologia Sub-bacias hidrográficas: conceito, importância e fragilidade ambiental.....	37
5.2	Fragilidade Ambiental das Sub-Bacias Hidrográficas	38
5.3	Análise da Fragilidade Ambiental em Sub-Bacias Hidrográficas: Métodos e Aplicações.	40
5.4	Normativas que Garantem a Sustentabilidade dos Recursos Hídricos na Bahia	42
5.4.1	Gestão de Recursos Hídricos	43
5.5	Política Nacional de Recursos Hídricos	46
5.6	Instrumentos da Política de Gestão dos Recursos Hídricos.....	47
5.6.1	Plano de Recursos Hídricos	47
5.6.2	Outorga de Direito de Usos de Recursos Hídricos.....	50
5.6.3	Outorga de Uso de Recursos Hídricos na Bahia	51
5.6.4	Cobrança de direitos de usos de recursos hídricos	54
5.6.5	Enquadramento dos corpos hídricos em classes de usos	55
5.6.6	Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos	57
6	SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	58
7	FRAGILIDADE AMBIENTAL	61
8	IMPACTOS AMBIENTAIS	64
9	MATERIAIS E MÉTODOS.....	66
9.1	Análise ambiental da área de estudo	68

9.2 Pedologia.....	68
9.3 Uso e ocupação da terra.....	69
9.4 Classificação de fragilidade ambiental.....	69
10 RESULTADO E DISCUSSÕES.....	73
10.1 Caracterização geomorfológica da sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande no município de São Desidério-Ba.....	73
10.2 Análise ambiental e uso e ocupação da terra da sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande no município de São Desidério-Ba.....	80
10.3 Aplicação do indicador de fragilidade ambiental na sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande no município de São Desidério-Ba.....	85
11 CONCLUSÃO.....	90

1 INTRODUÇÃO

A região Oeste da Bahia faz fronteira ao norte com o estado do Piauí, ao Sul com o estado de Minas Gerais, a Leste com a região do Médio São Francisco e a Oeste com os estados do Tocantins e Goiás. A partir de meados dos anos 80 a região foi marcada por um novo ciclo de desenvolvimento, com intensa transformação do espaço.

Atualmente o Oeste Baiano, ressaltando os municípios de Barreiras, Luís Eduardo Magalhães e São Desidério ocupa uma posição de destaque no cenário nacional como um dos principais expoentes do agronegócio, apresentando um elevado crescimento demográfico e econômico, associados à agricultura moderna e especializada. Em função da instalação de extensas lavouras de monoculturas, esse quadro de ocupação e manejo do solo levanta preocupação com relação à sustentabilidade do Sistema Aquífero Urucuia (SAU).

As vulnerabilidades naturais já existentes nos ambientes, associadas às ações antrópicas, como o inadequado uso da terra e a remoção da cobertura do solo, propiciam a ocorrência de inúmeras alterações no ciclo hidrológico, como o aumento do escoamento superficial, a ocorrência de processos erosivos e o assoreamento dos rios, além de gerar danos à biodiversidade (Cruz *et al.*, 2017; Hamilton *et al.*, 2013; Uddin *et al.*, 2016).

Segundo Gaspar (2006), o sistema aquífero Urucuia representa o principal manancial subterrâneo do oeste baiano. Sua importância estratégica remete-se, não somente pelas crescentes demandas de água, mas também pela sua função de regulador das vazões dos afluentes da margem esquerda do médio São Francisco. E pela alimentação de nascentes de tributários da margem direita do rio Tocantins, na borda ocidental da serra Geral de Goiás.

A intensificação dessa ocupação agrícola ocasiona maior demanda por recursos naturais, principalmente os recursos hídricos. O município de São Desidério está localizado sobre maior parte no sistema aquífero Urucuia, agrupa um patrimônio espeleológico com grandes galerias, lagos subterrâneos, concentração de espeleotemas raros, sumidouros, e um extenso rio subterrâneo. Esta região apresenta significativa contribuição à dinâmica hídrica da bacia do Rio São Francisco.

Diante da necessidade de compreender e quantificar a relação entre atividades antrópicas e a questão ambiental, surgiram modelos para avaliação da fragilidade ambiental, os quais permitem avaliar os graus de fragilidade dos ambientes e subsidiar a tomada de decisão e o planejamento das ações, visando a adequação do uso e ocupação da terra e a minimização dos problemas ambientais (Manfré *et al.*, 2013; Tran *et al.*, 2010).

Com a retirada de água, seja ela superficial ou subterrânea, para agropecuária e outros fins, fica evidente a necessidade de conciliar as práticas conservacionistas de preservação e da hidrogeologia dos ambientes cársticos nessa região. A análise da fragilidade ambiental enfatizaria o planejamento das ações com um enfoque ambiental, possibilitando adequar o planejamento do uso agrícola, atuando de forma complementar no desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica estudada.

1.2 Justificativa

O maior uso da água, no Brasil e no mundo, ocorre na agricultura irrigada, que além de ser um importante setor da economia, coloca comida nas nossas mesas e garante a nossa segurança alimentar. A irrigação é um uso consuntivo da água¹, no Brasil, a agricultura irrigada retira aproximadamente 30 trilhões de litros de água por ano de mananciais superficiais e subterrâneos. Estima-se que, até 2040, a área irrigada no país aumente em 76%, enquanto a demanda hídrica deverá crescer 66%. Essa prática afeta diretamente a disponibilidade de água nas bacias hidrográficas, especialmente em regiões onde a irrigação é intensiva.

Além do impacto sobre os recursos hídricos, a agricultura influencia significativamente o uso do solo. A intensificação dessa prática promove transformações nas paisagens naturais, convertendo áreas de vegetação nativa em terrenos agrícolas. Esse processo de ocupação pode aumentar a vulnerabilidade ambiental, resultando em perda de biodiversidade, degradação do solo e maior suscetibilidade à erosão. Assim, o manejo adequado do solo, aliado à gestão eficiente da água, é essencial para minimizar esses impactos e garantir a sustentabilidade dos sistemas.

As ações humanas relacionadas à urbanização, industrialização e agricultura, sem planejamento adequado, são as que mais comprometem os serviços ambientais nas bacias. A intensificação da ocupação territorial, leva a uma maior demanda por recursos naturais, com destaque para a água. Esta dissertação está inserida na área de concentração de Instrumentos da Política de Recursos Hídricos do ProfÁgua e se alinha ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 da ONU – Água Potável e Saneamento. O trabalho tem como objetivo contribuir para a implementação da gestão integrada dos recursos hídricos por meio da avaliação da fragilidade ambiental da sub-bacia do Alto Rio Grande, localizada no município de São

¹ É a parte da água retirada de fontes como rios, lagos ou aquíferos não retorna aos corpos hídricos, sendo consumida por evaporação, transpiração das plantas ou incorporação nos produtos. Disponível em: <http://atlasirrigacao.ana.gov.br> Acesso em 27 de Set. de 2024.

Desidério, Bahia. Busca-se, assim, promover uma gestão sustentável dos recursos naturais, assegurando que os usos múltiplos da água e do solo sejam compatíveis com a eficiência hídrica e o desenvolvimento equilibrado da região.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Analisar a fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande, no município de São Desidério – BA, aplicando a metodologia de Ross (1994). Com objetivo de avaliar de forma detalhada a vulnerabilidade deste ambiente, caracterizado por sua sensibilidade ecológica, especialmente em função de suas formações cársticas, que o tornam suscetível a impactos ambientais. Com isso, busca fornecer subsídios para melhorar o planejamento territorial, visando a proteção e o uso sustentável dos recursos hídricos.

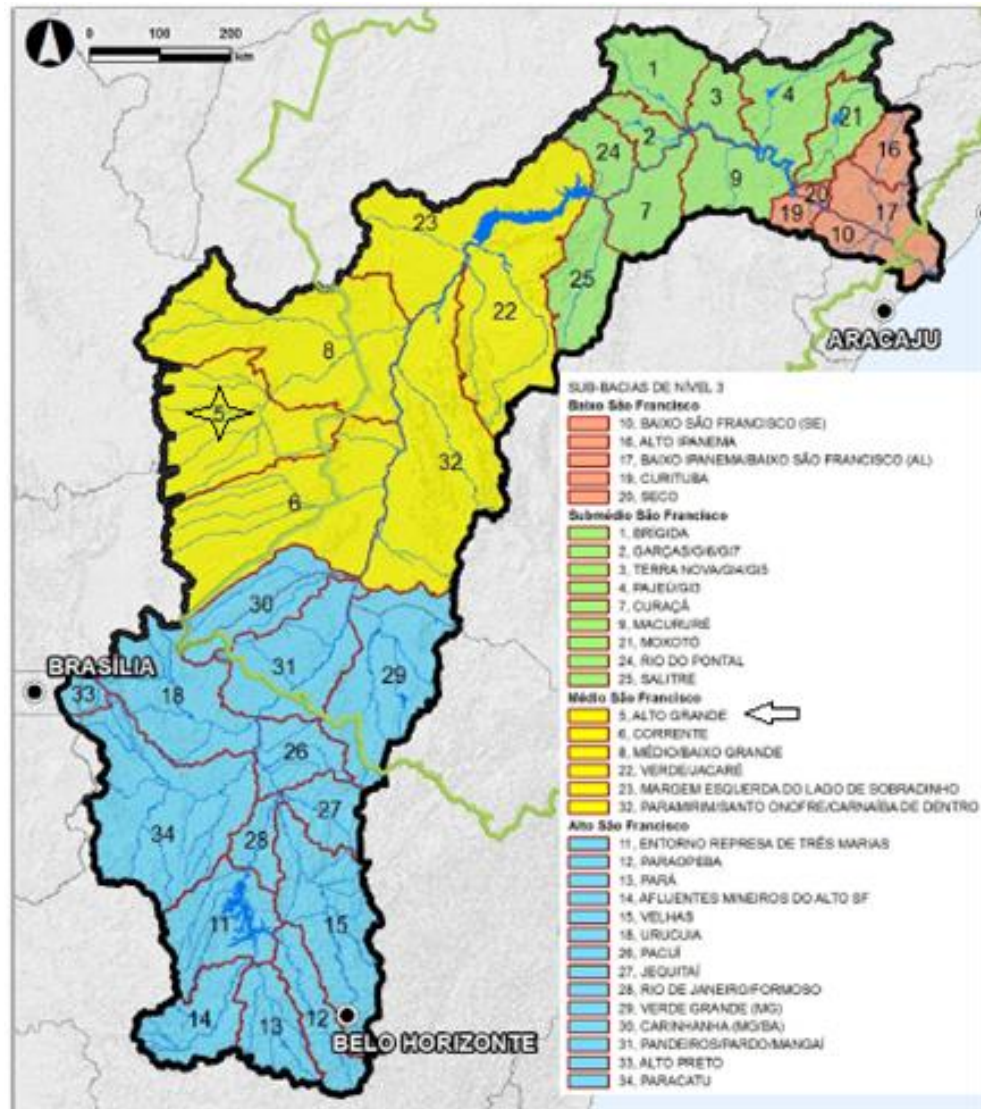
2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Aplicar a metodologia de Ross (1994)
- ✓ Caracterizar o meio físico e a dinâmica dos recursos hídricos da sub-bacia do Alto Rio Grande no município de São Desidério;
- ✓ Identificar e classificar as áreas de maior fragilidade ambiental na sub-bacia do Alto Rio Grande;
- ✓ Gerar mapa de fragilidade ambiental.

3 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a sub-bacia do Alto Grande, que é uma das 34 sub-bacias do Rio São Francisco, localizada na região fisiográfica do Médio São Francisco (Figura 1).

Figura 1- Identificação das 34 sub-bacias.



Fonte: ANA, 2014.

A Política de Recursos Hídricos do Estado da Bahia (Lei Estadual n. 11.612/2009) adotou a estratégia de regionalização da gestão dos recursos hídricos; por meio da Resolução n. 43/2009 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) define a divisão hidrográfica da Bahia em 26 Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA). Cada

RPGA por sua vez é composta por Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH). As UPGRH também são um agrupamento de Unidades de Balanço (UB). As UB são a menor área de estudo, foram definidas a partir das ottobacias disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

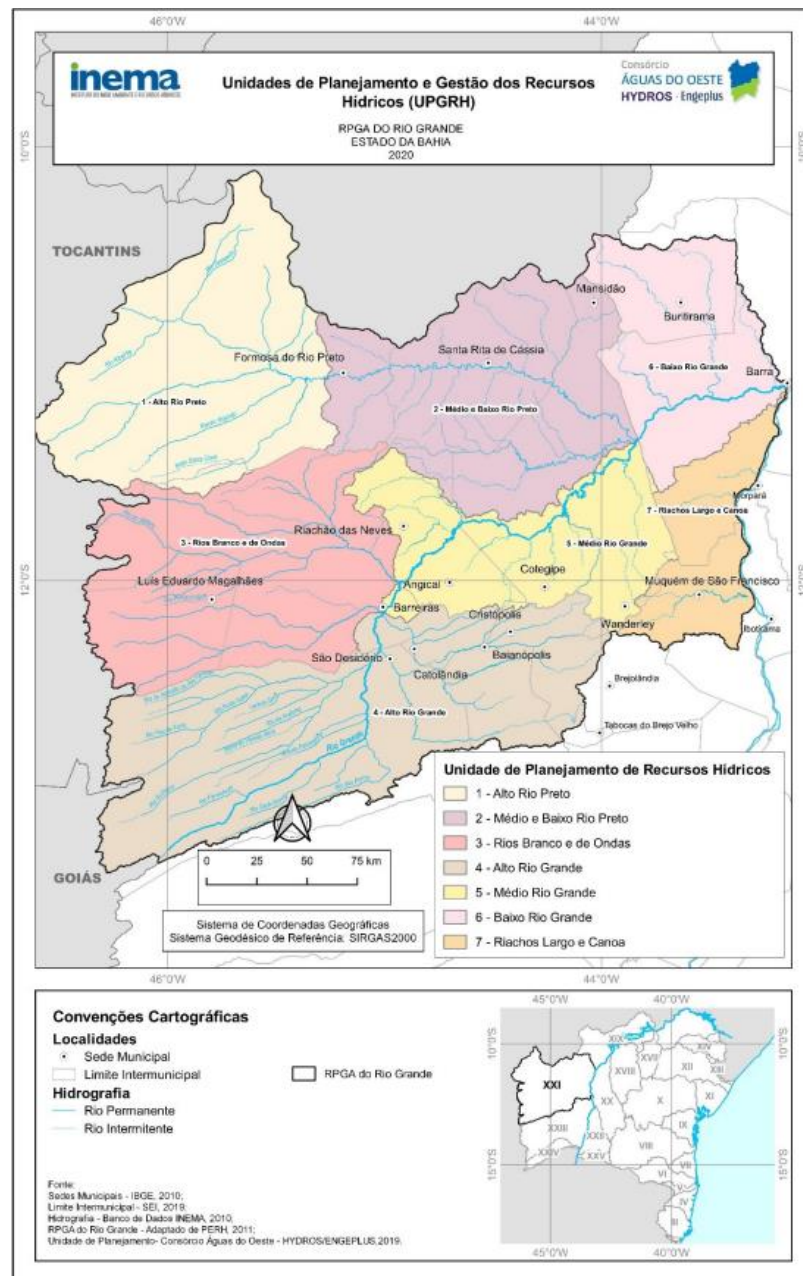
Neste contexto, a área de estudo insere-se na RPGA do Rio Grande (21), correspondente à UPGRH Alto Rio Grande (4) que é composta pelas UBs: Rio das fêmeas, Rio São Desidério; e, Rio Grande (Quadro 1; Figura 2). O comitê da Bacia do rio Grande (CBHG) encontra-se atuante, foi criado pelo Decreto Estadual n.11.246/08.

Quadro 1- Unidade de Balanço e Unidades de planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos – RPGA do Rio Grande

RPGA	UB		UPGRH	
	Código	Nome	Código	Nome
21 - Rio Grande	21.1.1	Rio do Ouro	1	Alto Rio Preto
	21.1.2	Alto Rio Preto		
	21.2.2	Riacho Camboeiro	2	Médio e Baixo Rio Preto
	21.2.4	Baixo Rio Preto		
	21.2.1	Médio Rio Preto		
	21.2.3	Vereda do Formigueiro		
	21.3.2	Rio de Ondas	3	Rios Branco e de Ondas
	21.3.1	Rio Branco		
	21.4.1	Rio das Fêmeas	4	Alto Rio Grande
	21.4.3	Rio São Desidério		
	21.4.2	Rio Grande		
	21.5.1	Médio Rio Grande	5	Médio Rio Grande
	21.6.1	Baixo Rio Grande	6	Baixo Rio Grande
	21.7.2	Riacho Largo	7	Riachos Largo e Canoa
	21.7.1	Riacho da Canoa		

Fonte: INEMA, 2022.

Figura 2- Localização das Regiões de Planejamento e Gestão das Águas – RPGA do Rio Grande



Fonte: INEMA, 2022.

A RPGA 21- Rio Grande² - é uma bacia de 82.655,56 km², que abrange total ou parcialmente áreas de 17 municípios, sendo que 11 municípios, bem como 16 sedes municipais que inserem integralmente na RPGA (Quadro 2).

² A bacia hidrográfica do alto Rio Grande localiza-se entre as latitudes 10° 50' e 13° 00' sul e longitudes 45° 25' e 45° 30' W.Gr.

Quadro 2- Municípios com Área Total ou parcialmente inseridas na RPGA do Rio Grande

Município	Área Total na RPGA	% do município na RPGA	% da RPGA	Sede na RPGA
Angical	1.528,27	100,0	1,8	Sim
Baianópolis	2.151,53	64,8	2,6	Sim
Barra	7.067,84	61,9	8,6	Sim
Barreiras	7.863,28	100,0	9,5	Sim
Buritirama	3.268,10	80,1	4,0	Sim
Catolândia	701,96	100,0	0,8	Sim
Cotegipe	4.280,55	100,0	5,2	Sim
Cristópolis	1.052,15	100,0	1,3	Sim
Formosa do Rio Preto	16.094,62	100,0	19,5	Sim
Luis Eduardo Magalhães	3.918,99	100,0	4,7	Sim
Mansidão	3.126,78	100,0	3,8	Sim
Muquém do S. Francisco	2.241,89	58,2	2,8	Sim
Riachão das Neves	5.974,85	100,0	7,2	Sim
Santa Rita de Cássia	6.055,97	100,0	7,3	Sim
São Desidério	13.159,12	87,1	15,9	Sim
Tabocas do Brejo Velho	1.250,31	87,0	1,5	Não
Wanderley	2.919,35	100,0	3,5	Sim

Fonte: INEMA, 2022.

A área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, está inserida na sub-bacia do Médio São Francisco. De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) da Bahia, essa região é classificada na Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) 21 do Rio Grande, especificamente na Região de Planejamento e Gestão Hidrográfica (RPGH) 4 do Alto Rio Grande, abrangendo uma área de 13.159,12 km². Considerando que o município de São Desidério tem área de 15.156,712 km², a bacia do Alto Rio Grande corresponde a 87,1% da área municipal, os outros 1.949,40 km², aproximadamente 12,9% do município, estão localizados na sub-bacia do Rio Corrente.

São Desidério foi elevado à categoria de município pela lei estadual nº 1.621, de 21 de fevereiro de 1962, desmembrado do município de Barreiras (IBGE, 2022). Em 1962, também marcado pela inauguração da Barragem do Projeto de Irrigação São Desidério – Barreiras – Sul³, da Companhia do Vale do São Francisco, atual Companhia

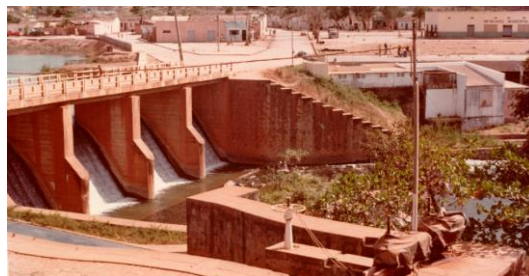
³ O projeto São Desidério teve início em 1976 e o manancial utilizado é o rio São Desidério, onde foi construída uma pequena barragem de concreto, que leva água ao projeto por gravidade. No início, o objetivo era abastecer apenas o projeto São Desidério. No entanto, verificou-se que a vazão era suficiente para atender o projeto Barreiras Sul, fundindo assim os projetos no Projeto Público de Irrigação São Desidério-Barreiras Sul. O projeto São Desidério-Barreiras Sul tem 1.733 hectares irrigados.

de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba – CODEVASF⁴ (Figura 3). O município destaca-se pelo potencial agropecuário e turístico (São Desidério, 2022)⁵.

Figura 3 – imagens da Orla e da Barragem em São Desidério



Orla da Barragem (São Desidério, 2022)⁶



Barragem São Desidério (IBGE, 2022)⁷

O município de São Desidério (Figura 4) está localizado a aproximadamente 896 km de Salvador, estabelece limites territoriais entre os municípios de Barreira (norte), Catolândia (nordeste), Correntina (sul), Baianópolis (leste), Santa Maria da Vitória (sudeste) e Luís Eduardo Magalhães (noroeste).

Localizado na margem esquerda do rio São Francisco (LEAL et al, 2003), faz limites geográficos ao norte com o estado do Piauí, ao sul com a bacia do rio Corrente, a oeste com os estados de Goiás e Tocantins e a Leste com as bacias da calha do médio São Francisco (INEMA, 2008). Tem sua nascente nas proximidades da divisa entre Bahia e Goiás e percorre 502 Km até desaguar no Rio São Francisco, no município de Barra. (MOREIRA & SILVA, 2010). Possui sete sub-bacias que são: Rio Preto; Rio Branco; Rio de Ondas; Rio de Fêmeas; Alto Rio Grande; Rio São Desiderio e Rio Tamanduá ou Boa Sorte (INEMA, 2022).

Sua população é estimada em 32.828 habitantes, resultando em uma densidade demográfica de 2,17 hab./km². A área urbanizada do município é de 9,09 km², com 3.188 economias abastecidas por uma rede de água que se estende por 36 km. O volume de água tratada é de 1.559 m³ por dia, enquanto o consumo médio diário é de 1.045 m³, com um índice de perdas de 33%. Apenas 8,4% dos domicílios contam com esgotamento sanitário adequado.

O município ocupa a terceira posição no estado da Bahia e a 77ª no país em relação à renda per capita (PIB), que é de R\$ 168.146,14. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

⁴ CODEVASF (2022). Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocios/agricultura-irrigada/projetos-de-irrigacao/em-producao/sao-desiderio-barreiras-sul> Acesso em 27 de Set. de 2024.

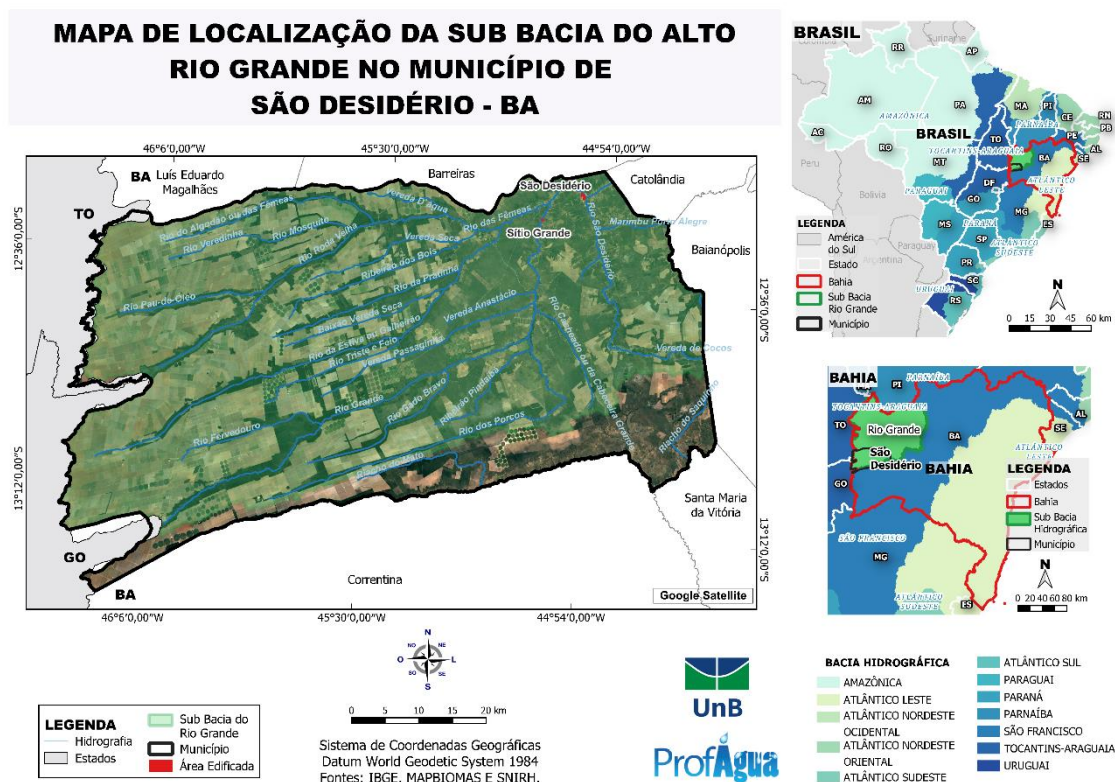
⁵ Disponível em: <https://saodesiderio.ba.gov.br/desenvolvimento/> Acesso em 27 de Set. de 2024.

⁶ Disponível em: <https://saodesiderio.ba.gov.br/a-cidade-hoje/> Acesso em 27 de Set. de 2024.

⁷ Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/fotografias/GEBIS%20-%20RJ/ba32680.jpg> Acesso em 27 de Set. de 2024.

é de 0,579. A taxa de mortalidade infantil é de 12,01 óbitos por mil nascidos vivos, posicionando-se na 251ª posição no estado e na 417ª no país. A incidência de pobreza no município é refletida por um índice de 0,39 (IBGE, 2022).

Figura 4 - Mapa de Localização da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério-BA



De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, o município possui 2.305 estabelecimentos rurais, abrangendo uma área total de 992.039 hectares e empregando 12.243 pessoas. Entre as lavouras permanentes, destacam-se a silvicultura (5.600 hectares), além da produção de laranja, coco-da-baía, banana e manga. Nas culturas temporárias, a soja ocupa a maior área (374.311 hectares), seguida por milho (68.484 hectares), sorgo (12.935 hectares), feijão (12.354 hectares), melancia (826 hectares) e mandioca (414 hectares) (IBGE, 2022).

No setor pecuário, o rebanho bovino é o mais expressivo, com 84.392 cabeças, seguido pelas criações de galináceos (60.986 cabeças), suínos (6.995 cabeças), ovinos (5.093 cabeças) e equinos (2.323 cabeças). A aquicultura também tem destaque, com a produção de 13.056 toneladas de tambaqui (IBGE, 2022).

O município de São Desidério se destaca pela intensiva produção agrícola, ocupando posições de liderança na produção de algodão e soja no Brasil. Desde 2005, reconhecendo o valor educativo e turístico de seu patrimônio natural, o município investiu na criação do Parque

Municipal da Lagoa Azul (Figura 5)⁸, localizado dentro da APA, foi estabelecido pelo Decreto Municipal nº 07/2005, de 11 de janeiro de 2005, com uma área total de 16 hectares. O parque municipal tem trilhas bem sinalizadas, mas o acesso só pode ser feito com acompanhamento de guia

Além do Parque Municipal da Lagoa Azul, criado em 2005, São Desidério abriga a Área de Proteção Ambiental (APA) Estadual de São Desidério, estabelecida pelo Decreto Estadual nº 10.020 de 05 de junho de 2006, com uma área de 10.961,14 hectares. As APAs, como Unidades de Conservação (UCs), têm como finalidade promover o turismo de forma sustentável, garantindo o ordenamento e a gestão dos potenciais socioambientais locais, conforme estabelecido no art. 2º do referido decreto.

Embora o município possua um Código Ambiental Municipal, criado em 2019, tanto a APA quanto o Parque Municipal da Lagoa Azul ainda não possuem seus respectivos Planos de Manejo e a elaboração de seu Plano Diretor está em construção.

Figura 5 - Parque Municipal da Lagoa Azul



Fonte: Guia de lugar turístico

A dinâmica dos sistemas cársticos da região está relacionada com seu aquífero, para a maioria destas áreas a evolução do sistema está diretamente ligada a processos superficiais, sendo que sua caracterização geomorfológica é normalmente um dos principais recursos para a compreensão da sua dinâmica.

O substrato geológico de São Desidério é caracterizado pela presença de rochas e depósitos sedimentares do Grupo Urucuia, sobreposto a um relevo cárstico desenvolvido nas

⁸ Disponível em: <https://guialugaresturisticos.com/america-latina/brasil/bahia/sao-desiderio/> Acesso em 27 de Set. de 2024.

rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. Algumas das geoformas cársticas da região constituem registros notáveis de fenômenos naturais, as principais cavernas encontram-se interligadas por sistemas fluviocársticos, onde se observam variações rápidas nos níveis da água, como o sumidouro do João Baio, uma dolina com uma nascente em seu interior que apresenta variações regulares de vazão, fazendo o nível da água subir e descer cerca de 0,50 m em intervalos de cinco minutos.

Os rios locais mantêm o desenvolvimento dos processos de espeleogênese ativo, com intensa remoção, transporte e deposição de sedimentos. Além disso, o município abriga um conjunto de cavernas com espeleotemas raros e de grande volumetria, que se destacam no cenário espeleológico nacional. A paisagem é favorável para o ecoturismo, turismo de esporte e aventura e de contemplação, São Desidério exibe beleza cênica e tem importância pesquisas, especialmente nas áreas de biologia, geografia, geologia. A região possui um rio subterrâneo, o João Rodrigues, paredões, grutas e espeleotemas formados pelo calcário (Figuras 6)⁹.

Figura 6 - Caverna do Buraco da Sopradeira em São Desidério



⁹ Figura 6^a- Tem seu conduto principal labiríntico, com diversos ambientes e amplas galerias, atingindo uma extensão horizontal que supera 2.100 metros. Disponível em: <https://guialugaresturisticos.com/america-latina/brasil/bahia/sao-desiderio/> Acesso em 27 de Set. de 2024.

Figura 7- Caverna Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério



Figura 8 - Caverna Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério



Figura 9 – Caverna Garganta do Bacupari, cavidade de grande dimensão e beleza cênica



Figura 10 - Caverna Garganta do Bacupari, cavidade de grande dimensão e beleza cênica



1011

¹⁰ Figura 5,6,7 e 8: A sua galeria principal possui mais de 3Km de extensão, é riquíssima em estalactites e estalagmites. Abriga o maior lago subterrâneo do Brasil, o lago do cruzeiro, com 60 metros de largura e 12.000m² de área.

¹¹ Figura 9 e 10 –Cavidade de grande dimensão e beleza cênica, localizada no fundo de uma dolina, abriga o maior salão subterrâneo do Brasil, o Salão Coliseu, com 25,330m². Também possui um grande lago subterrâneo e uma galeria com cerca de 40m de largura, e concentra grande quantidade de formações cônicas, conhecidas como Labirinto dos Cones. Disponível em: <https://guialugaresturisticos.com/america-latina/brasil/bahia/sao-desiderio> Acesso em 24 de Set. de 2024.

4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Clima, Aptidão Agrícola das Terras e Susceptibilidade à erosão

4.1.1 Clima

A sub-bacia do Alto Rio Grande predomina o clima úmido e subúmido a seco, apresenta características tanto do semiárido quanto do cerrado brasileiro. A riqueza hídrica subterrânea proveniente do Aquífero Urucuia, no extremo oeste, e as correntes atmosféricas continentais no sudeste são os principais fatores de alimentação da umidade na bacia, com média anual de 67,8% de umidade relativa, variando durante o ano, e a evapotranspiração potencial maior que 1.140 mm, segundo dados do Zoneamento Ecológico Econômico (BAHIA, 2014)¹², em toda a bacia o clima é marcado por duas estações bem definidas, os meses mais secos são de maio a setembro, enquanto os meses mais chuvosos vão de outubro a abril.

O clima é predominantemente tropical, com temperaturas médias anuais em torno de 24 a 26°C, durante o verão, as temperaturas máximas podem ultrapassar 35°C, enquanto no inverno as mínimas raramente caem abaixo de 15°C. A chuvas exerce considerável interferência na variação sazonal de precipitação, que resulta em um déficit hídrico significativo durante o inverno, o que limita a disponibilidade de água para a agricultura de sequeiro.

O município de São Desidério engloba parte da bacia hidrográfica do Rio Grande, que por sua vez é um afluente da margem esquerda do Rio São Francisco, as sub-bacias associadas são as dos rios das Fêmeas, Fervedouro e Gado Bravo. A estação pluviométrica Roda Velha, Código 1245015, é monitorada pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). Com 40 anos de série histórica (1984-2023), os dados revelam um padrão distinto de precipitação ao longo do ano.

Os meses mais secos constatados pelo monitoramento da estação Roda Velha são de maio a setembro (Figura 09), enquanto os meses mais chuvosos vão de outubro a abril. A precipitação média anual é de 1051 mm (Figura 10), durante esse período, o máximo anual registrado foi de 1861 mm no ano de 1996, demonstrando um ano muito chuvoso. Em contrasta, o mínimo anual foi de 576 mm no ano hidrológico de 2023, evidenciando um ano consideravelmente mais seco.

¹² BAHIA. Zoneamento Ecológico Econômico. ZEE, 2014. Disponível em: <http://www.zee.ba.gov.br/zee/>. Acesso em: 19 de Set. de 2024..

Figura 11 - Média mensal pluviométrica estação 1245015

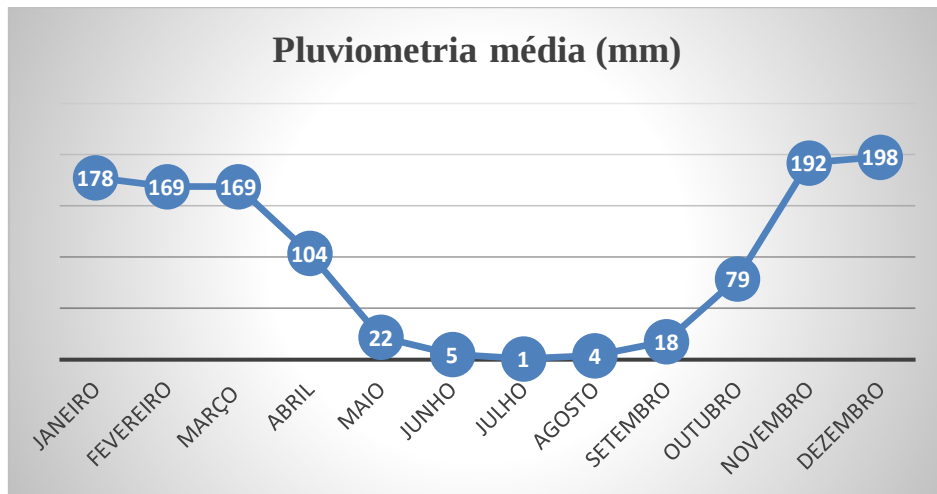
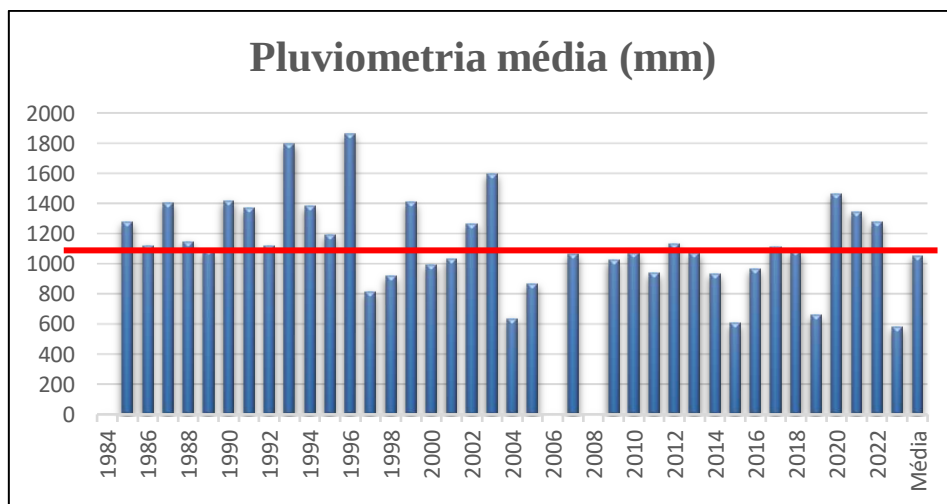


Figura 32 - Média anual pluviométrica estação 1245015



Fonte: Dados extraídos da HidroWeb

Além desses dados extremos, é possível observar uma variabilidade interanual significativa, que reflete a influência de diversos fatores climáticos e meteorológicos na região. Essa variabilidade é crucial para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, especialmente em setores como a agricultura e abastecimento de água. A compreensão dos padrões de precipitação ajuda a prever possíveis secas ou períodos de chuvas intensas, permitindo uma melhor preparação e mitigação dos seus impactos.

A análise da série histórica de precipitação também fornece dados valiosos sobre a evolução a longo prazo dessa região, que podem estar relacionados a mudanças climáticas. Monitorar essas tendências é fundamental para adaptar políticas de gestão hídrica e implementar estratégias sustentáveis, permitindo enfrentar de forma eficaz os desafios futuros.

4.1.2 Aptidão Agrícola

No que diz respeito à aptidão agrícola das terras na sub-bacia estudada, observa-se um mosaico de classes de aptidão, que variam desde áreas altamente aptas para culturas anuais e perenes. O avanço da agricultura segue um padrão de Oeste para Leste, marcado pela rápida conversão de extensas áreas de vegetação natural. Essa transformação ocorreu predominantemente nas áreas mais altas e planas a oeste, onde tanto a distribuição sazonal quanto a quantidade de precipitação anual são adequadas para a agricultura de sequeiro.

A análise espacial do uso da terra revela dois padrões distintos: a porção oeste é caracterizada por grandes extensões de terra, dominadas pela monocultura de grãos e têxteis; enquanto a porção leste é ocupada por uma agricultura mais diversificada, com pequenas propriedades, geralmente voltadas à policultura de subsistência e à criação de pequenos animais.

Diversos estudos destacam o oeste baiano como um importante vetor de desenvolvimento econômico para o estado. A Bahia ocupa a 8ª posição no ranking de maior participação no valor da produção agrícola nacional, embora essa participação tenha caído de 5,5% em 2022 para 5,3% em 2023. Em termos absolutos, a produção agrícola baiana atingiu R\$ 43,3 bilhões em 2023, consolidando-se como a maior da região Nordeste e representando quase 50% do total de R\$ 94,2 bilhões produzidos pelos nove estados nordestinos.

Entre os municípios brasileiros, o destaque na produção agrícola continua sendo a cidade de Sorriso (MT), que, pelo quinto ano consecutivo, liderou o país, contribuindo sozinha com 1% do total nacional e gerando R\$ 8,34 bilhões em valor de produção. A segunda posição foi ocupada por São Desidério, na Bahia, com um total de R\$ 7,8 bilhões, apesar de uma retração de 12,4% em relação a 2022¹³.

No município baiano de São Desidério, as culturas de soja, algodão e milho foram os grandes destaques. A produção de soja, em particular, somou R\$ 4,2 bilhões, contribuindo de forma significativa para o valor total alcançado pelo município (Figura 12)¹⁴.

A pesquisa do IBGE também revelou que, em 2023, a cultura do algodão voltou a registrar um bom desempenho, com aumento de 18,3% no volume produzido, totalizando 7,5 milhões de toneladas de algodão em caroço. Esse resultado representou um recorde na série

¹³ MARTINS, Rodney. Disponível em: <https://www.bahianoticias.com.br/noticia/296208-ibge-confirma-recorde-na-safra-de-2023-sao-desiderio-segue-como-segunda-maior-cidade-na-producao-do-agro>. Acesso em 02 Ago. 2024.

¹⁴ MARTINS, Rodney. Disponível em: <https://saodesiderio.ba.gov.br/mais-noticias-2012-16/sao-desiderio-e-destaque-no-pib-agricola-da-regiao-oeste-da-bahia-e-do-brasil/>. Acesso em 02 Ago. 2024

histórica, com o rendimento médio da cultura apresentando um crescimento de 14,2% em comparação ao ciclo anterior.

Mato Grosso e Bahia continuam sendo os principais estados produtores de algodão no Brasil, concentrando 90,2% da área plantada. Enquanto Mato Grosso gerou R\$ 20,3 bilhões com a cultura do algodão, a Bahia registrou R\$ 7,3 bilhões, resultado de um aumento de 7% no valor da produção em relação a 2022.

Figura 43 - Imagens das plantações de soja e algodão no município de São Desidério



4.1.3 Susceptibilidade à erosão

Embora os solos sejam reconhecidos como um recurso natural não renovável, e diversas práticas conservacionistas tenham sido adotadas por agricultores, a perda de solo e de nutrientes ainda figura como o principal desafio para a agricultura sustentável. Em especial no município de São Desidério, que se destacou como o maior receptor de investimentos e o maior produtor agrícola no Cerrado Setentrional (IBGE, 2020), a rápida conversão dos Cerrados em terras agrícolas nos últimos anos intensificou os problemas de degradação do solo.

São Desidério apresenta uma diversidade de solos, como os latossolos e argissolos, cada um com particularidades que influenciam sua susceptibilidade à erosão. Os latossolos, por exemplo, são solos profundos e bem drenados, mas, sob práticas agrícolas inadequadas, perdem rapidamente sua estrutura, tornando-se altamente vulneráveis à erosão hídrica. Já os argissolos, que possuem uma camada superficial rica em argila, tendem a compactar-se mais facilmente, dificultando a infiltração de água e aumentando o escoamento superficial, o que também contribui para processos erosivos.

Na sub-bacia do Alto Rio Grande, que abrange parte significativa do território de São Desidério, a susceptibilidade à erosão é classificada entre baixa a muito baixa em mais de 80%

da Região de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (RPGH). A região com a maior perda de solo, classificada como baixa, foi a região oeste da bacia, onde predomina a agricultura de sequeiro, que possui uma maior susceptibilidade a processos erosivos e que ocupa a maior parcela de área na bacia (55,20%). A região com a menor perda de solo está na região leste, onde está concentrada as maiores porções de área de cerrado (37,33% do total da área da bacia).¹⁵

A erosão não afeta apenas a fertilidade dos solos ao remover suas camadas superficiais ricas em nutrientes, mas também tem implicações mais amplas para o ecossistema. O aumento do escoamento superficial acelera o assoreamento dos corpos d'água, como o Rio Grande e seus afluentes, reduzindo a capacidade de armazenamento de água e impactando negativamente a biodiversidade aquática. Esses processos também elevam o risco de inundações, ameaçando comunidades locais e suas atividades produtivas.

4.2 Geologia, Hidrogeologia e Solos

4.2.1 Geologia

A geologia é a ciência que estuda a Terra, abrangendo sua composição, estrutura, processos, história e os fenômenos que moldaram e continuam a moldar o planeta. Charles Lyell, um influente geólogo do século XIX, definiu a geologia como "a ciência que investiga as mudanças que a superfície da Terra sofreu e continua a sofrer; e, mais especificamente, como essas mudanças influenciam as condições e destinos da flora e fauna."

A área de estudo está inserida na região conhecida como oeste baiano. De leste a oeste, a geologia regional dessa extensa área pode ser descrita, de forma geral e em ordem cronológica, pelas seguintes unidades: i) Espigões quartzíticos do Supergrupo Espinhaço (Estateriano, 1,8 a 1,6 Ga, até o Esteniano, 1,2 a 1,0 Ga), com orientação NNW-SSE; ii) Metassedimentos carbonatados do Grupo Bambuí, de idade Neoproterozoica; iii) Chapadões areníticos do Grupo Urucuia, de idade Cretácea, localizados no extremo oeste da Bahia, sobrepostos aos calcários do Grupo Bambuí e às rochas cristalinas do Arqueano (ANA, 2018).

A maior parte da região oeste da Bahia é composta pelos arenitos do Grupo Urucuia, que estão dispostos sobre as rochas do Grupo Bambuí. Assim, o Grupo Bambuí constitui o substrato sobre o qual, em discordância erosiva, foram depositados os sedimentos eólicos do Grupo Urucuia, compostos por cascalhos e areias (ANA, 2018).

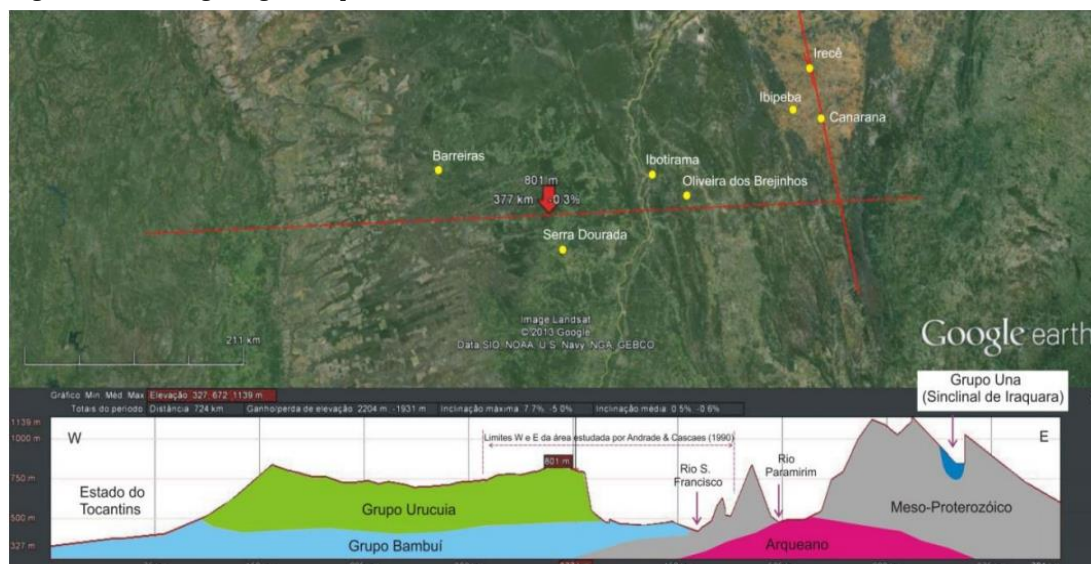
¹⁵ NASCIMENTO R.Q.; SANTOS J.Y.G. Análise das Perdas de Solo na Bacia do Rio de Janeiro, Bahia, XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (ISSN 2318-0358), 2019.

O Grupo Urucua, presente predominantemente no oeste da Bahia, se estende desde o extremo sul do Maranhão e Piauí até o noroeste de Minas Gerais. A área de ocorrência do Grupo Urucua se distribui ao longo de aproximadamente 500 km no sentido norte-sul e cerca de 200 km de largura no sentido Leste-Oeste, cobrindo uma área de cerca de 100.000 km², conhecida informalmente como Chapadão do Urucua (ANA, 2018)¹⁶.

O Grupo Bambuí no oeste baiano, ocorre numa área de cerca de 80.000 km²; constituído de calcários (Andrade & Cascaes, 1990), com intercalações de pelito e margas, possui rochas metamórficas (metassiltitos, ardósias, metarcósios e metagrauvacas (SGB- CPRM, 2008), é recoberto em grande parte por arenitos do Cretáceo.

Na Figura 12 é mostrado um corte geológico regional esquemático¹⁷, para uma melhor compreensão do comportamento dos Grupos Bambuí e Urucua no oeste baiano (ANA, 2018).

Figura 54 - Corte geológico esquemático



No oeste da Bahia, a geologia é marcada por uma série de unidades do Proterozóico, um período que vai de 2,5 bilhões a 541 milhões de anos atrás. Dentro dessa cronologia, destacam-se três formações geológicas importantes: São Desidério, Serra da Mamona e Riachão das Neves.

¹⁶ Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do Rio São Francisco para a Gestão de Recursos Hídricos. Relatório Final – Volume III – Áreas Piloto – Tomo 1 –Bacia Hidrográfica do Rio São Desidério /BA/ Agência Nacional de Águas; Elaboração e Execução: Consórcio TPF - Techne. - Brasília: ANA, 2018. 287p.

¹⁷ Corte geológico esquemático no centro-oeste da Bahia. Topografia obtida do Google Earth, geologia aproximada de CPRM/CBPM (2003).

Formação São Desidério:

Esta unidade geológica é composta principalmente por rochas metamórficas, como gnaisses e quartzitos. São rochas frequentemente encontradas em áreas de relevos acidentados e apresentam registros de antigos ambientes sedimentares. A formação São Desidério se destaca pelo seu papel na configuração estrutural da região e está associada a processos tectônicos que moldaram a paisagem atual.

Formação Serra da Mamona:

A Formação Serra da Mamona inclui uma diversidade de rochas que remontam a eventos geológicos complexos. Sua composição inclui principalmente rochas carbonáticas, como calcários e dolomitos, o que é característico de ambientes marinhos rasos antigos. Estas formações também podem abrigar cavernas e outros sistemas cársticos, que têm grande importância tanto do ponto de vista geológico quanto ambiental, especialmente no que diz respeito à recarga e preservação de aquíferos subterrâneos.

Formação Riachão das Neves:

Esta unidade é composta predominantemente por rochas sedimentares, como arenitos e argilitos, que indicam condições de deposição em ambientes continentais e marinhos. A Formação Riachão das Neves é importante para a compreensão da evolução geológica da região, uma vez que suas camadas sedimentares podem conter fósseis e outros registros de antigos ecossistemas.

Essas formações do Proterozóico no oeste da Bahia são fundamentais para entender a história geológica da região, pois testemunham processos tectônicos, sedimentares e ambientais que ocorreram ao longo de bilhões de anos. Além disso, essas unidades são importantes para a exploração de recursos naturais e para o estudo da hidrogeologia, dado que a área é rica em aquíferos que dependem dessas formações geológicas.

As três unidades geológicas do Proterozoico mencionadas, são correlacionadas, às formações Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias, que pertencem ao grupo Bambuí. Essas formações estão intrinsecamente ligadas à evolução tectono-sedimentar da Bacia do São Francisco, onde as condições paleogeográficas e climáticas do Proterozoico influenciaram significativamente a composição e a estrutura das unidades geológicas observadas hoje. Além disso, essas correlações geológicas ajudam a entender os processos de diagênese que afetaram as rochas carbonáticas, bem como a importância econômica das regiões cársticas ricas em água subterrânea.

4.2.2 Hidrogeologia

O oeste da Bahia se encontra dentro da Província Hidrogeológica São Francisco, que é composta pelos sistemas aquíferos Urucuia, Bambuí e Cristalino Centro (GASPAR, 2006). Esses sistemas aquíferos são de grande importância regional, com uma área total de aproximadamente 76.000 km², abrangendo não só o oeste baiano, mas também partes de estados como Minas Gerais e Goiás. O Aquífero Urucuia, que ocupa uma área significativa nessa província, é um manancial subterrâneo vital para diversas atividades humanas, ambientais e econômicas, sendo considerado uma fonte estratégica de recursos hídricos.

O Aquífero Urucuia é caracterizado como intergranular, ou seja, suas águas se armazenam nos espaços entre os grãos de sedimentos. A composição geológica é dominada por quartzo-arenitos e arenitos feldspáticos de origem eólica, que apresentam boa porosidade e permeabilidade, o que facilita a infiltração e movimentação da água. Esses depósitos formam um tabuleiro espesso, com níveis silicificados e, em menor proporção, conglomerados¹⁸. Essa configuração geológica permite que o aquífero tenha grande capacidade de armazenamento e recarga hídrica.

No contexto de São Desidério, o Aquífero Urucuia desempenha um papel crucial no abastecimento de água, tanto para consumo humano quanto para atividades econômicas como a agricultura irrigada, que é uma das principais fontes de renda da região, e a indústria. Além disso, o aquífero também é fundamental para a manutenção dos ecossistemas locais, que dependem de sua água para preservar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos da região. A importância desse aquífero é evidenciada pelo número de estações de monitoramento instaladas: São Desidério conta com 26 poços de monitoramento entre os 76 instalados ao longo da área do aquífero, o que reflete sua relevância para o controle e gestão dos recursos hídricos.

O processo de recarga do aquífero ocorre predominantemente pela infiltração da água das chuvas nas camadas superficiais do solo e das rochas permeáveis, além da contribuição de cursos d'água como rios e riachos, que também alimentam o sistema subterrâneo. A disponibilidade hídrica é outro fator importante a ser considerado. Estimativas feitas por Mantovani et al. (2021)¹⁹ apontam que a reserva explorável do Aquífero Urucuia é da ordem de 3,72 km³/ano, com cerca de 11% já sendo utilizados, principalmente por poços. Na bacia do

¹⁸ SGB – Serviço Geológico do Brasil, Relatório de Atividades Departamento de Hidrologia – RIMAS- Rede Integrada de monitoramento das Águas Subterrâneas, Nº1, 2021.

¹⁹ Mantovane, E. C. et al. Sistema integrado de inteligência territorial para gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada no Oeste da Bahia. Relatório técnico final. Viçosa: AIBA, 2021.

Rio Grande, esse percentual chega a 18%. Um estudo anterior, realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2017)²⁰, estimou que a reserva explorável do aquífero seria ainda maior, alcançando 4,84 km³/ano.

Essa variação entre os estudos pode estar relacionada a metodologias distintas de avaliação ou mudanças na disponibilidade hídrica ao longo do tempo, evidenciando a importância do monitoramento constante. A gestão adequada do Aquífero Urucuia é essencial para garantir o uso sustentável da água na região, evitando a superexploração e preservando esse recurso para as gerações futuras.

4.2.3 Solos

O município de São Desidério, localizado no oeste da Bahia, é marcado por uma impressionante diversidade de solos, resultado tanto da complexa geologia da região quanto da variedade de usos da terra praticados ao longo de seu vasto território. Situado em uma zona de transição entre os biomas do Cerrado e da Caatinga, São Desidério apresenta uma combinação única de características climáticas e vegetacionais, que influenciam diretamente as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. Essa diversidade torna o entendimento das especificidades do solo fundamental para qualquer iniciativa de planejamento sustentável.

Os solos de São Desidério variam amplamente, desde solos arenosos e de baixa fertilidade até solos mais argilosos e ricos em nutrientes, cada um com suas próprias limitações e potencialidades. Esse conhecimento detalhado é indispensável para o uso eficiente da terra, especialmente em um contexto de intensa atividade agrícola e pecuária, setores econômicos predominantes no município. Além disso, a interação entre os solos e o regime hídrico local desempenha um papel crucial no equilíbrio ecológico e na produtividade agrícola da região. O excesso de água, como em períodos de chuvas intensas, pode resultar em erosão e perda de nutrientes, enquanto a escassez de água, típica de áreas semiáridas, compromete a fertilidade do solo e o desenvolvimento da vegetação.

Por outro lado, os solos também têm um impacto significativo na qualidade dos recursos hídricos. Quando mal manejados, eles podem liberar sedimentos, nutrientes e até poluentes para os corpos d'água, exacerbando problemas como a eutrofização de rios e lagoas. Por isso, o manejo integrado do solo e da água é crucial para a sustentabilidade ambiental de São Desidério.

²⁰ Agência Nacional de Água e Saneamento Básica – ANA. Estudos Hidrogeológico e de vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e proposição de Modelo de Gestão Integrada Compartilhada: Volume 1, Brasília, ANA 2017, 138p.

Isso requer a implementação de práticas de conservação de solo, como a preservação da vegetação nativa, a recuperação de áreas degradadas e a adoção de sistemas agroecológicos, como agroflorestas e plantio direto. Essas práticas ajudam a proteger o solo da erosão, aumentar sua capacidade de retenção de água e promover a biodiversidade, além de contribuir para a produção agrícola sustentável.

Outro desafio importante é o crescimento populacional e a expansão das atividades econômicas no município, que aumentam a pressão sobre os recursos naturais. O desmatamento e o uso intensivo da terra podem acelerar a degradação dos solos e reduzir a disponibilidade de água, prejudicando tanto a economia local quanto os ecossistemas. Portanto, um planejamento sustentável em São Desidério deve ser baseado em uma abordagem interdisciplinar, envolvendo a análise detalhada dos solos, do clima, da vegetação e do relevo, para garantir a conservação dos recursos naturais e a manutenção da produtividade agrícola a longo prazo.

A diversidade de solos no município, associada às características topográficas e climáticas, exige políticas públicas eficazes e uma conscientização local sobre a importância de práticas agrícolas e de manejo sustentável que minimizem os impactos ambientais. O sucesso dessas iniciativas será essencial para assegurar o desenvolvimento econômico equilibrado da região, sem comprometer sua riqueza ambiental.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 Hidrogeologia Sub-bacias hidrográficas: conceito, importância e fragilidade ambiental

A sub-bacia hidrográfica tem sido uma terminologia atribuída às BHs (Bacias Hidrográficas) com o intuito de indicar uma hierarquização de seu sistema de drenagem conforme seu nível de complexidade, quantidade de áreas drenadas, ordens dos rios e relações direta que exerce com o rio principal da rede hidrográfica que a engloba. Morfologicamente, é formada pelo prefixo "sub-" justaposto ao substantivo "bacia", modificado pelo adjetivo "hidrográfica". Semanticamente, o primeiro designa algo que está abaixo, é inferior ou menor hierarquicamente, enquanto o segundo designa um sistema espacial multidimensional cujas dimensões hidrogeomorfológicas costumam ser seus atributos mais destacados. Portanto, a sub-bacia hidrográfica é entendida como uma BH menos complexa e tributária de outra rede de drenagem que é a principal (Gomes; Bianchi; Oliveira, 2021).

Sub-bacias também são consideradas BHs com áreas superiores a 100 km² e inferiores a 700 km², sendo a área que drena a água das chuvas por meio de rios e ravinas para um rio principal que pode desaguar no mar, em um lago ou em outro rio. São também consideradas como áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal, ou território drenado por um rio principal de uma BH formado por um grupo de microbacias (Pirolli, 2022).

Na visão de Gálvez (2011) trata-se de um conjunto de microbacias cujas drenagens convergem para um canal com fluxo flutuante, mas permanente. Nota-se que as fragilidades nos conceitos qualitativos indicam a necessidade de uma conceituação e sistematização elaborada no âmbito da hierarquia das BHs para facilitar a comunicação e o entendimento universal da diferença entre BH, sub-bacia e microbacia. Assim, a falta de uma conceituação clara de BH e consenso sobre seu termo e função refletem nas indefinições sobre sub-bacia e microbacia hidrográfica.

Propõe-se, então, que a sub-bacia hidrográfica seja entendida como um fragmento multidimensional do sistema fluvial composto essencialmente por outras sub-bacias e/ou microbacias hidrográficas, apresentando padrões de drenagem e sendo tributárias de uma BH mais complexa. O termo deve facilitar o entendimento das relações entre as diferentes escalas hidrológicas e a gestão sustentável dos recursos naturais (Gomes; Bianchi; Oliveira, 2021).

Dentro dessas definições, a microbacia se destaca como a unidade menor no sistema hidrológico e costuma ser o foco de estudos devido à sua sensibilidade e facilidade de monitoramento. Apenas uma abordagem integrada e sistêmica pode garantir um percentual alto de eficiência na gestão de águas e conservação ambiental, que consideram a microbacia fundamental para o planejamento e uso sustentável dos recursos naturais (Teodoro et al., 2007).

5.2 Fragilidade Ambiental das Sub-Bacias Hidrográficas

Conceituado as sub-bacias, é importante ressaltar que sobre a fragilidade ambiental das sub-bacias hidrográficas, visto que é o cerne desse estudo, sendo um tema de extrema relevância para o planejamento e gestão dos recursos naturais, especialmente no contexto da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que preconiza a gestão adequada dos recursos hídricos visando às necessidades presentes e futuras. Assim, entender a realidade e a dinâmica destas sub-bacias é essencial para desenvolver estratégias que conciliem a produção, a conservação ambiental e o uso sustentável dos recursos hídricos.

As bacias hidrográficas desempenham importantes serviços ecossistêmicos, que vão desde a provisão de água até a regulação do clima, passando pela função de habitat para diversas

espécies. Segundo Sutil, Gonçalves e Vieira (2020) mencionam que a urbanização, a industrialização e a agropecuária são algumas das atividades humanas que, quando realizadas sem um planejamento integrado, comprometem seriamente os serviços ambientais das bacias hidrográficas.

As sub-bacias hidrográficas, menores porções de uma bacia principal, apresentam vulnerabilidades e particularidades que demandam um diagnóstico preciso para a criação de medidas mitigadoras e adaptativas. Por exemplo, episódios recentes de seca e estiagem no Brasil, particularmente intensos em 2018, resultaram em 1917 reconhecimentos federais de emergência por falta de água (Silva et al., 2020).

A utilização de geotecnologias tem se mostrado essencial para o planejamento ambiental territorial. Essas ferramentas permitem uma análise detalhada das áreas com maior interferência humana, auxiliando na identificação das zonas mais vulneráveis ou já degradadas. O uso dessas tecnologias pode revelar um aumento na fragilidade do ambiente natural devido às atividades humanas. Padilha (2013) também enfatiza a importância do uso de ferramentas de geoprocessamento no estudo da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas, considerando-as indispensáveis para o planejamento e monitoramento da bacia.

A fragilidade ambiental é medida pela sensibilidade dos ecossistemas às pressões ambientais, incluindo ameaças que possam perturbar o equilíbrio de um sistema. Estes ecossistemas respondem de diversas maneiras às intervenções humanas, que impactam componentes como relevo, solo, clima, recursos hídricos e cobertura vegetal. Essas respostas variam dependendo do tipo de intervenção e da forma como a terra é utilizada e ocupada (Kappes et al., 2012).

Os sistemas ambientais respondem de maneiras diversas às intervenções, sejam naturais ou antropogênicas, afetando o equilíbrio dinâmico. A análise da fragilidade ambiental, portanto, permite a delimitação das zonas frágeis, indicando aquelas que necessitam de maior atenção para evitar o comprometimento do sistema (Valle et al., 2016). Ferramentas como o Sistema de Informação Geográfica (SIG) são essenciais nesse processo, pois permitem a avaliação integrada e precisa de múltiplas variáveis (Gouveia et al., 2015).

Adotar a sub-bacia hidrográfica como unidade territorial de análise é fundamental. Rodrigues et al. (2015) reforçam que essa abordagem é mais adequada para compatibilizar a produção com a conservação ambiental, devido às características naturais e integradas dessas unidades geográficas. Alho (2011) também ilustra a importância desse entendimento ao apontar a relação entre o regime hídrico dos rios e a ocorrência de enchentes na planície pantaneira, evidenciando a necessidade de proteger a cobertura vegetal nas áreas de planalto.

A fragilidade ambiental de sub-bacias hidrográficas é particularmente relevante, pois essas áreas estão diretamente ligadas à disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos. A degradação de uma sub-bacia pode ter consequências significativas para a biodiversidade aquática e terrestre, bem como para a qualidade das águas que abastecem as populações humanas. Intervenções como desmatamento, urbanização desordenada e práticas agrícolas inadequadas podem intensificar a erosão, provocar assoreamento de cursos d'água e reduzir a capacidade de infiltração do solo, agravando os ciclos de secas e enchentes (Silva; Oliveira, 2020).

5.3 Análise da Fragilidade Ambiental em Sub-Bacias Hidrográficas: Métodos e Aplicações.

A análise da fragilidade dos grandes sistemas naturais, em especial de bacias hidrográficas, tem sido amplamente utilizada como subsídio para o zoneamento e ordenamento físico territorial dessas áreas, que são consideradas unidades de planejamento integrado. Estudos nessa perspectiva buscam identificar as fragilidades e potencialidades dos ambientes naturais e propor uma melhor forma de uso e ocupação do território, respeitando as características específicas de cada lugar. Como base para uma análise abrangente das potencialidades e limitações de um ambiente, a fim de favorecer o gerenciamento eficiente dos recursos naturais, são consideradas diversas informações referentes aos aspectos que caracterizam a região, tais como clima, declividade, pedologia, solos e uso do solo (Silva; Oliveira, 2020).

Assim, a partir de dados do terreno, é possível analisar a sensibilidade de um ambiente quanto à dinâmica dos processos naturais, bem como as pressões ocasionadas pela intervenção humana. Essa abordagem permite a identificação de áreas que estão mais suscetíveis a erosões, deslizamentos e outras formas de degradação ambiental.

Dessa forma, na metodologia apresentada por Ross (2012), as características do terreno são classificadas de maneira discreta e possuem o mesmo peso entre si. Esta é uma abordagem mais simplificada e direta, que facilita a aplicação prática, mas que pode apresentar limitações ao considerar o tratamento igualitário das variáveis. Por outro lado, há autores que adotam métodos mais complexos para a representação de variáveis em campos contínuos, realizando uma padronização dos valores e adotando diferentes pesos para cada variável, conforme sua relevância específica.

Os ambientes SIG são essenciais na realização de estudos que requerem a associação de diferentes conjuntos de dados geográficos, especialmente no caso de análises voltadas ao

dinamismo da superfície terrestre. Em estudos sobre a fragilidade ambiental, esses sistemas não apenas oferecem uma visualização mais eficiente da distribuição espacial dos elementos, mas também permitem um melhor entendimento da relação de importância entre as variáveis consideradas. Por exemplo, com o uso de SIG, é possível integrar dados de declividade, tipo de solo, cobertura vegetal e uso do solo para identificar áreas prioritárias para conservação ou restauração ambiental (Miara, 2007).

A fragilidade ambiental das sub-bacias hidrográficas está intrinsecamente ligada às atividades humanas e ao uso dos recursos naturais. Ferramentas de geoprocessamento e tecnologias SIG têm se mostrado cruciais para identificar, monitorar e planejar intervenções de maneira sustentável. A compreensão e a análise detalhada do ambiente permitem a identificação de áreas que necessitam de maior atenção e preservação, assegurando que os serviços ecossistêmicos continuem a ser fornecidos de maneira equilibrada e sustentável (Moura et al., 2023).

Assim, o estudo geoambiental, conforme aponta Rodrigues et al. (2015), é fundamental nesse processo, pois proporciona dados consistentes de forma rápida e economicamente viável. A metodologia de análise geoambiental permite a estratificação das sub-bacias em unidades homogêneas, utilizando indicadores específicos para identificar áreas prioritárias e orientar intervenções mais assertivas.

A fragilidade potencial é um indicador que descreve a suscetibilidade natural de uma área à degradação, considerando fatores intrínsecos da paisagem, como relevo, solos, vegetação e clima (Martins et al., 2018). Este conceito integra a metodologia proposta por Ross (1994), ainda altamente relevante, para analisar a fragilidade de ambientes tanto naturais quanto antropizados.

A identificação da fragilidade ambiental potencial e emergente é crucial para a gestão das sub-bacias. Conforme destacou Santos e Aquino (2017), entender a composição físico-natural da paisagem é essencial para o planejamento ambiental. A abordagem sistêmica, que integra diferentes características biofísicas, ajuda a identificar tanto as potencialidades quanto as fragilidades dos ambientes, possibilitando o uso racional dos recursos naturais.

Portanto, a análise e o entendimento da fragilidade ambiental dessas sub-bacias são fundamentais para a promoção de um desenvolvimento sustentável. É necessário implementar práticas de uso e ocupação do solo que minimizem os impactos ambientais negativos e promovam a resiliência dos ecossistemas. O planejamento integrado, que leva em conta as peculiaridades das sub-bacias hidrográficas, permite uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos naturais. Adotar uma visão holística e o uso de tecnologias avançadas como os

SIG pode fazer a diferença na preservação e recuperação dos ambientes naturais, garantindo a sua sustentabilidade a longo prazo e a manutenção dos serviços ecossistêmicos essenciais.

Os avanços tecnológicos têm permitido aprimoramentos na metodologia de Ross, como destaca Moroz-Caccia Gouveia e Ross (2019), sugerindo o uso de modelos digitais de relevo para uma classificação automatizada mais precisa das declividades e formas do relevo. Esta inovação é crucial para uma análise mais detalhada e assertiva da fragilidade ambiental, especialmente em áreas de planícies fluviais, que são altamente suscetíveis a inundações.

A aplicação dessas metodologias fornece uma base sólida para a elaboração de políticas públicas e estratégias de gestão ambiental. Compreender a fragilidade ambiental das sub-bacias hidrográficas é uma condição *sine qua non* para preservar os recursos hídricos, garantir a conservação dos ecossistemas e promover um uso sustentável alinhado às atuais e futuras necessidades da sociedade. Implementar um planejamento adequado, fundamentado em diagnósticos precisos e ferramentas tecnológicas avançadas, é essencial para mitigar os impactos das intervenções humanas e naturais, assegurando a resiliência desses ambientes frente às múltiplas pressões que enfrentam.

5.4 Normativas que Garantem a Sustentabilidade dos Recursos Hídricos na Bahia

A gestão e preservação dos recursos hídricos é uma questão cada vez mais urgente, especialmente em regiões propensas à exploração excessiva, como o aquífero Urucuia no estado da Bahia. Reconhecendo a necessidade de um controle mais rigoroso sobre o uso dos recursos hídricos, o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) publicou as portarias n. 19.452/2019 e n. 22.181/2021, estabelecendo critérios técnicos para a instalação de sistemas de medição e monitoramento de água (Pereira, 2023).

A Portaria INEMA n. 22.181/2021 especifica que qualquer intervenção em recursos hídricos, sejam águas superficiais ou subterrâneas, que utilizem vazões outorgadas superiores a 129,6 m³/dia para abastecimento humano ou 43,2 m³/dia para outros fins, deve incluir dispositivos de coleta de água para monitorar a qualidade e medidores de níveis estáticos e dinâmicos no caso das águas subterrâneas. Isso é fundamental para assegurar que as captações sejam sustentáveis e não comprometam a disponibilidade futura do recurso (Pereira, 2023).

Para implementar essas medidas de maneira eficaz, os usuários de águas superficiais devem instalar réguas de medição e equipamentos de coleta de dados telemétricos (PCDs) para monitorar o nível dos rios nos pontos de captação. No caso das águas subterrâneas, especialmente em poços tubulares usados para irrigação, a instalação de piezômetros com

dataloggers é necessária para registrar e armazenar informações sobre os níveis de água durante o bombeamento (Pereira, 2023).

O INEMA também lançou a Instrução Normativa n.003/2022, que detalha os procedimentos administrativos e critérios técnicos necessários para a autorização de perfuração de poços, tamponamento, monitoramento e outorga para exploração de água subterrânea no aquífero Urucuia. Esta normativa substitui a Instrução Normativa INGÁ n. 15 de 18 de março de 2010 e reforça a importância de seguir procedimentos técnicos rigorosos, como a inclusão de estudos hidrogeológicos e testes de bombeamento, para garantir a viabilidade e sustentabilidade das novas captações.

A administração adequada dos recursos hídricos é essencial, especialmente considerando a expansão agrícola e as alterações no uso do solo observadas na área do aquífero Urucuia. A falta de controle e medidas de conservação pode levar a uma diminuição na qualidade e quantidade de água disponível, como observado em áreas de preservação permanente (APP) e reservas legais que foram convertidas para cultivos agrícolas. Medidas como o plantio direto, que melhora a retenção de água e reduz a erosão, são exemplos de boas práticas adotadas recentemente pelos agricultores para promover uma agricultura mais sustentável.

Em conjunto, estas portarias e instruções normativas visam garantir que a exploração dos recursos hídricos do aquífero Urucuia e outras regiões da Bahia sejam realizadas de maneira sustentável, protegendo tanto o meio ambiente quanto os interesses socioeconômicos da população local. O acompanhamento contínuo e a adoção de tecnologias de monitoramento são cruciais para o cumprimento desses objetivos e para a preservação dos recursos hídricos para as futuras gerações (INEMA, 2020).

5.4.1 Gestão de Recursos Hídricos

A Gestão de Recursos Hídricos consiste na formulação de fundamentos e diretrizes por meio de documentos que normatizam e orientam a estruturação dos sistemas de gestão. O objetivo é orientar a tomada de decisão de forma racional e que preveja o uso múltiplo dos recursos hídricos. Visa não só o uso sustentável da água, mas também o aperfeiçoamento de técnicas que permitam o reaproveitamento de água imprópria para consumo humano e animal.

A gestão de recursos hídricos e a gestão integrada de recursos hídricos estão intrinsecamente relacionadas, promove o uso eficiente e sustentável da água, garantindo a equidade no acesso. Para enfrentar os desafios relacionados à variabilidade climática e às

mudanças ambientais, promovendo a resiliência dos sistemas hídricos e reduzindo os riscos de desastres (Pahl Wostl et al., 2011).

A Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) envolve a coordenação de múltiplos setores e partes interessadas, garantindo a participação ativa de governos, comunidades locais, empresas e organizações da sociedade civil, a importância da colaboração entre esses diversos atores e setores torna a participação ativa de todas as partes interessadas no processo decisório.

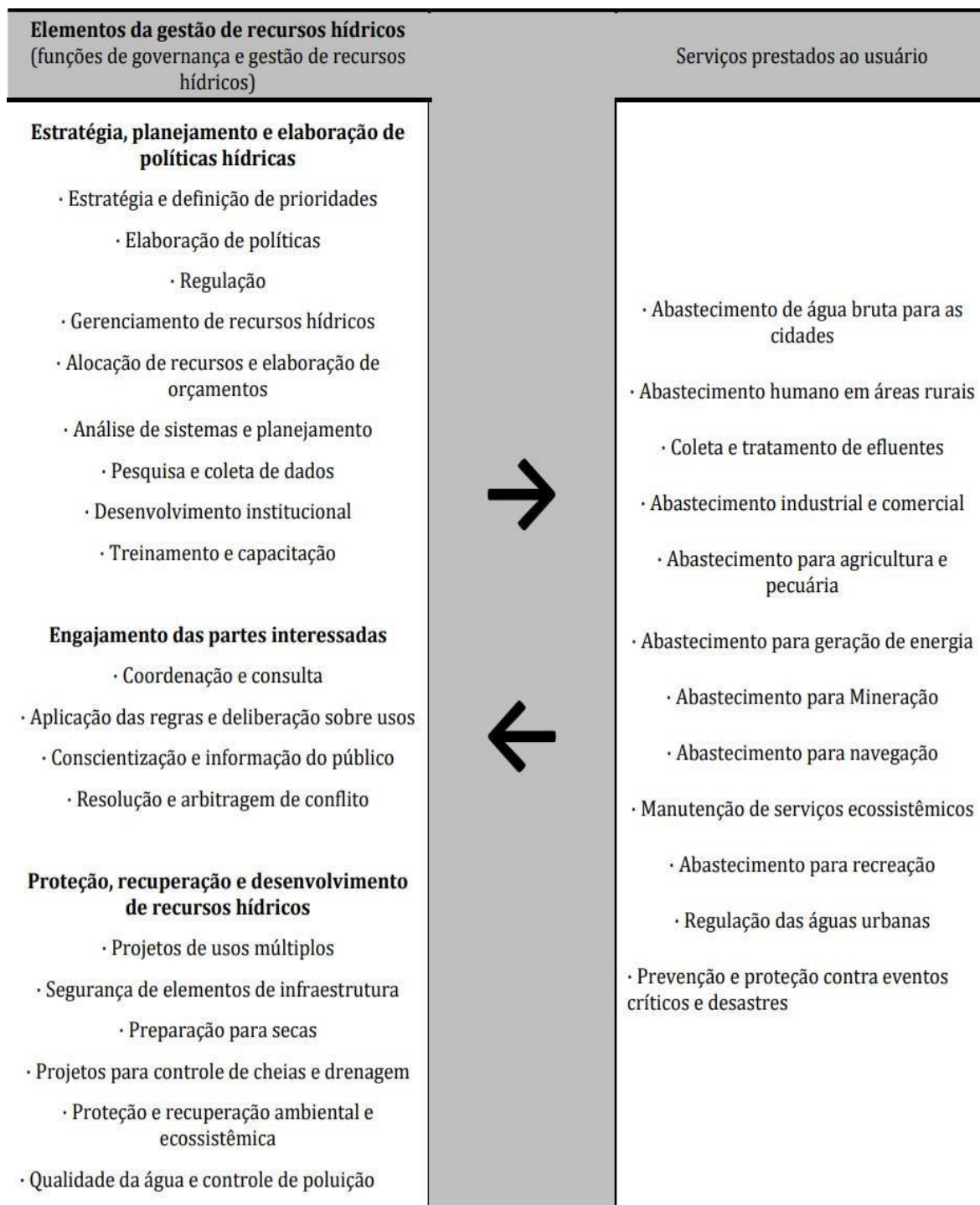
O planejamento da gestão integrada dos recursos hídricos busca alcançar um nível de uso, controle e conservação da água. O foco principal é a busca pelo equilíbrio entre qualidade e quantidade da água. O objetivo é garantir que a qualidade da água seja mantida em um nível aceitável para todos os usuários. Dada a diversidade existente de usuários e partes interessadas, a gestão integrada tornou-se um padrão, cujo maior desafio é atender todas as demandas de maneira otimizada, fixando num planejamento integrado e racional na alocação da água a fim de atender os usos múltiplos de forma eficiente, focando na centralização do planejamento e gerência da oferta (Charnay, 2011; Araújo *et al.*, 2015).

O termo GIRH é tido como “um processo que promove o desenvolvimento e a gestão coordenada da água, terra e recursos relacionados, a fim de maximizar o bem-estar econômico e social de uma forma equitativa sem comprometer a sustentabilidade de ecossistemas vitais” (GWP, 2017).

As crises hídricas recentes refletem as fragilidades do sistema atual de gestão nesse contexto (Agência Nacional de Águas, 2017a, 2021). Os desafios e as crescentes demandas por água tornaram o ambiente de gestão mais complexo, combinando efeitos do clima, alterações no uso da terra, eventos críticos mais frequentes e intensos, com objetivos múltiplos e conflitantes.

Segundo Rees et al., (2008) o Quadro 1 mostra a distinção que fazemos entre os serviços e a gama de funções de gestão e governança da água, necessária para garantir que esses serviços possam ser prestados numa forma eficiente, coordenada, equitativa e sustentável. Os elementos do lado esquerdo do Quadro 1 (funções de governança e gestão) estão organizados tanto para prover a disponibilidade hídrica necessária, em quantidade quanto em qualidade. É possível perceber que existe uma relação de dependência entre as diversas funções de governança, o que exige a integração delas para o alcance dos resultados para o usuário.

Quadro 3- O sistema de Governança e gestão de recursos hídricos



Fonte: Adaptado de Rees *et al.*, 2008.

5.5 Política Nacional de Recursos Hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos, veio como uma legislação integrada e descentralizada, o que promoveu um rearranjo do sistema de gestão de recursos hídricos com poder para a gestão descentralizada por bacias hidrográficas e exigindo um processo de participação entre o poder público, usuários e as representações sociais. É uma legislação específica que tem como princípio geral de que a água é um bem de domínio público, é um recurso limitado e dotado de valor econômico, e deve ser usada para os diversos setores da sociedade, porém com uma gestão integrada (Jacobi, 2010).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) instituída pela Lei Federal n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997 estabelece os fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos para a gestão dos recursos hídricos. Esse instrumento legal traz uma nova concepção da água e estabelece uma construção conceitual, teórica e operacional da governança da água (Wolkmer; Pimmel, 2013). Apresenta 57 artigos, divididos em seis seções e quatro títulos. Seu texto sofreu algumas alterações em 2000 e 2010, esta última pela Lei n. 12.334, sobre a política de barragens no país.

A PNRH orienta o processo de gestão dos recursos hídricos brasileiros, tanto superficiais quanto subterrâneos. Deve ocorrer no âmbito da bacia hidrográfica, com abordagem descentralizada e participativa que envolva o Poder Público, usuários e comunidades, promovendo a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental e a articulação da gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo. Este novo paradigma fortalece a aceitação da água como um bem que apesar de renovável deve ser gerido no interesse dos diferentes usos e usuários, presentes e futuros (Mascarenhas, 2008; Santos; Gusmão, 2013).

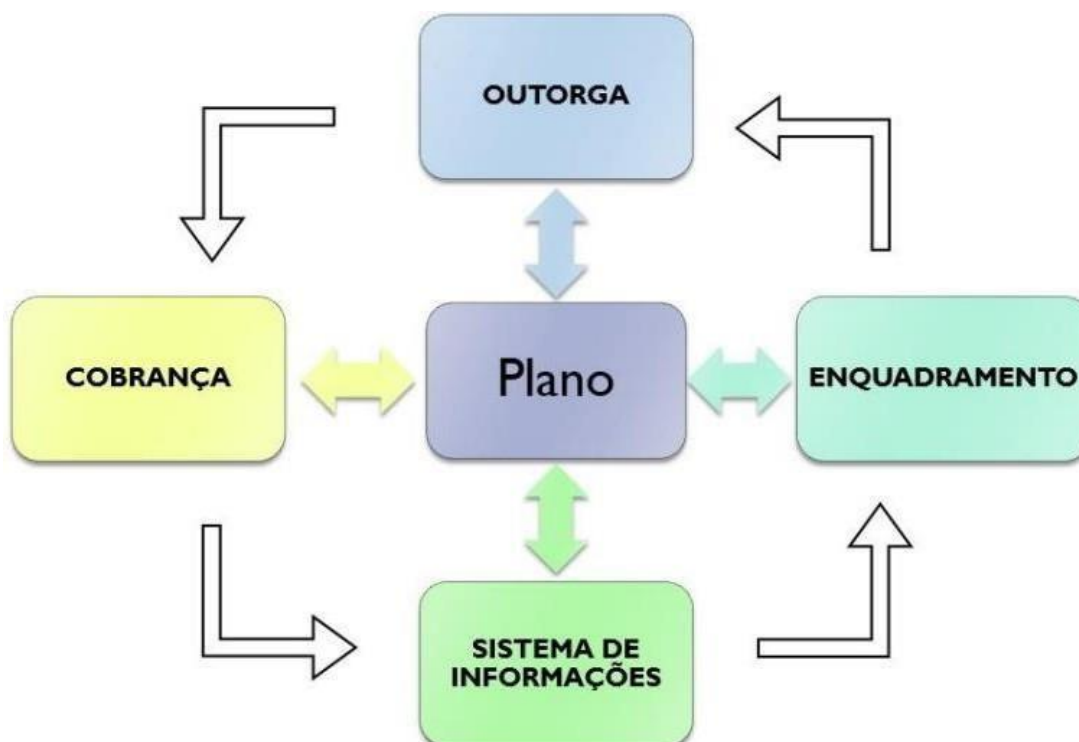
A PNRH estabelece cinco instrumentos de gestão que são: planos de recursos hídricos, enquadramento dos corpos de água em classes, outorgas dos direitos de uso de recursos hídricos, cobrança pelo uso de recursos hídricos e sistema nacional de informações sobre recursos hídricos. Todos eles estão interligados e são complementares quando se deseja atingir uma total implementação da Lei das Águas em uma bacia hidrográfica. Segundo Bafoni e Telles (2010), os instrumentos devem agir de maneira interligada e certificar, na prática, a eficácia dos fundamentos estabelecidos no art. 1º desta mesma política.

O estado da Bahia também conta com sua legislação das águas, a Lei Estadual n.11.612, de 08 de outubro de 2009, a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos dispõe sobre a mesmas diretrizes e instrumentos semelhantes aos da legislação nacional, preveem que a gestão das águas não deve dissociar

aspectos de quantidade e qualidade e deve considerar a diversidade geográfica e socioeconômicas das diferentes regiões.

O fortalecimento da gestão integrada de recursos hídricos a nível federal e estadual é essencial para a plena implementação da PNRH e da Política Estadual, cujos instrumentos de gestão visam organizá-la por meio de ações de planejamento, regulação, fiscalização e divulgação de informações (Brasil, 2017).

Figura 65 - Integração entre os instrumentos de gestão da PNRH.



Fonte: Adaptado de ANA, 2013.

5.6 Instrumentos da Política de Gestão dos Recursos Hídricos

Os instrumentos de gestão de recursos hídricos instituídos pela PNRH, devem promover ações e diretrizes capazes de integrar as ações de planejamento e gestão das águas superficiais e subterrâneas como um todo.

5.6.1 Plano de Recursos Hídricos

No art. 8º (Lei n. 9433/97), os Planos de Recursos Hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica, é um instrumento de planejamento contínuo e dinâmico, com visão de longo

prazo, definido em cenários. Permite a gestão compartilhada do uso integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos em uma determinada unidade territorial (país, estado, região ou bacia hidrográfica).

Os objetivos estratégicos para o Plano de Recursos Hídricos são: “a melhoria da disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, a redução dos conflitos pelo uso da água e a percepção da conservação da água como um valor socioambiental relevante”. O processo de planejamento considera três momentos: diagnóstico atual dos recursos hídricos, previsão do cenário a ser alcançado e identificação dos conflitos e arranjos para identificar a situação possível de ser obtida (ANA, 2013b).

Os Planos de recursos hídricos constituem documentos programático que definem a agenda de recursos hídricos de uma região (ações de gestão, planos, programas, projetos, obras e investimentos prioritários, dentre outros), tendo como perspectiva a construção de uma visão integrada dos usos múltiplos da água com o envolvimento de órgãos governamentais, da sociedade civil, dos usuários e das diferentes instituições que participam do gerenciamento dos recursos hídricos, visando fundamentar e a orientar a implementação da política e o gerenciamento desses recursos (BRASIL, 1997, MMA, 2006, ANA, 2013).

O Governo do Estado da Bahia, por meio do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), vinculada à Secretaria do Meio Ambiente (SEMA), no exercício de suas atribuições relacionadas à implementação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos estaduais, conforme art. 63 da Lei Estadual n. 11.612/09 definiu os Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas e o Enquadramento dos Corpos de Água em Classes das Regiões Hidrográficas do Estado da Bahia, intituladas de Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA).

Em julho de 2019, o INEMA contratou estudos para a elaboração do Plano de Bacia e da Proposta de Enquadramento dos corpos de Água da RPGA do Rios Grande e RPGA do Rio Corrente e dos Riachos do Ramalho, Serra Dourada e Brejo Velho. O comitê da Bacia do rio Grande encontra-se atuante, tendo sido criado pelo Decreto Estadual nº 11.246/08 e é composto por 30 membros titulares com os respectivos suplentes.

A Porção extremo oeste da RPGA possui uma capacidade de geração e manutenção de escoamento superficial maior que a porção extremo leste. Estima-se que o rio Grande representa aproximadamente 10,2% da vazão média anual do rio São Francisco, com maior contribuição mensal em setembro, atingindo 15,9% ou seja, as vazões do rio Grande representam uma fração maior da vazão no rio São Francisco em situações de menor disponibilidade hídrica.

Ressalta-se que o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco (PRH-BHSF) é uma iniciativa crucial atualizada em 2016 para garantir a gestão sustentável da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Esse plano, elaborado com a participação de diversas partes da sociedade, visa assegurar que os recursos hídricos da região permaneçam limpos e próprios para uso, beneficiando as gerações presentes e futuras.

Os objetivos do PRH-BHSF incluem a atualização de diagnósticos da bacia em suas diversas regiões fisiográficas, o fortalecimento do arranjo institucional, a apresentação de diretrizes e critérios para melhorar a política de recursos hídricos — com ênfase na outorga de direitos de uso e na cobrança pelo uso dos recursos —, além da avaliação de ações prioritárias e metas para a bacia. Outro aspecto significativo é a criação de uma base de dados integrada e a implementação de um Sistema de Informação Georreferenciada (SIG) para apoiar o gerenciamento eficiente dos recursos hídricos.

A vigência do plano é até 2025, mas ele é submetido a revisões periódicas para assegurar a eficiência e a adaptação às novas necessidades, sempre com a participação do poder público, da sociedade civil e dos usuários. O investimento de aproximadamente R\$ 7 milhões pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) assegura a execução de ações estruturantes que promovem a sustentabilidade da bacia.

A importância do PRH-BHSF está na sua capacidade de manter a qualidade e quantidade das águas do Rio São Francisco e de seus afluentes, essenciais para múltiplos usos, como irrigação, pecuária, abastecimento humano e conservação da fauna e flora. Portanto, este plano é uma ferramenta estratégica para a gestão inteligente e sustentável dos recursos hídricos, garantindo que o "Velho Chico" continue a ser uma fonte vital para milhões de brasileiros.

Os Planos de Bacia do Rio Grande e do Rio Corrente representam um marco significativo na gestão dos recursos hídricos na Bacia do Rio São Francisco. Os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) do Rio Corrente e do Rio Grande aprovaram esses planos em 2021. A aprovação desses planos é um avanço notável, considerado inédito na história destes comitês, e envolve a interação de vários stakeholders, como poder público, sociedade civil e usuários dos recursos hídricos. No encontro promovido pelo CBH do Rio Grande, em colaboração com o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA-BA) e o consórcio Águas do Oeste. Esses instrumentos são importantes para uma gestão racional e sustentável dos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos. Ele frisou que a elaboração e aprovação dos planos foram muito democráticas e participativas, envolvendo uma luta contínua desde a criação do Comitê em 2008.

Durante a plenária, foi apresentado o diagnóstico e prognóstico da bacia, abordando temas como disponibilidade e demanda hídrica, balanço hídrico, uso e ocupação do solo, e ações propostas para resolver os problemas identificados. Os planos visam orientar a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, equilibrando os aspectos quantitativos e qualitativos do uso da água, com um horizonte de 15 anos, mas com possibilidade de revisões conforme necessário. Esses planos oferecem uma análise detalhada das condições atuais, identificando deficiências e potencialidades, além de projetar o cenário socioeconômico da região para implementar ações de curto, médio e longo prazo, visando garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos na bacia do Rio São Francisco.

5.6.2 Outorga de Direito de Usos de Recursos Hídricos

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um instrumento regulatório em que a administração pública autoriza um usuário a utilizar a água de determinado manancial para atividades pré-estabelecidas. Tem como objetivos o controle quantitativo e qualitativo dos usos do recurso hídrico e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (ANA, 2011b). É o instrumento de gestão por meio do qual o Poder Público autoriza, concede ou permite o usuário a utilizar determinado volume de água sob sua dominialidade por período pré-determinado, nos termos e nas condições expressas em ato administrativo.

A Resolução CNRH n. 162.001 estabeleceu os critérios gerais para concessão de outorgas e atos administrativos do poder concedente de acordo com essa resolução, a emissão de outorgas, tanto preventivas quanto de direito de uso, deve considerar as diretrizes dos Planos de Recursos Hídricos, enquadramento, manutenção de usos múltiplos e outras restrições que possam surgir.

A outorga tem sido considerada um instrumento fundamental de gestão por depender da disponibilidade hídrica, temporal e espacialmente na bacia hidrográfica e das necessidades de conservação dos sistemas hídricos. O poder público concede o direito de uso do recurso a uma entidade pública ou privada, analisando a quantidade, a qualidade e a finalidade do uso.

A PNRH ainda preconiza que a outorga pode ser suspensa, parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado. Isso ocorre caso mediante as seguintes circunstâncias: I – Não cumprimento pelo outorgado dos termos da outorga; II – Ausência de uso por três anos consecutivos; III – Necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas; IV – Necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental; V – Necessidade de se atender a usos prioritários, de

interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas; VI – Necessidade de serem mantidas as características de navegabilidade do corpo de água (BRASIL, 1997).

Partindo do cenário atual emergente do Diagnóstico para os recursos hídricos na RPGA da bacia do Rio grande, foram estabelecidos entre as disponibilidades hídricas atual/tendencial, de escassez recorrente e de mudanças climáticas, que a projeção das vazões outorgadas resulta da projeção tendencial de crescimento econômico e demográfico, especialmente a agricultura irrigada, considerando o limite estabelecido pela vazão máxima outorgável.

A escolha entre adotar a vazão Q90 do Plano ou manter a metodologia atual utilizada pelo Inema será baseada em uma avaliação técnica. Os dados do Plano, que cobrem um período mais longo de séries históricas, representam melhor a variabilidade climática natural na região, indicando uma tendência de longo prazo. Modelagens sugerem que houve aumento na vazão entre 1995 e 1990, porém a curva aponta para uma redução no futuro. Adotar a vazão do Plano ofereceria mais segurança em caso de maior escassez, aumentando a vazão para demandas ecológicas. Como parte do prognóstico a proposição de intervenções, buscam compatibilizar a disponibilidade e demandas na RPGA, realizando projeções de disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, vazões outorgadas, balanço hídrico superficial e subterrâneo para os três cenários.

Para análise em um cenário político legal institucional da gestão hídrica, é necessário associar a outorga de direito de uso da água como um instrumento de alocação de água entre os diversos usos da bacia hidrográfica, a qual deve buscar uma distribuição da água de modo a atender as necessidades ambientais, econômicas e sociais, reduzir ou eliminar os conflitos entre usuários e possibilitar o atendimento das demandas futuras. A outorga está em processo operacional, mas carece de sistemas de apoio de base tecnológica atual.

5.6.3 Outorga de Uso de Recursos Hídricos na Bahia

A outorga do direito de uso dos recursos hídricos no estado da Bahia é um processo bem regulado, com normas específicas descritas no Decreto n. 6296 de 21 de março de 1997 e em outros regulamentos correlatos. Ela assegura o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, bem como o exercício dos direitos de acesso à água, com o INEMA sendo o órgão responsável por tal controle.

A outorga pode ser requerida por qualquer pessoa física ou jurídica que faça uso dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, seja para captação de água, diluição de efluentes, entre outros usos que alterem o regime, quantidade ou qualidade da água. Mesmo o uso de volumes e vazões considerados de pouca expressão requer cadastramento no INEMA.

A outorga tem prazos específicos para perfuração de poços e uso dos recursos hídricos, com a possibilidade de prorrogação mediante solicitação antecipada (arts. 28 e 29). A normativa também dispõe sobre a construção e monitoramento de poços, a instalação de equipamentos de medição e dispositivos de segurança, assegurando que as atividades de captação sejam realizadas de maneira sustentada e responsável.

Em situações de necessidade extrema, como calamidades públicas, a outorga pode ser revisada e até mesmo suspensa, parcial ou totalmente. Este mecanismo garante que, em momentos críticos, os recursos hídricos possam ser prioritariamente alocados para atender às necessidades mais urgentes, como o abastecimento humano e animal.

O Decreto também especifica que, em caso de escassez de recursos hídricos, poderá ocorrer racionamento, priorizando abastecimento humano e atividades que comprovem menor consumo unitário de água. Os prazos para outorga variam de 30 anos para concessões a 4 anos para autorizações, renováveis por períodos iguais.

Em caso de desuso ou abandono de poços, o tamponamento deve ser realizado tecnicamente para evitar contaminações das águas subterrâneas, e o ato autorizativo deve ser cancelado junto ao INEMA (art. 32). Isso garante que não haja riscos ambientais associados aos poços abandonados e que a gestão hídrica continue sendo eficiente e segura.

Essas diretrizes normativas do INEMA visam promover o uso consciente e sustentável dos recursos hídricos subterrâneos, garantindo que eles permaneçam disponíveis e de boa qualidade para as futuras gerações. A complexidade e a abrangência dos regulamentos refletem a importância crítica da gestão sustentável da água no estado da Bahia.

As vazões de referência adotadas e as normativas referentes ao uso das águas subterrâneas estão detalhadas na Instrução Normativa SAU IN 3/2022, emitida pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) da Bahia. Essas normas são fundamentais para regulamentar a captação e o uso sustentável das águas subterrâneas, recurso indispensável para diversas atividades econômicas e para a conservação ambiental.

No que se refere às vazões de referência, a normativa estabelece que a vazão de captação será definida na outorga de direito de uso dos recursos hídricos, com base em informações técnicas fornecidas pelo interessado. Informações como teste de bombeamento, teste de interferência, laudo hidrogeológico e dados de monitoramento do aquífero são considerados, seguindo os critérios do art. 12 da mesma norma. Este processo pretende garantir que a captação de água não comprometa a sustentabilidade dos aquíferos e não cause impactos negativos a outros usuários ou ao meio ambiente.

A normativa também exige a realização de estudos hidrogeológicos específicos e testes de bombeamento como condicionalidades para a análise de outorga (art. 16). Isso compreende a apresentação de um projeto justificativo da demanda hídrica do empreendimento, o que ajuda a INEMA a avaliar a real necessidade do uso solicitado e assegura que os volumes outorgados sejam adequados à disponibilidade hídrica da região.

A captação máxima permitida para poços no Sistema Aquífero Urucuia (SAU) é de até 9.000 m³/dia (art. 20). No entanto, esta vazão pode ser reavaliada e ajustada pelo INEMA, a qualquer tempo, com base em análises motivadas (art. 21). Assim, o INEMA mantém a flexibilidade para adaptar a gestão hídrica às condições variáveis do meio ambiente e às necessidades das diferentes demandas de uso.

A normativa também prevê a possibilidade de solicitação de perfilagens geofísicas e análises químicas tanto da água quanto do solo (arts. 17 e 18). Essas medidas têm por objetivo garantir a avaliação qualitativa dos recursos hídricos, prevenindo possíveis contaminações e identificando eventuais riscos ambientais associados às atividades de captação.

Além disso, é previsto o teste de interferência em captações adjacentes como condicionante para a perfuração de novos poços (art. 19). Este requisito assegura que novos empreendimentos não afetem negativamente os vizinhos, preservando a equidade no uso do recurso hídrico.

A instalação de piezômetros com revestimento e filtro geomecânico e medidores automáticos de nível de água é obrigatória (art. 23). Isto visa monitorar constantemente os níveis de água subterrânea e garantir que a captação seja feita dentro dos limites sustentáveis.

O INEMA também pode requerer a instalação de estações fluviométricas telemétricas para monitorar os volumes de águas captados e analisar os impactos do bombeamento próximo a mananciais (art. 25). Este monitoramento contínuo é crucial para identificar rapidamente qualquer mudança adversa na disponibilidade hídrica, permitindo ações corretivas rápidas.

Nota-se que a regulamentação rigorosa e detalhada do direito de uso dos recursos hídricos pela normativa do INEMA na Bahia busca promover um equilíbrio sustentável entre as demandas atuais e a preservação dos recursos para as futuras gerações. Com processos bem definidos para captação, monitoramento e adequação do uso das águas superficiais e subterrâneas, a legislação assegura que as práticas de exploração sejam realizadas de maneira consciente, eficiente e responsável, protegendo tanto a qualidade quanto a quantidade dos recursos hídricos disponíveis. Esta abordagem integrada e adaptável revela a importância atribuída à gestão hídrica no estado, refletindo um compromisso contínuo com a conservação ambiental e o bem-estar social.

5.6.4 Cobrança de direitos de usos de recursos hídricos

As discussões para uma nova política das águas ocorreram na década de 1990, e a implantação da cobrança foi instituída nesta tendência mundial de integrar instrumentos econômicos aos de comando e controle. Nessa lógica, o instrumento que trata da cobrança pelo uso dos recursos hídricos é uma das maiores inovações da PNRH, pois não se trata de um imposto, mas sim um preço público e seus valores são definidos a partir de debates públicos no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas (ANA, 2014).

A cobrança é um dos instrumentos de gestão previstos na PNRH, sendo o único de caráter econômico. Destaca-se por ser o instrumento de maior grau de complexidade ao exigir que, para sua implementação, os demais instrumentos estejam devidamente implementados e em operação na bacia. Estão sujeitos à cobrança os usos de recursos hídricos todos os usuários passíveis de serem outorgados (MMA, 2006; ANA, 2013). Assim como na legislação federal, este instrumento também está previsto em políticas estaduais de recursos hídricos.

Uma condição primordial para se obter uma boa eficiência na cobrança é estabelecer preços que estejam dentro da capacidade financeira dos usuários da água a fim de promover a eficiência no uso e na distribuição das águas. É competência dos comitês de bacias hidrográficas a discussão e definição dos mecanismos e valores que deverão compor o sistema de cobrança, bem como a proposição ao respectivo conselho de recursos hídricos, embora a cobrança em águas só tenha início após a aprovação, pelo conselho, dos mecanismos e valores propostos pelo CBH (Brasil, 1997; ANA, 2013).

A recente reformulação da estrutura organizacional, reuni o monitoramento e cadastro na diretoria de recursos hídricos e monitoramento ambiental - DIRAM juntamente com a cobrança e os planos, gerando melhor condição e integração entre eles, apesar da coordenação de cobrança ter sido extinta, a atribuição ainda permanece na diretoria e existe um entendimento institucional de que devido ao caráter estratégico da cobrança pelo uso da água, a SEMA e o INEMA devem atuar de forma conjunta, simultaneamente nas funções relacionadas ao planejamento, implementação e operacionalização da cobrança, sendo o INEMA a entidade gestora de recursos hídricos, enquanto não instituída a Agência de Bacia.

5.6.5 Enquadramento dos corpos hídricos em classes de usos

O enquadramento, como sendo um instrumento de planejamento, “deve-se ter como referência não somente a condição atual da qualidade da água, mas também a qualidade que o corpo d'água deveria possuir para atender os usos desejados pela sociedade” (ANA, 2013).

Segundo a Resolução CNRH n. 91/2008, a proposta de enquadramento deve ocorrer em quatro etapas: i) diagnóstico; ii) prognóstico; iii) propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento; iv) programa de efetivação. E deverá ser construída em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos, para a execução de todas essas etapas, é importante a realização de consultas públicas com os entes envolvidos na bacia hidrográfica, como setor usuário da região (agricultores, empresários, pescadores), lideranças comunitárias, órgãos públicos e população em geral (ANA, 2013b).

As Agências de Água são responsáveis por propor ao respectivo comitê de bacia o enquadramento dos corpos de água em classes, que a discutem e aprovam. Sua deliberação, entretanto, é atribuição dos respectivos conselhos de recursos hídricos. Inexistindo a Agência de Bacia, cabe ao órgão gestor de recursos hídricos, em articulação com o órgão ambiental, realizar a proposição do enquadramento ao Comitê de Bacia, e ainda, em caso de ausência do comitê de bacia, a elaboração e encaminhamento das propostas de enquadramento serão destinadas ao Conselho de Recursos Hídricos para análise e deliberação (CNRH, 2008; PESSÔA, 2014).

Segundo a ANA (2013) “este processo deve levar em conta os usos desejados para o corpo d'água, sua condição atual e a viabilidade técnica e os custos necessários para o alcance dos padrões de qualidade estabelecidos pelo enquadramento”.

Portanto, a gestão sustentável e eficaz das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Grande é um compromisso estabelecido por meio do Plano de Recursos Hídricos (PRH) e do Enquadramento dos Corpos de Água. Esses instrumentos visam garantir a segurança hídrica da região, tanto em quantidade quanto em qualidade, assegurando os usos múltiplos e as funções ecológicas, sociais, culturais e econômicas das águas regionais.

O Governo do Estado da Bahia, por meio da Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) e do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), contratou o Consórcio Águas do Oeste (Hydros-Engeplus) para, em conjunto com o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Grande (CBHG), elaborar o PRH da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) do Rio Grande e o Enquadramento dos seus corpos d'água.

Esses projetos foram construídos em consonância com as Políticas Nacional (Lei nº 9.433/97) e Estadual (Lei nº 11.612/09) de Recursos Hídricos, contando com o protagonismo do CBHG e a intensa participação da sociedade. O poder público, os usuários da água e a sociedade civil organizada envolveram-se ativamente em oficinas temáticas e setoriais, além de reuniões técnicas e consultas públicas. Essa abordagem participativa resultou em um plano integrador, que valoriza a diversidade social e cultural local, bem como a sustentabilidade dos recursos hídricos na RPGA.

O PRHG foi aprovado pelo CBHG em 30 de agosto de 2021, e o Enquadramento recebeu a aprovação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH). Através dessa cartilha, os cidadãos são convidados a conhecer mais sobre o Plano de Gestão de Recursos Hídricos da RPGA do Rio Grande, os principais resultados deste plano e seus conceitos fundamentais. A participação de todos é fundamental para promover a gestão sustentável e compartilhada da água na RPGA do Rio Grande.

Os Planos de Recursos Hídricos são instrumentos estratégicos que orientam a utilização, recuperação, proteção e desenvolvimento dos recursos hídricos, enquanto o Enquadramento define padrões de qualidade da água, de acordo com os usos previstos. Esses instrumentos visam proporcionar uma gestão mais eficaz e sustentável da água, integrando a atuação do poder público, usuários e sociedade, em consonância com uma visão holística dos diferentes cenários de disponibilidade hídrica.

A construção do PRHG envolveu estudos detalhados e visitas regionais, culminando na identificação de temas estratégicos integrados em programas, projetos e ações. O plano projetou diferentes cenários de disponibilidade e uso da água até 2035 para garantir uma gestão adaptada às mudanças climáticas e às projeções socioeconômicas.

Evidencia-se que as ações definidas no PRHG abrangem aspectos como saneamento, convivência com a seca, gestão hídrica, e conservação ambiental, entre outros. Foram estabelecidos quatro eixos de atuação, contendo 11 programas, 31 subprogramas e mais de 130 ações, com a finalidade de atender às diversas demandas de uso da água, desde o abastecimento humano até atividades de lazer e turismo, promovendo uma utilização racional e sustentável dos recursos hídricos da bacia do Rio Grande.

5.6.6 Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos - SIRHs compreende um instrumento que fornece dados e informações que devem dar subsídios para a tomada de decisão e assim possibilitar uma gestão integrada das águas (ANA, 2016).

Seus princípios básicos para um funcionamento adequado abrangem: I - Descentralização da obtenção e produção de dados e informações; II - Coordenação unificada do sistema; III - Acesso aos dados e informações garantidas à toda a sociedade. Os objetivos, por sua vez, são elencados como: I - Reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; II - Atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional; III - Fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

Os SIRHs fornecem informações básicas sobre águas superficiais, subterrâneas, dados hidrometeorológicos e qualidade da água. Também disponibilizam leis, decretos e normas relacionadas ao assunto, informações institucionais, entre outras, organizadas e padronizadas. O objetivo do SIRH é permitir e facilitar o acesso a todos que necessitem desta informação. Esse instrumento se torna mais importante quando compõe um modelo de gestão baseado na participação da sociedade no processo decisório – comitês de bacia, uma vez que a disseminação de informações confiáveis é determinante para auxiliar na tomada de decisões seguras e responsáveis por parte das organizações civis, dos usuários e do poder público (ANA, 2016).

O sistema de informação e monitoramento das águas da RPGA é formado por dois componentes: monitoramento da qualidade da água superficial, que trata das ações voltadas à ampliações da malha e parâmetros, já o conhecimento sobre a qualidade da água superficial trata de ações para investigar a dinâmica do oxigênio dissolvido – OD na região do extremo oeste e a dinâmica dos agroquímicos.

O sistema de informação e monitoramento sobre as águas subterrâneas propõe o planejamento, implantação e operação da rede de monitoramento quantitativo e qualitativo de águas subterrâneas nos aquíferos cársticos e fissurais, estudos que se refere a disponibilidade, comportamento e vulnerabilidade natural associados ao sistema Aquífero Urucuia, tendo como foco a sustentabilidade do uso dos recursos hídricos subterrâneos. O subprograma inclui ainda o cadastramento dos usuários de água subterrânea na RPGA.

Diante de um cenário de mudanças climáticas e escassez de água que contribuem para a ocorrência de crises hídricas, se faz fundamental uma sistematização de informações para serem utilizadas durante os processos de decisão e assegurar uma maior transparência na resolução de determinado problema ou conflito (ANA, 2020a).

O Sistema Estadual de Informações Ambientais da Bahia (SEIA) é uma ferramenta vital implementada pelo governo baiano para a gestão eficiente dos processos ambientais no estado. Instituído inicialmente pela Lei Estadual de Meio Ambiente n. 7.799/01 e reestruturado pelo Decreto n. 11.235/08 e, posteriormente, consolidado pela Lei n. 12.212 de 2011, o SEIA unifica informações ambientais e de recursos hídricos. Essa unificação inclui o Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos (SEIRH), proporcionando assim um núcleo centralizado de dados e processos.

O SEIA é coordenado pela Secretaria do Meio Ambiente (SEMA), que trabalha em conjunto com outros órgãos integrantes do Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA), como o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA) e a Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia (CERB). Essa integração permite uma abordagem coesa e abrangente na gestão ambiental no estado.

A inovação do SEIA reside no desenvolvimento de um software que facilita o acesso aos serviços para os cidadãos e instrumentaliza os gestores ambientais. Com essa ferramenta, torna-se possível realizar processos ambientais de forma inteiramente digital, desde o envio de informações e documentos oficiais até o acompanhamento do progresso de um requerimento. Cada processo gera um número único, que pode ser usado para rastrear o andamento até a emissão do parecer final.

Além de promover a eficiência na gestão de processos, o SEIA também visa proporcionar maior transparência e acesso às informações ambientais. Ao centralizar e digitalizar os dados, a ferramenta não só agiliza o atendimento aos usuários como também facilita a tomada de decisão informada pelos gestores e especialistas ambientais. O principal objetivo do SEIA é, portanto, estabelecer um canal integrado de comunicação com a sociedade, promovendo uma gestão ambiental mais eficaz, transparente e acessível no estado da Bahia.

6 SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

A Constituição Federal de 1988 delegou como competência da União a instituição do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH, que veio como um arranjo institucional que trouxe um espaço de participação e deliberação no contexto da bacia hidrográfica, por meio dos comitês, e representando os Estados e Nação com os conselhos de recursos hídricos (ANA, 2013a).

O SINGREH objetiva coordenar a gestão integrada das águas, arbitrar, no âmbito administrativo, os conflitos relacionados com os recursos hídricos, e planejar, regular e

controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos, permitindo que a União, os estados, os municípios, os usuários de recursos hídricos e a sociedade civil atuem de forma harmônica e integrada (Pereira; Johnsson, 2005; Carolo, 2007).

O SINGREH é uma estrutura capaz de atuar nas esferas federal, estadual e de bacia, o que possibilita a implementação da PNRH. Abrange órgãos, agências e instituições governamentais, como o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH e a Agência Nacional de Águas - ANA.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos é o órgão máximo do SINGREH. É um órgão colegiado, consultivo e deliberativo. Dentre as competências do CNRH está a promoção do planejamento dos recursos hídricos com planejamentos nacionais, regionais, estaduais e setoriais usuários.

Na Figura 16 estão destacadas as principais atribuições do SINGREH, bem como as inter-relações existentes nos processos de tomada de decisão e de elaboração de diretrizes.

Figura 76 - Principais atribuições e inter-relações dos entes do SINGREH.



Fonte: Figura elaborada com base na PNRH – Brasil, 1997.

De acordo com Emerich (2005), ao observar a distribuição hídrica de água doce no Brasil por regiões temos que: a Região Norte do Brasil é a que possui a maior quantidade de água doce, com 70,2% do total de água disponível no país, seguida pela Região Centro- Oeste, com 16,6%. As Regiões Nordeste, Sul e Sudeste possuem, respectivamente, 5,9%, 4,9% e 2,4% do total de água doce no país. Devido a esta falha natural na distribuição geográfica dos recursos hídricos, faz se necessário implementar novos procedimentos de gestão da água, que visam otimizar e reduzir ao máximo o seu uso.

O estado da Bahia também conta com sua legislação das águas, a Lei Estadual n. 11.612, de 08 de outubro de 2009, possui 14 Comitês Estaduais instituídos nas 25 regiões de planejamento e gestão das águas estaduais, conforme ilustrado na figura 17 abaixo. Além destes, compartilha, com o estado de Minas Gerais, o CBH do Rio Verde Grande, e compõe, em âmbito federal, o CBH do Rio São Francisco.

Como órgão executor da Política Estadual de Recursos Hídricos, o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA vem nos últimos anos aperfeiçoando o processo de planejamento e gestão das águas no território baiano, Devido à grande extensão do Estado e à complexidade de sua rede hidrográfica. Em 2009, com a resolução n. 43 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH, é publicada uma nova divisão hidrográfica da Bahia, aumentando de 17 para 26 Regiões de Planejamento e Gestão das Águas – RPGAs da Bahia. A mudança foi baseada no documento “Proposta de revisão da regionalização para a gestão de recursos hídricos no Estado da Bahia”, uma proposição do Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ feita em dezembro de 2008, tomando por referência a lei estadual n. 10.432/06 e federal n. 9.433/97.

Figura 87 - Comitês de bacia hidrográfica do estado da Bahia



Fonte: Dados extraídos do Portal PROGESTÃO no sítio da Agência Nacional de Águas, 2016.

Tanto a PNRH como a Política Estadual de Recursos Hídricos da Bahia preveem que a gestão das águas não deve dissociar aspectos de quantidade e qualidade e deve considerar a diversidade geográfica e socioeconômica das diferentes regiões, o planejamento dos setores usuários e os planejamentos regionais, estaduais e nacional, além da integração com a gestão ambiental, do uso do solo (BRASIL, 2017).

7 FRAGILIDADE AMBIENTAL

No Brasil, por muitos anos, foi adotada a compartimentação do relevo brasileiro, elaborada por Aroldo de Azevedo, em 1949. Em 1969, Ab'Saber propôs a maior contribuição aos estudos sobre paisagens naturais proporcionando uma reorganização metodológica e instrumental nas pesquisas geomorfológicas. Segundo a visão deste autor, a paisagem era vista como o resultado de uma relação entre os processos passados e os atuais, seja ela morfológica, biológica ou humana (Vitte, 2007).

Seguindo Santos (1988) há dois tipos de paisagem, a natural e a artificial, sendo a paisagem artificial aquela transformada pela ação do homem, enquanto a paisagem natural é aquela que não sofreu esforço humano, ou seja, não passou por nenhuma intervenção física.

Bertrand (2004) retrata que a paisagem não se trata de elementos geográficos somados de forma despropositais, mas sim resultante da combinação dinâmica de elementos biológicos, antrópicos e físicos que, em interação esquemática, torna a paisagem um conjunto único e indissociável, em contínua evolução. Essa definição permite caracterizar a paisagem de forma homogênea, não ressaltando interações entre as esferas humanas e sociais na mesma, mas sim um espaço geográfico integrado com os demais componentes.

As mudanças nos padrões de Uso e Cobertura da Terra (UCT), sobretudo nas últimas décadas, têm sido aceleradas, despertando interesse e preocupação dentro e fora do meio científico (Aguiar, 2002). Para Santos et al., (2017), atividades de origem antrópica, como agricultura e pecuária, são as principais causas de mudanças no UCT.

No Brasil, entre os anos de 1985 e 2017, 710 mil km² de vegetação natural, em sua maioria, foram substituídas em uso agrícola e pecuário (SOUZA *et al.*, 2020). Desse modo, observa-se que as atividades econômicas vigentes condicionam as alterações no UCT, sendo reflexo do modo de produção (Pereira; Cardozo; Caria, 2009). Essas alterações são consideradas um dos principais determinantes das mudanças globais e geram impactos nos ecossistemas e geossistemas terrestres.

Nesse sentido, Hansen et al., (2001) considera tal situação preocupante e intrínseca ao crescimento populacional contínuo e às mudanças nos padrões de alimentação e de consumo. Assim, há maior demanda e exploração de recursos naturais, principalmente do solo, a partir do uso intensivo dos seus nutrientes (Alexander *et al.*, 2015) para a produção em larga escala.

A fragilidade ambiental se caracteriza pelo grau de susceptibilidade do ambiente de sofrer interferências, ou de ser modificado (Souza et. al., 2011). Quando o estado de equilíbrio dinâmico se rompe, o sistema tende a entrar em colapso resultando em consequências significativas, que podem incluir danos ambientais, perda de biodiversidade, instabilidade econômica, conflitos sociais e políticos, entre outros. A desestruturação do sistema pode ser ocasionada tanto por processos naturais quanto por antrópicos (Sporl et. al., 2004).

A fragilidade dos ambientes naturais associada as atividades humanas podem ser maiores ou menores em razão dos seus aspectos genéticos, em função dessas características genéticas de um determinado ambiente e do desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades humanas, a fragilidade ambiental se configura como a sensibilidade

inerente aos ecossistemas frente as pressões ambientais, relacionadas também a diversas ameaças que tem a capacidade de alterar o equilíbrio de um sistema (Ratcliffe, 1971).

A aplicação descrita por Ross (1994), estabelece a análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais através da carta de fragilidade potencial (que associa os fatores naturais do ambiente) e a carta de fragilidade emergente (que relaciona os resultados da carta de vulnerabilidade potencial com as intervenções antrópicas). Essa metodologia baseia-se na ideia de que a natureza exerce função intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas.

Na concepção de Santos (2005), a fragilidade ambiental denominada potencial, trata-se da fragilidade natural que uma determinada área está sujeita, podendo se dar a partir do tipo do solo, da declividade do relevo, do índice pluviométrico, entre outros, onde o local se encontrará em equilíbrio natural ou não. Portanto, ao analisar determinadas áreas sobre o viés da fragilidade potencial, apenas aspectos naturais são considerados. Já a fragilidade emergente considera os elementos naturais já constantes na fragilidade potencial, acrescentando o elemento humano, caracterizando-se através da forma com que o ser humano se apropria da terra.

Em função dos diferentes estados de equilíbrio e desequilíbrio dos quais o ambiente está submetido, Ross (1994) sistematizou uma hierarquia nominal de fragilidade representadas por códigos: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5). Estas categorias exprimem especialmente a fragilidade do ambiente a partir dos processos originados do escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais.

Para se identificar o grau de fragilidade de uma determinada bacia hidrográfica se faz necessário o conhecimento dos processos geodinâmicos ocorrentes nela. Este conhecimento requer levantamento dos fatores climáticos, pedológicos, geológicos, geomorfológicos e antrópicos que atuam sobre o ambiente a ser estudado. Com o método elaborado por Ross, para um possível entendimento da fragilidade ambiental da área de estudo, pode-se acrescentar outras variáveis que se fizerem necessárias para o conhecimento da situação real de conservação da bacia hidrográfica (Santos, 2005).

O mapeamento da fragilidade ambiental de um ambiente representa uma importante ferramenta para o planejamento, uma vez que permite se conhecer as potencialidades e limitações do espaço geográfico. Ao mapear a fragilidade ambiental se permite definir áreas mais frágeis e que merecem maior atenção, pois sua má utilização pode resultar no comprometimento de todo sistema, podendo levar o ambiente a reagir de forma bastante rápida iniciando processos de degradação do espaço ao qual pertença. Nestes casos o planejamento

ambiental deve ser visto como de extrema importância no sentido de buscar soluções que tragam parte ou totalidade de equilíbrio ao meio degradado (Ghezzi, 2003).

No caso do estudo de fragilidade ambiental, estes sistemas permitem não apenas uma visualização mais eficiente da distribuição espacial dos elementos, mas também um melhor entendimento da relação de importância entre as variáveis consideradas para a fragilidade ambiental (Miara, 2007). Conhecer as formas de uso da terra que ocorrem na região de interesse, o seu monitoramento e o registro das informações, tornam-se importantes porque permitem que se avalie as potencialidades futuras e os impactos que estes usos produzem. Assim, o gestor terá a possibilidade de obter informações básicas para o manejo dos recursos naturais, minimizando estes impactos, sem causar prejuízos econômico e/ou social (Padilha, 2008).

8 IMPACTOS AMBIENTAIS

A consciência ambiental e a proteção dos recursos naturais ganharam destaque a partir das décadas de 60 e 70, integrando-se aos princípios do homem moderno. Esses princípios promovem não só o controle e a mitigação de impactos ambientais, mas também o desempenho ambiental. Assim, surge o conceito de desenvolvimento sustentável, no qual as atividades humanas devem suprir suas necessidades sem comprometer o meio ambiente (Ferreira et al., 2010).

Segundo a Resolução no 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 1986, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança, o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota (flora e fauna), as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (Castro, 2011). Esses impactos são percebidos ao longo do tempo de maneiras variadas, transformando as relações entre sociedade e natureza de forma dinâmica e desigual.

De acordo com Valle (2004), até recentemente, a poluição ambiental era estudada apenas por seus efeitos locais, e as soluções encontradas eram aplicadas de forma localizada. Exemplos clássicos incluem o tratamento de esgotos sanitários e a coleta de lixo urbano para disposição em aterros.

Os métodos de avaliação de impactos ambientais são ferramentas utilizadas para coletar, analisar, avaliar, comparar e organizar informações qualitativas e quantitativas sobre os impactos ambientais originados de uma determinada atividade modificadora do meio ambiente

(Canter, L.; Firkowski, C.; Hardt, L. P. A; Lopes, J.A.U.; Munn, R. E.). A avaliação de impactos ambientais deve ser vista não apenas como uma técnica, mas também como uma dimensão política de gerenciamento, educação da sociedade e coordenação de ações impactantes (CLAUDIO, C. F. B. R.).

Os impactos ambientais estão cada vez mais evidentes na atualidade. O processo desordenado de exploração e apropriação da natureza ocorre sem controle e com desrespeito ao meio ambiente. A preocupação está voltada para a acumulação e o crescimento econômico, sem considerar a maneira como isso é realizado. Um exemplo é o aumento da geração de resíduos sólidos, típico do mundo atual e do processo capitalista (Pereira; Curi, 2012).

São Desidério, localizado no oeste da Bahia, é um dos maiores produtores de grãos do Brasil, destacando-se na produção de soja, milho e algodão. A expansão agrícola na região tem gerado impactos ambientais significativos, tais como:

- Desmatamento: A conversão de áreas nativas para a agricultura é uma das principais causas de desmatamento, afetando especialmente os ecossistemas de cerrado, ricos em biodiversidade.
- Perda de Biodiversidade: O desmatamento e a expansão agrícola resultam na perda de habitat para muitas espécies de plantas e animais, levando à redução da biodiversidade local e à possível extinção de espécies endêmicas.
- Erosão do Solo: A falta de cobertura vegetal devido ao desmatamento e à monocultura aumenta a susceptibilidade do solo à erosão, resultando na perda de nutrientes e diminuição da fertilidade.
- Contaminação dos Corpos d'Água: O uso intensivo de agroquímicos, como pesticidas e fertilizantes, pode contaminar corpos d'água locais, afetando a vida aquática e a qualidade da água para consumo humano e uso agrícola.
- Alterações Climáticas Locais: A remoção da vegetação nativa pode alterar o microclima local, afetando a temperatura e os padrões de precipitação, levando a condições climáticas mais extremas.
- Conflitos Sociais: A expansão agrícola pode levar a conflitos com comunidades locais e povos indígenas que dependem dos recursos naturais para sua subsistência, resultando em disputas e descontentamento social.

Para mitigar esses impactos, algumas estratégias podem ser adotadas:

- Práticas Agrícolas Sustentáveis: Implementar técnicas de agricultura sustentável, como rotação de culturas, plantio direto e agroflorestas.

- Conservação de Áreas Nativas: Estabelecer e proteger áreas de conservação para preservar a biodiversidade e os ecossistemas locais.
- Recuperação de Áreas Degradadas: Investir na recuperação de áreas desmatadas ou degradadas, restaurando a vegetação nativa.
- Gestão de Recursos Hídricos: Promover o uso eficiente da água e reduzir a contaminação por agroquímicos.
- Educação e Conscientização: Desenvolver programas de educação ambiental para agricultores e comunidades locais, destacando a importância da conservação ambiental.

A sustentabilidade na agricultura é crucial para garantir que os recursos naturais da região de São Desidério sejam preservados para as futuras gerações, equilibrando o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental.

9 MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos empregados nesta pesquisa consistem na realização de uma revisão bibliográfica sobre a região Oeste da Bahia, tendo como recorte espacial o município de São Desidério. Para atender aos objetivos propostos, foram utilizados um conjunto de métodos e técnicas possibilitando o levantamento e a manipulação de dados e informações espaciais e bibliográficas que envolveu a sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA.

Os métodos empregados nesta pesquisa consistiram na realização de uma revisão bibliográfica sobre a região Oeste da Bahia, tendo como recorte espacial o município de São Desidério.

Realizou-se um levantamento bibliográfico em base de dados, tais como Scielo, artigos e periódicos da CAPES, para definição de conceitos e elementos norteadora da pesquisa, sintetizando de forma criteriosa a inclusão que se propunha a descrever: a classificação da fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do Rio Grande no município de São Desidério – BA. Foram consultadas bases de dados do IBGE, Embrapa, SGB/CPRM, Mapbiomas, SNIRH, INEMA. Estas literaturas associadas as bases de dados e outros documentos oficiais e legislação deram o suporte para a realização desta pesquisa.

Para o desenvolvimento do conjunto de etapas desse estudo, orientou-se pelo terceiro nível de abordagem geomorfológica proposta por Ab'Saber (1969), que consiste na fisiologia da paisagem. A relação de caracterização mais escalar se baseou nos níveis taxonômicos

propostos por Ross (1992), priorizando o 4º táxon, que se refere a cada uma das formas de relevo contidas nas Unidades Morfológicas, o 5º táxon sendo representado pelos tipos de cada uma das formas de relevo e o 6º táxon que refere às formas de relevo ainda menores, geradas por processos geomorfológicos atuais, e principalmente por indução antrópica.

Com vistas a atender ao objetivo geral proposto adotou-se uma classificação da fragilidade ambiental da área a partir do modelo de Ross (1994). Para tal utilizou-se de técnicas de manipulação de dados e informações geoespaciais secundárias com utilização do software QGIS Desktop 3.22.11. e bibliografias que envolveu a sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande no município de São Desidério- Ba.

O Mapa Hipsométrico tem como objetivo representar diferentes altitudes ou elevações do terreno em uma determinada região. Ele destaca as variações de relevo, permitindo que identifique áreas montanhosas, planícies e vales. A representação é geralmente feita por meio de cores ou sombras, indicando diferentes intervalos de elevação.

Para a elaboração da hipsometria foi obtido o Modelo Digital de Elevação (MDE) através da hidrografia no site do SNIRH, usou o SRTM, gerado o sombreamento no soft Qgis.

Os mapas de declividade surgem como ferramenta substancial para a análise do relevo, dado que constituem uma forma de representação temática da distribuição espacial dos diferentes níveis de inclinação existentes em um terreno auxiliando na análise da paisagem (Colavite; Passos, 2012).

A declividade do terreno desempenha um papel crucial na compreensão da dinâmica da paisagem. Ela influencia a erosão a dinâmica de processos erosivos, do fluxo de água na bacia, formação dos solos e, por consequência a distribuição da vegetação. Para a classificação da declividade neste trabalho foram utilizadas as classes propostas por Ross (1994), apresentando os níveis de declividade do terreno em porcentagens, de acordo com a Tabela 1. Para a confecção do mapa foi utilizado dados sobre as declividades no EMPRAPA.

Tabela 1- Categorias hierárquicas das classes de declividades

Categoria hierárquicas	Intervalos de declividade
Muito baixa	Até 6%
Baixa	De 6 a 12 %
Média	De 12 a 20%
Alta	De 20 a 30%
Muito alta	Acima de 30%

Fonte: Ross, 1994.

Assim, as regiões geomorfológicas abordam feições geradas pelos processos climáticos ocorridos no transcorrer do tempo, atribuindo características genéticas comuns, abrangendo feições, formações e fitofisionomias (IBGE, 2009). As informações geomorfológicas são consideradas indispensáveis aos estudos integrados da paisagem, consiste em identificar e descrever as formas de relevos e os processos geomorfológicos que ocorrem na região estudada.

Para elaboração da geomorfologia (Figura 18) foi utilizado o site do IBGE para importação dos dados referentes a área estudada.

Figura 98 - Imagem representativa da análise geomorfológica



9.1 Análise ambiental da área de estudo

Nesta etapa foram desenvolvidos bancos de dados geoespaciais (Figura 19) utilizando o software SIG Qgis versão 3.22.11 para o processamento das imagens de satélite da área de estudo referentes aos dados de:

9.2 Pedologia

A pedologia é uma disciplina científica que se dedica ao estudo dos solos, abrangendo suas propriedades físicas, químicas e biológicas, essa área de conhecimento é fundamental para compreender a formação, classificação, distribuição e manejo dos solos. O renomado pedólogo Hans Jenny define a pedologia, destacando sua importância na compreensão da relação entre os fatores do solo e os processos que ocorrem nele. Ele afirma: "Pedologia é a ciência que lida

com a natureza e a classificação dos solos, especialmente no que se refere à sua utilização para culturas e a interação entre o solo e as plantas."

9.3 Uso e ocupação da terra

Uso e ocupação da terra referem-se à maneira como o solo é utilizado e ocupado por atividades humanas, abrangendo desde áreas urbanas até terras agrícolas e naturais. A caracterização do uso e ocupação da terra possui elevada importância, visto que representa a estabilidade dos processos morfodinâmicos, contribuindo para a compreensão da distribuição das principais atividades econômico-produtivas e das inter-relações entre as formas de uso e a intensidade ao qual esses processos são responsáveis, podendo contribuir para a degradação do meio físico (Spörl, 2007).

Figura 109 - Imagem representativa da análise ambiental



9.4 Classificação de fragilidade ambiental

Para realização da análise da fragilidade ambiental, foi necessária a adoção de uma metodologia que possua como base, a compreensão das características e dinâmicas do ambiente natural e do ambiente socioeconômico, visando a integração das diferentes variáveis por meio de uma síntese de conhecimentos em pesquisas sobre a realidade (Nascimento, 2010).

Para se obter essa classificação da fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do alto Rio Grande na região de São Desidério – BA valeu-se da álgebra entre as variáveis naturais e antrópicas da pedologia, uso e ocupação do solo, declividade e geologia, levando em consideração o grau de fragilidade de cada uma dessas variáveis, a partir do método proposto por Ross (1994).

Esta metodologia divide a fragilidade em duas tipologias fundamentais: a fragilidade potencial, que diz respeito às características naturais do ambiente, e a fragilidade emergente, que resulta da intervenção humana. Para analisar a fragilidade potencial, são considerados elementos como declividade, solo e clima, enquanto a fragilidade emergente é avaliada pela sobreposição de mapas de uso e cobertura da terra, refletindo as alterações antropogênicas.

Na visão de Ross (1994), a fragilidade de ambientes naturais varia conforme suas características físicas e biológicas, bem como a resistência do ambiente às intervenções antrópicas. Segundo o autor, essa fragilidade pode ser classificada considerando o grau de estabilidade do ambiente em equilíbrio dinâmico ou de instabilidade em desequilíbrio. A fragilidade ambiental, ou instabilidade ambiental, pode ser classificada em diferentes níveis: Muito Fraca (1), Muito Forte (2), Média (3), Forte (4) e Muito Forte (5).

Pedologia: Quando se trata da pedologia, alguns aspectos como textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, consistência e profundidade devem ser considerados, visto que podem influir na capacidade de um solo apresentar fenômenos de erosão e dispersão, definindo assim, a maior ou menor susceptibilidade do solo a erodibilidade, justificando a relevância dessa variável na determinação da fragilidade do ambiente (Franco *et al.*, 2012).

Considerando cada tipo de solo encontrado na sub-bacia do Alto Rio Grande, estes foram classificados em virtude a sua fragilidade, conforme suas características, de acordo com os itens citados acima. Assim, foram atribuídos os seguintes pesos, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Graus de fragilidade para a variável pedologia

Grau de fragilidade	Classes de solo
1	Latossolo
3	Cambissolo
4	Neossolo
5	Gleissolo

Fonte: Adaptado de SPÖRL, 2007 e Franco *et al.*, 2012.

Uso e ocupação da terra: É fundamental para compreender a interação entre as atividades humanas e o meio ambiente, bem como para promover práticas sustentáveis em diferentes contextos. Considerando a capacidade de influência que um determinado uso da terra

possui sobre o meio, podendo gerar um grau de proteção forte ou fraco, como por exemplo o papel da vegetação como manto protetor da paisagem (Nascimento, 2010), a classificação desta variável foi baseada nos critérios propostos por Ross (1994), conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 3 - Graus de fragilidade para a variável uso e ocupação da terra

Grau de fragilidade	Classes de uso e ocupação
1	Floresta
2	Formação Natural não Florestal
4	Agropecuária
5	Corpo D'água
5	Área não vegetada/ Urbanizada

Fonte: Adaptado de SPÖRL, 2007 e Franco *et al.*, 2012.

Declividade: A declividade é utilizada na identificação de potenciais áreas de processos erosivos (Spörl, 2007), levando em consideração que tais processos podem ser acelerados em razão do grau de inclinação de uma vertente (Franco et al., 2012). A declividade do terreno desempenha um papel crucial na compreensão da dinâmica da paisagem. Ela influencia a dinâmica de processos erosivos, do fluxo de água na bacia, formação dos solos e, por consequência a distribuição da vegetação. Isto posto, foram atribuídos os graus de fragilidade (Tabela 6) em concordância com o estudo de Ross (1994).

Tabela 4 - Graus de fragilidade para a variável declividade

Grau de fragilidade	Classes de declividade (%)
1	Até 6%
2	De 6 a 12%
3	De 12 a 20%
4	De 20 a 30%
5	Acima de 30%

Fonte: Adaptado de Ross, 1994.

Geologia: Para a classificação dos graus de fragilidade desta variável (Tabela 7), foram utilizadas como base as características físicas de cada formação geológica para a pontuação dos graus de fragilidade desta variável.

Tabela 5 - Graus de fragilidade para a variável geologia

Grau de fragilidade	Classes geológicas
2	Urucuia
3	Serra da Saudade
3	Lagoa do jacaré
4	Depósitos aluvionares

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.*, 2001.

Para elaboração da geologia da sub-bacia do Rio Grande na região de São Desidério, foi utilizado o site do IBGE para importação dos dados geológico, na escala 1:250 mil, foi feito o recorte para corresponder a área de estudo, inclusão da hidrografia e layout, copilado o mapa através de dados no soft livre QGIS Desktop 3.22.11

Para pontuar a variável geologia, a publicação de Crepani *et al.* (2001) foi utilizado como base. Foram observadas as litologias descritas naquela pesquisa e sua correspondência mineralógica com a atual área de estudos.

Após a definição dos níveis de fragilidade das variáveis, prosseguiu-se com a criação do mapa de fragilidade potencial utilizando o software Qgis. Nesta fase, foram utilizadas as bases vetoriais de pedologia, declividade e geologia, as quais foram convertidas para base matricial (raster), em seguida obteve-se o cruzamento de atributos, aplicando a Equação 1:

$$FAP = ([P] + [D] + [G]) / 3 \quad (1)$$

Sendo:

FAP: fragilidade ambiental potencial;

P: pedologia;

D: declividade;

G: geologia.

Para a definição da fragilidade ambiental emergente foram utilizadas as bases vetoriais de pedologia, declividade, geologia e uso e ocupação da terra, as quais foram convertidas também para base matricial (raster), em seguida obteve-se o cruzamento de atributos, aplicando a Equação 2:

$$FAE = ([P] + [D] + [G] + [UT]) / 4 \quad (2)$$

Sendo:

FAE: Fragilidade ambiental emergente

P: pedologia;

D: declividade;

G: geologia;

UT: Uso e ocupação da terra.

Os graus de fragilidade ambiental foram calculados somando-se os pesos atribuídos a cada grau de fragilidade de uma determinada variável. Foi necessário agrupar os valores obtidos em intervalos de cinco graus de fragilidade, conforme a Tabela 8.

Tabela 6 - Graus de fragilidade ambiental

Grau de fragilidade	Classes
1 a $\leq$ 1,5	Muito baixa
1,5 a $\leq$ 2,5	Baixa
2,5 $\leq$ 3,5	Média
3,5 $\leq$ 4,5	Alta
4,5 $\leq$ 5	Muito alta

Fonte: Adaptado de Franco *et al.*, 2012.

10 RESULTADO E DISCUSSÕES

Para o desenvolvimento deste tópico, buscou-se relacionar os resultados obtidos nesta pesquisa. Desta maneira, os resultados são apresentados sob a óptica da caracterização geomorfológica da sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande em São Desidério (10.1); quanto a análise ambiental e uso e ocupação da terra na bacia (10.2); e o item (10.3) evidencia a aplicação do indicador de fragilidade ambiental potencial e emergente na bacia.

10.1 Caracterização geomorfológica da sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande no município de São Desidério-Ba

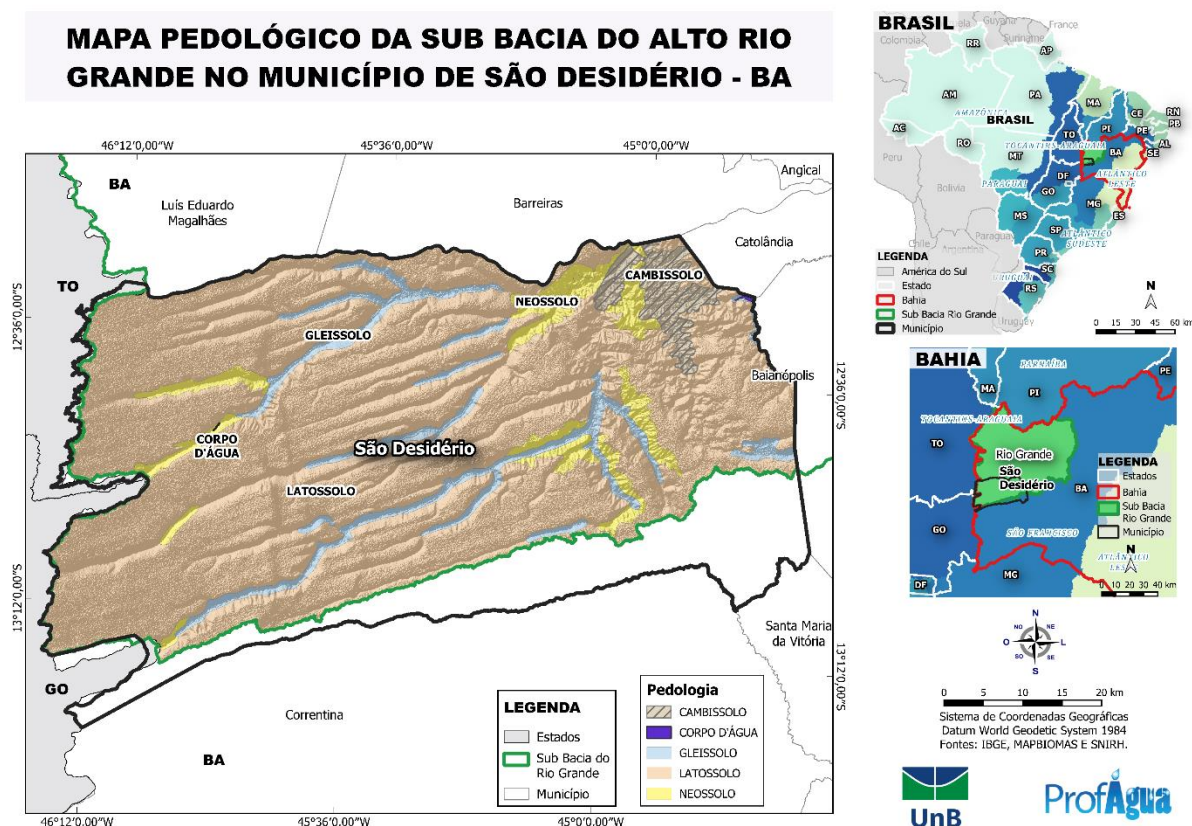
O geógrafo brasileiro Aziz Nacib Ab'Saber, em sua contribuição para a compreensão da geomorfologia no contexto brasileiro, define: "Geomorfologia é a ciência das formas da superfície terrestre e das leis que as regem. Trata-se do estudo das feições da paisagem, da origem, evolução e classificação das formas de relevo, bem como da relação destas com o clima, a vegetação, o solo e os processos tectônicos." A caracterização geomorfológica é importante para a gestão dos recursos naturais, pois permite entender a dinâmica da paisagem e a vulnerabilidade da região a fenômenos naturais e antrópicos, como enchentes, deslizamentos de terra e erosão. Além disso, a caracterização geomorfológica pode ser utilizada para o

planejamento territorial e a tomada de decisões em relação ao uso do solo (Guerra; Cunha, 2010).

A escolha da bacia hidrográfica como unidade de análise geográfica, tem como base a sua complexidade como sistema ambiental, possibilitando desta forma, uma abordagem mais integrada dos processos morfodinâmicos dentro do panorama evolutivo da área de estudo (Ribeiro, 2021).

Os solos da região estudada ocorrem, em maior concentração, os Latossolos Vermelhos e Vermelhos-Amarelos e os Neossolos Quartzarênicos. Nas áreas de vales e veredas, há a ocorrência de Gleissolos e Organossolos. Compondo as planícies, estão os Argissolos e Luvisolos; e, nas regiões serranas, são encontrados os Neossolos Litólicos (BATISTELLA et al., 2002). O mapa pedológico (figura 20) mostra a distribuição dos diferentes tipos de solos na sub-bacia do Alto Rio Grande, no município de São Desidério. Cada tipo de solo é identificado por uma cor específica, de acordo com a classificação da EMBRAPA.

Figura 20 - Mapa Pedológico da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA



Os cambissolos, encontrados na parte nordeste do mapa em áreas com relevo mais acidentado, são solos jovens e pouco desenvolvidos. Eles necessitam de correções de fertilidade e práticas de conservação para prevenir a erosão. São solos fortemente, até imperfeitamente drenados, rasos a profundos, de coloração marrom ou marrom-amarelada. Constituídos por material mineral, com horizonte B, a estrutura do horizonte B pode ser em blocos, granular ou prismática. Há também casos de solos com ausência de agregados, com grãos simples ou maciços, e sem restrição de drenagem, em terrenos menos movimentados, normalmente, esses solos são utilizados para pastagens e culturas perenes.

Os gleissolos, distribuídos ao longo dos cursos d'água, são solos hidromórficos, saturados com água e possuem características de saturação permanente ou temporária e baixa permeabilidade. Esses solos são adequados para o cultivo de arroz e outras culturas que toleram ou necessitam de condições de solo alagado.

Os latossolos estão presentes na porção sudoeste e em parte das áreas centrais do mapa. Esses solos são profundamente intemperizados, bem desenvolvidos, ricos em óxidos de ferro e alumínio, com boa drenagem e alta acidez. Mesmo possuindo limitação quando a fertilidade do solo, os Latossolos são adequados para o cultivo de culturas permanentes e temporárias, sendo encontrados em áreas com topografia plana ou suavemente ondulada, colaborando com a mecanização agrícola (EMBRAPA, 2013). Na região estudada, são usados no plantio de soja, milho e algodão, mas requerem correção da acidez (calagem) e adubação para manter a produtividade agrícola.

Os neossolos, localizados na região central e nordeste, são solos minerais, não hidrimórficos, apresenta estágio inicial de desenvolvimento, geralmente arenosos, pouco profundos e com baixa fertilidade natural. Eles são usados para pastagens, reflorestamento ou cultivos que não exigem solos profundos e férteis. Esses solos necessitam de adubação e manejo adequado para melhorar a produtividade.

O mapa pedológico da região estudada revela uma diversidade de solos. Os cambissolos e neossolos requerem práticas de manejo específicas para melhorar a produtividade, enquanto os gleissolos indicam áreas importantes para a conservação e manejo sustentável dos recursos hídricos. A predominância de latossolos evidencia o crescimento significativo da prática agrícola na região nos últimos anos. A análise detalhada desses solos é crucial para um planejamento eficiente e sustentável.

A Tabela 7 demonstra a distribuição desses solos encontrados na região de estudo, no qual a área ocupa uma proporção de:

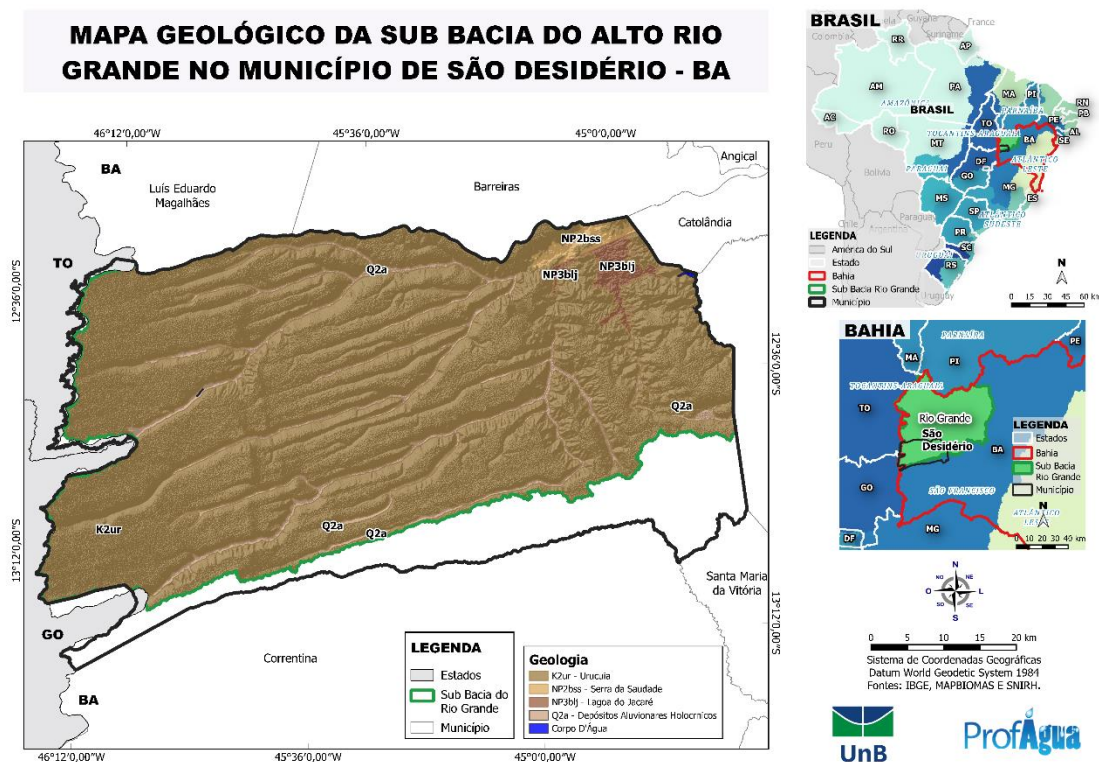
Tabela 7 - Tipos de solos

Tipos de solo	Área (Km ²)	Área (%)
Neossolo	814,005	6,27
Latossolo	10.874,870	83,77
Cambissolo	380,562	2,93
Gleissolo	904,472	6,96

Fonte: Elaborado pela autora.

O mapa geológico da sub-bacia do Alto Rio Grande (Figura 21), localizado no município de São Desidério, no estado da Bahia, oferece uma visão detalhada da geologia local. Este mapa inclui informações geológicas importantes e situa a sub-bacia em um contexto mais amplo, tanto dentro do Brasil quanto da Bahia. O mapa destaca diversas formações geológicas, proporcionando um recurso valioso para a compreensão da geologia regional e das características naturais da área.

Figura 21 - Mapa Geológico da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA



Na porção sudoeste do mapa, encontra-se a Grupo Urucuia, composta por arenitos eólicos do Cretáceo Superior. Esta unidade geológica é de grande relevância, pois compõe o aquífero Urucuia, essencial para a disponibilidade hídrica da região, pois fornece água para diversas atividades agrícolas e urbanas na região oeste da Bahia.

Ao norte do mapa, encontra-se a Formação Serra da Saudade, pertencente ao Proterozoico e composta por rochas metassedimentares como quartzitos, filitos e metarenitos. A Serra da Saudade se caracteriza por seus relevos elevados e resistência à erosão.

A Formação Lagoa do Jacaré, localizada a nordeste da área do mapa, também pertence ao Proterozoico e é composta principalmente por filitos, metarenitos e quartzitos. Embora semelhante à Serra da Saudade, esta formação apresenta características deposicionais distintas, refletindo diferentes ambientes sedimentares antigos.

Os depósitos aluvionares estão distribuídos em várias áreas da sub-bacia, especialmente ao longo das margens dos rios. Formados por sedimentos transportados e depositados por processos fluviais durante o Holoceno, esses depósitos incluem cascalhos, areias, siltes e argilas, evidenciando áreas de dinâmica fluvial ativa e recentes mudanças ambientais.

O Rio Grande, principal curso d'água que atravessa a sub-bacia, é responsável por drenar grande parte dos depósitos aluvionares mencionados. Este rio é crucial para a hidrologia e ecologia local, além de ser fundamental para atividades agrícolas e de abastecimento de água na região.

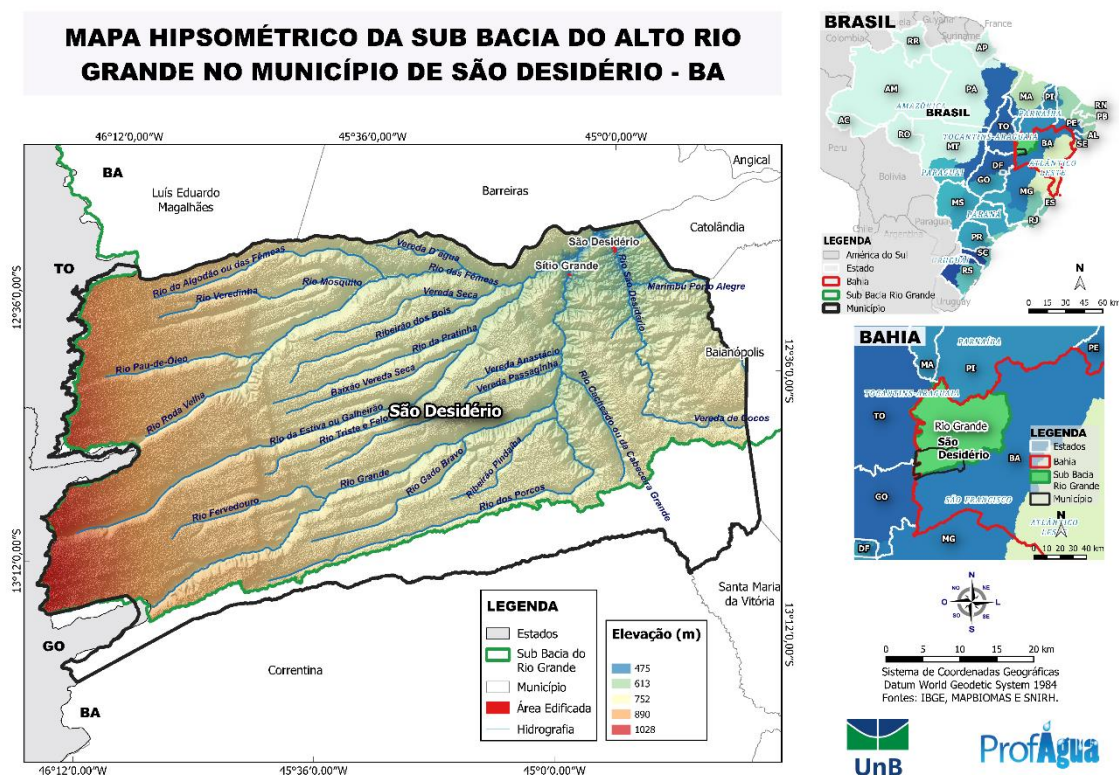
O mapa geológico da sub-bacia do Alto Rio Grande, situada em São Desidério, revela uma complexa interação entre diversas formações geológicas. Este cenário geológico é resultado de processos tectônicos, sedimentares e erosivos ao longo de milhões de anos, que moldaram a região. A compreensão dessas interações é fundamental para estudos ambientais, exploração de recursos naturais e planejamento sustentável, destacando a importância do mapeamento geológico como ferramenta científica e prática. Essas características são essenciais para a compreensão da geologia local e têm aplicações práticas na agricultura, gestão de recursos hídricos e planejamento ambiental.

A diversidade geológica da região, combinada com sua riqueza em recursos hídricos, torna São Desidério uma área de grande interesse tanto para estudos científicos quanto para atividades econômicas. Portanto, a geologia influencia sobre os demais parâmetros que serão apresentados, de acordo com cada disposição geológica, maior será a suscetibilidade aos processos erosivos, limitando cada vez mais o uso e ocupação da terra.

Além do contexto geológico, outros aspectos estruturais influenciam o relevo e a hidrografia da área. O mapa hipsométrico fornece informações importantes sobre a elevação da sub-bacia do Alto Rio Grande (Figura 22), permitindo a quantificação absoluta e relativa da área ocupada por diferentes intervalos de altitude. Isso o torna uma variável crucial na análise integrada dos fatores considerados nesta pesquisa. Para uma análise mais detalhada do relevo, foi adotada uma divisão com intervalos de 138 metros, resultando em cinco classes de altitude. A cota altimétrica mais elevada é de 1028 metros e a menos elevada é de 475 metros.

Embora os dados de hipsometria não sejam diretamente aplicados à metodologia de classificação da fragilidade desenvolvida por Ross (1994), eles permitem uma compreensão mais aprofundada do relevo da área de estudo e dos fenômenos que ocorrem em sua superfície. Esses dados subsidiam a discussão dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta por Ross (1994).

Figura 112 - Mapa Hipsométrico da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA



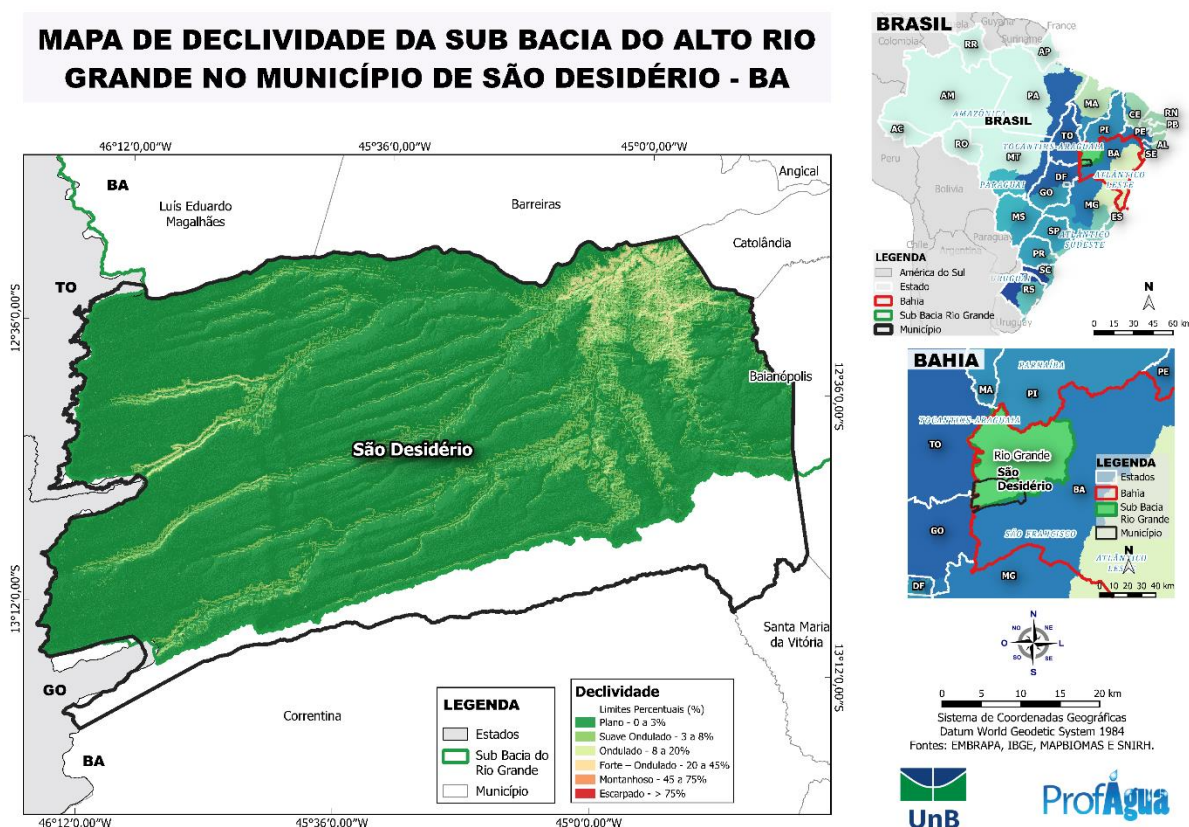
As considerações sobre as análises da variação das classes de declividade de uma bacia são feitas para facilitar a compreensão dos aspectos e tendência do relevo, podendo indicar características como o escoamento superficial (Guerra; Guerra, 2011). Para melhor compreender as características gerais do relevo da área de estudo, outro importante aspecto

analisado foi a declividade, esse parâmetro influencia o escoamento superficial e subsuperficial, e orienta o uso do solo.

O mapa (Figura 23) aponta as variações de declividade (inclinação do terreno) na sub-bacia do Alto Rio Grande, dentro do município de São Desidério. A declividade é classificada em diferentes categorias percentuais, que ajudam a entender a topografia e o relevo da região.

Analisando-se a figura 22, verifica-se que ocorre o predomínio dos relevos do tipo plano (0 – 3%) e suave ondulado (3 – 8%), aptos ao uso agrícola intensivo, desde que se adotem práticas conservacionistas. A predominância destas duas classes de declividade certifica ao relevo, uma ondulação suave, não ocorrendo desta maneira a quebra íngreme do relevo, tornando o mesmo favorável à mecanização.

Figura 123- Mapa Declividade da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA



O mapa de declividade da sub-bacia oferece uma visão detalhada da topografia local, essencial para o planejamento agrícola, a conservação ambiental e o desenvolvimento urbano. A predominância de terrenos planos a suavemente ondulados destaca o potencial agrícola da região, sendo ideais para a agricultura mecanizada devido à baixa declividade, o que permite o fácil uso de máquinas agrícolas e a redução da erosão do solo.

10.2 Análise ambiental e uso e ocupação da terra da sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande no município de São Desidério-Ba

A análise do uso e ocupação da terra em uma bacia hidrográfica é uma ferramenta essencial para entender como as atividades humanas influenciam os processos naturais de uma região. Esse tipo de estudo envolve, em primeiro lugar, a identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal e solo, que são fundamentais para avaliar a capacidade de infiltração da água, a retenção de nutrientes e a prevenção da erosão. Áreas com vegetação nativa, por exemplo, tendem a ter um papel importante na manutenção do equilíbrio hídrico, pois atuam como filtros naturais, protegendo a qualidade da água e promovendo a recarga dos aquíferos.

Outro aspecto relevante dessa análise é a identificação de áreas degradadas ou ameaçadas, que sofrem pressões devido a atividades como desmatamento, agricultura intensiva, expansão urbana e mineração. Essas intervenções, quando realizadas de forma inadequada, podem levar à compactação do solo, erosão, perda de biodiversidade e assoreamento dos corpos d'água, prejudicando o ciclo hidrológico da bacia.

É crucial, ainda, observar as zonas de transição, como as áreas de encosta e as margens dos rios, que são particularmente sensíveis à degradação. A supressão da vegetação ciliar, por exemplo, pode acelerar o processo de erosão das margens e aumentar a sedimentação dos cursos d'água, comprometendo a disponibilidade hídrica e a qualidade ambiental da bacia.

Além disso, a análise do uso e ocupação da terra permite avaliar tendências de mudança no território ao longo do tempo, possibilitando a elaboração de cenários futuros para a bacia. Isso é especialmente relevante para a gestão de recursos hídricos, uma vez que permite prever os impactos de práticas agrícolas, industriais e urbanísticas nas condições da bacia, orientando políticas de manejo sustentável e conservação ambiental.

Nos últimos trinta anos de ocupação do Cerrado baiano, o rápido desenvolvimento econômico, o crescimento populacional e da produtividade agrícola trouxeram como preocupação a disponibilidade de água, e de qualidade, para atendimentos dos múltiplos usuários da bacia, haja vista que o aumento da pressão sob os recursos naturais, por essas atividades, tem provocado degradação do solo como consequência dos processos de erosão e sedimentação de rios na região. No Oeste da Bahia encontra-se 92% de toda a produção de grãos do Estado (1,8 milhões de hectares) (Santos, 2016).

Esse índice pode ser atribuído tanto ao aumento da área plantada quanto à melhoria da produtividade, representando aproximadamente 35% da produção de grãos do país, com a soja, o algodão e o milho sendo os principais produtos agrícolas. Esta região, de grande relevância para o setor agrícola nacional, também é rica em biodiversidade e recursos hídricos, sendo conhecida como "Berço das Águas". Contudo, a paisagem natural do Cerrado baiano parece estar severamente ameaçada pelo desenvolvimento econômico regional, uma vez que a exploração dos recursos naturais é guiada pela perspectiva capitalista (Santos, 2016).

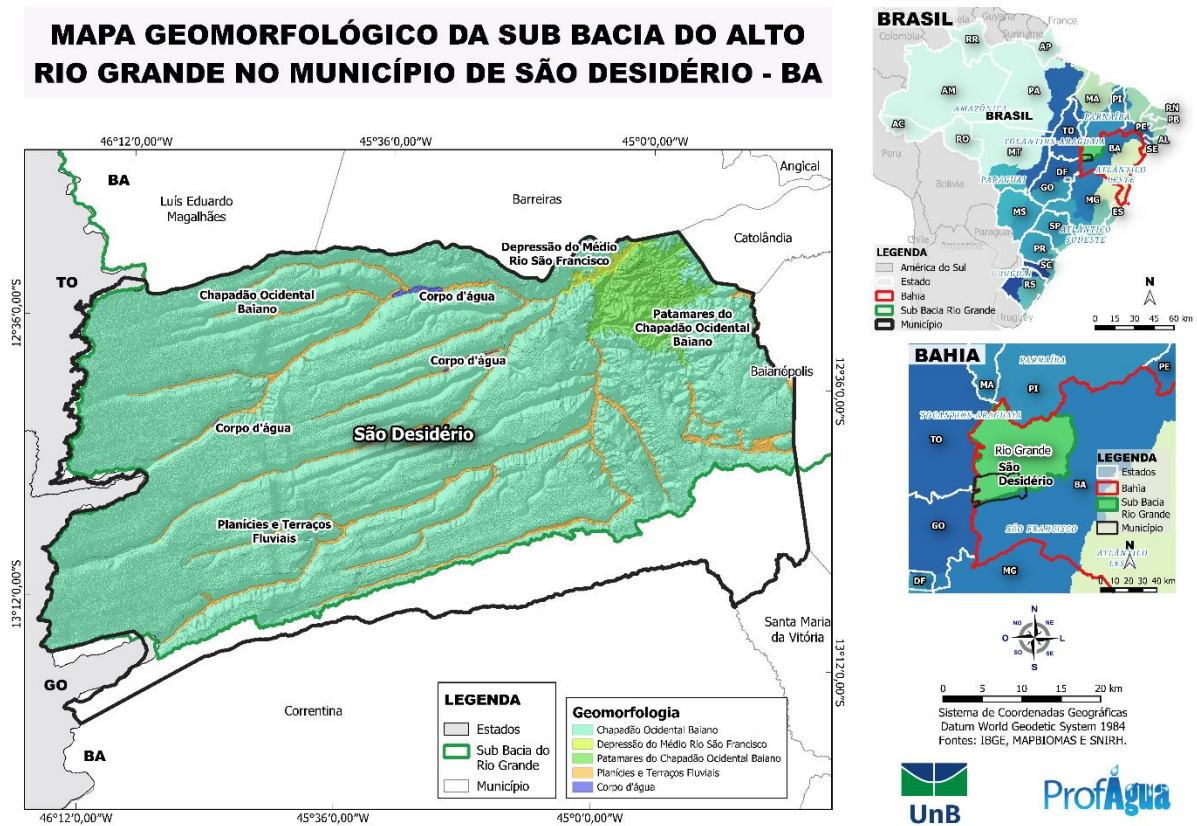
O mapeamento geomorfológico (Figura 24) é uma ferramenta indispensável para o planejamento territorial, principalmente no que diz respeito ao uso e cobertura da terra. A análise das feições topográficas torna-se essencial, uma vez que essas características são determinantes na definição das potencialidades e limitações de uma área. O relevo influencia diretamente aspectos como a distribuição da vegetação, a dinâmica hídrica, a aptidão para diferentes atividades econômicas, além de fornecer subsídios para a prevenção de desastres naturais, como deslizamentos e enchentes.

A compartimentação geomorfológica, que envolve o estudo e classificação dos diferentes níveis topográficos e formas de relevo, permite uma compreensão detalhada da organização espacial de uma região. Essa abordagem divide a paisagem em unidades geomorfológicas, identificando variações de altitude, declividade, orientação e processos geomorfológicos atuantes (erosão, deposição, tectonismo, entre outros).

Essas informações são cruciais para diversas áreas de atuação, como a gestão de recursos hídricos, a conservação ambiental, a agricultura sustentável e a ocupação urbana planejada. Além disso, ao fornecer uma visão integrada do território, o mapeamento geomorfológico contribui para a mitigação de impactos ambientais e para a promoção de um desenvolvimento territorial mais equilibrado e resiliente.

Por exemplo, em regiões cársticas, como a sub-bacia do Alto Rio Grande, no oeste da Bahia, onde ocorrem relevos com fragilidade natural, o estudo geomorfológico é ainda mais necessário. Nesses casos, a compreensão da interação entre as formas de relevo e as atividades humanas pode ajudar a evitar a degradação dos sistemas hídricos subterrâneos e da biodiversidade local.

Figura 134 - Mapa Geomorfológico da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA



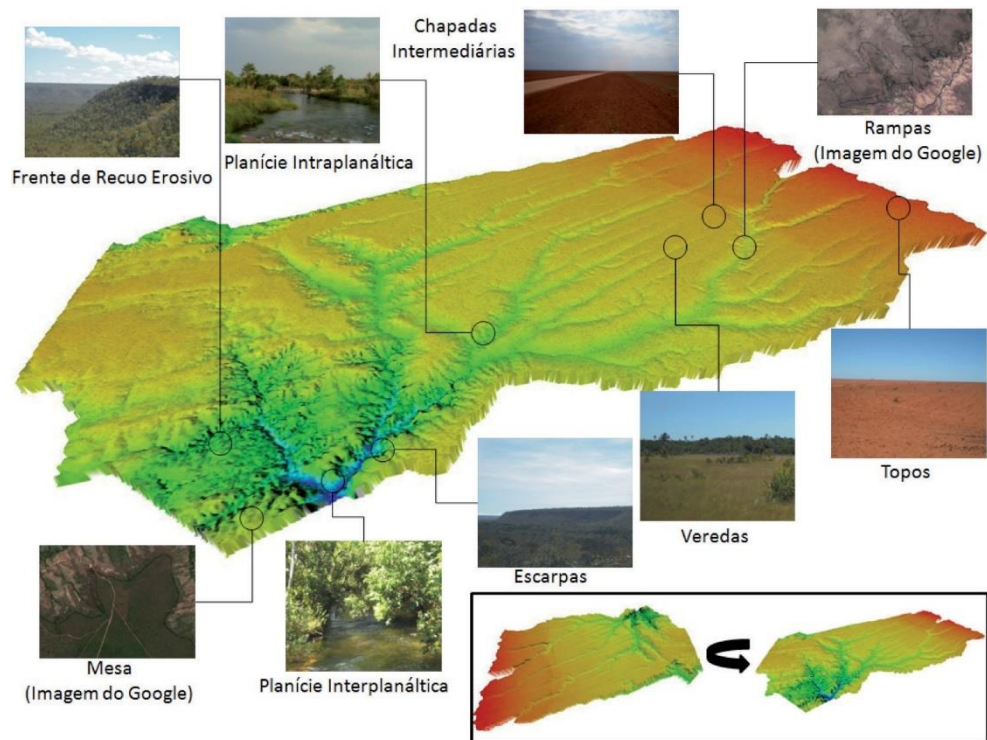
A estrutura taxonômica do mapeamento Geomorfológico foi realizada em três níveis hierárquicos de compartimentos de relevo, o primeiro nível são os Domínios Morfoestruturais, que estão agrupados de acordo com os critérios geotectônicos. O segundo nível corresponde as regiões geomorfológicas, formadas por determinados conjuntos litoestruturais, formações superficiais e fitofisionomias. O terceiro nível corresponde as unidades geomorfológicas e são consideradas semelhantes altimetria e fisionomia do relevo (Tabela 9 e Figura 25)

Tabela 14- Níveis categóricos da compartimentação geomorfológica do Município de São Desidério, BA.

Nível categórico	Classificação taxonômica	Classes
1º	Domínios morfoestruturais	Cobertura Sedimentar São Franciscana Cráton de São Francisco
2º	Regiões geomorfológicas	Chapadas do São Francisco Depressões da Margem Esquerda do São Francisco
3º	Unidades geomorfológicas	Chapadas Intermediárias Topos Frentes de Recuo Erosivo Rampas Planícies Intraplanálticas Veredas Planícies Interplanálticas Escarpas Mesas

Fonte: Embrapa, 2010.

Figura 155 - Unidades geomorfológicas do Município de São Desidério, BA.

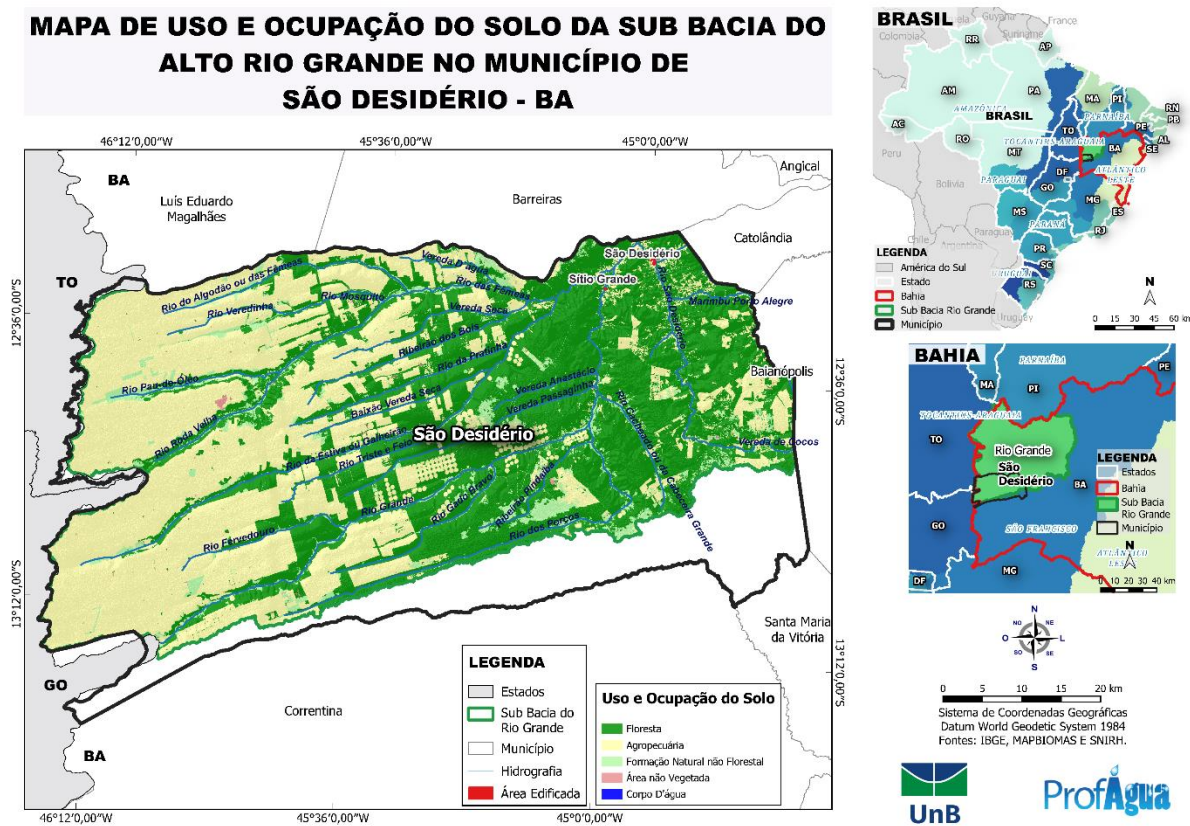


Fonte: Embrapa, 2010.

O mapa (figura 26) mostra um município predominantemente agrícola, com áreas significativas de floresta e vegetação natural não florestal. A hidrografia desempenha um papel essencial na configuração do uso do solo, influenciando tanto as áreas de cultivo quanto as de preservação natural.

As áreas destinadas à agropecuária, representadas no mapa, estão distribuída pelo município nas regiões central e oeste, com grandes extensões de terra sendo utilizadas para cultivos de grãos, a soja é uma das principais culturas, possuindo uma alta demanda nacional e internacional, é utilizada na produção de óleo vegetal, farelo de soja para alimentação animal e biocombustíveis, a soja é cultivada em grandes extensões de terra, e em sistema de rotação com outras culturas para preservar a qualidade do solo.

Figura 166 - Mapa Uso e Ocupação da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA



O cultivo do algodão também é bastante relevante na região, é usado tanto na indústria têxtil quanto na produção de óleo vegetal e outros derivados. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de algodão do mundo, e a Bahia é um dos estados líderes nessa produção. A rotação entre soja e algodão ajuda a manter a fertilidade do solo e a controlar pragas e doenças. A região é altamente mecanizada, com o uso de maquinários modernos e tecnologias de precisão para plantio, manejo e colheita. A pastagem para gado e outras atividades agrícolas, possui grande importância também para economia da região.

As áreas não vegetadas, onde a vegetação natural foi removida, não sendo substituída por atividades agrícolas ou florestais. Está presente em menor proporção no mapa, estão dispersas pelo município, incluir áreas urbanizadas, infraestruturas, solos expostos.

Os corpos d'água como rios, lagos, represas e outras massas de água. Está distribuído por todo município, especialmente nas áreas próximas à hidrografia. A sub-bacia do rio grande é destacada como um dos principais afluentes, sendo crucial para as atividades agrícolas e para abastecimento da população local.

As áreas cobertas por vegetação do Cerrado, ocupa uma posição significativa do município, especialmente as áreas mais ao norte e leste do município, essas áreas são

importantes para conservação da biodiversidade, proteção do solo e regulação do ciclo hidrológico, podendo ser florestas nativas e áreas de reflorestamento.

As áreas com vegetação natural não categorizada como cerrado, está amplamente distribuída pelo território, ocupa diversas partes do município, a vegetação é típica do cerrado, muito comum na região oeste da Bahia, são importantes para a manutenção da fauna e flora locais, além de servirem como áreas de pastagem natural.

O uso do solo em São Desidério para a agricultura, especialmente para as culturas de soja e algodão, é uma componente vital da economia local. As práticas agrícolas modernas e a adoção de medidas de sustentabilidade são essenciais para equilibrar a produção agrícola com a conservação ambiental. A região possui um grande potencial de crescimento, mas também enfrenta desafios que exigem uma gestão cuidadosa e inovadora.

Segundo dados do próprio órgão ambiental, Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) (2019), o comprometimento de 100% da vazão de disponibilidade hídrica na bacia do rio Grande é, na atualidade, uma realidade. Neste sentido, evidencia-se que a demanda de água pela agricultura irrigada (pivô central) nesta bacia se configura a uma vazão de 6.464.448 m³ /dia ou 74,82 m³ /s, numa área de 82.837 ha irrigados, sendo que 6.004.800 m³ /dia refere-se à demanda de água superficial e 459.648 m³ /dia a demanda de água subterrânea. Estes dados resultam na impossibilidade de se emitir novas outorgas de uso e captação de água para quaisquer atividades.

A agricultura vem contribuindo de forma acentuada para a degradação da qualidade da água mediante o lançamento, mesmo que indireto, de poluentes na água, como agrotóxicos, sedimentos, fertilizantes, adubo animal e outras fontes de matéria orgânica e inorgânica, os quais chegam a atingir as fontes de água superficial e subterrânea durante o processo de escoamento e percolação, chamadas de fontes não-pontuais de poluição (Marques et al, 2007).

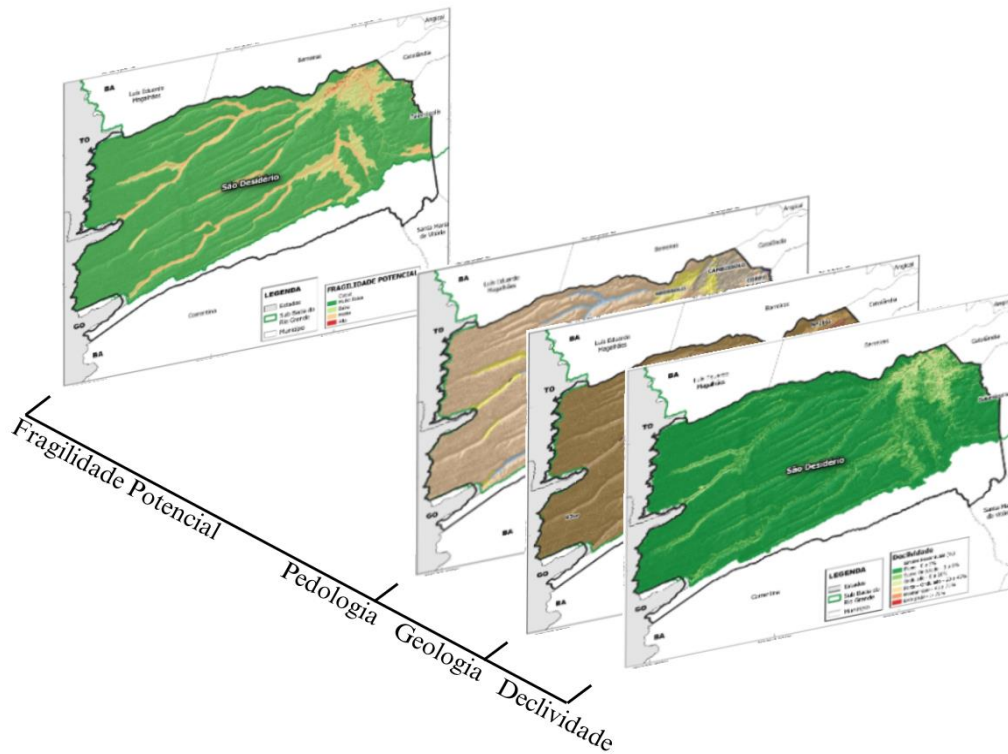
10.3 Aplicação do indicador de fragilidade ambiental na sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande no município de São Desidério-Ba

A avaliação da fragilidade de um ambiente é fundamental para entender sua estrutura e funcionamento, identificando pontos fortes e fracos, bem como ameaças e oportunidades. Esse conhecimento é essencial para a conservação e estabilidade do local.

A fragilidade potencial da sub-bacia do Alto Rio Grande, localizada na cidade de São Desidério, foi determinada através do cruzamento das informações sobre declividade, geologia e pedologia (Figura 27). Ressalta-se que a vulnerabilidade potencial de uma sub-bacia está

ligada às características naturais da área e pode ser avaliada utilizando modelos que identificam zonas com diferentes níveis de fragilidade.

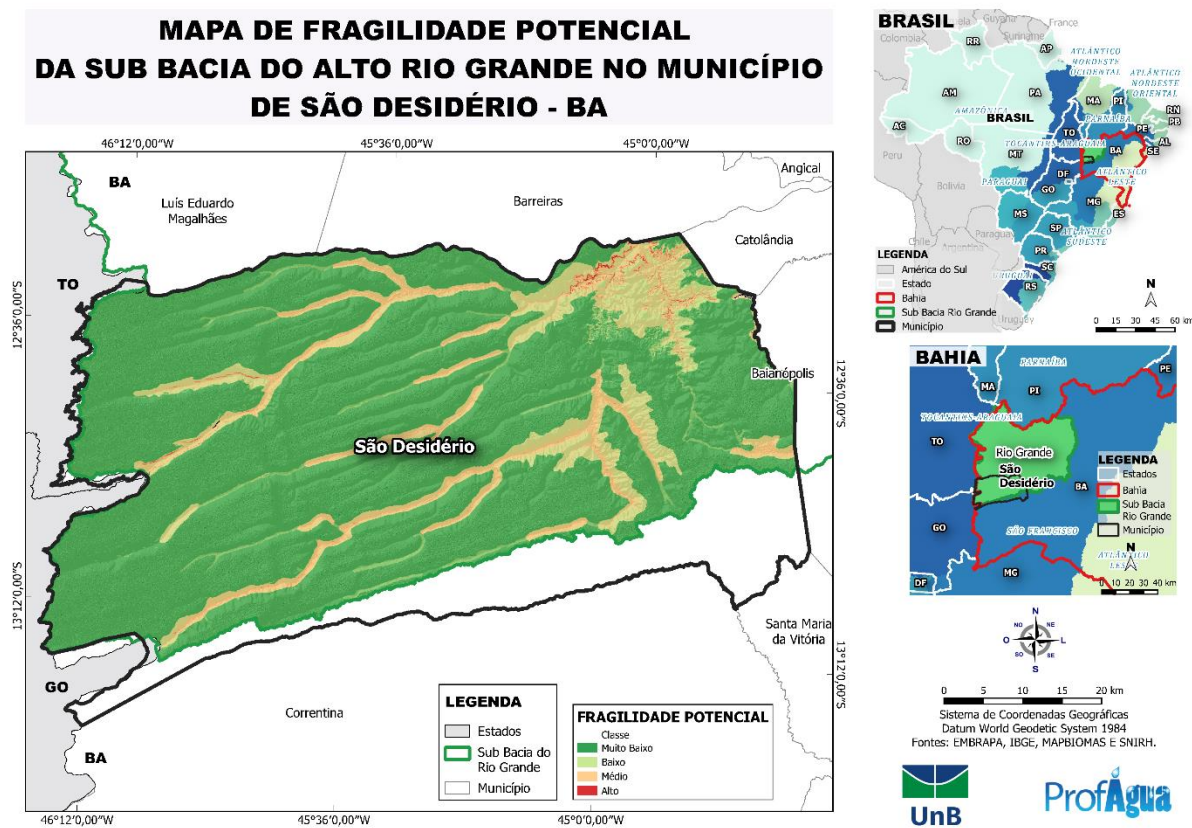
Figura 177 - Modelo esquemático de representação da sobreposição (Cruzamento) das informações para determinação da fragilidade potencial.



Fonte: Adaptado de Padilha, 2008.

Para a confecção do mapa (figura 28) foram hierarquizadas 05 classes correspondentes respectivamente, a fragilidade muito baixa, baixa, média, alta e muito alta referente a metodologia de ROSS. Usando a susceptibilidade inerente de um ambiente a sofrer degradação, com base em características naturais e estáticas do local, que não muda a menos que as características naturais do local mudem, identifica áreas naturalmente mais vulneráveis à degradação, ajudando no planejamento e na conservação. Sua aplicabilidade é para orientar políticas de uso do solo, zoneamento ecológico-econômico e planejamento ambiental, considerando potencial de risco na sub-bacia do Alto Rio Grande na região estudada.

Figura 188- Mapa Fragilidade Potencial da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA



Na classificação da área de fragilidade muito baixa, não foi classificado ou encontrado nenhum domínio neste estudo. O predomínio da classe de baixa fragilidade potencial está sobre a maior parte da sub-bacia do alto rio grande, possui menor risco de erosão ou degradação ambiental, sendo assim mais adequadas as atividades agrícolas, utilizando técnicas de manejo sustentável para minimizar o impacto ambiental.

A área classificada como fragilidade média, apresenta riscos moderados de degradação, requerem práticas de manejo e conservação mais cuidadosas, podendo incluir encostas mais inclinadas ou solos mais suscetíveis à erosão. Nessas áreas, é necessário adotar práticas de conservação, como plantio em contorno, uso de cobertura vegetal e manejo adequado do solo.

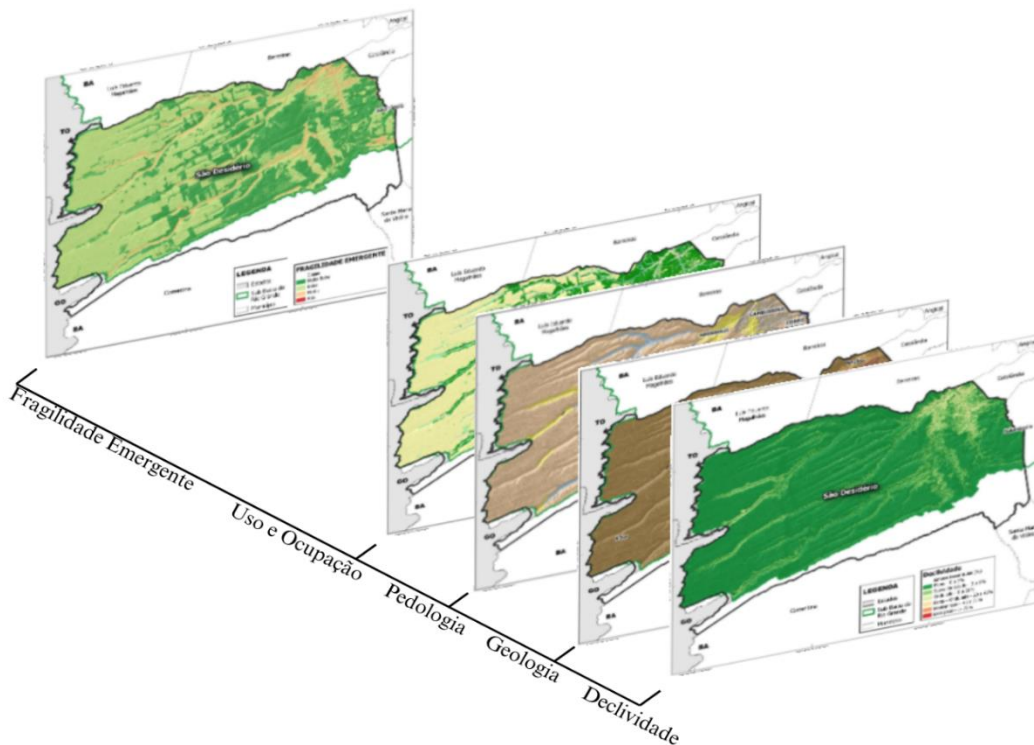
As áreas de fragilidades altas representadas, concentradas principalmente no nordeste do município de São Desidério, são coincidentes com as áreas de maior declividade e de solos frágeis e pouco desenvolvidos, possui menor extensão comparadas as áreas de fragilidade baixa e média, mas ainda significativa, inclui áreas próximas a cursos d'água e encostas íngremes, possui alto risco de erosão, deslizamentos de terra, e degradação ambiental. Necessitam de medidas de conservação mais rigorosas, de intervenções específicas, como a revegetação,

construção de terraços, e proteção de áreas de nascente. Essas áreas são mais vulneráveis e requerem maior controle e restrições no uso da terra para evitar degradação significativa.

O mapa de fragilidade potencial oferece uma visão crucial para a gestão ambiental e planejamento territorial. Identificar e entender a distribuição das áreas de diferentes níveis de fragilidade ajuda a orientar ações para promover o uso sustentável dos recursos naturais e proteger os recursos hídricos em especial.

A fragilidade ambiental emergente refere-se à vulnerabilidade real e atual dos ambientes e a dinâmica de um ambiente a sofrer degradação, considerando as atividades humanas como: agricultura, urbanização, e desmatamento como sua principal característica (figura 29).

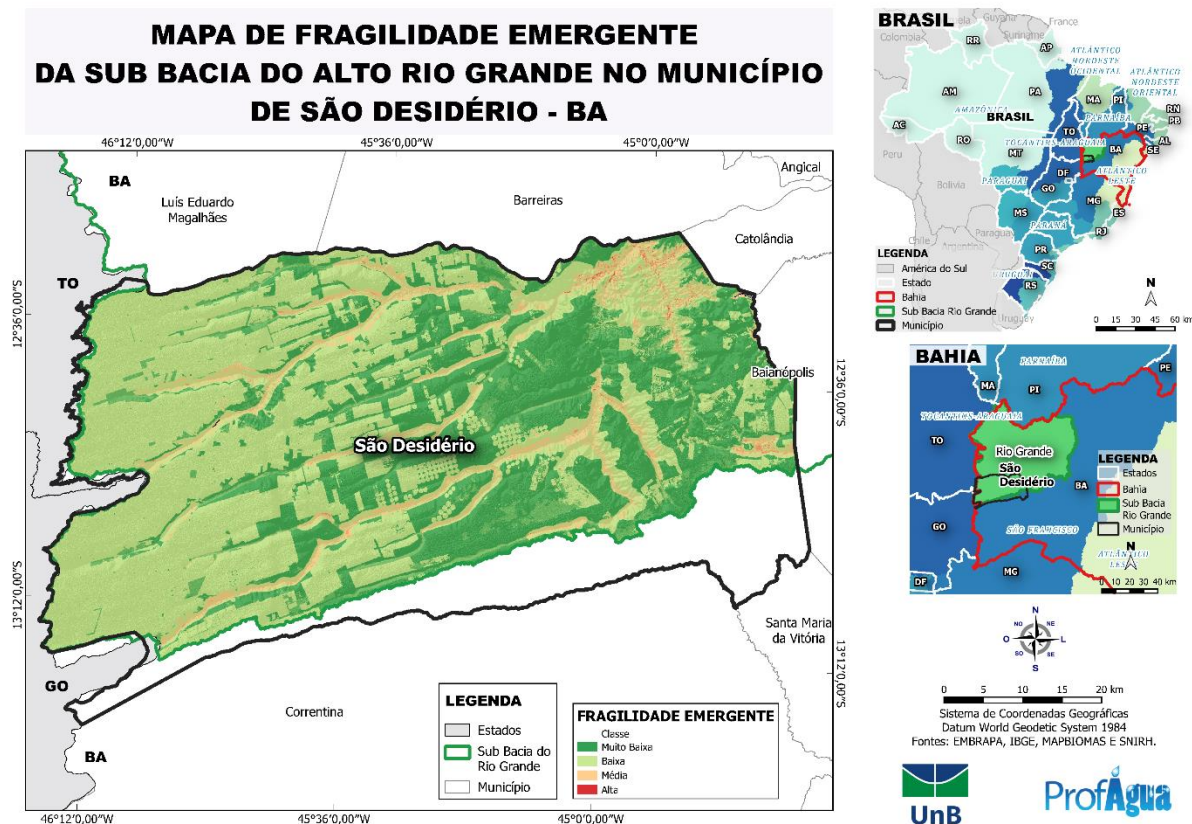
Figura 29 - Modelo esquemático de representação da sobreposição (cruzamento) das informações para determinação da fragilidade emergente.



Fonte: Adaptado de Padilha, 2008.

O mapa (figura 30) indica que a maior parte da sub-bacia possui uma fragilidade emergente baixa, e estão localizadas nas áreas centrais e ao sul. A presença de grandes áreas com baixa fragilidade sugere que grande parte do território pode estar sob coberturas vegetais naturais ou sob práticas de uso do solo que não promovem degradação significativa.

Figura 30 - Mapa Fragilidade Emergente da Sub-bacia do Alto Rio Grande na região de São Desidério- BA



As regiões classificadas com fragilidade média, encontram-se distribuídas de forma esparsa, sugerindo a existência de atividades humanas que começam a impactar o ambiente, como algumas formas de agricultura que Influência o crescimento urbano. Nestas regiões, os riscos ambientais são mais pronunciados, possivelmente devido a um maior grau de intervenção humana, como agricultura intensiva, desmatamento ou edificações. Esses fatores aumentam a susceptibilidade do solo à erosão e aos ambientais nocivos.

As regiões de fragilidade alta, embora sendo em menor quantidade, estão presentes e necessitam de atenção. São locais que estão em maior risco de degradação ambiental, pode ser causada por terrenos inclinados, solos frágeis, desmatamento intenso, ou áreas de cultivo agrícola não manejado de forma sustentável. Essas áreas requerem atenção especial e medidas de conservação para evitar danos ambientais graves.

O mapa de fragilidade emergente da sub-bacia do Rio Grande no município de São Desidério apresenta uma predominância de áreas com baixa vulnerabilidade, mas identifica regiões específicas que necessitam de intervenção para evitar a degradação ambiental. A gestão

sustentável dessas áreas é essencial para manter a integridade ecológica da região e garantir a sustentabilidade a longo prazo. Evidencia-se a necessidade de uma contínua avaliação da fragilidade emergente para adaptar as políticas de uso do solo e conservação ambiental, especialmente diante das mudanças climáticas e expansões agrícolas.

11 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através da metodologia proposta só foram possíveis devido às características naturais e às ações antrópicas na área de estudo, incluindo fatores como declividade, solos, pedologia, geologia, uso e cobertura da terra. Observou-se que a área de estudo apresenta um perfil predominantemente plano, o que favorece o uso agrícola, especialmente para o cultivo de lavouras temporárias como soja, milho e algodão, atividades de grande relevância econômica para a região.

A metodologia desenvolvida por Ross (1994) mostrou-se eficiente na análise ambiental da sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande, permitindo alcançar os objetivos do estudo. Este trabalho, no entanto, não teve a intenção de apresentar um modelo inovador de mapeamento da fragilidade ambiental, mas sim de contribuir para a inclusão de variáveis ambientais na modelagem da vulnerabilidade dos sistemas naturais. A pesquisa reforça a necessidade de um planejamento que considere as particularidades ambientais da região para promover um manejo sustentável e evitar impactos adversos.

Além disso, a pesquisa sobre a fragilidade ambiental da sub-bacia do Alto Rio Grande busca fornecer subsídios atualizados para apoiar a formulação de políticas públicas adequadas à realidade local. O estudo possibilitará um planejamento ambiental mais efetivo, orientando gestores em direção à melhor utilização dos recursos naturais, com vistas à sustentabilidade e à preservação das características locais.

No entanto, o gerenciamento ambiental, tanto no âmbito municipal quanto na escala de bacias hidrográficas, abrange uma complexidade de fatores que vão além dos já explorados nesta pesquisa. Estudos futuros devem considerar uma abordagem mais ampla, incorporando questões como a análise detalhada das dinâmicas ecológicas, o endemismo e as peculiaridades locais. Fatores como o solo, o relevo, a vegetação, o clima e o regime de chuvas, bem como as interações com bacias hidrográficas receptoras, precisam ser aprofundados para uma visão mais holística da região.

No contexto de São Desidério, é imprescindível destacar a importância do turismo como um vetor de desenvolvimento econômico e social, especialmente o ecoturismo, que explora o patrimônio natural da região. São Desidério é conhecido por suas paisagens cársticas, grutas,

cavernas e rios subterrâneos, o que atrai turistas interessados em atividades como espeleoturismo, trilhas ecológicas e a apreciação das formações geológicas. O turismo sustentável pode ser uma importante alternativa de renda para a população local, desde que gerido com foco na preservação ambiental.

A integração entre o turismo e o planejamento ambiental é, portanto, fundamental para garantir que as riquezas naturais da região sejam preservadas. A promoção de práticas de turismo consciente pode servir como incentivo para a conservação dos ecossistemas frágeis, evitando a degradação resultante de um uso indiscriminado dos recursos. Desta forma, a pesquisa não deve ser vista como o único ponto de referência para as ações de controle ambiental, mas como uma contribuição relevante para o desenvolvimento de uma visão estratégica que equilibre o crescimento econômico, o turismo e a conservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **20 propostas para aperfeiçoamento dos marcos constitucional, legal e infralegal da gestão de águas no Brasil: preparação para o 8º Fórum Mundial da Água Brasília**. Brasília: ANA. 2017b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos: **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos**. 80 p., Brasília, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos: **Sistemas de Informação na gestão de águas: conhecer para decidir**. 122 p., Brasília, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Cobrança pelo uso dos recursos hídricos**. Brasília: ANA. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno. Brasília: ANA. 2017a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Plano de ações complementares para a gestão da crise hídrica na bacia do Rio Paraíba do Sul (Versão 2.0 de junho de 2015).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água**. (Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos, Vol. 5). Brasília: ANA. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Relatório de Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Sistema de informações sobre recursos hídricos / Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019**. Brasília, 2020a.

AGUIAR, A. P. D. Modelagem de mudanças de Uso e Cobertura do Solo na Amazônia: Questões Gerais. In: **Instituto de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos**: INPE, 2002. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap4_modelos_lucc.pdf.

ALEXANDER, P.; ROUNSEVELL, M.D.A.; DISLICH, C.; DODSON, J.R.; ENGSTROM, K.; MORAN, D. **Drivers for global agricultural land use change: The nexus of diet, population, yield and bioenergy**. Global Environmental Change, [s.l.], v. 35, p.138-147, nov.2015.

ALHO, C. J. R. **Biodiversidade associada aos habitats sazonais do Pantanal: desafios para a conservação**. In: RODRIGUES, S. C.; MERCANTE, M. A Paisagens do Pantanal e do Cerrado: Fragilidades e potencialidades. Uberlândia/MG: UDUFU, 2011. p. 69-96.

ARRAES, T. M. **Proposição de critérios e métodos para delimitação de bacias**

hidrogeológicas. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. 2008.

BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCHIARI, A.; QUÉNOL, H. **Sensoriamento Remoto e Sig aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica.** Mercator (Fortaleza), v.14, n. 2, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2015.1402.0008>

BAFONI, P.; TELLES, D. A cobrança pelo uso da água na Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivara e Jundiaí. In: SIMPÓSIO EXPERIÊNCIAS EM GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR BACIA HIDROGRÁFICA, 2, 2010, Atibaia. **Anais**, São Paulo: Consórcio PCJ, 2010. p. 1-20.

BAHIA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA). **Diagnóstico Integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Corrente.** Produto Parcial PP02. Vol. I a VII. Consórcio Oikos-Cobrape. Salvador, Fev. 2016.

BARROS, C. A. **O uso agropecuário e sua implicação na paisagem da bacia hidrográfica do rio Jauru, Mato Grosso** – Brasil. 2018. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra/MT, 2018.

BATISTELLA, M.et al. **Monitoramento da expansão agropecuária na Região Oeste da Bahia.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. 39 p., il. (Documentos, 20).

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico.** Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 8, 2004.

BINOTTO, D. **Proposta de Enquadramento para a Bacia Hidrográfica do Arroio Jacutinga, Município de Ivorá-RS.** 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2012.

BOJÓRQUEZ-TAPIA, L.A.; CRUZ-BELLO, G. M., LUNA-GONZÁLEZ, L. Connotative land degradation mapping: A knowledge-based approach to land degradation assessment. **Environmental Modelling & Software**,v. 40, p. 51-64, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.009>

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil.** Brasília, 2017. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf/view Acesso em: 08 de julho de 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília – DF: D.O.U. de 09/01/1997, P. 470, 1997.

CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE, M. A. Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, v.27, n.3, p.269 –

CANTER, L. Environmental impact assessment. New York: McGraw Hill, 1997. 331 p.

CARMO, J. P. A; SOUZA, G. F; POLIDERO, M; LOLLO, J. A. Análise da Fragilidade Ambiental em Áreas Urbanas. O caso do município de Londrina - PR. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. INPE. Curitiba, 2011. p.0855.

CARNEIRO GOMES, R.; BIANCHI, C.; OLIVEIRA, V. P. V. **Análise da multidimensionalidade dos conceitos de bacia hidrográfica**. GEOgraphia, v. 23, n. 51, 2021. Niterói: Universidade Federal Fluminense, ISSN 1517-7793 / 2674-8126 (eletrônico). DOI: 10.22409/GEOgraphia2021.v23i51.a27667.

CAROLO, F. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: instrumento para o Desenvolvimento sustentável? Estudos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. Brasília – DF: 2007.

CARVALHO, R. C. de; KAVISKI, E. Modelo de Auxílio a Tomada de Decisões em Processos de Despoluição de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 14, n. 4, p. 17-27, 2009.

CASTRO, Cesar Nunes de. **Transposição do Rio São Francisco: análise de oportunidade do projeto**. Rio de JANEIRO, 2011

CAVALCANTE, J. C.; LIMA, A. M. M.; SILVA, J. C. C.; HOLANDA, B. S.; ALMEIDA, C. A. Fragilidade ambiental potencial e emergente da bacia do rio Mocajuba – PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, 2022.

CHARNEY, B. A System Method for the Assessment of Integrated Water Resources Management (IWRM) in Mountain Watershed Areas: The Case of the “Giffre” Watershed (France). **Environmental Management**. v. 48, n. 1, p. 189-197, 2011.

CHORLEY, R. J. **The standing committee on the role of models and quantitative techniques in geographical teaching**. *Geography*, v. 54, n. 1, p. 1-4, 1969.

CLAUDIO, C. F. B. R. **Implicações da avaliação de impacto ambiental**. *Ambiente*, v. 1, p. 159-162, 1987.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução CNRH nº 91 de 5 de novembro de 2008**. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Brasília – DF: CNRH, 2000.

COLAVITE, A. P.; Passos, M. M. Integração de mapas de declividade e modelos digitais tridimensionais do relevo na análise da paisagem. **Revista Geonorte**. v. 2, n. 4, p. 1547- 1559, 2012

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº. 396 de 03 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília: CONAMA, 2008.

CRUZ, B. B.; MANFRÉ, L. A.; RICCI, D. S.; BRUNORO, D.; APPOLINARIO, L.; QUINTANILHA, J. A. Environmental fragility framework for water supply systems: a case study in the Paulista Macro Metropolis area (SE Brazil). **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 12, p. 441, 26 jun. 2017.

CRUZ, L. M; JÚNIOR, J. F. P; RODRIGUES, S. C. Abordagem Cartográfica da Fragilidade

Ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória – MG. **Revista Brasileira de Cartografia** nº 62/03, (ISSN 0560 - 4613), 2010.

CUNHA, V.C.V.; MOURÃO, M.A.A.; COTA, S.D.S. Aplicação do Método da Flutuação do Nível D'água Subterrânea para Estimativa de Recarga no Aquífero Urucuia São Desidério-BA. **Águas Subterrâneas**, 2016.

DARDENNE, M. A., 19978, Síntese Sobre a Estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central: **Anais...** do XXX Congresso Brasileiro de geologia, Recife, v. 2, p. 597- 610.

DÉTRO, G.F.G; BACELLA R, A.F.; DIAS, J.; BOTURA, G.; DE CARVALHO, C.B.

EGYDIO DA SILVA, M.; KARMANN, I.; TROMPETTE, R. Litoestratigrafia do Supergrupo Espinhaço e Grupo Bambuí no noroeste do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v.19, n.2, p.141 – 152. 1989.

EGYDIO-SILVA, M. **O sistema de dobramentos Rio Preto e suas relações com o Cráton São Francisco**. Tese (Doutorado em Geociências), São Paulo, IGC- Universidade de São Paulo, 95 f., 1987.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: Origens de perspectivas de um novo paradigma**. 2 ed. Guaíba: Agropecuária. 1.999. 157 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Matopiba, a nova ousadia da agricultura brasileira, 2015**. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 27 agosto 2022.

EMBRAPA. **Caracterização geomorfológica do município de São Desidério, BA**, escala 1:50.000 / Denilson Pereira Passo... [et al.]. – Planaltina, DF Embrapa Cerrados, 2010.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**: Rio de Janeiro, v. 3, 2013.

EMERICH, D. M. B. A distribuição da água doce no Brasil: aspectos quantitativos e qualitativos. **Revista de Gestão de Água da América Latina** (Water Resources Management in Latin America), 2(1), 47-61, 2005.

FERRAZ, Z. M. L. **A produção de grãos na Região Oeste da Bahia**. **Revista Bahia Agrícola**. v.6, n.3, p. 3–10, novembro de 2004. Salvador, SEAGRI-BA.

FIRKOWSKI, C. Metodologias e técnicas para avaliação de impactos ambientais. In: SEMINÁRIO SOBRE AVALIAÇÃO E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL, 1., 1990, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF/UFPR, 1990. p. 18-27.

FRANCO, G. B.; BETIM, L. S.; MARQUES, E. A. G.; GOMES, R. L.; CHAGAS, C. S. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, 42(Suppl 1): 114-127, 2012.

GÁLVEZ, J. J. O. **Cartilha Técnica: águas subterrâneas – aquíferos**. Lima- Perú: Sociedad Geográfica de Lima, 2011. 43 p.

GASPAR, M.T.P.; CAMPOS, J.E.G. **O Sistema Aquífero Urucuia**. **Revista Brasileira de**

Geociências, Curitiba. v. 37, n. 4-suplemento, p. 216-226, 2007.

GASPAR, M.T.P.; **Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização Regional e Propostas de Gestão**. 2006. 158f. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. 2006.

GHEZZI, A.O. **Avaliação e mapeamento da fragilidade ambiental da Bacia do Rio Xaxim**, Bahia de Antonina – PR, com o auxílio de geoprocessamento. Dissertação Curitiba: Universidade Federal do Paraná/UFPR; 2003. p. 64.

GODINHO, L.P.S.; **Geoespeleologia, Geomorfologia e Geocronologia do Sistema Cárstico de São Desidério, Bahia, Brasil**. Tese (doutorado - Programa de pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2020.

GODINHO, L.P.S.; PEREIRA, R.G.F.A. Caracterização Geomorfológica Preliminar do Sistema Cárstico do Rio João Rodrigues, São Desidério – BA. In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (Orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32, 2013. Barreiras. **Anais...** Campinas: SBE, 2013. p.341-351. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_341-351.pdf. Acesso em: 30 de setembro de 2022.

GONÇALVES, F. S. **A expansão urbana sobre o relevo do município de Sapucaia do Sul–RS**. [s.l.], UFRGS, 2013.

GONÇALVES, R. **Topografia**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.

GOUVEIA, R. G. L.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Análise da fragilidade ambiental na bacia do rio Queima-Pé, Tangará da Serra, MT. *Pesquisas em Geociências*, v. 42, n. 2, p. 131-140, 2015.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. **Bertrand Brasil**, 2010

GUERRA, J. T. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 392 p.

GWP – **Global Water Partnership**. What is IWRM? Disponível em <http://www.gwp.org/en/The-Challenge/What-is-IWRM/> . 2017.

HAMILTON, C. M.; MARTINUZZI, S.; PLANTINGA, A. J.; RADELOFF, V. C.; LEWIS, D. J.; THOGMARTIN, W. E.; HEGLUND, P. J.; PIDGEON, A. M. **Current and Future Land Use around a Nationwide Protected Area Network**. **PLoS ONE**, v. 8, n. 1,

HANSEN, A.J; NEILSON, R.P.; DALE, V.H.; FLATHER, C.H.; IVERSON, L.R.; CURRIE, D.J.; SHAFER, S.; COOK, R.; BARTLEIN, P.J. **Global Change in Forests: Responses of Species, Communities, and Biomes: Interactions between climate change and land use are projected to cause large shifts in biodiversity**. *Bioscience*, [s.l.], v. 51, n.9, p.765-779, Set. 2001. DOI. 10.1641/0006-3568.

HARDT, L. P. A.; LOPES, J. A. U. Interpretação e síntese de resultados em estudos e relatórios de impacto ambiental. In: SEMINÁRIO SOBRE AVALIAÇÃO E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL, 1., 1990, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF/UFPR, 1990. p. 162-

IBAMA. **Estado da arte da fauna na bacia hidrográfica do rio São Francisco (ictiofauna, avifauna e mastofauna)**. Brasília: IBAMA, v.1, 2007.62p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal 2020. Rio de Janeiro: **IBGE, 2020**.

IBGE - Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual técnico de geomorfologia. 2.ed. - Rio de Janeiro, RJ: **IBGE, 2009**. 182 p. (Manuais técnicos em geociências, 5) IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. www.ibge.gov.br Acesso em 24 de Março de 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 1990 a2008**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 06 Jul.2022.

IGLESIAS, M., UHLEIN, A., Estratigrafia do Grupo Bambuí e Cobertura Fanerozóicas no Vale do Rio São Francisco, Norte de Minas Gerais: Revista Brasileira de Geociências, v. 39, n. 2, p. 256-266, 2009.

INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Plano de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água da RPGA do rio grande**: síntese executiva do plano de recursos hídricos / Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. – Salvador, 2022.

INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Primeira Campanha Trimestral. Salvador: **INEMA, 2008**. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/> Acesso em: 22 de agosto de 2023.

JACOBI, P. R. **Aprendizagem social, desenvolvimento de plataformas de múltiplos atores e governança da água no Brasil**. Revista Inter. Interdisc. INTERthesis, Florianópolis. 7, n. 1, p. 69-95, jan. - jul. 2010.

JAIN, S. K; GOEL, M.K. Assessing the vulnerability to soil erosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS. **Hydrological Sciences Journal**. 47(1): 31- 40, 2002. <http://dx.doi.org/10.1080/02626660209492905>

KAPPES, M. S.; PAPATHOMA-KÖHLE, M; KEILER, M. **Assessing physical vulnerability for multihazards using an indicator-based methodology**. Applied Geography, v. 32, n. 2, p. 577-590, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.07.002> Acesso em: 28 de Set. de 2024.

KHOURY, Luciana Espinheira da Costa. **A governança das águas na bacia do Rio São Francisco, em território baiano, sob a perspectiva da justiça ambiental**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/28226/1/LUCIANA%20ESPINHEIRA%20DA%20COSTA%20KHOURY.pdf>. Acesso em: 28 de Set. de 2024.

KIANG, C. H; SILVA, F. P. **Contribuição ao Arcabouço Geológico do Sistema Aquífero Urucuaia**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 34, n. 4, p.872-882, 2015.

Lacunas de conhecimento da fauna na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **VIII**

Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu/MG, 2007. Disponível em: <http://www.seb.ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/1509.pdf>. Acesso em: 20 de abril de 2017.

LEAL, R. L. *et al.*, 2003. **Definição de unidades geomorfológicas a partir de imagens de dados morfométricos na bacia do rio grande (BA)**. p.2056

LEMAN, N.; RAMLI, M. F.; KHIROTDIN, R. P. K. GIS-based integrated evaluation of environmentally sensitive areas (ESAs) for land use planning in Langkawi, Malaysia. **Ecological Indicators**, v. 61, p. 293–308, 2016.

LEPSCH, I. F. Solos do Mundo: Formação e Conservação dos Solos. São Paulo: **Oficina de Textos**, p. 87-91, 2002.

LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R.; FILHO VISCHI, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D. S. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: 4ª aproximação, 1991, 175p.

MANFRÉ, L. A.; DA SILVA, A. M.; URBAN, R. C.; RODGERS, J. Environmental fragility evaluation and guidelines for environmental zoning: a study case on Ibiuna (the Southeastern Brazilian region). **Environmental Earth Sciences**, v. 69, n. 3, p. 947–957, 2013.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355 p.

MapBiomass – **Coleção 2022** da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, disponível através do link: https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em 28 de agosto 2023.

MARIANO, E. **O ensino de Geologia para as Ciências Biológicas**. Conjecturas, v. 21, n. 3, p. 486-492, 2021.

MARTÍN-DUQUE, J. F.; GARCÍA, J. C.; URQUÍ, L. C. Geoheritage information for ecoconservation and geotourism through the categorization of landforms in a Karstic Landscape: a case study from Covalagua and Las Tuerces (Palencia, Spain). **Geoheritage**, 4(1-2): 93-108, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-012-0056-2>

MARTINS, R. N.; COLARES, A. N. F.; ALMEIDA, S. L. H.; ZANELLA, M. A.; NERY, C. V. M. Fragilidade potencial e emergente na bacia do rio Peruaçu, região norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 99-118, 2018.

MASCARENHAS, A. C. M. **Conflitos e Gestão de Águas: o caso da bacia hidrográfica do rio São Francisco**. 2008. 211 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MAZZETO SILVA, C. E. **Ordenamento Territorial no Cerrado Brasileiro: da fronteira monocultora a modelos baseados na sociodiversidade**. Desenvolvimento e Meio ambiente. Curitiba, n.19, p.89-109, 2009.

MENDONÇA, J. O. **O potencial de Crescimento da produção de grãos no Oeste da Bahia agrícola**. Salvador: SEAGRI, v.7, n.2, p. 38,46, abr.2006. Seção Socioeconomia.

MIARA, M. A.; OKA-FIORI, C. **Análise por múltiplos critérios para a definição de níveis**

de fragilidade ambiental – um estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Cará Cará, Ponta Grossa/PR. **RA´E GA**, n. 13, p. 85-98, 2007.

MIARA, M. A.; OKA-FIORI, C. Análise por múltiplos critérios para a definição de níveis de fragilidade ambiental – um estudo de caso: bacia hidrográfica do rio CaráCará, Ponta Grossa/PR. **RA´E GA**, n. 13, p. 85-98, 2007.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Convenção sobre a biodiversidade. **Série biodiversidade n°1**, 2000. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/cdbport_7pdf Acesso em: 28 de Set. de 2024.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília – DF: MMA, 2006.

MONETTI, V. C.; SILVA, D. C.; ROSA, A. H. **Proposta metodológica para identificação de riscos associados ao relevo e antropização em áreas marginais aos recursos hídricos**. Scientia Plena, v. 15, n. 2, 2019.

MOREIRA, C. M; SILVA, D. D., 2010. **Atlas Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Grande**. Barreiras. p.07-15.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.; ROSS, J. L. S. Fragilidade Ambiental: uma Proposta de Aplicação de Geomorphons para a Variável Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 37, p. 123-136, 2019.

MOURA, Bruna Bohm et al. Análise da fragilidade ambiental em uma sub-bacia hidrográfica na metade sul do Rio Grande do Sul com o uso de geoprocessamento. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 05, p. 2375-2389, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/250433>. Acesso em: 28 de Set. de 2024.

NANDY, S.; SINGH, C.; DAS, K. K.; KINGMA, N. C.; KUSHWAHA, S. P. S. Environmental vulnerability assessment of eco-development zone of Great Himalayan National Park, Himachal Pradesh, India. **Ecological Indicators**, v. 57, p. 182–195, 1 out. 2015

NASCIMENTO, M. D. **Fragilidade ambiental e expansão urbana da região administrativa nordeste da sede do município de Santa Maria – RS**. Ciência e Natura, 32 (2): 163 – 181, 2010.

NETO, N. C. P.; FERNANDES, E. Fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica Do Rio Seridó (RN/PB – Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, nº 3, 2015.

OLIVEIRA SILVA, G. de J.; NEVES, S. M. A. da S.; GALVANIN, E. A. dos S.; LIMA, R. da C.; LUZ, C. C. da S. Análise da fragilidade ambiental da paisagem da bacia do rio Sepotuba – Mato Grosso, Brasil. **Revista de Geografia**, v. 10, n. 2, 2020. ISSN: 2236-837X.

OLIVEIRA, A.I.L. **Modelagem da vulnerabilidade e perigo de contaminação da água subterrânea pela atividade agrícola no Alto Trecho da Bacia do Paraguaçu, Estado da Bahia**. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós – Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2011.

OLIVEIRA, M. R. P.; GALVANI, E. Avaliação do efeito orográfico na variação das

precipitações no perfil longitudinal Paraty (RJ) e Campos do Jordão (SP). **Revista EntreLugar**, v. 6, n. 11, p. 133-151, 2015.

ONSERVATION INTERNATIONAL. **User Manual Version 1.2.1**, 14 de agosto de 2021. Disponível em: <https://www.freshwaterhealthindex.org/tool/index.html>. Acessado em: 08/12/2022

PADILHA, D. G. **Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da Bacia hidrográfica do arroio grande, RS**. Dissertação (Mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

PADILHA, D. G. **Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Grande – RS**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2008. 87 p.

PAHL-WOSTL, C.; KNIEPER, C. **Responding to climate change: towards more adaptive water governance systems**. Policy Brief 1. Twin2Go Project, 2011.

PEREIRA, D. S. P., JOHNSON, R. M. F. Descentralização da gestão dos recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil, **Revista de Gestão de Água da América Latina** – Vol. 2, no. 1, p. 53-72, jan./jun. 2005.

PEREIRA, Dercio Alves. **Avaliação da sustentabilidade hídrica subterrânea da bacia hidrográfica do Rio de Janeiro no oeste da Bahia**. 2023. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina - FUP, Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Planaltina, DF, 2023.

PEREIRA, G.; CARDOZO, F.S.; CARIA, E. Estudo preliminar do impacto do cultivo da cana-de-açúcar: alterações no albedo e liberação de energia radiativa através das queimadas. **Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**; Natal – RN, 2009. p.325- 332.

PEREIRA, G.; CARDOZO, F.S.; CARIA, E. Estudo preliminar do impacto do cultivo da cana-de-açúcar: alterações no albedo e liberação de energia radiativa através das queimadas. **Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**; Natal – RN, 2009. p.325- 332.

PEREIRA, S. S; CURI, R. C. Meio ambiente impacto ambiental e desenvolvimento sustentável: Conceituações Teóricas sobre o Despertar da Consciência Ambiental. **Revista de Administração**, Contabilidade e Sustentabilidade (REUNIR), v. 2, n. 4, p. 35-57, 2012.

PESSÔA, Z. B.; FONTES, A. S.; MEDEIROS, Y. D. P. Enquadramento de corpos d'água para fins de consumo humano em regiões semiáridas: avaliação conforme Resolução CONAMA 357/2005 e Portaria MS 2914/2011. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 2, p. 496-506, 2014.

PIROLI, E. L. Bacias hidrográficas: definições e representação. In: **Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas** [online]. São Paulo: **Editora UNESP**, 2022. p. 43-62. ISBN: 978-65-5714-298-1. DOI: <https://doi.org/10.7476/9786557142981.0004>.

PONSO, A. G.; IZIPPATO, F. J.; BACANI, V. M. Análise da fragilidade ambiental potencial da bacia hidrográfica do Córrego Ribeirão Dois Córregos, Selvíria (MS), utilizando técnicas de

geoprocessamento. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 2, p. 227-238, 2013.

RADAMBRASIL. **Projeto Radam Brasil**. Folhas 23/24 Rio de Janeiro/Vitória.V. 32, Rio de Janeiro, 1983. RATCLIFFE, D.A. Criteria for the selection of nature reserves. *Advancement of Sciences*, 27: 294-296, 1971.

RATCLIFFE DA. **Criteria for the selection of nature reserves**. *Advancement of Sciences* 1971; 27: 294-296.

RIBEIRO, R. V. S. **Dinâmica geomorfológica, condicionantes Morfoestruturais e terraços fluviais na Bacia hidrográfica do Rio Itapetininga-SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba. 2021.

RODRIGUES, L. C.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; GALVANIN, E. A. S.; KREITLOW, J. P. **Dinâmica da antropização da paisagem das subbacias do rio Queima Pé, Mato Grosso, Brasil**. *Espacios*, v. 36, n. 10, p. 1-5, 2015.

RODRIGUES, L. C.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; GALVANIN, E. A. S.; KREITLOW, J. P. **Dinâmica da antropização da paisagem das subbacias do rio Queima Pé, Mato Grosso, Brasil**. *Espacios*, v. 36, n. 10, p. 1-5, 2015.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, v.8, n.1, p.3-12, 1994. <http://dx.doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, n. 8, p. 63-74, 1994. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do Departamento de Geografia**. 38-51, 2012.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do DG-USP**, p. 38-51, 2012.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches - **Geomorfologia, ambiente e planejamento Contexto**, São Paulo, 1991.

SAMPAIO, T. V. M. **Parâmetros morfométricos para melhoria da acurácia do mapeamento da rede de drenagem uma proposta baseada na análise da Bacia Hidrográfica do Rio Benavente-ES**. Curso de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências, 2008.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 15, n. 1, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v15i1.376

SANTOS, B. B. M.; GUSMÃO, P. P. Ampliando o debate sobre a lei das águas: uma consideração sobre os conflitos socioambientais. Bento Gonçalves – RS: **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2013.

SANTOS, C. A. P. **Educação ambiental como ferramenta na mitigação de conflitos na bacia hidrográfica do Rio Grande, oeste da Bahia.** Holos, v. 32, n. 08, p. 156, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316819977_EDUCACAO_AMBIENTAL_UMA_FERRAMENTA_NA_MITIGACAO_DE_CONFLITOS_NA_BACIA_DO_RIO_GRANDE_OESTE_DA_BAHIA/fulltext/5a3161aea6fdcc9b2d36594e/EDUCACAO-AMBIENTAL-UMA-FERRAMENTA-NA-MITIGACAO-DE-CONFLITOS-NA-BACIA-DO-RIO-GRANDE-OESTE-DA-BAHIA.pdf. Acesso em: 28 de Set. de 2024.

SANTOS, E. **Mapeamento da Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do Rio Jirau município de Dois Vizinhos - Paraná.** 2005. 141f. Tese (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

SANTOS, F. A. e AQUINO, C. M. S. Diagnóstico físico conservacionista aplicado ao estudo da desertificação nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, Nordeste, Brasil. **Revista de Geografia**, Recife, PE, v. 34, n. 2, 2017.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, T.O. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 11, n. 2, p. 157-181, dezembro.2017.

SEAGRI-BA - **Secretaria da Agricultura do Estado da Bahia.** Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/>. Acesso em 20 de abril de 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB/CPRM. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo, 2008.** Disponível em <http://www.cprm.gov.br> . Acessado em: 29/08/2023

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB/CPRM. **Padrões de Drenagem.** Brasília, 2023.

SILVA, L. F.; CUNHA, E.; BACANI, V. M.; BARBOSA, E. H. B.; OLIVEIRA, T. C. M.; SAKAMOTO, A. Y.; PEREIRA, Z. V. Adaptação metodológica para avaliação da fragilidade ambiental da área de proteção ambiental (APA) municipal das nascentes do rio APA. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR.** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013.

SILVA, Nildson Rodrigues de França; OLIVEIRA, Willian Vieira de. **Caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica GI8, PE.** Disponível em: http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser300:monografia_nildson_willian.pdf Acesso em: 28 de Set. de 2024.

SILVEIRA, C.T. **Estudo das unidades ecodinâmicas da paisagem na APA de Guaratuba: subsídios para o planejamento ambiental.** 2005. Dissertação (mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

SOUZA, M. M. L.; COSTA, L. H.; CARVALHO, D. A. S. **Utilização de Ferramentas de Geoprocessamento para Mapear as Fragilidades Ambientais na Área de Influência Direta da UHE de Belo Monte, no Estado do Pará.** Espaço Plural, v. 12, 2011.

SOUZA, P.M.; NEY, M.G.; PONCIANO, N.J. Análise da distribuição dos financiamentos

rurais entre os estabelecimentos agropecuários brasileiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 2, p. 251-270, Jul.2015.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. 113f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SPORL, C.; ROSS, J.L.S. **Análise comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos**. GEOUSP - Espaço e Tempo. 2004; (15), p. 39-49.

SUTIL, S. C.; GONÇALVES, J. A. C.; VIEIRA, E. M. Análise comparativa da fragilidade ambiental da bacia do rio Piracicaba a partir da aplicação de dois modelos metodológicos: suporte para o estabelecimento e proposição de Corredores Ecológicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, 2020.

TAMANINI, M. S. A. **Diagnóstico Físico- Ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária – PR**. 105 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2008.

TEODORO, V. L. I. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, n. 20, p. 137-156, 2007. Disponível em: https://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf Acesso em: 28 de Set. de 2024.

TRAN, L. T.; O'NEILL, R. V.; SMITH, E. R. **Spatial pattern of environmental vulnerability in the Mid-Atlantic region, USA**. Applied Geography, v. 30, n. 2, p. 191– 202, 2010.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A água**. São Paulo, SP: Publifolha, 2005. 120 p.

VALLE, C. E. **Qualidade Ambiental: ISO 14000**. 5 Ed. São Paulo/SP: SENAC, 2004.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. **Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ**. Floresta e Ambiente, v. 23, n. 2, p. 295-308, 2016. ISSN 2179-8087 (online). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.107714> Acesso em: 28 de Set. de 2024.

VALLE, I. C; FRANCELINO, M.R; PINHEIRO, H.S.K. **Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. Floresta e Ambiente**. 23(2): 295- 308, ISSN 2179-8087 (online), 2016.<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.107714>.

VIEIRA, M. de S.B. **Estudo das vazões do sistema aquífero Urucuia em períodos de recessão hídrica**. 2021. 217 f. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas e Geodinâmica) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2021.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 6, n. 11, p. 71-78, 2007.

WOLKMER, M. F. S.; PIMMEL, N. F. **Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental**. Sequência (Florianópolis), n. 67, p. 165- 198, dez. 2013.