



PPGECA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL

REGINA MARIA PEREIRA DE SOUZA

**ROBUSTEZ DO SISTEMA SOCIOECOLÓGICO DOS RESERVATÓRIOS
ENGENHEIRO ÁVIDOS E SÃO GONÇALO – PB**

CAMPINA GRANDE – PB

Julho de 2023

REGINA MARIA PEREIRA DE SOUZA

**ROBUSTEZ DO SISTEMA SOCIOECOLÓGICO DOS RESERVATÓRIOS
ENGENHEIRO ÁVIDOS E SÃO GONÇALO – PB**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Paraíba (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dra. Márcia Maria Rios Ribeiro

Coorientadora: Dra. Daniela de Freitas Lima

CAMPINA GRANDE – PB

Julho de 2023

S729r

Souza, Regina Maria Pereira de.

Robustez do sistema socioecológico dos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo – PB / Regina Maria Pereira de Souza. – Campina Grande, 2023.

101 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2023.

"Orientação: Profa. Dra. Márcia Maria Rios Ribeiro, Profa. Dra. Daniela de Freitas Lima".

Referências.

1. Governança de Recursos Hídricos. 2. Sistema Hídrico. 3. Gestão Hídrica – Princípios de Governança. 4. Semiárido – Reservatórios – Arcabouço de Robustez. 5. Saneamento Ambiental. I. Ribeiro, Márcia Maria Rios. II. Lima, Daniela de Freitas. III. Título.

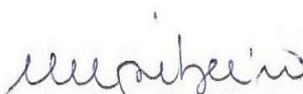
CDU 556.18(043)

REGINA MARIA PEREIRA DE SOUZA

**ROBUSTEZ DO SISTEMA SOCIOECOLÓGICO DOS RESERVATÓRIOS
ENGENHEIRO ÁVIDOS E SÃO GONÇALO – PB**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Paraíba (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

BANCA EXAMINADORA:



Prof.ª. Márcia Maria Rios Ribeiro

Orientadora - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

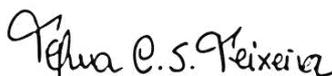
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil



Prof.ª. Daniela de Freitas Lima

Coorientadora - Universidade Federal do Semiárido (UFERSA)

Departamento de Engenharias e Tecnologia



Prof.ª. Telma Cristina Silva Teixeira

Examinadora Externa - Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Departamento de Ciências Sociais Aplicadas



Prof. Camilo Allyson Simões de Farias

Examinador Externo - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental

CAMPINA GRANDE – PB

Julho de 2023



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

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

ATA DA DEFESA PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ALUNO(A): REGINA MARIA PEREIRA DE SOUZA / COMISSÃO EXAMINADORA: DR.^a MÁRCIA MARIA RIOS RIBEIRO - PPGECA/UFCG (PRESIDENTE) - ORIENTADORA, DR.^a DANIELA DE FREITAS LIMA - UFERSA - COORIENTADORA, DR. CAMILO ALLYSON SIMÕES DE FARIAS - UACTA/UFCG – EXAMINADOR EXTERNO, DR.^a TELMA CRISTINA SILVA TEIXEIRA – UEFS - EXAMINADORA EXTERNA (PORTARIA 20/2023). / TITULO DA DISSERTAÇÃO: “ROBUSTEZ DO SISTEMA SOCIOECOLÓGICO DOS RESERVATÓRIOS ENGENHEIRO ÁVIDOS E SÃO GONÇALO – PB” / ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL / HORA DE INICIO: 14:30 HORAS / DE FORMA PRESENCIAL, NO LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA I, BLOCO CR, CAMPUS SEDE DA UFCG, EM CAMPINA GRANDE.

EM SESSÃO REALIZADA EM FORMATO PRESENCIAL, APÓS EXPOSIÇÃO DE CERCA DE 40 MINUTOS, O(A) CANDIDATO(A) FOI ARGUIDO(A) ORALMENTE PELOS MEMBROS DA COMISSÃO EXAMINADORA, TENDO DEMONSTRADO SUFICIÊNCIA DE CONHECIMENTO E CAPACIDADE DE SISTEMATIZAÇÃO NO TEMA DE SUA DISSERTAÇÃO, SENDO-LHE ATRIBUÍDA O CONCEITO “EM EXIGÊNCIA”, SENDO QUE A POSSIBILIDADE DE APROVAÇÃO ESTÁ CONDICIONADA À AVALIAÇÃO DA NOVA VERSÃO DO TRABALHO FINAL, SEGUINDO PROCEDIMENTOS PREVISTOS NA RESOLUÇÃO DO PROGRAMA. O PRESIDENTE DA COMISSÃO EXAMINADORA, OUVIDOS OS DEMAIS MEMBROS, DEVERÁ FICAR RESPONSÁVEL POR ATESTAR QUE AS CORREÇÕES SOLICITADAS NA LISTA DE EXIGÊNCIAS FORAM ATENDIDAS NA VERSÃO FINAL DO TRABALHO. A COMISSÃO EXAMINADORA, CUMPRINDO OS PRAZOS REGIMENTAIS, ESTABELECE UM PRAZO MÁXIMO DE 30 DIAS PARA QUE SEJAM FEITAS AS ALTERAÇÕES EXIGIDAS. APÓS O DEPÓSITO FINAL DO DOCUMENTO DE DISSERTAÇÃO, DEVIDAMENTE REVISADO E MEDIANTE ATESTADO DO ORIENTADOR, O CONCEITO “EM EXIGÊNCIA” PASSARÁ IMEDIATAMENTE PARA O DE “APROVADO”. NA FORMA REGULAMENTAR, FOI LAVRADA A PRESENTE ATA, QUE É ASSINADA POR MIM, FLÁVIO PEREIRA DA CUNHA, SECRETÁRIO, ALUNO E OS MEMBROS DA COMISSÃO EXAMINADORA PRESENTES.

CAMPINA GRANDE, 20 DE JULHO DE 2023



Documento assinado eletronicamente por **MARCIA MARIA RIOS RIBEIRO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/07/2023, às 12:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **TELMA CRISTINA SILVA TEIXEIRA, Usuário Externo**, em 21/07/2023, às 14:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **REGINA MARIA PEREIRA DE SOUZA, Usuário Externo**, em 21/07/2023, às 15:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **FLAVIO PEREIRA DA CUNHA, SECRETÁRIO (A)**, em 21/07/2023, às 15:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



logotipo

Documento assinado eletronicamente por **Daniela de Freitas Lima, Usuário Externo**, em 22/07/2023, às 22:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



logotipo

Documento assinado eletronicamente por **CAMILO ALLYSON SIMOES DE FARIAS, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/07/2023, às 10:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Assinatura

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **3571306** e o código CRC **81EAD4EE**.

Aos meus pais, por todo apoio, dedicação e
exemplos diários de luta.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter iluminado minha jornada e dado força para enfrentar todos os desafios ao longo da minha formação.

Aos meus pais, Antonio Pereira e Maria Edilene, por sempre me apoiarem e serem exemplos diários de luta.

Aos meus irmãos, Rodolpho, Leonardo e Letícia, por sempre me ajudarem e mostrar diariamente a definição de companheirismo.

Ao meu namorado Jonas, que sempre me ajudou, cuidou e se fez presente, enfrentando todas as dificuldades e dando suporte.

À professora Márcia Maria, por todo conhecimento compartilhado, paciência e orientação indispensáveis para a conclusão desse trabalho.

À professora Daniela, por toda ajuda, orientações, dicas e recomendações para o desenvolvimento de todo o estudo.

Aos meus amigos, Jonas Andrade, Ranyelson e Ygor, por não me deixar desanimar um único dia e por todo cuidado.

Aos meus companheiros de estudo, Camila, Diego e Sabrina, por sempre compartilharem conhecimentos, dificuldades e boas risadas.

A minha amiga Danyelle, por sempre estar presente em minha vida, apesar da distância.

RESUMO

Os problemas do semiárido nordestino resultam não apenas da escassez hídrica, mas também da ausência ou da inadequada governança hídrica. O estudo da governança hídrica se intensificou buscando definir formas de mitigar os efeitos danosos e entender as dinâmicas do funcionamento de determinado sistema afetado. Variados métodos de análises focados na governança da água foram concebidos, enfatizando a importância do desenvolvimento de estudos voltados para essa vertente. Nesta pesquisa é apresentada a proposta de analisar a governança do sistema hídrico formado pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, na Paraíba. A área de estudo dispõe de complexidades quanto aos seus aspectos institucionais, como a dupla dominialidade (União e Estado). Para o desenvolvimento da pesquisa foram empregados os sistemas socioecológicos, os princípios institucionais e a análise de robustez. Com a aplicação desses métodos foi possível caracterizar os elementos que compõem o sistema hídrico, compreendendo suas características intrínsecas, os usuários, órgãos gestores, aspectos institucionais em vigor e todas as suas dinâmicas de funcionamento, identificando pontos positivos e negativos. Os resultados mostram que o sistema apresenta aspectos institucionais bem definidos, mas são registradas algumas dificuldades referentes aos seus órgãos gestores e predisposição a situações de estresse hídrico. Os resultados também apresentam algumas limitações quanto à implementação dos instrumentos de gestão na área estudada.

Palavras-chave: Princípios de governança; sistema hídrico; gestão hídrica; semiárido; arcabouço de robustez.

ABSTRACT

The problems of the northeastern semi-arid region of Brazil result not only from water scarcity, but also from the absence or inadequate water governance. The study of water governance has intensified, seeking to define ways to mitigate the harmful effects and understand the dynamics of the functioning of a certain affected system. Various analysis methods focused on water governance were designed, emphasizing the importance of developing studies considering this aspect. In this research, a proposal is presented to analyze the governance of the water system formed by the Engenheiro Ávidos and São Gonçalo reservoirs, belonging to the Piancó-Piranhas-Açu River Hydrographic Basin, in Paraíba. The study area has complexities in terms of its institutional aspects, such as dual ownership (Union and State). For the development of the research, socioecological systems, institutional principles, and robustness analysis were used. Considering the application of these methods, it was possible to characterize the elements that make up the water system, understanding its intrinsic characteristics, water users, water managers, current institutional aspects and all its functioning dynamics, identifying positive and negative points. The results show that the system has well-defined institutional aspects, but some difficulties related to its management and predisposition to water stress situations are recorded. The results also show some limitations regarding the implementation of management instruments in the area.

Keywords: Governance principles; water system; water resource management; semi-arid; robustness framework.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).	27
Figura 2 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu.	34
Figura 3 - Localização do sistema hídrico.	36
Figura 4 - Representação dos usos do sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo.	37
Figura 5 - Composição do Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos.	39
Figura 6- Os subsistemas centrais em uma estrutura para analisar sistemas socioecológicos.	45
Figura 7- Estrutura revisada do sistema socioecológico (SSE) com vários componentes de primeiro nível.	46
Figura 8 - Fluxograma das etapas metodológicas para a análise da governança.	50
Figura 9 - Sistema socioecológico do sistema hídrico estudado.	51
Figura 10 - Demandas totais de retiradas dos reservatórios.	53
Figura 11 – Identificação dos princípios institucionais no sistema hídrico estudado.	60
Figura 12 - Estrutura de Robustez.	63
Figura 13 - Fluxograma das etapas metodológicas desta fase da pesquisa.	68
Figura 14 - Volumes dos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo entre 2011 e 2022.	72
Figura 15- Espacialização das outorgas emitidas no reservatório Engenheiro Ávidos no ano de 2022.	74
Figura 16 - Espacialização das outorgas emitidas no reservatório de São Gonçalo no ano de 2022.	74
Figura 17- Robustez da governança do sistema hídrico dos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo.	76
Figura 18- Layout da estrutura de robustez (Interações negativas).	79
Figura 19- Layout da estrutura de robustez (Interações positivas).	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis de primeiro e segundo nível de um sistema socioecológico.	47
Tabela 2 - Categoria de verbos para apoiar ou inibir a capacidade adaptativa.	64
Tabela 3 - Representação dos arquétipos.	65
Tabela 4 - Termos de alocação negociada de água para os reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo.....	69
Tabela 5 - Usos associados ao reservatório Engenheiro Ávidos.	72
Tabela 6- Usos associados ao reservatório São Gonçalo.	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Atores

ADESE – Agência de Desenvolvimento Sustentável do Seridó

AESA – Agência Executiva de Gestão de Águas dos Estado da Paraíba

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

BHRPPA – Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

CBH-PPA – Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu

CBHs – Comitês de Bacias hidrográficas

CIS – Sistema de infraestrutura acoplada

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

COGERH – Companhia De Gestão De Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPR - Instituições de Recursos Comuns

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

ECO - Ecossistemas relacionados

FERH - Fundo Estadual de Recursos Hídricos

GIRH – Gestão Integrada de Recursos Hídricos

I – Interações

IAD – Análise e Desenvolvimento Institucional

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFOCS – Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

MIDR - Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional

MMA – Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

O – Resultados

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OEA – Organização dos Estados Americanos

ONG – Organização não governamental

OSCIP – Organização da Sociedade Civil de Interesse Público

PISF - Projeto de Integração do Rio São Francisco

PISG – Perímetro Irrigado de São Gonçalo

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PRH – Plano de Recursos Hídricos

Procomitês – Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas

PRONEA – Programa Nacional De Educação Ambiental

PVC – Policloreto de vinila

RFA - Requisito de fluxo Ambiental

RNQA – Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas

RU – Unidades recursos

S - Configurações sociais, econômicas e políticas

SEIMARH - Secretaria de Infraestrutura dos Recursos Hídricos e do Meio Ambiente

SELAP – Sistema Estadual de Licenciamento de atividades Poluidoras

SEMAC – Secretaria Executiva de Meio Ambiente

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SIPGRH – Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos

SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SSE – Sistema socioecológico

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente

UPH – Unidade de Planejamento Hidrológico

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	15
1. INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	18
1.2 OBJETIVOS	20
1.2.1 Geral	20
1.2.2 Específicos	20
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	20
CAPÍTULO II	22
2. REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	22
2.2 ASPECTOS DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	23
2.3 CONFLITOS HÍDRICOS	28
2.4 GOVERNANÇA DA ÁGUA	31
CAPÍTULO III	34
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
3.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU	34
3.2 SISTEMA HÍDRICO DOS RESERVATÓRIOS ENGENHEIRO ÁVIDOS E SÃO GONÇALO	36
3.3 ASPECTOS INSTITUCIONAIS DA ÁREA DE ESTUDO	38
CAPÍTULO IV	44
4. SISTEMA SOCIOECOLÓGICO E PRINCÍPIOS INSTITUCIONAIS	44
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	44
4.1.1 Sistemas Socioecológicos	44
4.1.2 Princípios Institucionais de Ostrom	48
4.2 METODOLOGIA	49
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51

4.3.1	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA SOCIOECOLÓGICO	51
4.3.1.1	Sistemas de recursos (RS)	52
4.3.1.2	Unidades de recursos (RU)	52
4.3.1.3	Atores (A).....	52
4.3.1.4	Sistema de governança (GS)	53
4.3.1.5	Configurações sociais, econômicas e políticas (S).....	54
4.3.1.6	Ecosistemas relacionados (ECO).....	54
4.3.2	ANÁLISE DOS PRINCÍPIOS INSTITUCIONAIS	54
4.3.2.1	Limites claramente definidos	55
4.3.2.2	Congruência entre regras de apropriação, provisão e condições locais	56
4.3.2.3	Arranjos de escolha coletiva	57
4.3.2.4	Monitoramento	57
4.3.2.5	Sanções graduadas.....	58
4.3.2.6	Mecanismos de resolução de conflitos.....	58
4.3.2.7	Reconhecimento mínimo de direitos de organização.....	59
4.3.2.8	Empreendimentos aninhados.....	59
4.4	SÍNTESE DO CAPÍTULO	61
	CAPÍTULO V	62
5.	ROBUSTEZ DA GOVERNANÇA DA ÁGUA	62
5.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	62
5.2	METODOLOGIA	67
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
5.3.1	Entidades que compõem a Estrutura de Robustez	71
5.3.1.1	Infraestrutura Natural	71
5.3.1.2	Usuários de Recursos	72
5.3.1.3	Provedores de Infraestrutura Pública	74
5.3.1.4	Infraestrutura Pública	75

5.3.2	Interações entre os Componentes da Estrutura de Robustez proposta por Anderies, Barreteau e Brady (2019)	76
5.3.3	Interações entre os Componentes da Estrutura de Robustez proposta por Naylor et al. (2019).....	79
5.3.4	Arquétipo da Governança da Água	82
5.4	SÍNTESE DO CAPÍTULO	83
CAPÍTULO VI.....		85
6.	CONCLUSÕES	85
7.	REFERÊNCIAS	88

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental, em decorrência dos fortes danos que podem ser gerados nas vidas das pessoas e no meio ambiente, tem contribuído para relevantes discussões entre a sociedade civil e as organizações políticas. Assim sendo, a partir da década de 1970 houve congressos e ações internacionais com o objetivo de disseminar conceitos voltados para a melhor compreensão da dinâmica do meio ambiente e o desenvolvimento de políticas públicas com foco na sustentabilidade (MACHADO *et al.*, 2013). Nesse sentido, decorrente da ação humana que traz consequências desfavoráveis e apresentam capacidade modificadora no meio ambiente (SILVA; FELIZMINO; OLIVEIRA, 2015), o crescimento dessa problemática é tratado como um fator bastante preocupante.

Apesar das melhorias destinadas às iniciativas governamentais e não-governamentais que tiveram como objetivo garantir melhores condições de aprendizado e educação, conscientizando a população sobre as consequências dos problemas ambientais, a disseminação da degradação ambiental culminou no crescimento da vulnerabilidade socioambiental (JACOBI, 2005). Tais efeitos podem ser revertidos através de um processo de grande complexidade, demandando a melhoria das práticas voltadas à construção social para associar pressupostos, planejamentos, indivíduos e possibilidades em volta de cooperações e associações (JACOBI; FRACALANZA; SILVA-SÁNCHEZ, 2015). Sendo assim, definir os fatores que resultam na degradação do meio ambiente durante o período de crescimento econômico é imprescindível para atingir a compreensão da sustentabilidade (WANG, 2022).

O semiárido nordestino brasileiro é sujeito às grandes influências climáticas, assim, com a má distribuição das precipitações, culmina em um ciclo de escassez de recursos hídricos em um período considerável no decorrer de um ano (SOARES; BARBOSA, 2020). Estes tipos de perturbações demandam a adaptação da população às condições ambientais (PEREIRA; CUELLAR, 2015). Nesse contexto, torna-se indispensável que sejam desenvolvidas uma boa governança e gestão dos recursos hídricos com o objetivo de usar a água da melhor forma possível, mitigando os impactos negativos sobre a comunidade e minimizando ou evitando os conflitos (BEZERRA, 2019).

O debate em torno da governança está sujeito a confrontos subjacentes entre tradições intelectuais e políticas rivais que consideram princípios e valores opostos que podem ser irreconciliáveis (CASTRO, 2007). Define-se governança da água como as normas e princípios,

voltados para os aspectos políticos, administrativos e institucionais, assim como o exercício desses, que especifica o processo decisório, os indivíduos envolvidos e suas solicitações, bem como os responsáveis por articular o seguimento da gestão hídrica (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, 2015).

A governança da água enfrenta distintos desafios, sejam na dimensão social (como as formulações das políticas e distribuição dos recursos hídricos), sejam na dimensão ecológica (como as mudanças climáticas) (SILVA, 2022), além de desempenhar papel fundamental no desenvolvimento de políticas públicas eficazes e hábeis, focando na obtenção do uso dos recursos hídricos sem impactos negativos no meio ambiente (VALDÉS-PINEDA *et al.*, 2014).

Dessa maneira, na resolução de problemas provenientes do setor de água, deve-se estabelecer os fatores que garantem a estabilidade na rede de interesses sem priorizar apenas os benefícios maximizados, a fim de identificar os atores de maior influência, de garantir a rotatividade de informações e de definir soluções colaborativas para obter uma melhor governança dos recursos hídricos (KHARANAGH; BANIHABIB; JAVADI, 2020).

A discussão voltada para a governança da água é bastante complexa, levando em consideração que pode ser feita considerando vários níveis e escalas (JACOBI; FRACALANZA; EMPINOTTI, 2015). “Estruturas formais e informais podem ser desenvolvidas com as partes interessadas de vários níveis administrativos e esferas de influência para negociar o desenvolvimento de ações ou políticas de gestão mutuamente aceitáveis, analisadas coletivamente e implementáveis” (DANIELL; COOMBES; WHITE, 2014). O termo escala é empregado ao considerar faixas graduadas de extensão e níveis de organização ao lidar com classes sem continuidade, sendo estabelecidas oito tipologias: espacial, temporal, administrativa, institucional, gestão, redes, informação e participações (DANIELL; BARRETEAU, 2014).

A definição de gestão de recursos hídricos consiste no “conjunto de processos e ações, cujo objetivo é a regulação do uso, o controle e a preservação da água, regidos por um sólido arcabouço jurídico” (LIMA, 2015). Portanto, é importante que haja o alinhamento entre as políticas e práticas comerciais em conjunto com desígnio de obter usos eficientes e sustentáveis dos recursos hídricos em diferentes níveis (local, regional, nacional e global) (COSGROVE; LOUCKS, 2015).

Observou-se uma evolução nos modelos de gestão dos recursos hídricos ao longo do tempo, iniciando-se a partir da implantação de novos instrumentos legais, da instituição de normas, de mecanismos de financiamentos mais consistentes e voltados para uma gestão mais ampla, e, finalmente, com presença de organismos legais que permitiram, ao longo da história,

alcançar uma descentralização das decisões, uma participação da sociedade mais efetiva e uma integração institucional e ecológica mais eficiente (GORELICK; ZHENG, 2015).

Um dos grandes passos para o âmbito da gestão no território brasileiro foi a regulamentação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), através da Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 ou “Lei das Águas”. A referida lei estabeleceu os instrumentos de gestão, especificando em seus fundamentos uma gestão sem centralização de poder, com participação popular e colegiada através dos comitês de bacias hidrográficas (MARQUES *et al.*, 2021).

Ademais, outro aspecto relevante está associado ao fato das ciências econômicas passarem a se atentar à necessidade de elaboração dos sistemas de gestão de recursos não focando apenas no crescimento econômico, mas também no incentivo da diminuição da degradação ambiental e na melhoria do bem-estar social das comunidades humanas (SIMÕES; MACEDO; BABO, 2011). A inclusão de estudos em ascensão na pesquisa ecológica e socioeconômica colabora substancialmente para a análise das dinâmicas socioecológicas, através de representações, investigações e previsões (SYNES *et al.*, 2019).

Elinor Ostrom (1933- 2012) foi uma das grandes proponentes da democratização da gestão dos recursos naturais (BERNARDINO, 2014). Ostrom foi ganhadora no Prêmio Nobel de Economia de 2009, em honra de suas indispensáveis e pioneiras contribuições para o entendimento dos recursos comuns e a variedade de formas institucionais responsáveis por reger e regular o uso desses recursos (BRYCE, 2012).

Entre as grandes contribuições de Ostrom (1990, 2009) estão a elaboração da estrutura dos sistemas socioecológicos (SSE) e os princípios institucionais (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Esses sistemas estão “relacionados aos sistemas sociais e que são interdependentes de organismos ou unidades biológicas” (ANDERIES; JANSSEN; OSTROM, 2004). Quanto aos princípios de governança, eles têm sido largamente empregados em todo mundo no diagnóstico do funcionamento das instituições de recursos comuns (*CPR - common pool resources*), que apresentam dependência de variadas tipologias de recursos naturais (GARI *et al.*, 2017). Salienta-se que desde a formulação desses princípios com foco na governança sustentável das CPR, a pesquisa nessa área tem-se ampliado e ganho grande relevância em vários níveis de interdisciplinaridade (POBLET; SIERRA, 2020).

Arelada a essa vertente, pode-se abordar a conceituação de resiliência, que consiste na aptidão de um determinado sistema socioecológico se adaptar ou suportar as situações de estresse e perturbações, conservando a sua estrutura (JIMÉNEZ *et al.*, 2020). “Ela é dada em função da magnitude de perturbação que um ecossistema pode sofrer antes de mudar sua

estrutura” (BERROUET; MACHADO; VILLEGAS-PALACIO, 2018). Por sua vez, é possível estabelecer relações entre as conceitualizações de resiliência e robustez (LIMA, 2022).

Para Janssem e Anderies (2007), a robustez é definida como habilidade de um sistema de conservar o seu desempenho, apesar da existência de perturbações internas e externas que podem afetá-lo negativamente. Na realização da análise de robustez é importante que sejam abordadas três questões: “a cooperação e o potencial de ação coletiva devem ser mantidos dentro do sistema social; os SSE são dinâmicos, assim como as regras dos jogos que os agentes jogam entre si; e os sistemas ecológicos podem ocupar vários estados estáveis e movem-se rapidamente entre eles” (ANDERIES; JANSSEN; OSTROM, 2004).

A partir desta metodologia é possível realizar um estudo das interações dinâmicas entre as “variáveis externas” do quadro de Análise e Desenvolvimento Institucional (*IAD - Institutional Analysis and Development*) e as situações de ação, permitindo visualizar a relação entre o sistema de recursos, os seus usuários, infraestrutura e órgãos que podem controlá-los (ANDERIES; JANSSEN, 2013).

Esta pesquisa apresenta como proposta realizar a análise da governança em um sistema hídrico local (o Sistema de Reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, na Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, na porção do Estado da Paraíba), compreendendo os fatores sociais, institucionais e ambientais que influenciam no desenvolvimento da governança e gestão da água. Para isso, serão adotados procedimentos metodológicos considerando o sistema socioecológico (MCGINNIS; OSTROM, 2014), os princípios institucionais de Ostrom (OSTROM, 1990) e a análise de robustez (ANDERIES; BARRETEAU; BRADY, 2019; NAYLOR *et al.*, 2019), permitindo verificar as relações entre os subsistemas que interagem com o sistema de recursos.

1.1 JUSTIFICATIVA

O objeto de estudo é o sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, sendo esses interligados por um trecho do rio Piranhas, de aproximadamente 27 km (SILVA; VIEIRA, 2017). O rio Piranhas localiza-se na Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (BHRPPA), mais especificamente na sub-bacia do Alto Piranhas, no interior da Paraíba.

O sistema está inserido no semiárido nordestino, caracterizado por chuvas concentradas em poucos meses do ano, elevados índices de evapotranspiração e solo cristalino (ANA, 2018a). Essas características colaboram para o surgimento de situações de estresse hídrico. Secas e

crises de falta d'água são problemas cíclicos, retornando com o decorrer do tempo. Nessa conjuntura, tal problemática poderia ser contornada com uma adequada governança da água. Para criar uma nova perspectiva da gestão hídrica em áreas semiáridas, necessita-se da modificação dos aspectos institucionais, que são focados na gestão do abastecimento e não considera a gestão das necessidades da população usuária (ROSADO; MORAIS, 2010).

Entre os anos de 2012 e 2019 observaram-se fortes reduções nos volumes dos reservatórios inseridos no sistema hídrico estudado, podendo-se exemplificar através de registros no ano de 2018, o reservatório Engenheiro Ávidos, que atingiu 3,24 % de sua capacidade (8.251.650 m³ armazenados) e o reservatório São Gonçalo, que alcançou a marca 2.77 % de sua capacidade (1.217.360 m³ armazenados) (AESA, 2023a, 2023b). Nesse período, os volumes armazenados em grande parte dos reservatórios de captação de águas superficiais da região nordeste, caracterizados como principais fontes de abastecimento da região, registraram níveis muito críticos; diante desse cenário, iniciou-se uma grande mobilização dos usuários e gestores em torno da escassez hídrica, com foco no armazenamento e gestão desses (SANTOS; SILVA NETO; CURI, 2020).

Nesse sentido, pode-se afirmar que existem problemas no atendimento das demandas dos usuários por água, colaborando para o surgimento de problemas de abastecimento, conflitos entre usuários, períodos intensos de racionamento, dificuldades no desenvolvimento de atividades de subsistência, crises econômicas e sociais (SOUZA; SILVA; RIBEIRO, 2022). Apesar da crise hídrica ser um problema atual e conhecido, um número cada vez maior de pessoas vive em estresse hídrico já que a água continua a ser mal gerenciada (SILVA; VIEIRA, 2017).

Os reservatórios selecionados apresentam grande importância regional, já que atendem às principais cidades do Alto Sertão da Paraíba. O reservatório Engenheiro Ávidos é responsável pelo abastecimento do distrito de Engenheiro Ávidos e da cidade de Cajazeiras, que se estimava uma população de 62.576 pessoas para o ano de 2021 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2022a). Quanto ao reservatório de São Gonçalo, atende às cidades de Sousa, Marizópolis, Nazarezinho, e, principalmente, atividades provenientes da irrigação, dando-se grande destaque para o Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG), que é caracterizado como maior usuário do sistema (ANA, 2018a).

O sistema apresenta complexidades quanto aos seus aspectos institucionais, pois registra-se uma dupla dominialidade das suas águas, ou seja, domínios da União e do estado. A bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu é compartilhada entre os estados Paraíba e Rio Grande do Norte. Tal situação colabora para o surgimento de dificuldades quanto à tomada de

decisão e atuação dos órgãos gestores, demandando maiores interações entre eles. O sistema se encontra em processo de alocação negociada de água, que teve início no ano de 2015 e define o uso superficial dos reservatórios (ANA, 2015a). O sistema é receptor das águas do Rio São Francisco, conforme é previsto nos Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (MINISTÉRIO DE INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2013).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Analisar a governança do sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, na Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, na Paraíba, considerando o seu sistema socioecológico, os princípios institucionais clássicos e uma estrutura de robustez.

1.2.2 Específicos

- Caracterizar o sistema dos atores e suas interações nos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, priorizando seus aspectos institucionais;
- Definir o sistema socioecológico do caso estudado e verificar a presença ou ausência dos princípios institucionais;
- Analisar a robustez do sistema socioecológico e a interação entre os subgrupos que englobam a situação;
- Comparar diferentes metodologias de análise de robustez.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação dispõe de seis capítulos. No primeiro capítulo são apresentados os aspectos introdutórios associados à temática do estudo. Neste capítulo, inicialmente são elencados os conceitos iniciais relevantes referentes à governança da água e a ao contexto em que o sistema hídrico em estudo está inserido. Posteriormente, é justificada a escolha do objeto de estudo e os respectivos objetivos (geral e específicos) da presente pesquisa.

O segundo capítulo apresenta o referencial teórico, abordando os conceitos relacionados à governança e gestão da água, aos aspectos institucionais da gestão hídrica no Brasil e aos

conflitos hídricos. No terceiro capítulo é feita a caracterização do objeto de estudo, que consiste no sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo.

No quarto e quinto capítulo são aplicadas as metodologias de análise da governança do sistema hídrico estudado. Inicialmente, estuda-se o sistema socioecológico e os oito princípios institucionais. Posteriormente, é feita a análise de robustez considerando dois métodos. No sexto capítulo, por fim, são apresentadas as conclusões.

CAPÍTULO II

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A gestão de recursos hídricos apresenta como objetivo executar métodos que colaborem para a obtenção, através dos usos dos recursos hídricos, de resultados positivos maximizados para a população em geral, garantindo de forma paralela o uso e a manutenção constante da água, realizados adequadamente, sem causar danos ao meio ambiente (CARBONARI, 1997). Logo, a gestão desenvolve variadas funções, podendo haver a mudança de metas e prioridades ao longo do tempo (NAZEMI; WHEATER, 2015).

“A gestão dos recursos hídricos implica em um conjunto de ações estratégicas de planejamento que deverão ser consideradas ao nível da bacia hidrográfica, sempre incluindo a participação pública e as organizações institucionais” (ROSADO; MORAIS, 2010). Ela é passível dos mais diversos desafios, sendo necessário um enfoque que envolva os sistemas físicos e construídos, políticas e elementos socioeconômicos, ressaltando que esses aspectos são associados à gestão integrada de recursos hídricos (GIRH) (GOHARIAN *et al.*, 2017).

Para que a gestão de recursos hídricos seja desenvolvida adequadamente é importante que sejam aplicados conhecimentos das ciências físicas e tecnológicas que apresentem relevância, bem como, sejam considerados os aspectos políticos, sociais e institucionais que possam confrontar os responsáveis pelo planejamento e gestão dos recursos hídricos (LOUCKS; BEEK, 2017). Além disso, deve-se admitir os impactos negativos provenientes das mudanças climáticas e o aumento dos usos associados aos recursos hídricos, que demandam adequações das políticas hídricas e o desenvolvimento de estratégias eficientes para minimizar danos (MIRDASHTVAN *et al.*, 2021).

Entre os principais objetivos da gestão das águas estão: o uso adequado dos recursos relacionados à água extraída do ambiente; a internalização do abastecimento, visando o seu aumento e a redução da dependência da água removida da natureza, buscando formas alternativas de fonte de água; a proteção da água, referindo-se à gestão dos recursos hídricos admitindo armazenamentos, qualidades e vazões; o reconhecimento das variadas finalidades da água, indo além do atendimento das necessidades básicas ligadas ao uso da água potável (RENOUF *et al.*, 2017).

Quanto aos principais desafios e dificuldades para a avaliação da gestão dos recursos hídricos, pode-se elencar: o déficit de abordagens universais que possam quantificar a gestão de um determinado recurso hídrico ou estabelecer uma métrica como base para comparativos entre esses recursos; o impedimento de que o Requisito de Fluxo Ambiental¹ (RFA) seja o fator primordial para a sobrevivência do sistema; a falta de base de dados para abordar de forma quantitativa os impactos provenientes das políticas de gestão, aspectos naturais e provenientes da ação humana (NADERI, 2021).

2.2 ASPECTOS DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

Considerando a gestão de recursos hídricos no Brasil, o grande marco para o início das abordagens relacionadas a essa temática ocorreu através do Código das Águas, estabelecido através do Decreto nº 24.643/1934 (LIMA, 2022). Um dos aspectos admitidos era que o uso das águas no país era gerido por uma legislação antiga e que demandava atualizações, pois não garantia atendimento das necessidades da população (BRASIL, 1934).

Posteriormente foi instituída a Lei nº 9.433/1997, que estabeleceu a PNRH e definiu os órgãos em diferentes níveis de poderes públicos (municipais, estaduais e federais) que desempenham papéis voltados para a gestão de recursos hídricos, assim como os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) admitidos na integração do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (RIBEIRO; HORA, 2019).

A PNRH apresenta um modelo de governança sem centralizações de poder, havendo a integração entre os estados e a União; também apresenta um modelo participativo, através da instalação dos CBHs, que engloba o poder público, os usuários de recursos e a sociedade civil (ANA, 2022a). No Artigo 1º da Lei nº 9.433/1997 são estabelecidos os fundamentos da PNRH:

A água é um bem de domínio público; natural limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve garantir o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do SINGREH; a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

Da mesma forma, a lei 9.433/1997 estabeleceu os seguintes instrumentos de gestão: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes de usos

¹ Fração de água doce necessária para sustentar um ecossistema dependente deste recurso (VANHAM *et al.*, 2018).

preponderantes; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Os Planos de Recursos Hídricos (PRH) correspondem aos documentos que estabelecem o cronograma que envolve as decisões voltadas para os recursos hídricos de uma determinada região, especificando dados sobre a gestão, investimentos, projetos e suas execuções (ANA, 2022b). Segundo o Ministério de Desenvolvimento Regional (2022), através do PRH são feitas as orientações para a implementação da PNRH. A Resolução CNRH n° 232/2022, aprovou o novo plano nacional com vigência entre anos de 2022 e 2040.

O enquadramento de corpos de água é caracterizado como um instrumento voltado para o planejamento, uma vez que se baseia nos níveis de qualidade do recurso hídrico, definindo os fatores que devem ser mantidos para atender os padrões estabelecidos pela comunidade (ANA, 2023a). Além disso, para a determinação da classe do rio, são admitidos parâmetros que verificam a qualidade da água com base no acompanhamento e monitoramento realizados de forma contínua (COSTA *et al.*, 2019).

Dessa maneira, as principais regulamentações para enquadramento de recursos hídricos consistem em resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH): Resolução CONAMA n° 357/2005, Resolução CONAMA n° 397/2008, Resolução CNRH n° 91/2008 e a Resolução CONAMA n° 396/2008 (ANA, 2023b). A primeira “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências” (CONAMA, 2005). A segunda apresenta modificações na Resolução CONAMA n° 357/2005. A terceira elenca os “procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos” (CNRH, 2008). E a última aborda a “classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências” (CONAMA, 2008).

Quanto às outorgas, elas possuem como objetivo assegurar o domínio da qualidade e quantidade dos usos da água, consistindo em um documento emitido pelo poder público, através do qual é permitido ao outorgado usufruir de forma direta dos recursos hídricos (RODRIGUES; LEAL, 2019). A Resolução CNRH n°16/2001 apresenta diretrizes quanto às outorgas, sendo definidas como o “ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao outorgado previamente ou mediante o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato, consideradas as legislações específicas vigentes” (CNRH, 2001). Têm-se ainda a Resolução CNRH n°65/2006, que apresenta as

especificações e mecanismos para obter a outorga de direito de uso em concordância com as diretrizes das licenças ambientais (CNRH, 2006).

Brito e Aguiar (2019) abordam que a cobrança apresenta como objetivo racionalizar o uso da água, proporcionando a redução de inconsistências regionais de quantidade e qualidade hídrica, assim como a percepção dos usuários sobre as consequências negativas no meio ambiente decorrentes do uso indevido da água. Esse instrumento de gestão não consiste em um tributo ou taxa, mas no pagamento referente ao uso de um bem comum (ANA, 2023c). A Resolução CNRH nº 48/2005 apresenta os critérios para a realização da cobrança com base nos usos dos recursos hídricos (CNRH, 2005).

O instrumento do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), consiste em um conjunto de dados voltados para os recursos hídricos e sua gestão, apresentando especificações sobre a forma de arrecadação de informações, tratamento, provisionamento e recuperação (ANA, 2022c). O SNIRH é a base para disponibilização das informações sobre águas no Brasil, o que contribuirá para a difusão do conhecimento sobre recursos hídricos (ANA, 2023d). Atrelada a essa vertente, o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos desempenha um papel significativo para analisar o nível de implementação do PNRH, sendo a elaboração metódica e regular desses relatórios atribuída à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), através da Resolução CNRH nº 58/2006 (ANA, 2023e).

Acerca do desenvolvimento da gestão de recursos hídricos no Brasil, o SINGREH desempenha papel primordial, englobando um conjunto de órgãos e colegiados, conforme é apresentado na Lei nº 9.433/1997. O SINGREH é composto pelo:

Conselho Nacional de Recursos Hídricos; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os Comitês de Bacia Hidrográfica; os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; e as Agências de Água (BRASIL, 1997).

Mudanças significativas para a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) foram observadas a partir de janeiro de 2019 com a Medida Provisória (MP) nº 870/2019, a qual foi convertida na Lei nº 13.844/2019. Essa Lei definiu como uma das áreas de competência do então Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR), a Política Nacional de Recursos Hídricos – que deixou, portanto, de estar vinculada ao então Ministério do Meio Ambiente (MMA). Pela Lei nº 13.844/2019, o CNRH passou a integrar a estrutura básica do MDR, bem como a então Agência Nacional de Águas (ANA). Essa, pela Lei nº 14.026/2020 (novo marco legal do saneamento) passa a se chamar Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

(permanecendo a sigla ANA), com competência para instituir normas para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico.

A Medida Provisória nº 1.154 de janeiro de 2023 estabeleceu uma nova organização para os Ministérios, incluindo o retorno da ANA para o MMA. O Decreto nº 11.349/ 2023 modifica o nome do MMA para Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. A MP nº 1.154 foi bastante alterada no Congresso Nacional, com reflexos para o setor de recursos hídricos (com a PNRH, incluindo a ANA, retornando para o agora Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR)). A Lei nº 14.600/2023 (de 19 de junho de 2023 – conversão da MP nº 1.154) foi vetada pela Presidência da República em artigos de interesse do setor hídrico. Os vetos fazem retornar a PNRH para o MMA com a permanência da ANA no MIDR. As razões para os vetos foram (Mensagem nº 278/2023 da Presidência da República – DOU 20/06/2023):

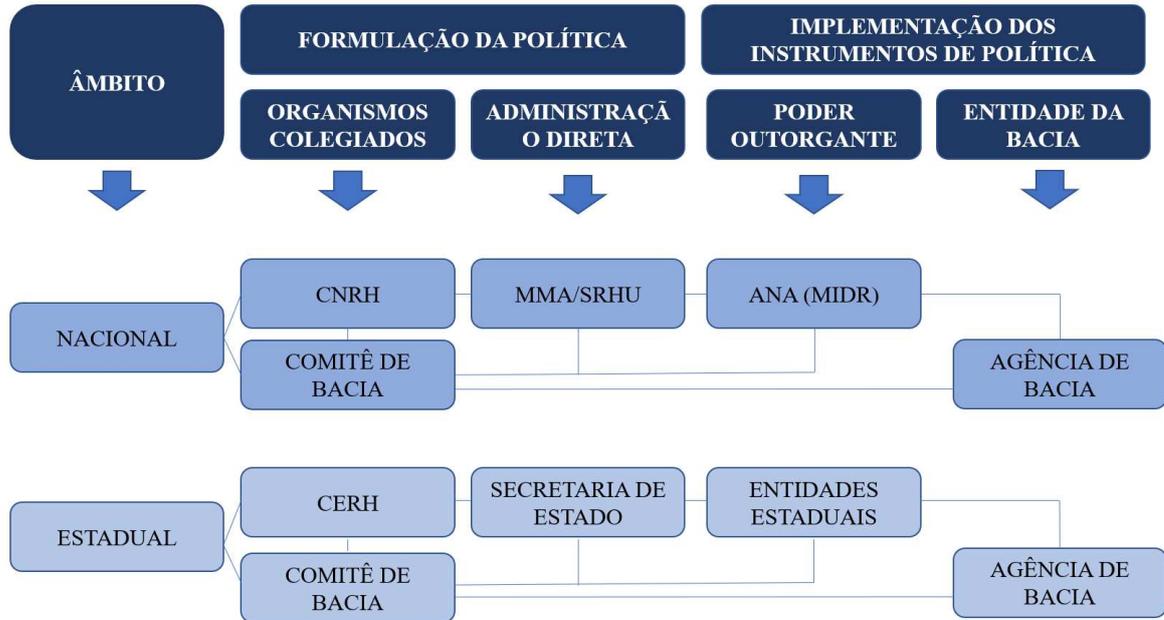
“[...] Em que pese a boa intenção do legislador, a proposição legislativa contraria o interesse público, pois a gestão das águas é tema central e transversal da política ambiental, da qual a água constitui um dos recursos ambientais da Política Nacional do Meio Ambiente, conforme disposto no inciso V do caput do art. 3º da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. O êxito da implementação das Políticas Nacionais de Recursos Hídricos e de Meio Ambiente, que historicamente no Brasil foram desenvolvidas de forma alinhada, serviu de referência para a construção dos modelos estaduais de gerenciamento de recursos hídricos e meio ambiente, inspirados no modelo da União, facilitou a articulação e o alinhamento necessários para a gestão das águas em suas diferentes dominialidades.”

“A proposição legislativa estabelece que os planos, os programas, os projetos e as ações de gestão de recursos hídricos constituiria área de competência do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional.

Em que pese a boa intenção do legislador, a proposição legislativa contraria o interesse público, pois a gestão de recursos hídricos abrange aspectos que vão além da garantia da infraestrutura hídrica, o que pressupõe compreender a água como um bem de domínio público, cuja disponibilidade em qualidade e em quantidade, como insumo para as atividades humanas, é indissociável da manutenção dos processos ecológicos e sua interação com a adaptação às mudanças climáticas.”

A matriz e esquematização de funcionamento do SINGREH está apresentada na Figura 1, conforme estabelecido pela Lei nº 14.600/2023, sendo admitidos, porém, os vetos dessa. Entretanto sabe-se que a estrutura do SINGREH, poderá sofrer modificações se os vetos não forem aceitos pelo Congresso Nacional.

Figura 1 - Composição do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) considerando os vetos na Lei nº 14.600/2023.



Fonte: Adaptado de ANA (2023f).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) é um espaço colegiado que faz parte do SINGREH, responsável pelo desenvolvimento de normas e deliberações, que possui o objetivo de regulamentar e orientar a aplicação da PNRH (COSTA; MERTENS, 2015). Esse órgão é regulamentado pelo Decreto nº 10.000/2019.

O CNRH foi criado através da Lei nº 9.433/1997, tendo entre as suas atribuições garantir a promoção do planejamento dos recursos hídricos em vários níveis (local, estadual, regional e nacional) (BRASIL, 1997). O Conselho “é composto por 37 membros com representações do Governo Federal (ministérios), Conselhos Estaduais e Distrital de Recursos Hídricos, Setores Usuários e Organizações Civas” (BRASIL, 2022b). De acordo com a Resolução CNRH nº 215/2020, os membros do CNRH são definidos pelo Ministro de Estado do Desenvolvimento Regional para exercer mandato com permanência de quatro anos.

As discussões para a criação da ANA se iniciaram em 31 de dezembro de 1997 através do projeto de lei com especificações sobre a sua criação acompanhado da exposição de motivos, em concordância com o Art. 53 da Lei 9.433/1997 (ANA, 2022d). A Lei nº 9.984/2000 criou a ANA como a entidade federal de implementação da PNRH, integrante SINGREH. Recentemente ela passou a ser a responsável, também, pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico (BRASIL, 2000).

Considerando o nível estadual, há os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERHs). Entre as suas atribuições destacam-se o fato de ponderar e fiscalizar a aplicação do

Plano Estadual de Recursos Hídricos, proporcionando o desenvolvimento de políticas em escala local voltadas para os recursos hídricos, além de auxiliar na resolução de conflitos dados pelo uso de águas sobre jurisdição estadual (ANA, 2022e).

Para a escala de bacia, os comitês de bacia (CBHs) são responsáveis por descentralizar a gestão, contando com a participação de entidades governamentais, usuários de recursos e da sociedade civil (TRINDADE; SCHEIBE, 2019). Trindade *et al.* (2022) abordam que os comitês desempenham importante papel ao atuarem na promoção da gestão integrada de recursos hídricos, com destaque para a escala local.

Por fim, as Agências de Água apresentam a finalidade específica de fornecer suporte administrativo e técnico aos CBHs. Além disso, desenvolvem, também, análises e pesquisas voltadas para a gestão de recursos em determinada área e exerce, entre as suas atividades, a função de secretaria executiva (ANA, 2022f).

2.3 CONFLITOS HÍDRICOS

Quando se utiliza o termo “conflito” é comum que se faça uma associação direta com elementos desfavoráveis, tais como como a presença de violência, estresse e potencial para desentendimentos. Para Robbins (2005), seguindo uma perspectiva tradicional que prevalecia entre as décadas de 1930 e 1940, o conflito era compreendido como um distúrbio decorrente da falta de comunicação, déficit de abertura e de confiança entre as pessoas, também era compreendido como consequência do não atendimento das demandas de funcionários solicitadas aos seus superiores. Porém, ao estudar essa temática, uma ampla gama de fatores precisa ser considerada, desde os aspectos sociais causadores até a aplicação de variados métodos de resolução.

Conflitos são frutos de relações e ligações, tendo em vista que essas interações sociais podem manifestar interdependências que se sobressaem sobre os interesses individuais e fazem parte da formação de identidade dos indivíduos (PIGNATELLI, 2010). As discussões sobre essa temática englobam um processo bastante abrangente, já que o conflito pode surgir em decorrência de uma série de fatores objetivos e subjetivos que demandam uma resolução sustentável (CAP-NET, 2012).

No domínio dessa temática, é possível observar diversas categorias de conflitos passíveis de exploração, incluindo os conflitos de natureza ambiental, que receberam considerável destaque ao longo dos últimos anos. Com frequência, a sociedade tem se deparado com a ideia de “crise ambiental”, a qual está intrinsecamente ligada à noção de um possível

colapso, em consonância com a teoria malthusiana. Essa teoria admite a relação entre a quantidade crescente de habitantes diante de um território e uma quantidade finita de recursos (ACSELRAD, 2004).

Há variados interesses em torno dos usos dos recursos naturais que geram disputas ambientais, associadas a questões históricas, culturais, sociais, econômicas, políticas, entre outros (KLUNK; MAZZARINO, 2017). Os autores destacam a complexidade em específico dos conflitos hídricos, já que a água é um elemento primordial para a perpetuação da vida. A problemática deve ser sanada através da realização de uma boa governança dos recursos hídricos, havendo a interação e a comunicação com a população afetada.

Conflitos hídricos são definidos como desentendimentos que ocorrem com o envolvimento de variadas organizações, sendo causados geralmente pela falta ou escassez de água para atender as demandas dos usuários e pela perda da qualidade da água devido à sua degradação e pela ação poluidora, culminando em conflitos entre os causadores da poluição e os usuários situados à jusante no sistema, sendo esses afetados negativamente (GOMES; SALVADOR; LORENZO, 2021).

Para Pentead, Almeida e Benassi (2017), o estudo de conflitos decorrentes do uso de recursos hídricos em reservatórios colabora para o entendimento da gestão desenvolvida pelos órgãos competentes e auxilia na investigação de passivos ambientais; entende-se que o crescimento desses passivos pode acentuar os conflitos já existentes e demandam uma gestão participativa que englobe a sociedade civil. Os autores ainda abordam que é indispensável que os atores que participam ativamente na gestão desses recursos tenham conhecimento dos possíveis riscos e das suas consequências, buscando disseminar para a sociedade em geral informações voltadas para a conservação da água e o seu uso consciente.

Vários interesses concorrentes em relação ao uso da água que abrangem quantidade e qualidade e a relação com geração de energia, irrigação, indústria e demanda doméstica (RICHTER; JACOBI, 2018). A maior parte dos conflitos hídricos ocorre devido a quantidade de água disponível para o uso, tal disponibilidade é fortemente influenciada por aspectos climáticos e situações de seca hídrica, culminando em desentendimentos entre os usuários (CAP-NET, 2012). Esses atritos retratam as interações socioambientais dos sistemas hídricos, os seus aspectos institucionais, as demandas e histórias dos indivíduos, assim como as respostas do ecossistema que caracterizam a formação do sistema em questão (CHILIMA *et al.*, 2021).

Admitindo o contexto nacional, Simplício (2016) afirma que “apesar de sua aparente abundância e da posição privilegiada do Brasil no cenário mundial, os recursos hídricos têm sido objeto de conflitos pelos múltiplos usuários diante do aumento da demanda”. O Brasil

apresenta elevados índices de disparidade na distribuição geográfica das suas fontes de água, associados ao aumento da poluição, crescimento populacional desenfreado e escassez hídrica; tais fatores são responsáveis pelo elevado potencial de geração de conflitos (GOMES; SALVADOR; LORENZO, 2021).

Richter e Jacobi (2018) abordam que entre as dificuldades associadas aos conflitos hídricos, destaca-se a conciliação entre o papel do Estado que atua como um ente normativo e financiador de projetos estratégicos de preservação dos recursos hídricos e a sua prática na resolução das relações conflituosas na base do sistema de gestão. Dessa maneira, entende-se que a governança associada a um sistema de gestão eficiente desempenha papel primordial para evitar possíveis conflitos entre os usuários de recursos hídricos.

De acordo com a Ouvidoria Geral da União (2016), há algumas modalidades de resolução de conflitos que abordam possíveis formas de encaminhamento e tratamento das controvérsias, oferecendo três opções para o tratamento e acompanhamento das divergências: “resolver a questão utilizando a força (autotutela ou autodefesa), buscar uma solução por meio do diálogo e do consenso (autocomposição) ou buscar a solução por meio da decisão de um terceiro (heterocomposição)” (BRASIL, 2016).

Quando o caráter conflituoso é abordado em relação à temática de recursos hídricos, deve-se considerar seus aspectos comerciais e características primordiais quanto aos seus interesses de uso, visualizando como o conflito pode ser tratado com diálogo, permitindo, assim, a inclusão dos envolvidos e metodologias que possam estimular a participação dos mesmos, como a mediação e a educomunicação socioambiental², que dispõem de grande contribuição para o desenvolvimento do sistema de governança (KLUNK; MAZZARINO, 2017).

A resolução dos embates associados ao uso dos recursos hídricos representa um desafio considerável. Isso ocorre porque essa resolução está diretamente ligada aos direitos assegurados pela Constituição Federal, os quais devem ser exercidos sem comprometer as gerações atuais e vindouras. Essa abordagem visa garantir uma boa qualidade de vida e disponibilidade hídrica dentro das especificações normativas e adequadas para a utilização (SIMPLÍCIO, 2016).

² “Conjunto de ações e valores que correspondem à dimensão pedagógica dos processos comunicativos ambientais, marcados pelo dialogismo, pela participação e pelo trabalho coletivo” (PRONEA, 2003).

2.4 GOVERNANÇA DA ÁGUA

O Conselho dos Direitos Humanos da ONU, através das resoluções números 15/9 de 2010 e 11/8 de 2011, passou a reconhecer o direito à água como fundamental e configura-se como um reconhecimento de vasta abrangência. Este reconhecimento possui o potencial de servir como fundamento para a instauração de futuras legislações nacionais, ao passo que pode fortalecer aquelas que já contemplam esse direito. Além disso, esse marco representa um passo importante na busca corrente pela proteção da água (BOLSON; HAONAT, 2016).

Ao analisar o contexto histórico, é evidente que as sociedades em geral dependeram continuamente do uso da água para a sua sobrevivência, para fomentar seu crescimento econômico e enriquecer seu aspecto cultural. Ao longo do tempo, sempre foram sendo erguidas construções voltadas para a reserva de água, para a sua canalização e até mesmo a exploração de fontes subterrâneas através de poços. No entanto, ainda que com tanta história experienciada, são registrados problemas de abastecimento nos mananciais hídricos, sendo causados principalmente pelo aumento populacional, pela escassez de recursos hídricos, pelo uso desordenado e inadequado dos recursos e problemas climáticos (VASCONCELOS *et al.*, 2016).

Estudando os Fóruns Mundiais de Água, observa-se que a crise hídrica está fundamentalmente associada a uma crise no gerenciamento e na governança dos recursos hídricos. Nesse contexto, o poder público desempenha um papel crucial, especialmente em países em desenvolvimento, que na maioria das vezes não dispõem de competências técnicas e financeiras para atender todas as solicitações do setor de recursos hídricos (FREITAS; MARTINS, 2021).

Essas discussões também se ampliaram com relação à temática da governança da água, que engloba uma variedade de conceitos e abordagens (BEZERRA, 2019). A governança da água pode ser definida como a estrutura abrangente que estabelece objetivos, orienta as estratégias para sua realização e monitora os resultados (WOODHOUSE, MULLER, 2017). A literatura reforça essa conceitualização, associando o termo à novas formas de normatização, autoridade, legalidade e coordenação, englobando aspectos que vão em desencontro da perspectiva clássica e hierárquica adotada pelo o Estado (BIERMANN *et al.*, 2010). A governança “é ambivalente podendo estar direcionada tanto à participação da cidadania e à sustentabilidade dos recursos hídricos, como à prevalência de decisões técnicas relacionadas à gestão de infraestruturas voltadas para atender à demanda” (WOLKMER; PIMMEL, 2013).

Diante disso, o conceito da governança pode ser baseado na concepção de ser fruto da ação de múltiplos atores, dando-se destaque para o estado. Nesse sentido, deve-se inserir as novas perspectivas da administração pública e gestão de políticas públicas, especialmente nas situações em que se pretende incluir novos atores sociais no processo de tomada de decisão, com o objetivo de promover uma melhor gestão e avançar para a realização de processos democráticos (JACOBI; FRACALANZA; SILVA-SÁNCHEZ, 2015).

A governança hídrica também pode ser associada à determinação de um sistema de leis, regulamentos e procedimentos que refletem as concepções e perspectivas da população que é impactada e influenciada pelo marco normativo em questão (BOLSON; HAONAT, 2016). Os autores abordam que ela é realizada através da participação, comprometimento e de acordos de múltiplos atores, também denominados *stakeholders*, da descentralização de poder, que é transferido para o governo local (*empowerment*), da singularidade da gestão por bacias hidrográficas, bem como por métodos de resoluções de conflitos.

O conceito de governança hídrica é associado a práticas voltadas à articulação, execução e gestão de políticas em torno dos recursos hídricos e de políticas sustentáveis que são fundamentadas em aspectos sociais, econômicos e ambientais, sendo também adotadas na elaboração de políticas ambientais, em conjunto com os fatores climáticos e o uso errôneo da água (VASCONCELOS *et al.*, 2016). Procura-se entender a governança da água como processo político-institucional e socioecológico, que compreende como a sociedade civil, estado e mercado realizam a organização de suas redes para a governança do recurso natural (MARQUES *et al.*, 2020).

Para alguns, a governança é um instrumento, um meio para alcançar certos fins, um conjunto de ferramentas administrativas e técnicas que podem ser usadas em diferentes contextos para atingir um determinado objetivo, como a aplicação de uma determinada política de água. Para outros, governança é um processo que envolve não a implementação de decisões tomadas por especialistas e detentores do poder, mas sim o debate de projetos de desenvolvimento social alternativos, muitas vezes rivais, e a definição dos fins e meios que devem ser perseguidos pela sociedade, por meio de um processo de participação democrática substantiva. Além das concepções contrastantes de governança discutido aqui, também existem diferentes tradições intelectuais e políticas, alguns deles defendendo posições inconciliáveis, que informam entendimentos díspares e práticas de governança (CASTRO, 2007).

Nesse aspecto, a governança hídrica dispõe de grande relevância ao ser tratada como um instrumento que colabora para a resolução de problemáticas voltadas para a disponibilidade de recursos hídricos, conflitos entre usuários e vários níveis de jurisdição do processo decisório em bacias hidrográficas (TRINDADE; SCHEIBE; COSTA RIBEIRO, 2018). Ela pode ser

adotada como uma ferramenta de apoio para empregar conceitos ecológicos e sustentáveis no desenvolvimento e execução de políticas públicas, colaborando para a resolução de problemas e crises. (SILVA, 2021).

Fukuyama (2016) elenca que existem três abordagens centrais relacionadas à governança:

- Governança internacional - governança como cooperação internacional por meio de órgãos não soberanos fora do sistema estatal;
- Boa governança - governança como administração pública;
- Governança sem governo - governança como a regulação do comportamento social por meio de redes e outros mecanismos não hierárquicos.

Dessa maneira, existem ainda outras abordagens relevantes para a discussão da governança hídrica, a saber: definir os participantes que podem participar do processo decisório; especificar as proporções territoriais e políticas delimitadas para a operação da governança, bem como definir as especificidades que devem ser admitidas no processo de alocação de água (WOODHOUSE, MULLER, 2017).

A governança da água pode contribuir significativamente para a concepção e implementação de políticas públicas mais robustas, envolvendo uma responsabilidade partilhada entre diferentes níveis de governo, sociedade civil, empresas e o mais alargado leque de partes interessadas que tenham um papel importante a desempenhar ao lado dos decisores políticos para que se colham os benefícios económicos, sociais e ambientais de uma boa governança da água (OCDE, 2015).

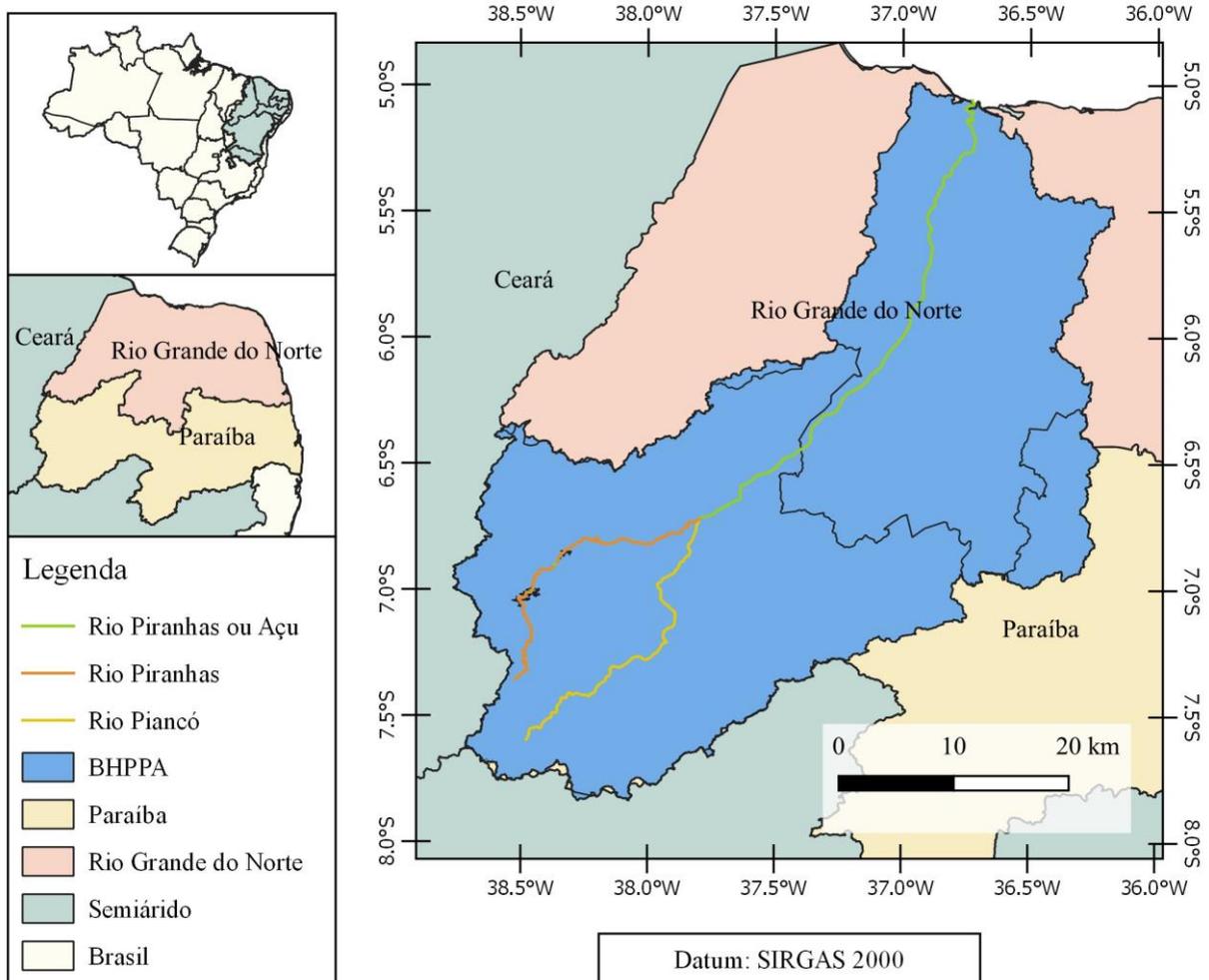
CAPÍTULO III

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU

O sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, foco do presente estudo, está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (BHRPPA). Essa bacia está localizada nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte (Figura 2), apresenta uma distribuição territorial de 60% e 40% respectivamente e dispõe de uma área de drenagem de 43.683 km². Além disso, a bacia abrange um total de 147 municípios (ANA, 2018a).

Figura 2 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu.



Fonte: LIMA (2022), IBGE (2022b), ANA (2022g).
Elaboração gráfica de autoria própria (2022).

Considerando os aspectos hidrográficos da bacia em questão, delimita-se o curso do “rio Piancó, desde a sua nascente, no município de Santa Inês/PB, até a confluência com o rio Piranhas; pelo rio Piranhas, até o reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, entre os municípios de São Rafael/RN e Assú/RN; e pelo rio Açu, até a foz, na cidade de Macau/RN” (ANA, 2021a). Os primeiros rios, Piancó e Piranhas, têm origem no estado paraibano. Após a junção de suas águas, apenas o rio Piranhas continua sua jornada em direção ao Rio Grande do Norte, onde passa a ser chamado de rio Açu, até lançar suas águas no mar (ANA, 2018a).

A perenidade do fluxo dos rios é garantida por dois reservatórios de regularização que compõem o sistema Curema-Açu, sendo eles: “Coremas – Mãe d’Água, localizado na Paraíba, com capacidade de 1,360 bilhões de m³ e vazão regularizada (Q 95%) de 9,5 m³/s; e a barragem Armando Ribeiro Gonçalves (ARG), no Rio Grande do Norte, com 2,400 bilhões de m³ e vazão regularizada de 17,8m³/s (Q 90%)” (CBH-PPA, 2023a).

O regime hidrológico dos rios citados é notavelmente condicionado pelos aspectos climáticos característicos do semiárido. Nessa região, devido aos períodos de chuva reduzidos ao longo do ano, ocorrem variabilidade das vazões, da qualidade da água e da quantidade de sedimentos, tais variações estão intrinsecamente ligadas à disponibilidade volumétrica de recursos hídricos superficiais, tendo-se ainda, as características geomorfológicas e cobertura vegetal (QUEIROZ; DANTAS; SILVA, 2013). Nesse contexto, o arrastamento de sedimentos é correlacionado às características específicas da região, de modo que no início das chuvas as vegetações estão sem folhagem, deixando o solo suscetível à ação da erosão (FERREIRA *et al.*, 2013).

A bacia foi subdivida em Unidades de Planejamento Hidrológico (UPH), definidas como áreas que dispõem de uma homogeneidade de características voltados para sua a hidrologia, hidrografia e geomorfologia, colaborando para o desenvolvimento dos processos organizacionais, gestão e o uso dos recursos hídricos disponíveis (ANA, 2016a). Nesse sentido, são registradas 11 UPH’s, sendo elas: “Piancó, Alto Piranhas, Peixe, Espinharas, Médio Piranhas Paraibano, Seridó, Médio Piranhas Paraibano/Potiguar, Médio Piranhas Potiguar, Paraú, Pataxó, Bacias Difusas do Baixo Açu, e Bacia Piancó-Piranhas-Açu” (ANA, 2018a).

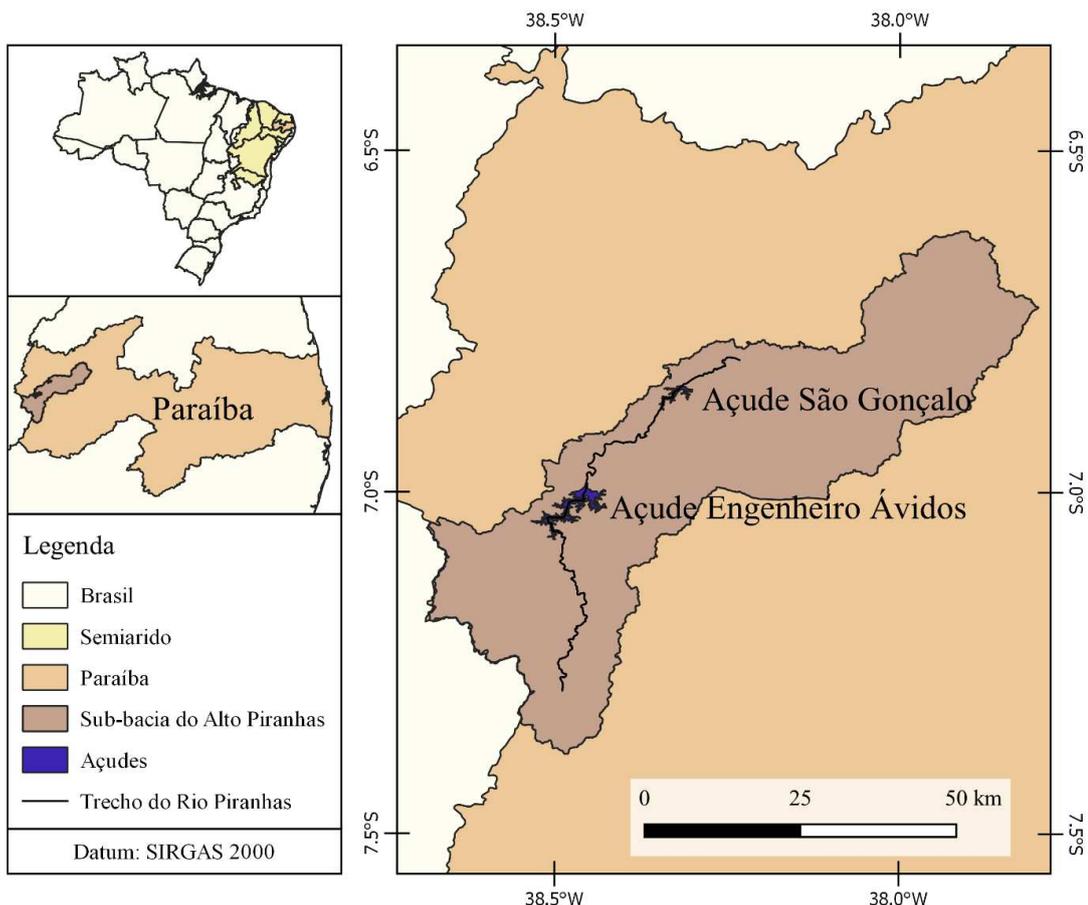
Entre as sub-bacias inseridas na grande BHRPPA, está a sub-bacia do Alto Piranhas, dispendo de uma área de 2.562 km², o que equivale a 5,9% da área total da bacia (ANA, 2018a). Essa sub-bacia está localizada em uma região caracterizada por baixa intensidade pluviométrica, com os períodos de precipitação concentrados em poucos meses. Essa característica a torna suscetível a períodos prolongados de seca, os quais podem comprometer os volumes dos seus reservatórios, bem como diversas atividades de subsistência e

abastecimento humano. Caso não ocorra uma gestão hídrica eficaz, essa situação pode acarretar em graves desafios sociais, políticos e econômicos.

3.2 SISTEMA HÍDRICO DOS RESERVATÓRIOS ENGENHEIRO ÁVIDOS E SÃO GONÇALO

O sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo (Figura 3), correspondem a reserva hídrica superficial de maior destaque inserida na sub-bacia do Alto Piranhas, sendo interligados por um trecho de 27 km do rio Piranhas (SILVA; VIEIRA, 2017). Ambos foram finalizados no ano de 1936, tendo como responsável pela sua infraestrutura o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), conhecido anteriormente como Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS), que, fundada em 1909, desempenhou importante papel em criar condições favoráveis para a execução de diversas obras na região (CARVALHO, 2018).

Figura 3 - Localização do sistema hídrico.

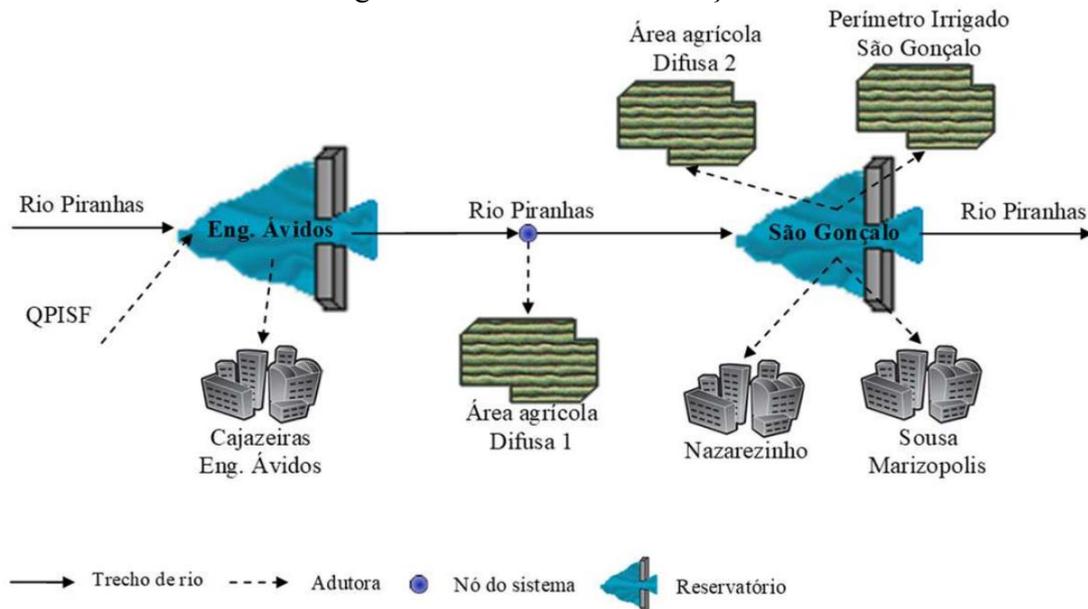


Fonte: IBGE (2022b), ANA (2022g), AESA (2022a).
Elaboração Gráfica de Autoria própria (2022).

De acordo com ANA (2016b), o reservatório Engenheiro Ávidos apresenta como coordenadas $06^{\circ} 59' 12,87''$ S de latitude e $38^{\circ} 27' 14,30''$ W de longitude pertencente ao município de Cajazeiras - PB, com um volume útil de $228,22 \text{ hm}^3$. Ainda segundo o mesmo autor, o reservatório São Gonçalo está entre as coordenadas $06^{\circ} 50' 40,34''$ S de latitude e $38^{\circ} 18' 55,53''$ W de longitude no município de Sousa - PB, tendo-se entre os seus dados operacionais um volume útil de $41,62 \text{ hm}^3$.

Com relação aos usos do sistema, é importante ressaltar a significativa ênfase na prática da agricultura irrigada nas suas áreas lindeiras, bem como no fornecimento de água para consumo público de várias cidades nas proximidades. Especificamente merecem destaque os municípios de Cajazeiras e Sousa. O maior usuário é o perímetro irrigado de São Gonçalo, que, por sua vez, está conectado a jusante ao açude de mesmo nome (SOUZA; SILVA; RIBEIRO, 2022; ANA, 2016b). Na Figura 4 é apresentada uma representação dos principais usos do sistema e a sua dinâmica. Outras informações são abordadas nos tópicos 4.3.1.3 e 5.3.1.2.

Figura 4 - Representação dos usos do sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo.



Fonte: SANTOS, SILVA NETO e CURI (2020).

É registrada, na área de estudo, precipitações médias que variam entre 400 e 800 mm por ano, taxas de evapotranspiração que ultrapassam a marca de 2000 mm/ano, além de dispor de solos rasos inseridos sobre um substrato cristalino que apresenta baixa capacidade de armazenamento (ANA, 2021a). Essas características contribuem para a existência de períodos

cíclicos de escassez hídrica que afetam negativamente os usuários do sistema, colaborando para o surgimento de crises e conflitos.

Considerando o histórico de secas, entre os anos de 2015 e 2018 ocorreu uma redução bastante acentuada no volume dos reservatórios (SOUZA; SILVA; RIBEIRO, 2022). Por conseguinte, houve uma forte tensão entre os usuários localizados a montante e a jusante no sistema, pois a diminuição das vazões comprometeu ou interrompeu alguns usos. O conflito no sistema hídrico consiste fundamentalmente em uma discordância entre os usuários que usufruem dos recursos dos reservatórios, oriundos das atividades de irrigação e o abastecimento público de cidades da região (ANA, 2018b). Também entram em cena aqueles localizados ao longo do trecho do rio Piranhas e a jusante do reservatório São Gonçalo. Para a situação em questão houve uma intervenção da ANA, através da Nota Técnica nº 11/2018 de 27 de março de 2018, que apresentou um Marco Regulatório delimitando as condições de uso dos usuários do sistema, estabelecendo as vazões outorgáveis.

No ano de 2015 ocorreu a acentuação da crise hídrica, pois o reservatório Engenheiro Ávidos atingiu o seu nível de reserva técnica. Isso ocasionou impactos diversos sobre os usuários situados à jusante no sistema, assim como afetou o fornecimento de água à cidade de Cajazeiras (ANA, 2018b). O período foi marcado por fortes campanhas de racionamento e por conflitos intensos entre os usuários do sistema hídrico (SOUZA; SILVA; RIBEIRO, 2022).

Além da problemática da crise hídrica, Braga (2015) aborda diversos fatores que geram forte impacto ambiental no sistema, sendo eles: o desmatamento da mata ciliar; o aumento da salinização do solo; a prática da agricultura de subsistência no entorno do reservatório empregando agrotóxicos ou algum tipo de fertilizante; e o depósito de efluentes nos cursos d'água.

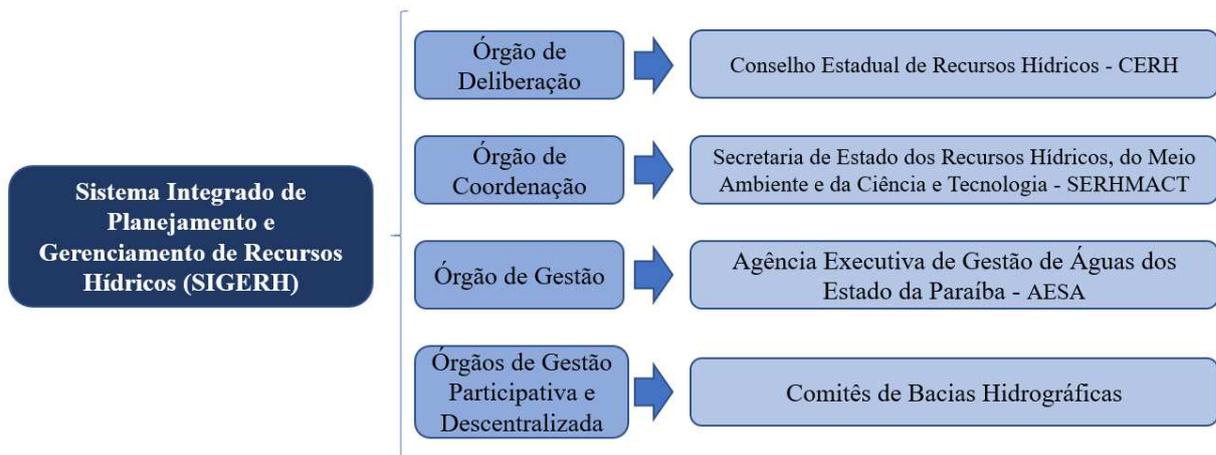
3.3 ASPECTOS INSTITUCIONAIS DA ÁREA DE ESTUDO

O sistema apresenta uma dualidade em termos de domínio, no qual os reservatórios estão sob domínio da União, com a ANA desempenhando o papel de órgão gestor. O segmento do rio Piranhas é de domínio estadual, estando sujeito à jurisdição da Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESPA). O DNOCS assume responsabilidades que abrangem a concessão de terras, monitoramento dos usos dos recursos hídricos, vigilância sobre fatores hidrológicos e administração do PISG, um dos principais usuários da área (FREITAS, 2012). O DNOCS desempenha importante papel quanto à infraestrutura dos reservatórios, sendo indispensável na atuação conjunta com a ANA.

A ANA segue as predisposições estabelecidas na Lei nº 9.984/2000, definindo que sua atuação “obedecerá aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da PNRH e será desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do SINGRH” (BRASIL, 2000). Essa lei sofreu modificações através da Lei nº 14.026/2020, a qual confere a ANA a competência para ajustar as normas de referência pertinentes ao setor de saneamento (BRASIL, 2020). A ANA desempenha funções importantes para o aprimoramento da gestão na área de estudo, incluindo: emissão de outorgas pela União; determinação de vazões de referência para outorgas (ANA, 2018a); atuação na definição de normas, regras e resoluções (LIMA, 2022); participação ativa no processo do Novo Marco Regulatório.

A Política de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba foi promulgada pela Lei Estadual nº 6.308, de 02 de julho de 1996, que apresenta como instrumentos de execução o Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIPGRH); o Plano Estadual de Recursos Hídricos; os Planos e Programas Intergovernamentais (PARAÍBA, 1996). Na Figura 5 é apresentada a composição do SIPGRH.

Figura 5 - Composição do Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos da Paraíba.



Fonte: Adaptado de (AES A, 2023d).

O CERH foi estabelecido através da Lei 6.308/1996, sendo um órgão de coordenação, fiscalização, deliberação coletiva e de caráter normativo do SIPGRH (PARAÍBA, 1996). O seu regimento interno é delineado pelo Decreto nº 18.824/1997 e o Decreto nº 25.764/2005 regulamentou a criação de Câmaras Técnicas no âmbito do conselho em questão (AES A, 2023c). A nomeação dos seus membros é realizada por meio de indicação.

Através da Lei nº 7.779/2005 criou-se a AESA que é uma “entidade da Administração Pública Indireta, dotada de personalidade jurídica de direito público, sob a forma de autarquia, com autonomia administrativa e financeira, com sede e foro na Capital, jurisdição em todo o território do Estado da Paraíba e prazo de duração indeterminada” (PARAÍBA, 2005). A redação da Lei nº 7.779/2005 foi modificada pela Lei 8.042/2006.

A AESA atua no desenvolvimento da gestão dos recursos hídricos no estado paraibano. Isso engloba tanto os recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, incluindo águas advindas de bacias hidrográficas situadas em outros estados, que são realocadas por meio de obras de infraestrutura implementadas pelo Governo Federal. A AESA assume tal responsabilidade por meio de delegação, embasada em aspectos institucionais e de gestão dos recursos hídricos, que, mesmo sob jurisdição da União, estão no território paraibano (PARAÍBA, 2006).

Quanto ao CBH-PPA, trata-se de um órgão colegiado que desenvolve importante papel na efetivação da gestão compartilhada dos recursos hídricos, envolvendo variados conceitos interdisciplinares, ligados à dimensão social, econômica, ambiental, cultural e geopolítica (CBH-PPA, 2023b). Dentro do seu regime interno são delineadas várias competências, podendo-se elencar:

Promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes; arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos; aprovar o plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica, respeitando e integrando as diretrizes e as orientações contidas nos planos nacional e estaduais de recursos hídricos; acompanhar a execução do plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas (CBH-PPA, 2008).

Segundo a ANA (2018a), o CBH-PPA foi criado em novembro de 2006 através de decreto presidencial e instalado em setembro de 2009, que em conformidade com o seu regimento interno é composto por 40 membros titulares e respectivos suplentes, estando estes distribuídos em: dois representantes da união; seis representantes dos estados; cinco representantes de governos municipais, que tenham as cidades situadas total ou parcialmente dentro da bacia; dezesseis usuários das águas; e onze representantes de entidades civis (CBH-PPA, 2008).

A Agência de Desenvolvimento Sustentável do Seridó (ADESE), constituída em abril de 2001, é uma “entidade qualificada como Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), tendo como objetivo empreender as ações de interesse para o desenvolvimento sustentável da região do Seridó” (ADESE, 2020). Entre as suas ações,

destaca-se o curso de capacitação realizado na cidade de Cajazeiras-PB, na sub-bacia do Alto Piranhas em 2017 (ADESE, 2017).

Quanto aos instrumentos de gestão na área de estudo, todos dispõem de previsão legal, porém não estão totalmente implementados. O Plano de Recursos Hídricos (PRH) teve a sua aprovação efetivada no dia 02 de junho de 2016, na 14ª Reunião Ordinária do CBH-PPA, com validação de 20 anos (ANA, 2021a). No processo de elaboração do PRH foi feita uma caracterização inicial da bacia, uma análise do local definindo suas demandas e necessidades e foram definidas táticas e estratégias de implementação.

Através da outorga pode-se conceder por escrito o direito de uso de uma quantidade de água de um manancial por um período determinado (FREITAS, 2012). Dentro do sistema hídrico, a outorga pode ser fornecida tanto pela ANA (domínio federal) como pela AESA (domínio estadual). Conforme foi elencado anteriormente, as outorgas correspondem a um instrumento de gestão estabelecido pela Lei 9.433/1997. No site da ANA é apresentado um painel gerencial de outorgas, indicando um controle quanto ao cadastro de usuários.

No estado da Paraíba, a outorga foi regulamentada pelo Decreto nº 19.260, de 31 de outubro de 1997. Nesse contexto, o processo de outorga deve observar os princípios:

- I - a água constitui direito de todos para as primeiras necessidades da vida;
- II - o uso da água tem função social preeminente, com prioridade para o abastecimento humano;
- III - é dever de toda pessoa, física ou jurídica, zelar pela preservação dos recursos hídricos nos seus aspectos de qualidade e de quantidade;
- IV - será dada prioridade para o aproveitamento social e econômico da água, inclusive, como instrumento de combate à disparidade regional e à pobreza nas regiões sujeitas a secas periódicas;
- V - o uso da água será compatibilizado com as políticas de desenvolvimento urbano e agrícola (PARAÍBA, 1997).

A cobrança pelo uso da água bruta foi regulamentada no estado paraibano pelo Decreto nº33.613/2012. A cobrança é efetuada pela AESA, sendo que os montantes arrecadados são direcionados para diversas finalidades, incluindo:

O financiamento de ações dos programas previstos no Plano Estadual de Recursos Hídricos; o financiamento de ações que objetivem a otimização do uso da água; o pagamento das despesas de manutenção e custeio administrativo dos Comitês de bacias hidrográficas, quando os mesmos forem instituídos (PARAÍBA, 2012).

Em relação ao instrumento da cobrança, ANA (2018a) constata que o percentual definido na Lei nº9.433/1997 para custeio do sistema de gestão seria insuficiente para o caso da Bacia do rio Piancó-Piranhas-Açu havendo necessidade, portanto, de outras fontes de

financiamento. A cobrança para os rios de domínio da Paraíba e para as águas subterrâneas teve seu início de implementação em 2015 (LIMA, 2022). Embora tenha sido devidamente regulamentada, a cobrança está parcialmente implementada na bacia do rio Piancó-Piranhas-Açu uma vez que não há cobrança para as águas de domínio da União (caso dos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo).

O enquadramento de recursos hídricos na área de estudo é abordado no item 4.3.2.2 (Congruência entre regras de apropriação, provisão e condições locais). Para esse instrumento, é importante que sejam desenvolvidos novos estudos para os reservatórios com a atualização dos dados e dando-se destaque para o monitoramento da qualidade de água e de aspectos hidrológicos com o objetivo de realizar modelagens mais consistentes (ANA, 2018a).

O sistema de informações da área de estudo pode ser abordado em três níveis distintos: federal, estadual e de bacia, através da ANA, AESA e CBH-PPA, respectivamente (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Os autores abordam que os dados podem ser obtidos através das ouvidorias dos órgãos gestores citados, como em sites, redes sociais e comunicação direta através de reuniões.

No ano de 2004, através de uma articulação institucional, foi implementado pelos estados da Paraíba e Rio Grande de Norte, por intermédio da ANA e do DNOCS, o “Marco Regulatório do Sistema Curema-Açu”, através da Resolução da ANA nº 687/2004, o qual já perdeu sua validade (ANA, 2018a). O rio Piranhas é de Domínio da União e estende-se entre os Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. A ANA, porém, delegou aos respectivos estados a competência de emitir outorgas nas áreas de abrangência de seus territórios (ANA, 2004).

Nesse cenário, o sistema hídrico estudado está em processo de alocação negociada de água que se iniciou em 2015 (SOUZA; SILVA; RIBEIRO, 2022). Desde o referido ano são emitidos boletins de acompanhamento da alocação contendo informações sobre as variações volumétricas registradas nos açudes ao longo do ano, juntamente com os usos esperados e observados. Além disso, esses boletins também contêm observações e prazos sobre o encaminhamento do processo de alocação. O reservatório Engenheiro Ávidos foi receptor das águas do rio São Francisco em janeiro de 2022, por meio do Canal Caiçara-Ávidos, que faz parte do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) (BRASIL, 2022c).

O processo de alocação negociada de água é definido como a efetivação do funcionamento dos reservatórios, desenvolvido de forma participativa (COGERH, 2019). Nesse processo, é determinado o termo de alocação de água, o qual constitui ato que determina limites, regras e condições de uso dos recursos hídricos e de operação de reservatórios em corpos hídricos de domínio da União, inseridos em sistema hídrico crítico em termos de

comprometimento hídrico (ANA, 2020a). A Nota Técnica nº 10/2015/COMAR/SRE, de 30 de setembro de 2015 e a Nota Técnica nº 11/2020/COMAR/SRE, de 05 de agosto de 2020, definem as metodologias e os procedimentos indispensáveis no processo de alocação, que pode ocorrer tanto de forma presencial como por meio de videoconferências, respectivamente.

CAPÍTULO IV

4. SISTEMA SOCIOECOLÓGICO E PRINCÍPIOS INSTITUCIONAIS

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

4.1.1 Sistemas Socioecológicos

De acordo com as considerações de Simões, Macedo e Babo (2011), Ostrom (1990) desafiou a teoria de Garrett Hardin (“*The Tragedy of the Commons*”) através de uma nova forma de gestão de recursos comuns, em comunidade e de modo sustentável, expressa pela teoria “*Common Pool Resource*”. O pesquisador, ao que parece, teria cometido um erro ao misturar os conceitos de “recursos comuns de acesso aberto” com os “recursos comuns de propriedade conjunta de uma comunidade”. Isso o levou a constatação de que ocorreria uma tragédia inexorável, muito ampla. No entanto, ele analisou corretamente que esses recursos seriam explorados de forma desordenada se o seu acesso fosse sem restrições (OSTROM, 2008).

Ao longo da história, os recursos de uso comum têm sido explorados seguindo três tipos de regime de acesso: regimes de acesso aberto que permitem o uso sem restrições e ilimitado; regimes de acesso fechado que proíbem qualquer tipo de uso; e uma ampla gama de regimes que tem o acesso limitado por regulamentações e normas (MAMADA; PERRINGS, 2022).

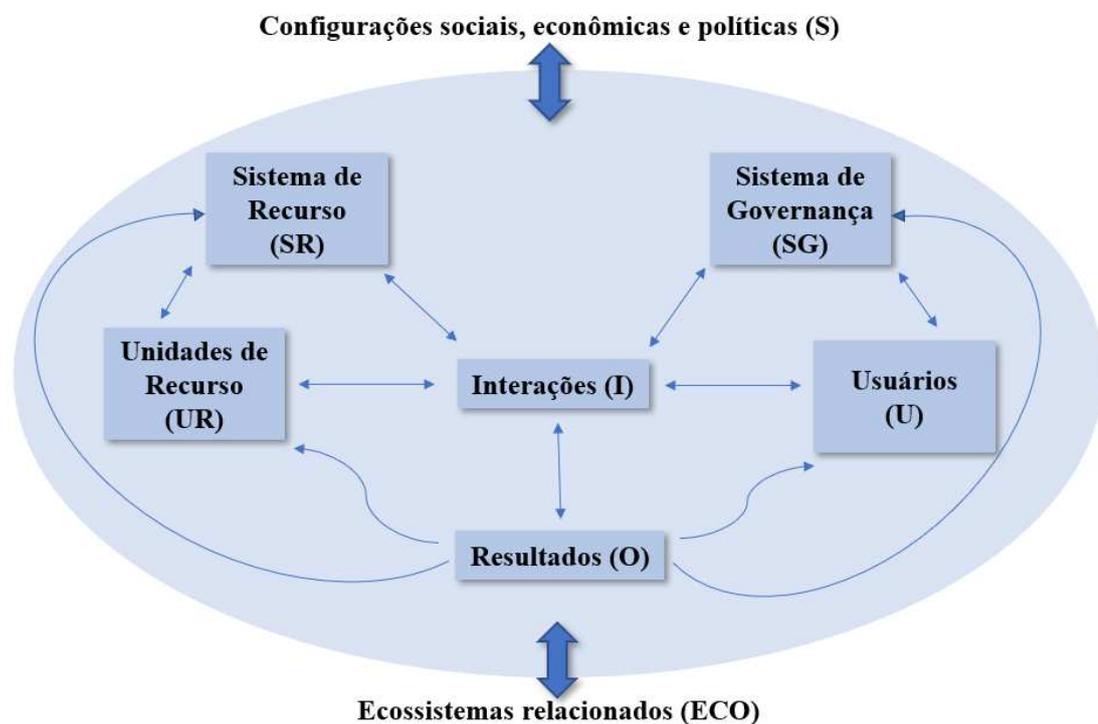
Ostrom (1990) aborda que ao analisar a governança observam-se situações semelhantes em diversas escalas, seja em pequenos bairros ou no nível continental. O estudo das instituições depende do trabalho teórico realizado em três níveis de especificidade que muitas vezes são confundidos, sendo eles: estruturas, teorias e modelos (OSTROM, 2011). A autora explica que no primeiro nível são definidos os componentes e suas relações que devem ser admitidos nas análises e arranjos institucionais. No segundo nível, é possível especificar quais elementos são relevantes para a situação estudada, o que possibilita a formulação de hipóteses a respeito desses elementos, e, finalmente, os modelos que colaboram para o desenvolvimento de deduções e previsões mais precisas sobre um dado elemento ou parâmetro.

Entre as grandes contribuições voltadas para o estudo da governança, destaca-se a estrutura de IAD (KISER; OSTROM, 1982; OSTROM, 2009). Para London *et al.* (2017), considerando as últimas décadas, a estrutura de IAD foi amplamente empregada para estudar políticas e instituições, definindo o nível de desempenho de um sistema socioeconômico, bem

como se os resultados obtidos podem variar de acordo com o arranjo institucional adotado em uma comunidade.

Posteriormente, Ostrom (2007, 2009) realizou aprimoramentos em seus estudos e colaborou para a análise dos sistemas socioecológicos (SSE). “Os SSE são sistemas adaptativos complexos caracterizados por *feedbacks* em várias escalas interligadas que amplificam ou amortecem a mudança” (FISCHER *et al.*, 2015). De acordo com Ostrom (2009), os SSE são compostos de vários subsistemas com variáveis internas. Dessa forma, foi proposta uma estrutura que apresenta relações entre os quatro subsistemas centrais de primeiro nível de um sistema socioecológico (sistema de recurso, sistema de governança, usuários e unidades de recurso), bem como as configurações sociais, econômicas e políticas ligadas aos ecossistemas relacionados (Figura 6).

Figura 6– Os subsistemas centrais em uma estrutura para analisar sistemas socioecológicos.

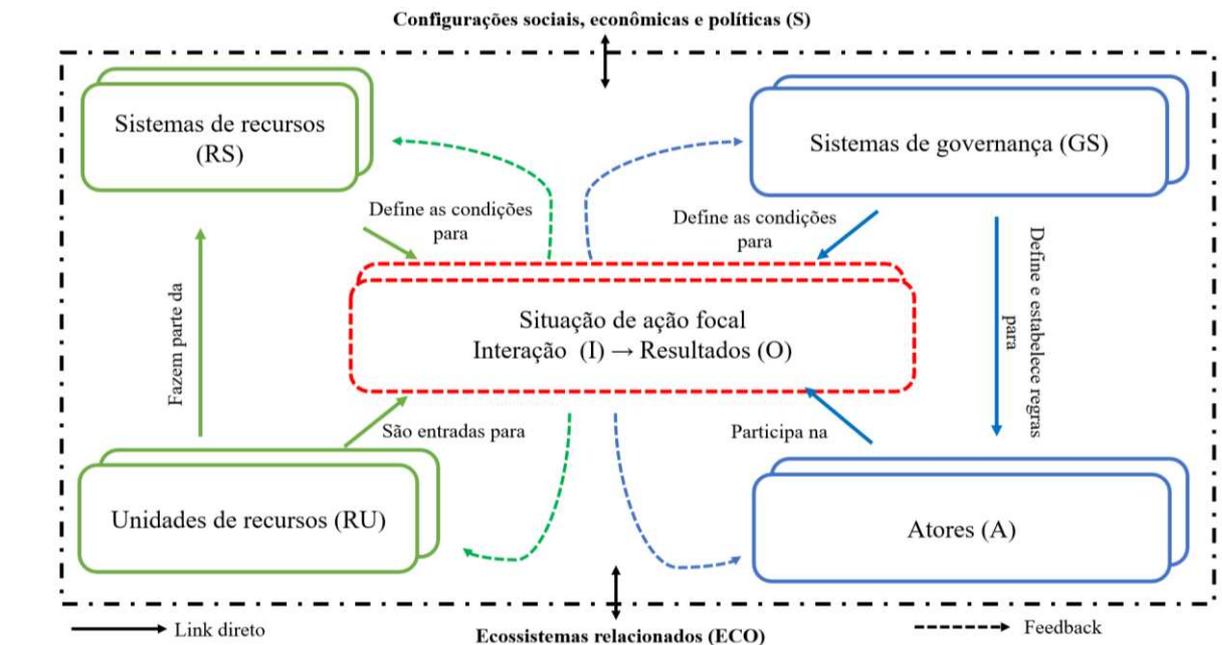


Fonte: Adaptado de Ostrom (2009).

Por conseguinte, foram propostas modificações no modelo original dos sistemas socioecológicos. McGinnis e Ostrom (2014) introduziram uma versão revisada (Figura 7), que ilustra as interconexões entre subgrupos, os quais são: Sistemas de recursos (SR), Unidades de recursos (UR), Atores (A), Sistema de governança (SG), Interações (I), Resultados (O), Configurações sociais, econômicas e políticas (S) e Ecossistemas relacionados (ECO). As

variáveis mencionadas (variáveis de primeiro nível) podem ser subdivididas em um grupo adicional, definidas como variáveis de segundo nível. Estas, por sua vez, apresentaram grande relevância no desenvolvimento de estudos empíricos e na análise de resultados (Tabela 1) (LONDON *et al.*, 2017).

Figura 7- Estrutura revisada do sistema socioecológico (SSE) com vários componentes de primeiro nível.



Fonte: Adaptado de McGinnis e Ostrom (2014).

Realizando comparativos entre a estrutura indicada na Figura 7 e aquela apresentada por Ostrom (2009), nota-se que os grupos principais (indicados nas caixas sólidas), passaram a dispor de subdivisões indicando a existência de variáveis de segundo nível. Além disso, houve a substituição da categoria “Usuários” por “Atores”, com o objetivo de inserir outras partes envolvidas que não sejam exclusivamente usuários (MDGINNIS; OSTROM, 2014).

Tabela 1 - Variáveis de primeiro e segundo nível de um sistema socioecológico.

Variáveis de primeiro nível	Variáveis de segundo nível	
Configurações sociais, econômicas e políticas (S)	S1 - Desenvolvimento econômico	S5 - Mercados
	S2 - Tendências demográficas	S6 - Organizações de mídia
	S3 - Estabilidade política	S7 - Tecnologia
	S4 - Outros sistemas de governança	
Sistemas de recursos (RS)	RS1 - Setor (ex: água, florestas, pastagens etc.)	RS6 - Propriedades de equilíbrio
	RS2 - Clareza dos limites do sistema	RS7 - Previsibilidade da dinâmica do sistema
	RS3 - Tamanho do sistema de recursos	RS8 - Características de armazenamento
	RS4 - Instalações construídas pelo homem	RS9 - Localização
	RS5 - Produtividade do sistema	
Sistemas de governança (GS)	GS1 - Organizações governamentais	GS5 - Regras de escolha operacional
	GS2 - Organizações não governamentais	GS6 - Regras de escolha coletiva
	GS3 - Estrutura de rede	GS7 - Regras de escolha constitucional
	GS4 - Sistemas de direitos de propriedade	GS8 - Regras de monitoramento e sancionamento
Unidades de recursos (RU)	RU1 - Mobilidade da unidade de recursos	RU5 - Número de unidades
	RU2 - Taxa de crescimento ou substituição	RU6 - Características distintas
	RU3 - Interação entre unidades de recursos	RU7 - Distribuição espacial e temporal
	RU4 - Valor econômico	
Atores (A)	A1 - Número de atores relevantes	A6 - Normas (confiança-reciprocidade)
	A2 - Atributos socioeconômicos	A7 - Conhecimento dos modelos SES / mental
	A3 - História ou experiências passadas	A8 - Importância do recurso (dependência)
	A4 - Localização	A9 - Tecnologias disponíveis
	A5 - Liderança / empreendedorismo	
Situações de ação: Interações (I) →	I1 - Colheita	I6 - Atividades de lobby
	I2 - Compartilhamento de informações	I7 - Atividades auto-organizadas
	I3 - Processos de deliberação	I8 - Atividades de Networking
	I4 - Conflitos	I9 - Atividades de monitoramento
	I5 - Atividades de investimento	I10 - Atividades avaliativas
Resultados (O)	O1 - Medidas de desempenho social	O3 - Externalidades para outros SSES
	O2 - Medidas de desempenho	
Ecossistemas relacionados (ECO)	ECO1 - Padrões climáticos	ECO3 - Fluxos para dentro e fora do SES focal
	ECO2 - Padrões de Poluição	

Fonte: Adaptado de McGinnis e Ostrom (2014).

4.1.2 Princípios Institucionais de Ostrom

“*Governing the Commons*” (OSTROM, 1990) é uma obra intrigante que aborda a propriedade comunal, instituições econômicas e a atividade cooperativa entre homens, na qual Elinor Ostrom pesquisou uma amostragem abrangente de casos para um estudo empírico que foi a base para sua teoria sobre os aspectos que condicionam o sucesso da ação coletiva (GARRIDO, 2011). O estudo consolida a temática sobre a qual a reflexão teórica de Ostrom se dedicou desde quando era uma jovem pesquisadora, como também os termos da discussão metodológica que será recorrente em sua vasta obra (GUEDES; CARVALHO, 2016).

Nos estudos desenvolvidos por Ostrom considerando variados sistemas de governança, constatou-se que aqueles que apresentavam uma maior resiliência, dispunham de maior parte ou todos os princípios institucionais atendidos (SEWARD; XU, 2019).

A autora não realizou seus estudos baseados em simples suposições de determinada situação ou se um princípio institucional era relevante, mas se propôs em apresentar comprovações de suas análises, com base em estudos autorais do seu grupo de pesquisa ou de grupos externos, com o objetivo de entender como cada princípio pode influenciar no contexto das comunidades, em seus recursos e o em seus sistemas de governança (SOARES; SAHR, 2016).

Na obra citada, Ostrom (1990) apresenta os “Princípios de *design*”, que têm sido fortemente empregados para analisar o funcionamento dos CPR (*Common Pool Resources*) dependentes com distintas tipologias de recursos naturais em variadas localidades do mundo (GARI *et al.*, 2017). Os princípios elencados por Ostrom e seus colaboradores esclarecem as oportunidades e as desafios à cogestão adaptativa em três categorias: sistema de recursos, usuários de recursos e sistema de governança (OLIVEIRA, 2019).

Os princípios são provenientes de um agrupamento de observações de casos práticos sobre a governança de recursos de bens comuns e que para Ostrom (1990) refletem uma grande variedade de regras específicas na gestão sustentável dos mesmos durante um longo período de tempo (SIMÕES; MACEDO E BABO, 2011).

Os princípios representam um elemento ou condição essencial que ajuda a explicar as condições para a exploração e, portanto, a governança dos recursos de uso comum (OSTROM, 1990). Os oito princípios estão listados abaixo em conformidade com Ostrom (1990), OLIVEIRA (2019) e OLIVEIRA *et al.* (2022):

I. *Limites claramente definidos* – Os usuários são claramente definidos, assim como as extensões territoriais do sistema;

- II. *Congruência entre regras de apropriação, provisão e condições locais* – Corresponde às normas que especificam o tempo, o lugar, a tecnologia e o quantitativo de unidades de recursos associados às condições locais, bem como os recursos que demandam mão de obra, material e investimento financeiro;
- III. *Arranjos de escolha coletiva* – Grande parte dos indivíduos impactados pelas regras operacionais podem participar das modificações dessas;
- IV. *Monitoramento* – Os responsáveis pelo monitoramento, que auditam ativamente as condições dos recursos comuns e o comportamento do usuário respondem pelas consequências de suas atividades;
- V. *Sanções graduadas* – Os usuários que infringirem as regras operacionais podem ser avaliados com sanções graduais por outros usuários, por funcionários autorizados, ou por ambos;
- VI. *Mecanismos de resolução de conflitos* – Os usuários e os funcionários atuantes no sistema dispõem de áreas destinadas à resolução e mediação de conflitos;
- VII. *Reconhecimento mínimo de direitos de organização* – Os direitos dos usuários de desenvolverem suas próprias instituições não são contrariados por autoridades governamentais externas;
- VIII. *Empreendimentos aninhados (“nested enterprises”)* – Apropriação, provisão, monitoramento, fiscalização, resolução de conflitos e atividades de governança são dispostas em várias camadas agrupadas.

Diante disso, com o objetivo de ter um melhor entendimento sobre a governança dos recursos de uso comum, muitos estudos e análises foram desenvolvidos através da aplicação dos princípios de Ostrom (1990), em diferentes contextos, localidades e períodos (BRITO; SASAKI; RIBEIRO, 2021; LIMA; ARAÚJO; RIBEIRO, 2022; MONCADA MESA; PÉREZ MUÑOZ; VALENCIA AGUDELO, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2022; SEWARD; XU, 2019; SHIN, 2022).

4.2 METODOLOGIA

Considerando a classificação das pesquisas com base em seus objetivos, o presente estudo se enquadra como uma pesquisa exploratória. Segundo Gil (2002), as pesquisas exploratórias apresentam como principal preocupação aprimorar ideias ou descobrir novas

intuições. Entende-se que ela dispõe de um planejamento flexível, com o objetivo de proporcionar a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado.

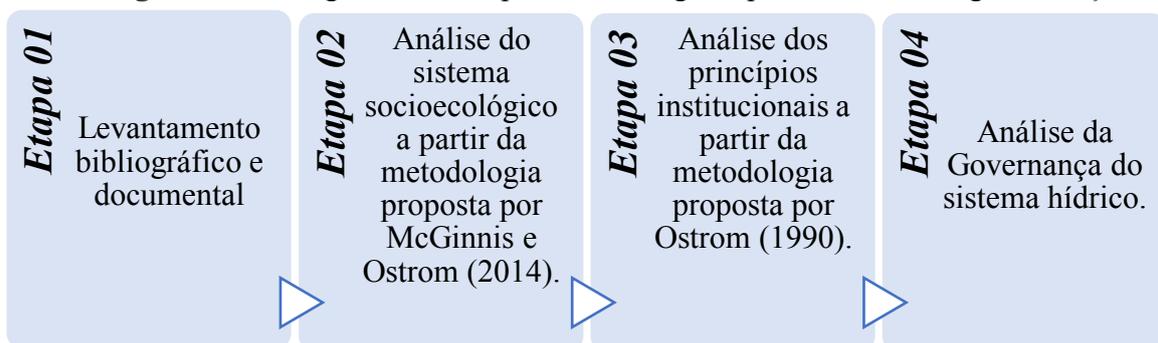
Uma pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com o objetivo de nortear o estudo. Posteriormente, passou-se a desenvolver o estudo de caso que “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados” (GIL, 2002).

Oliveira (2019) e Oliveira *et al.* (2022) realizaram uma análise da mensuração de governança da água considerando bacias hidrográficas no Brasil, adotando como caso de estudo a Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Para desenvolver essas pesquisas, aplicaram-se métodos como o sistema socioecológico e os princípios institucionais. O presente estudo apresenta uma continuidade das pesquisas dos autores mencionados focando em um sistema hídrico local inserido naquela bacia.

A pesquisa se concentrou no sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, como já informado, considerando o período de 2011 a 2022. Os anos selecionados justificam-se pela ocorrência de eventos relevantes para a análise da governança hídrica, como a presença de crises hídricas, resolução de conflitos, desenvolvimento e aplicação de marcos regulatórios, processos de alocação negociada de água e o recebimento das águas provenientes do PISF no sistema hídrico.

Inicialmente, elaborou-se o sistema socioecológico, definindo as variáveis de primeiro nível em concordância com os conceitos abordados no item 4.1.1 (Sistemas Socioecológicos). Posteriormente, realizou-se a verificação da presença dos Princípios Institucionais elencados no item 4.1.2 (Princípios Institucionais de Ostrom). A Figura 8 apresenta as etapas metodológicas para o desenvolvimento dessa fase do estudo.

Figura 8 - Fluxograma das etapas metodológicas para a análise da governança.



Fonte: Autoria própria (2022).

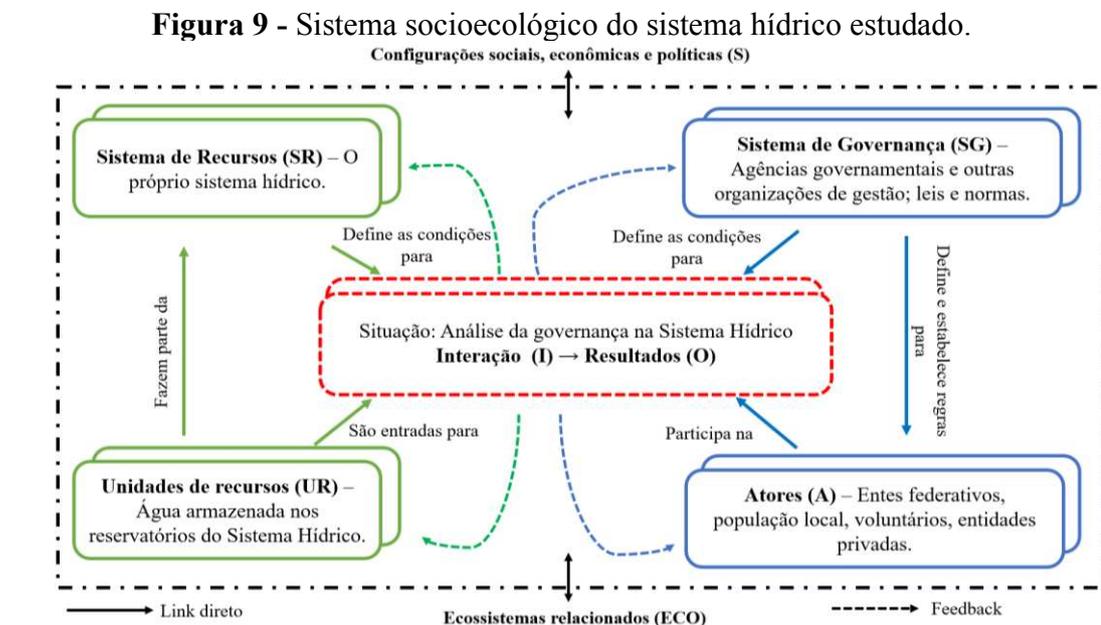
A estrutura do sistema socioecológico (SSE) empregada seguiu a metodologia proposta por McGinnis e Ostrom (2014), definindo as variáveis de primeiro nível. Essa estrutura foi adotada com o objetivo de garantir uma melhor visualização dos grupos envolvidos, caracterizando suas interações. Esse quadro analítico foi utilizado para reunir variadas informações sobre a gestão do sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, avaliando e identificando as combinações de variáveis que podem afetar na realização do manejo do sistema.

“Os subsistemas do SSE são conectados por um conjunto de interações (I), produzindo um conjunto de resultados (O), que geram *feedbacks* aos subsistemas, ecossistemas associados (ECO) e configurações sociais, econômicas e políticas (S)” (SILVA-JÚNIOR; OVIEDO, 2018). Posteriormente, foi realizada a verificação dos princípios de Ostrom (1990), adotando as respectivas condições: totalmente atendido, parcialmente atendido ou não atendido.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA SOCIOECOLÓGICO

Após a realização do levantamento bibliográfico e em posse das informações apresentadas na caracterização do sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, fez-se o estudo do sistema socioecológico através das variáveis identificadas (Figura 9).



Fonte: Adaptado de McGinnis e Ostrom (2014).

4.3.1.1 Sistemas de recursos (RS)

O sistema de recursos consiste no próprio sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, bem como por um trecho do rio Piranhas de 27 km de comprimento, inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Mais informações são apresentadas no item 3, que consta da caracterização do sistema hídrico.

Os reservatórios que compõem o sistema garantem o atendimento da população urbana das cidades de Sousa, Cajazeiras, Marizópolis e Nazarezinho e da irrigação no entorno dos reservatórios e do Perímetro Irrigado de São Gonçalo (SANTOS; FARIAS; REIS, 2014).

4.3.1.2 Unidades de recursos (RU)

As unidades de recursos são representadas pela quantidade de água armazenada nos reservatórios e são destinadas para muitos fins de utilização. Esses usos podem incluir o abastecimento humano, atividades agrícolas, agropecuária, atividades de subsistência e outras finalidades.

O reservatório Engenheiro Ávidos apresenta uma capacidade máxima de 255 hm³ e o reservatório São Gonçalo dispõe de um volume máximo de 44,60 hm³ (ANA, 2016b). Há disparidade entre os tamanhos dos açudes, sendo o primeiro quase seis vezes maior que o segundo. O reservatório Engenheiro Ávidos está localizado a montante no sistema, exercendo grande influência no volume de água liberado a jusante através do curso do rio do Piranhas.

4.3.1.3 Atores (A)

Dentro do segundo grupo, que abrange os atores, destaca-se a presença dos entes federativos, os quais fornecem recursos financeiros para a manutenção dos reservatórios e a conservação do seu funcionamento, assim como da população contemplada, que engloba os moradores locais e os habitantes das cidades abastecidas, que usufruem das águas do sistema e de outros recursos. Há, também, os grupos voluntários, como pesquisadores da região, que desenvolvem diferentes estudos visando o entendimento do sistema.

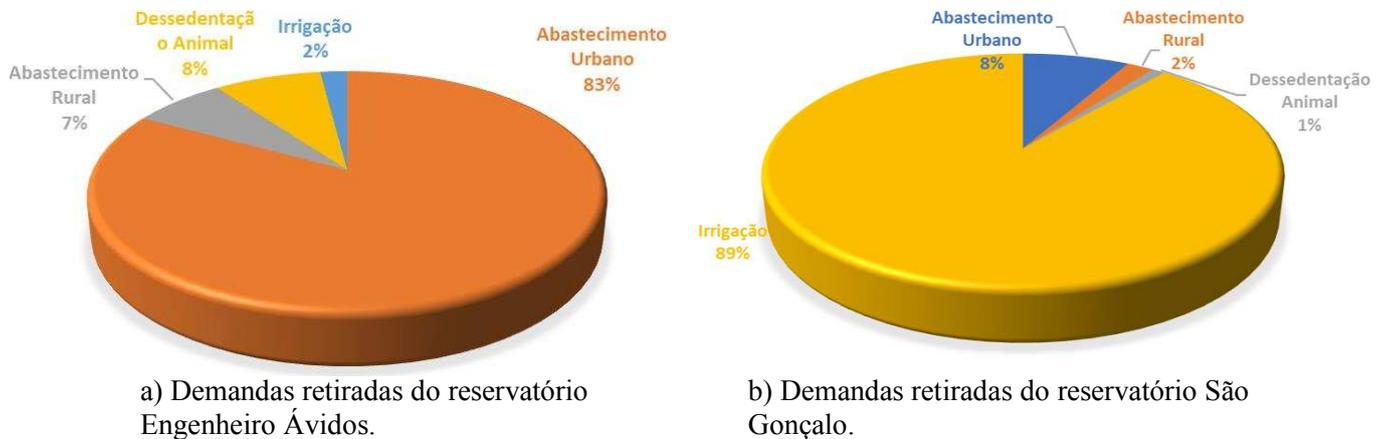
No âmbito estadual, elencam-se a AESA, SUDEMA e CAGEPA. O primeiro é responsável pela concessão de outorgas das águas sobre jurisdição estadual. O segundo desempenha papel nas atividades associadas ao monitoramento da qualidade de água no estado da Paraíba (ANA, 2018a). A CAGEPA (um dos usuários do sistema), é a responsável pela prestação de serviços de saneamento básico na Paraíba, envolvendo a captação, adução,

tratamento e distribuição de água e coleta, tratamento e disposição final dos esgotos, comercializando esses serviços e os benefícios que direta ou indiretamente decorrerem de seus empreendimentos (CAGEPA, 2021).

Por outro lado, considerando a esfera municipal, as Secretarias ou Superintendências de Meio Ambiente desenvolvem ações buscando a preservação do meio ambiente e a redução dos problemas ambientais.

Conforme foi discutido no item 3.2 (Sistema hídrico dos reservatórios Engenheiros Ávidos e São Gonçalo), os principais propósitos do sistema são destinados ao abastecimento das áreas urbanas e a irrigação (Figura 10). Nota-se que no reservatório Engenheiro Ávidos prevalece o primeiro uso, enquanto no reservatório São Gonçalo prevalece o segundo uso.

Figura 10 - Demandas totais de retiradas dos reservatórios.



Fonte: Adaptado de ANA (2016b).

As demandas (vazões de retirada em m³/s) dos açudes Engenheiro Ávidos e São Gonçalo são, respectivamente: 0,179 e 0,171 para o abastecimento humano; 0,016 e 0,004 para a pecuária; 0,117 e 2,172 para irrigação; 0,021 e 0,036 para usos industriais (ANA, 2018a).

4.3.1.4 Sistema de governança (GS)

O sistema de governança da Bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu é desenvolvido em diferentes níveis, englobando a atuação conjunta de conselhos de recursos hídricos, comitê de bacia, órgãos gestores e agência de água buscando implementar os instrumentos de gestão (OLIVEIRA, 2019).

No item 3.3 (Aspectos institucionais da área de estudo) são apresentadas leis, regulamentos e normas que são aplicadas no sistema de governança da área estudada. Assim

como são caracterizados os órgãos gestores, administrativos, deliberativos e colegiados, dentre eles: ANA, Secretaria de Infraestrutura dos Recursos Hídricos e do Meio Ambiente (SEIMARH/PB), CNRH, AESA, CERH e CBH-PPA.

4.3.1.5 Configurações sociais, econômicas e políticas (S)

Esta variável, assim como o ECO, é analisada como um fator externo que consegue gerar impacto no SSE. Dessa maneira, pode-se elencar como exemplos os investimentos públicos ou privados, variações de demandas dos recursos do sistema, existência de conflitos entre usuários e a disponibilidade de capacitações.

Nesse sentido cita-se o Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas (Procomitês), instituído pela Resolução ANA nº 1.190/2016, que fornece apoio aos SINGREH. Entre os objetivos deste programa, está o de proporcionar melhores condições de operação dos CBH's, através da realização de capacitações (ANA, 2016c).

Considerando a esfera estadual, parte dos recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FERH) são designadas em específico para o desenvolvimento de estudos e pesquisas, focando na realização do desenvolvimento tecnológico e a capacitação de Recursos Humano do setor (PARAÍBA, 1996). O órgão gestor dos recursos hídricos na Paraíba (AESA), desenvolve eventos de capacitação de forma gratuita e aberta para o público, havendo várias parcerias com outras organizações gestoras de recursos hídricos, além da ADESE mencionada no tópico 3.2 (Sistema hídrico dos Reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo).

4.3.1.6 Ecossistemas relacionados (ECO)

Quando se examina os ecossistemas relacionados, é possível considerar as variações climáticas e suas vulnerabilidades na área estudada. Tanto na seção 1.1 (Justificativa) quanto na seção 3 (Caracterização da área de estudo), é apresentada a problemática da escassez hídrica de forma detalhada e os impactos gerados no sistema estudado.

4.3.2 ANÁLISE DOS PRINCÍPIOS INSTITUCIONAIS

A verificação da presença dos princípios institucionais de Ostrom (1990) foi desenvolvida com o objetivo de observar se existem falhas na governança do sistema estudado. Nos próximos tópicos são apresentadas as discussões sobre cada princípio.

4.3.2.1 Limites claramente definidos

Johnson-Freese e Weeden (2012) elencam que definir os limites do sistema de recursos comuns é a etapa inicial e primordial que antecede a avaliação ou criação de qualquer mecanismo de governança. Os autores ainda afirmam que através desses limites pode-se delimitar o que está sendo governado, quem pode usufruir dele e qual regime de governança será aplicado no caso de estudo.

Considerando os limites físicos e geográficos do sistema de recurso, observa-se que são definidos com base na limitação territorial de cada reservatório. O sistema composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo drena uma área de, respectivamente, 1.000,80 km² e 1.436,30 km² (ANA, 2016b).

Os usuários dos recursos têm os seus direitos garantidos sobre o uso da água do sistema através do instrumento da outorga como previsto pela Lei nº 9.433/1997, na Lei Estadual PB nº 6.308/1996 e no Marco regulatório, proposto inicialmente pela Resolução ANA nº 287/2004 com validade de 10 anos e atualizado pelas reuniões de alocação de águas entre os anos de 2015 e 2022.

Nos estudos desenvolvidos por Oliveira (2019), que analisa os princípios institucionais para toda a BHRPPA, constataram-se alguns fatores que contrariam o primeiro princípio, como a existência de conflitos hídricos entre usuários e a não implementação de todos os instrumentos de gestão. No tópico 3.3 (Aspectos institucionais da área de estudo) foi apresentada a caracterização desses instrumentos para o caso de estudo, observando que há limitações quanto a sua implementação. Oliveira *et al.* (2022) abordam que esses instrumentos não estão sendo executados em sua completude e cita a cobrança pelo uso da água bruta pela União. A cobrança é implementada pelo estado, mas não pela ANA, dessa forma, o leito principal do rio segue sem esse instrumento implementado e nos afluentes estaduais se efetua a cobrança (LIMA, 2022). Sendo assim, o princípio é caracterizado como parcialmente atendido.

Dentro da área de estudo, a outorga pode ser fornecida tanto pela ANA (domínio federal) como pela AESA (domínio estadual). No site da ANA é apresentado um painel gerencial de outorgas, indicando um controle quanto ao cadastro de usuários. O segundo órgão gestor (AESA) atua no trecho do rio Piranhas. A emissão de outorgas é fortemente influenciada pela disponibilidade de recursos hídricos, sendo impactada nos períodos de estiagem.

A Resolução ANA nº 78/2019 regulamenta a adoção do Termo de Alocação de Água para sistemas hídricos com corpos de água de domínio da União, caso do sistema estudado (ANA, 2021a). A Resolução ANA nº 687/2004 (já sem validade) determinou as vazões de

referência para a emissão de outorgas, porém essa delimitação não apresentou grande eficácia por não considerar a realidade da área de estudo com suas situações de estresse hídrico e as variações volumétricas de seus reservatórios em determinados períodos (ANA, 2018a). Através da Nota Técnica nº11/2018 é apresentado o marco regulatório que determina as condições de uso para o sistema hídrico estudado. Além disso, através dos termos de alocação negociada são especificadas essas condições, admitindo a situação dos reservatórios para aquele dado momento.

4.3.2.2 Congruência entre regras de apropriação, provisão e condições locais

O segundo princípio apresenta dois níveis de congruência ou correspondência (BAYAZID, 2016). O autor defende que o primeiro nível está relacionado com a conservação do sistema de recursos, devendo existir normas e regulamentos para definir como os usos dos recursos devem ser feitos. No segundo nível é considerada a distribuição nas proporções corretas e de forma igualitária desses recursos.

Quanto ao segundo princípio, ele se encontra parcialmente atendido. O caso de estudo dispõe de uma boa previsão legal, porém ainda são registradas algumas limitações quanto a sua implementação na área de estudo. Isso pode ser observado através dos instrumentos de gestão apresentados no item 3.3 (Aspectos institucionais da área de estudo) que foram estabelecidos em concordância com Lei 9.433/1997 e com a PERH-PB.

Considerando a implementação desses instrumentos verifica-se que a União não implementou integralmente a cobrança, como discutido no primeiro princípio. Além disso, existem restrições em relação ao enquadramento de corpos de hídricos. Em março de 1988 foi aprovada a Diretriz DZS 204 – Enquadramento dos Corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas publicada pelo Sistema Estadual de Licenciamento de atividades Poluidoras (SELAP), que consiste em um documento arcaico que não dispõe de dados atualizados da área de estudo (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Uma problemática identificada por Oliveira (2019) e que perdura no sistema hídrico é a não definição de vazões caracterizadas como insignificantes, como exemplo os usuários que residem no contorno dos reservatórios e usam demandas irrisórias de águas. A Resolução ANA nº 687/2004 (já sem validade) especificava que a vazão mínima outorgável é equivalente a 0,5 L/s, caracterizando valores inferiores como insignificantes e que dispensam as outorgas.

4.3.2.3 Arranjos de escolha coletiva

No terceiro princípio, um dos principais aspectos é de que os usuários devem ter voz e participação no desenvolvimento de regras voltadas para o gerenciamento da instituição de recursos comuns (LACROIX; RICHARDS, 2015). Os CBHs desempenham importante papel no desenvolvimento de uma gestão descentralizada e participativa (MARQUES *et al.*, 2021). Considerando o sistema hídrico estudado, pode-se afirmar que esse princípio é totalmente atendido.

O CBH-PPA desempenha um importante papel na gestão de recursos hídricos na BHRPPA formulando deliberações relativas às águas que estão sob domínio estadual e federal (CBH-PPA, 2023b). Ademais, são realizadas reuniões periódicas abertas ao público, nas quais são discutidas variadas temáticas relacionadas a Recursos Hídricos, em que os usuários podem expor suas opiniões e necessidades, que são consideradas no processo decisório e no desenvolvimento da gestão hídrica dentro do sistema. As discussões são realizadas nas reuniões colegiadas, e as decisões são tomadas considerando os estudos técnicos científicos, sempre priorizando o abastecimento humano (OLIVEIRA, 2019). Além disso, o processo de alocação negociada de água, iniciado em 2015, encontra-se em curso com reuniões intermediadas pela ANA e abertas para discussões. Também, o sistema dispõe de uma comissão gestora.

4.3.2.4 Monitoramento

O quarto princípio, que corresponde ao monitoramento, é atendido na área de estudo. Vários órgãos realizam essa atividade, entre eles: DNOCS, ANA e AESA. Todos os órgãos citados são caracterizados nos itens 2.3 (Aspectos da gestão de recursos hídricos no Brasil) e 3.3 (Aspectos institucionais da área de estudo).

A AESA dispõe de um sistema de informações que apresenta dados quantitativos e qualitativos sobre os recursos hídricos na área de estudo, assim como apresenta bases voltadas para a implementação dos instrumentos de gestão (outorgas, cobrança) e o monitoramento de usos dos recursos (MACÊDO JUNIOR, 2021). A ANA também dispõe de um sistema de informação e formalizou em 2013, através da Resolução ANA nº 903/2013, a criação da Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas (RNQA) (ANA, 2018b).

A SUDEMA não dispõe de “influência direta na gestão de recursos hídricos, porém, é o responsável por desenvolver atividades paralelas de fiscalização e licenciamento ambiental que influenciam indiretamente no gerenciamento das águas paraibanas” (FREITAS, 2012). A

autora ainda aborda que entre os serviços prestados por este órgão, é observado o acompanhamento da qualidade das águas das reservas hídricas destinadas ao abastecimento humano. Outro órgão que merece ser mencionado é a CAGEPA, usuário de água do sistema hídrico, que é responsável pela prestação de serviços de saneamento básico na Paraíba, realizando ainda o monitoramento da qualidade de água presente nos reservatórios Engenheiro Ávidos e de São Gonçalo.

4.3.2.5 Sanções graduadas

Para Tsuyuguchi *et al.* (2019), através da regulamentação da política de recursos hídricos, pode-se definir os procedimentos a serem seguidos em situações em que há o registro da violação de outorgas de uso da água, como as multas, repreensões e interrupção do acesso ao uso da água, porém a implementação só será efetivada se houver o registro de um bom sistema de monitoramento e fiscalização.

Há previsões institucionais quanto a essa temática, como a Lei Federal nº 9.605/1998, ou Lei de crimes ambientais que dispõe sobre as sanções penais e administrativas provenientes de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1998).

A Lei Estadual nº 6.308/1996 (Lei das águas da Paraíba) prevê que a infringência de normas será punida através de penalidades indicadas em Regulamento aprovado por ato governamental, que deverá estabelecer o procedimento para sua aplicação (PARAÍBA, 1996). Há, ainda, a Resolução da ANA Nº 662/ 2010, que apresenta especificações sobre atividades fiscalizadoras, aplicações e valores de multas.

O próprio princípio admite que essas sanções podem ser aplicadas por outros usuários, sendo tal ato não admitido pelo Direito Penal Brasileiro, em que o Estado é a única entidade reconhecida e com competência para executar punições (CAPEZ, 2016). Sendo assim, o quinto princípio não é atendido em sua plenitude.

4.3.2.6 Mecanismos de resolução de conflitos

Quanto aos mecanismos de resoluções de conflitos, os órgãos gestores atuam como principais mitigadores, auxiliando nas negociações, conciliações e mediações. O CBH-PPA tem contato direto com os conflitos entre os usuários e deve arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos associados aos recursos hídricos (BRASIL, 1997). Diante disso, o PRH-PPA garante os recursos necessários para o funcionamento do comitê, além de prever

ações de capacitação continuada para os seus membros, principalmente para a mediação de conflitos (ANA, 2018a).

Dessa forma, caso seja registrado um conflito entre usuários em decorrência dos usos dos recursos hídricos, o CBH deve realizar uma análise da problemática, verificar as regras que regem a situação e definir a solução (SIMPLÍCIO, 2016). A autora ainda afirma que a mitigação do conflito entre as partes pode ser realizada na sede do comitê, buscando-se a solução do problema de forma otimizada pela ponderação entre os princípios jurídicos e o caso em questão.

A ANA desenvolve vários programas de capacitação de forma pública e gratuita, apresentando investimentos contínuos para a capacitação quanto à gestão de recursos hídricos, assim como para a mediação e superação de conflitos (ANA, 2021a).

Oliveira (2019) aborda que há uma constante disputa de autoridades em bacias compartilhadas, especialmente quando um determinado reservatório é construído sob jurisdição da União, enquanto um trecho do rio está sob competência estadual. Essa situação ocorre desde que os seus limites estejam em um mesmo estado. Este é um conflito registrado no sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo. A dupla dominialidade (federal e estadual) e a falta de integração dos órgãos gestores são os principais causadores dos conflitos entre os usuários de água, com base na Nota Técnica nº 11/2018 da ANA.

4.3.2.7 Reconhecimento mínimo de direitos de organização

O sistema hídrico está inserido em uma bacia com plano definido, com comitê ativo e atuante, conforme é abordado no item 3.3 (Aspectos institucionais da área de estudo). Isso é comprovado ao analisar as atas de reunião disponibilizadas no próprio sistema de informação do CBH-PPA, constatando-se que são registradas as participações de grupos compostos por usuários. Na composição do CBH-PPA são identificados: os irrigantes pertencentes ao Perímetro Irrigado de São Gonçalo; associações de pescadores; ONG's; e a sociedade civil (ANA, 2018a), que é composta “por instituições cívicas, sociais e organizações que formam os alicerces de uma sociedade em funcionamento” (OEA, 2023). Tais grupos participam ativamente nas reuniões de alocação negociada de água e encontros do CBH-PPA, conforme é observado nos registros dos termos de alocação, o que caracteriza o sétimo princípio como totalmente atendido.

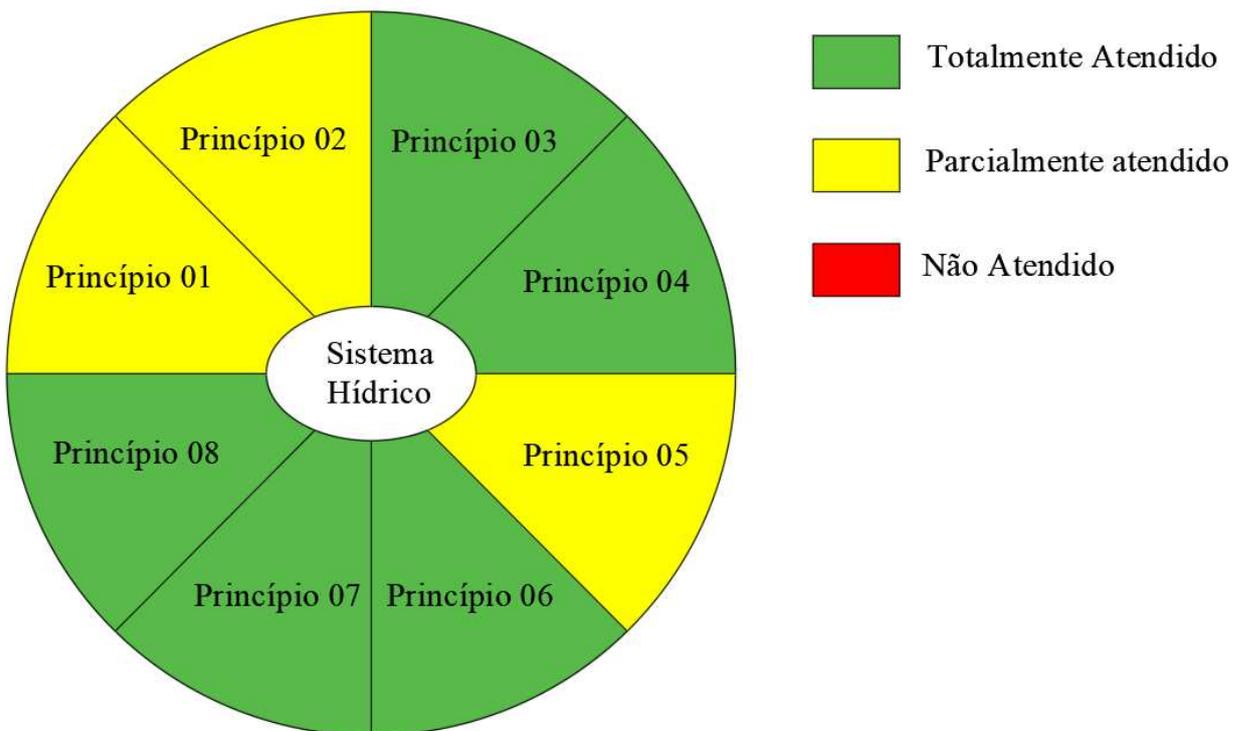
4.3.2.8 Empreendimentos aninhados

O oitavo e último princípio (do inglês *Nested Enterprises* – OSTROM, 1990) está associado à existência de empreendimentos aninhados, ele “pode ser alcançado por meio de ligações horizontais e verticais entre organizações comunitárias e/ou agências governamentais” (LACROIX; RICHARDS, 2015).

Os empreendimentos são equivalentes a sistemas conectados que apresentam diferentes camadas de organização. No caso de estudo, eles são representados pelo SINGREH e o SIPGRH, que são abordados, respectivamente, nos tópicos 2.3 (Aspectos da gestão de recursos hídricos no Brasil) e 3.3 (Aspectos institucionais da área de estudo), sendo exemplos de empreendimentos aninhados. Assim, o termo “empreendimento” é considerado como “sistema institucional” no caso de estudo. Nesse contexto, o oitavo princípio é caracterizado como atendido.

Com o objetivo de ter uma melhor visualização com relação ao atendimento dos princípios institucionais para o sistema hídrico dos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo é apresentada a Figura 11.

Figura 11 – Identificação dos princípios institucionais no sistema hídrico estudado.



Fonte: Autoria própria (2023).

4.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Compreender as interações entre variados grupos e a dinâmica de governança de um sistema hídrico apresenta algumas complexidades. O estudo desenvolvido permitiu uma melhor compreensão do contexto em que os reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo estão inseridos, possibilitando uma visualização das interações, problemas e aspectos que precisam ser revistos e melhorados.

O sistema hídrico estudado apresenta características intrínsecas de sua localização e do próprio sistema de gestão que colaboram para o surgimento de desafios e dificuldades. A sua localização no semiárido nordestino, associados às limitações em sua gestão colaboram para o surgimento de situações de estresse hídrico que ocorrem de forma cíclica.

Na primeira análise, adotando o sistema socioecológico (SSE), foi possível desenvolver um estudo da interação entre os seus subsistemas, entendendo a divisão das categorias e o que cada grupo engloba, tendo-se as variáveis de primeiro nível dadas por: sistema de recursos, unidades de recursos, atores e sistema de governança. Nessa etapa, foi possível desenvolver uma caracterização detalhada do sistema hídrico e a compreensão dos variados elementos que compõem a sua governança e gestão dos recursos hídricos.

Na segunda análise foi feita a verificação da presença ou não dos oito princípios institucionais de Ostrom (1990) com o objetivo de compreender a dinâmica da governança na área de estudo. A presença de cinco princípios foi identificada, sendo os demais parcialmente atendidos.

Observou-se que o sistema apresenta seus limites físicos bem definidos, porém, os instrumentos de gestão não estão sendo implementados em sua totalidade no sistema hídrico, podendo-se elencar como exemplo o enquadramento de recursos hídricos, que necessita de atualizações e modificações dos seus aspectos normativos e a cobrança pelo uso da água que ainda não foi executada pela União.

Apesar das dificuldades oriundas da sua dupla dominialidade (União e estadual), o sistema hídrico dispõe de uma boa previsão legal. Há órgãos gestores atuantes, planejamento estratégico, sistema de resolução de conflitos, comitê de bacia bem definido, comissão de reservatório e participação popular no processo de tomada de decisão. É importante que todos os instrumentos de gestão sejam implementados a fim de se alcançar uma governança de recursos hídricos mais fortalecida.

CAPÍTULO V

5. ROBUSTEZ DA GOVERNANÇA DA ÁGUA

5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo Janssen e Anderies (2007), os SSE são sujeitos a variadas perturbações, de modo que o seu desempenho é analisado com base em medidas quantitativas e características almejavéis, entendendo-se que as características indesejáveis também podem ser robustas, ou seja, têm a capacidade de se adaptar às mudanças nos sistemas e persistir ao longo do tempo. Os autores argumentam que a robustez do SSE é diretamente relacionada ao sistema de governança desenvolvido e a resiliência do sistema ecológico subjacente.

Há uma forte associação entre os sistemas soci ecológicos e a análise de robustez. O primeiro, “é um ponto de partida para desenvolver proposições sobre as relações entre usuários de recursos, entre usuários de recursos e o recurso, e como essas relações ocorrem com a infraestrutura regulatória configurada para direcionar o comportamento do usuário” (WYK; BREEN; FREIMUND, 2014).

Ao analisar os conceitos de resiliência e robustez são registradas similaridades. A resiliência consiste em uma “medida da persistência dos sistemas e de sua capacidade de absorver mudanças e perturbações e ainda manter as mesmas relações entre populações ou variáveis de estado” (HOLLING, 1973). Entende-se a robustez como a manutenção de características e aspectos que se deseja manter no sistema, mesmo com as mudanças e instabilidades do seu meio (CARLSON; DOYLE, 2002).

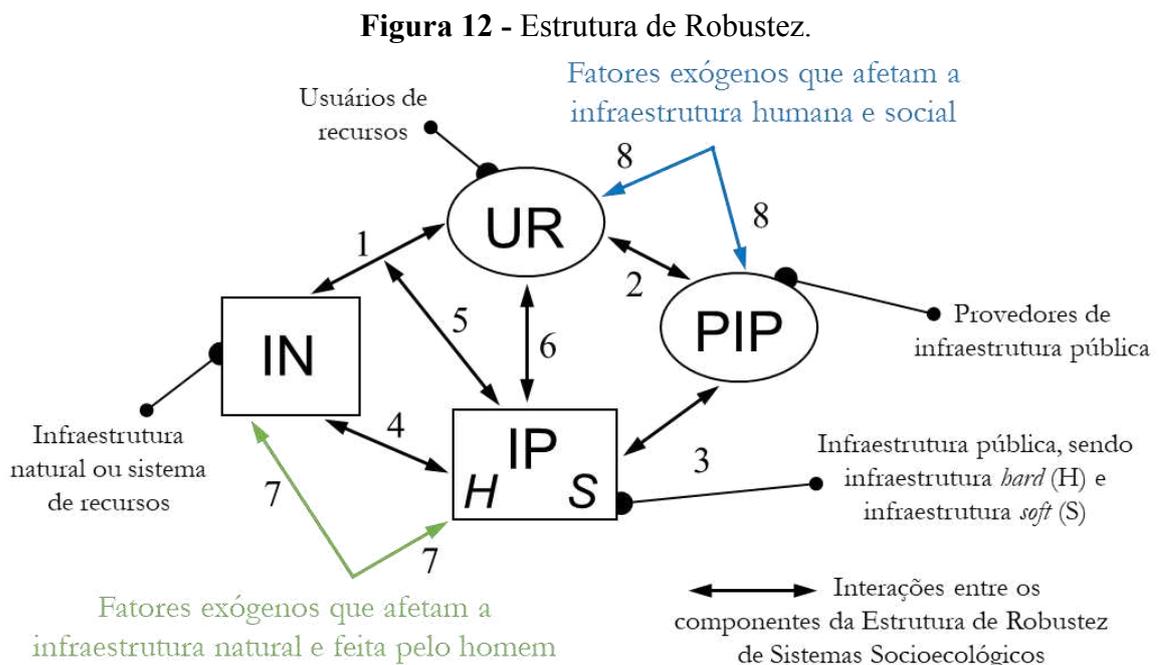
Nesse sentido, apesar das semelhanças na conceituação da robustez e resiliência, enfatiza-se que são registradas algumas disparidades. Em síntese, a primeira admite que o sistema consegue conservar o seu desempenho diante das situações atípicas (JANSSEN; ANDERIES, 2007; CARLSON; DOYLE, 2002), enquanto a segunda foca na sobrevivência do sistema (GUNDERSON; ALLEN; GARMESTANI, 2021).

Diante disso, no desenvolvimento da análise de robustez não é dado foco na estruturação institucional, mas nas metas definidas com antecedência e os resultados desejados, que podem culminar em uma maior eficiência do funcionamento do sistema, buscando manter paralelamente e de forma contínua o fornecimento de serviços públicos (VEIGA, 2022).

Com o objetivo de realizar uma análise mais detalhada das interações registradas em um sistema socioecológico, Anderies, Janssen e Ostrom (2004) propuseram a Estrutura de

Robustez, que sofreu adaptações ao longo dos anos pelo seu grupo de estudo. Desde o início definiu-se que essa estrutura deveria ser capaz de abordar três aspectos centrais, a saber: “i) a cooperação e o potencial para ação coletiva devem ser mantidos dentro do sistema social; ii) os sistemas ecológicos são dinâmicos; iii) os sistemas ecológicos podem ocupar vários estados estáveis e mover-se rapidamente entre eles” (ANDERIES; JANSSEN; OSTROM, 2004). Entre os estudos contendo adaptações na estrutura de robustez elencam-se Anderies e Janssen (2013); Naylor *et al.* (2019) e Anderies, Barreteau e Brady (2019).

Tanto a estrutura do SSE (Figura 7), como a robustez são extensões da estrutura de IAD (*Institutional Analysis and Development*) e fornecem meios que complementam uma análise estruturada e coerente (NAYLOR *et al.*, 2019). Na Figura 12 é ilustrada a estrutura de robustez.



Formas ovais – Atores; Formas retangulares – Infraestrutura; Números – *Links* e *feedbacks*.

Fonte: Adaptada de Anderies, Barreteau e Brady (2019) por Silva e Ribeiro (2023).

Na Figura 12 são observadas quatro variáveis principais que correspondem à infraestrutura natural (IN), usuários de recursos (UR), provedores de infraestrutura pública (PIP) e infraestrutura pública (IP). O primeiro grupo é semelhante ao sistema de recursos definido no SSE, que passa a englobar um conjunto de sistemas interligados (NAYLOR *et al.*, 2019). O segundo grupo, corresponde aos indivíduos que usufruem do sistema e realizam a extração de recursos. O terceiro, são responsáveis pela formulação de regras e normas, como

por exemplo os órgãos gestores e institucionais atuantes (LIMA, 2022). Por último, é registrada a infraestrutura pública, que é dividida em *Soft* (regras e regulamentos) e *Hard* (física).

De acordo com Anderies e Janssen (2013), a estrutura exposta na Figura 12 distingue entre os atores (apresentados em ovais), a infraestrutura (apresentados nos retângulos) e a relação entre aqueles que usufruem do recurso, e aqueles que podem coordená-lo (provedores de infraestrutura pública). Além disso, os links 7 e 8 correspondem às interações exógenas, ou seja, os fatores externos, como por exemplo as variações climáticas.

Cada entidade é ligada por *links* numerados (as setas \leftrightarrow , na Figura 12), através dos quais é possível analisar suas interações e possíveis consequências. Para realizar a análise dessas interações, usa-se o método proposto por Anderies, Barreateau e Brady (2019) que definiu uma lista de verbos que poderiam ser associados a cada um dos oito *links*, no qual são definidos mecanismos para uma análise qualitativa e sistemática registradas nas interações. A Tabela 2 apresenta a listagem de possíveis verbos potenciais que podem ser adotados utilizados na análise de robustez de um SSE, dividido em três categorias: quantidade, qualidade e capacidade modificadora.

Tabela 2 - Categoria de verbos para apoiar ou inibir a capacidade adaptativa.

Categorias	Subcategorias	Possíveis verbos
Quantidade	Positivo	Proporcionar, enriquecer, financiar, informar, fornecer, investir, atrair
	Negativo	Extrair, roubar, pesquisar, aumentar, destruir, desperdiçar, competir, explorar, inundar
	Alterar característica	Concentrar, migrar, restringir, modificar
Qualidade	Positivo	Cuidar, reparar, proteger, desfrutar, idealizar, revigorar, restaurar, coordenar, relaxar
	Negativo	Poluir, corroer, vandalizar, assustar, culpar, pressurizar, exigir, danificar
	Alterar característica	Manter, resistir, utilizar, preservar, adaptar, tomar posse, apropriado, vender, excluir, incluir, alterar
Capacidade de modificar	Primeira ordem positiva	Apoiar, ajudar, ajudar, mitigar, ajustar, aconselhar, autorizar, nomear, conceder
	Segunda ordem positiva	Fazer <i>lobby</i> , capacitar, responsabilizar, legitimar, valorizar, revigorar, educar, implementar, petição, estimular, esperar, envolver, consultar, incentivar, influenciar, fazer promessas para
	Negativo	Criticar, ignorar, distrair, restringir, limitar, tornar obsoleto, perturbar, subornar, reclamar, negar, sancionar, processar, protestar, desafiar

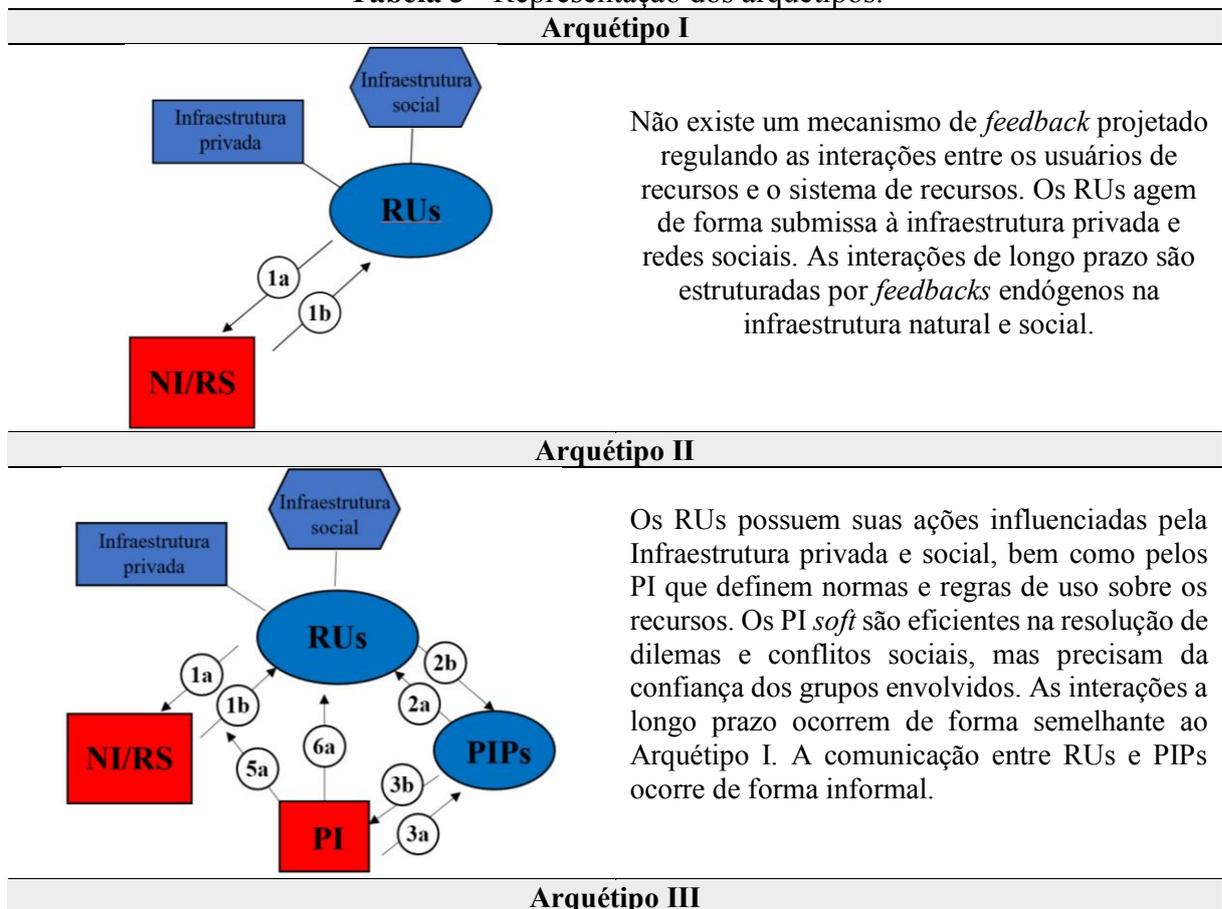
Condições de
mudança

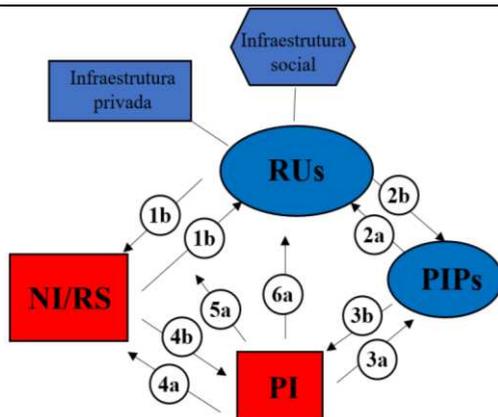
Habilitar, moldar, regular, controlar, justificar, envolver,
facilitar, redefinir, designar, priorizar, planejar

Fonte: Adaptado de Anderies, Barreateau e Brady (2019).

Além da listagem de verbos, são registrados os arquétipos desenvolvidos a partir de estudos anteriores que estabelecem a base para tipologias gerais de “sistemas de infraestrutura acoplada” (CIS – *coupled infrastructure systems*) e padronizações para representá-los, sendo possível desenvolver mecanismos que exemplificam de forma reduzida as interações registradas no sistema definindo o nível de robustez (ANDERIES; BARREATEAU, 2019). Na Tabela 3 são apresentados os tipos de arquétipos e processos CIS, admitindo cinco cenários com diferentes níveis de complexidade.

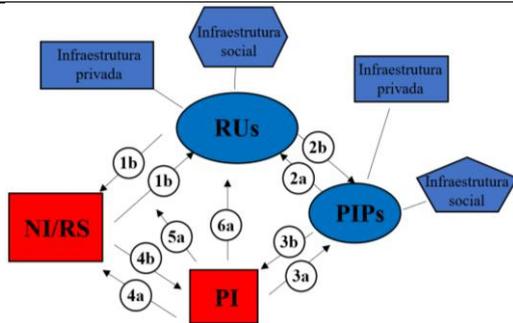
Tabela 3 - Representação dos arquétipos.





Apresenta características semelhantes ao Arquétipo II, porém há uma formalização das funções dos PIPs. Ainda há uma flexibilização e dependência por parte de PI em relação a NI, que define a dinâmica de longo prazo. As ações dos PIPs são baseadas em informações da NI, desempenham papéis proeminentes nos links 5 e 6. Os PIPs apresentam maior controle sobre os *feedbacks* no sistema principal, porém, a NI ainda tem forte influência na sua lógica interna.

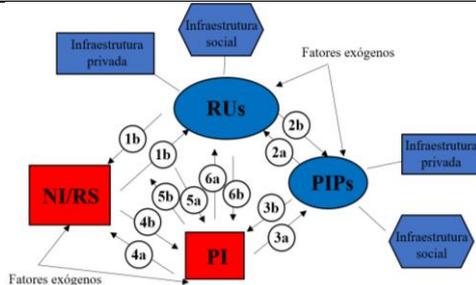
Arquétipo IV



Modificações da paisagem pela PI, demandam mais manutenções e pressionam o sistema de recursos. Apresenta maiores complexidades que o Arquétipo III quanto a PI, tanto *hard* quanto *soft*.

Os PIPs podem gerar mobilizações de suas infraestruturas privadas e sociais para cumprir suas metas. Embora o sistema seja complexo, os RUs ainda são simplificados quanto aos usos e finalidades na NI.

Arquétipo V



As variadas finalidades de usos da NI culminam em conflitos entre os RUs. Há complexas interações entre os vários sistemas da NI e os PI; os PIP atuam em diferentes níveis de gestão (local, regional, nacional e global).

RUs – Usuários de recursos; PIPs – Provedores de Infraestrutura pública; PI – Infraestrutura Pública; NI/RS – Infraestrutura Natural/Sistema de recursos.

Fonte: Adaptado de Anderies, Barreateau e Brady (2019).

Anderies e Janssen (2013) abordam que a principal diferença entre o sistema socioecológico e a estrutura de robustez consiste na articulação mais sistemática dos elementos da primeira estrutura, enquanto a segunda permite que seja desenvolvida uma análise mais dinâmica. Tais estruturas, porém, fornecem uma plataforma para a pesquisa interdisciplinar centrada nos resultados que englobam todo um sistema.

Um SSE é considerado robusto se, quando exposto a distúrbios, instituições e interações humanas são capazes de evitar mudanças de regime que tornariam as pessoas incapazes de colher um recurso ou passíveis de experimentar “sofrimento humano de longo prazo”. Para manter a robustez do SSE, os tomadores de decisão devem navegar por *trade-offs*, aumentando a robustez a um tipo de distúrbio pode-se crescer a fragilidade de um sistema para outros. (BARNETT; ANDERIES, 2014).

Observam-se que os sistemas de governança classificados como robustos colaboram para o entendimento e antecipação de possíveis mudanças, permitindo que sejam desenvolvidas medidas mitigadoras de impactos negativos e mantendo o desempenho do sistema de recursos (BAGGIO *et al.*, 2016).

Além dos sistemas socioecológicos, destacam-se ainda os princípios institucionais abordados no Capítulo IV e definidos em Ostrom (1990). Esses princípios não foram relacionados inicialmente por Ostrom (1990) ao conceito de robustez, apesar de serem definidos com base em instituições de recursos naturais comuns de pequeno porte e longevas (KRUPA; CHAPIN; LOVECRAFT, 2014).

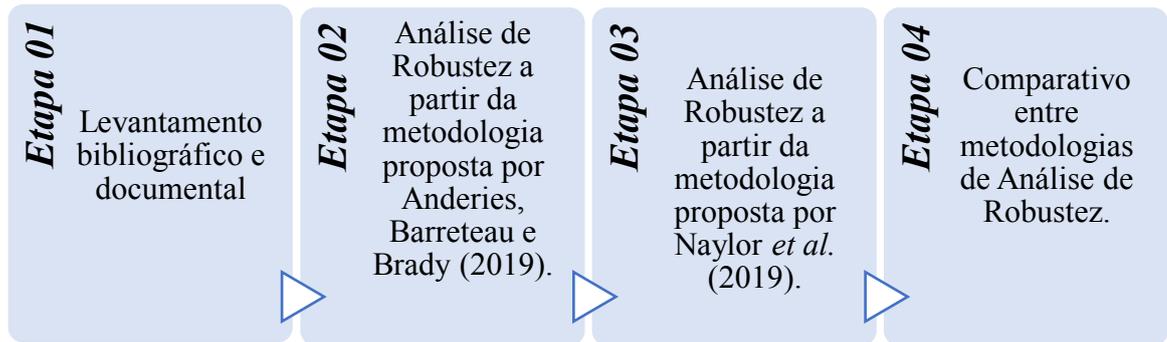
Nesse sentido, Anderies, Janssen e Ostrom (2004) apresentam uma análise dos princípios institucionais (definidos no tópico 4.3.2 deste texto) relacionados à robustez:

- Os princípios 1,2 e 3 colaboram para a resolução de problemas relacionados aos usos dos recursos;
- Os princípios 4, 5 e 6 colaboram para o controle de *feedbacks* para o uso de recursos, tendo a capacidade de transformar informações sobre a situação do sistema em ações modificadoras;
- O princípio 7, ao definir de forma clara os direitos de cada usuário, previne reivindicações sem legitimidade;
- O princípio 8 observa que ao dispor de empreendimentos aninhados de médio e grande porte, é possível que problemas de diferentes escalas sejam solucionados.

5.2 METODOLOGIA

Na elaboração desta seção do estudo foi empregada uma pesquisa de caráter exploratório, seguindo os mesmos conceitos delineados no tópico 4.2. A Figura 13 detalha as etapas metodológicas para o desenvolvimento desta fase da pesquisa.

Figura 13 - Fluxograma das etapas metodológicas desta fase da pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2022).

Um levantamento bibliográfico foi desenvolvido para nortear o arcabouço teórico, seguindo o mesmo procedimento metodológico inicial apresentado no capítulo anterior. A análise de robustez do sistema socioecológico foi feita considerando o sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, admitindo o período de 2011 e 2022, seguindo o mesmo período considerado no Capítulo IV.

As quatro entidades que compõem a estrutura de robustez elencadas por Anderies, Janssen e Ostrom (2004) foram investigadas, a saber: a Infraestrutura Natural (IN), Usuários de Recurso (UR), Provedores de Infraestrutura Pública (PIP) e a Infraestrutura Pública (IP). Nesse sentido, a análise de robustez foi desenvolvida com base em duas metodologias: a primeira é apresentada por Anderies, Barreteau e Brady (2019) e a segunda é definida por Naylor *et al.* (2019).

Através da metodologia de Anderies, Barreteau e Brady (2019) é realizada uma análise minuciosa dos comportamentos registrados nos *links* que fazem parte da estrutura de robustez, buscando identificar como ocorrem as interações entre as entidades e possíveis consequências. Para isso, definiu-se uma lista de verbos que poderiam ser associados a cada um dos oito links, adotando ainda uma esquematização de cores com o objetivo de indicar transformações quantitativas (vermelho), qualitativas (verde) e na capacidade de modificação (azul). Nesse contexto, admite-se que esses links podem ser representados por verbos que correspondem a transformação real ou potencial (por exemplo, por influência) do elemento receptor instigado pelo elemento de origem (ANDERIES; BARRETEAU; BRADY, 2019).

O segundo método de estudo da robustez adotado nesta pesquisa foi proposto por Naylor *et al.* (2019). Nesse método é realizada uma associação de cada *link* inserido na estrutura de robustez com representações de setas, que são indicadas em diferentes cores, escalas e quantidade. Utilizou-se um código de cores, a fim de definir se as interações eram negativas

(cor vermelha) ou positivas (cor azul). A intensidade das interações foi indicada através das proporções das setas, com o objetivo de ressaltar aquelas que geravam maiores impactos no SSE.

Por conseguinte, finalizadas essas etapas, foi desenvolvida uma investigação dos comportamentos dos *links* da estrutura de robustez a fim de observar todas as interações entre as entidades, definindo como ocorrem e as possíveis consequências. Com a realização desse estudo foi produzida a representação do *layout* da estrutura de robustez, empregando esquemas de cores e as proporções das setas, com o objetivo de identificar as interações positivas e negativas dentro do sistema socioecológico do sistema hídrico.

A aplicação das metodologias voltadas para a análise de robustez admitiu as considerações e interpretações da autora com base na análise do estudo de caso. Essas considerações podem influenciar a replicabilidade da pesquisa em diferentes casos de estudos.

Os marcos regulatórios e os termos de alocação negociada de água (iniciada em 2015 e ainda em curso) foram considerados no desenvolvimento do presente estudo, assim como foi realizada a participação direta da pesquisadora nas reuniões ocorridas de forma *on-line*. Na Tabela 4 é apresentado um resumo das discussões referentes a esse processo.

Tabela 4 - Termos de alocação negociada de água para os reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo.

Documento	Local	Data	Assunto tratado
Termo de Alocação de água 2015-2016	Sousa-PB	27/08/2015	Objetivo: Definição de regras para o uso da água superficial dos reservatórios Eng. Ávidos e São Gonçalo para o período de abril a junho de 2016. Discussão: Para o REA limitou-se à vazão destinada a ETA da CAGEPA à vazão contínua mensal de 120 l/s. O RSG também limitou as vazões destinadas ao abastecimento humano. Em ambos os reservatórios foi acordada a suspensão dos usos referentes a irrigação e a defluência a jusante e optou-se pela não restrição do abastecimento humano e dessedentação nos entornos dos reservatórios.
Termo de Pré-alocação de água 2015-2016	Sousa-PB	14/04/2016	Objetivo: Definição de regras para o uso da água superficial dos reservatórios Eng. Ávidos e São Gonçalo para o período de abril a junho de 2016. Discussão: Definiram-se as condições e os valores de vazões médias mensais para o abastecimento de usuários das cidades de Nazarezinho e Sousa, distrito de São Gonçalo e os núcleos habitacionais do Perímetro de São Gonçalo.
Termo de Alocação de água 2016-2017	Sousa-PB	03/08/2016	Objetivo: Alocação de Água dos reservatórios Eng. Ávidos e São Gonçalo e trechos perenizados do rio Piranhas - Período julho de 2016 a junho de

			2017.
			Discussão: Foram apresentados dados dos reservatórios referentes aos volumes e cotas, assim como as condições de uso. Na alocação de água, definiu-se para o RSE uma vazão média de 120 l/s para Cajazeiras e o Distrito de Engenheiro Ávidos. Enquanto para o RSG definiu-se uma vazão média de 160 l/s para Sousa e Marizópolis.
Termo de Alocação de água 2017-2018	Cajazeiras-PB	08/08/2017	Objetivo: Alocação de Água dos reservatórios Eng. Ávidos e São Gonçalo e trechos perenizados do rio Piranhas - Período de agosto de 2017 a maio de 2018. Discussão: Foram apresentados dados dos reservatórios referentes aos volumes (62,30 hm ³ para o REA e 24,80 hm ³ para o RSG) e cotas (305,44 m para o REA e 244,19 m para o RSG), assim como as condições de uso. Na alocação de água, definiu-se para o RSE uma vazão média de 110 l/s para Cajazeiras e o Distrito de Engenheiro Ávidos. Enquanto para o RSG definiu-se uma vazão média de 160 l/s para Sousa e Marizópolis, 7,6 l/s para Nazarezinho e 7,6 para consumo humano no entorno do reservatório.
Termo de Alocação de água 2018-2019	Sousa-PB	04/07/2018	Objetivo: Alocação de Água dos reservatórios Eng. Ávidos e São Gonçalo para o Período de julho de 2018 a junho de 2019. Discussão: Definiu-se as últimas deliberações para o Marco Regulatório. Na alocação de água, definiu-se para o RSE uma vazão média de 126 l/s para Cajazeiras e o Distrito de Engenheiro Ávidos, 5 l/s para o entorno e 268 l/s para demais usos a jusante. Enquanto para o RSG definiu-se uma vazão média de 170 l/s para o abastecimento público e 103 l/s para demais usos no entorno do reservatório.
Termo de Alocação de água 2019-2020	Cajazeiras-PB	17/07/2019	Objetivo: Alocação de Água do sistema hídrico formado pelos reservatórios Eng. Ávidos e São Gonçalo e pelo rio Piranhas, da barragem do reservatório Eng. Ávidos até a confluência com o rio do Peixe. Discussão: Apresentou-se a situação regulatória e hidrológica dos dois reservatórios. Foram especificadas as condições de operação de uso da água. Instituiu-se o Grupo PISG e a comissão de acompanhamento da Alocação de Água. Este termo apresentou três aditivos.
Termo de Alocação de água 2020-2021	Teleconferência, conforme Portaria da ANA N° 104/2020.	04/08/2020	Objetivo: Alocação de Água do Sistema Hídrico Eng. Ávidos e São Gonçalo. Discussão: Apresentou-se a situação regulatória e hidrológica dos dois reservatórios. Especificação das vazões de usos alocados para cada reservatório, medições de vazões no Perímetro Irrigado de São Gonçalo.

Termo de Alocação de água 2021-2022	Teleconferência, conforme metodologia definida na Nota Técnica nº 11/2020/COMAR/SRE	22/06/2021 e 25/06/2021	Objetivo: Alocação de Água do Sistema Hídrico Eng. Ávidos e São Gonçalo.
			Discussão: Apresentou-se a situação regulatória e hidrológica dos dois reservatórios, caracterizando um estado de atenção. Nas especificações dos usos alocados, consta que o Eng. Ávidos apresenta porcentagens consideráveis de atendimento dos usuários, tendo 87% para abastecimento público e 100% usos no seu entorno e usos a jusante.

Fonte: Adaptado de ANA (2015a, 2015b, 2016d, 2017, 2018c, 2019, 2020b, 2021b).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Entidades que compõem a Estrutura de Robustez

A seguir é apresentada a identificação e análise das entidades que compõem a estrutura de robustez representada na Figura 12. Esses aspectos iniciais foram importantes para compreender como ocorriam as interações entre as entidades e apresentar um estudo sobre os *links*.

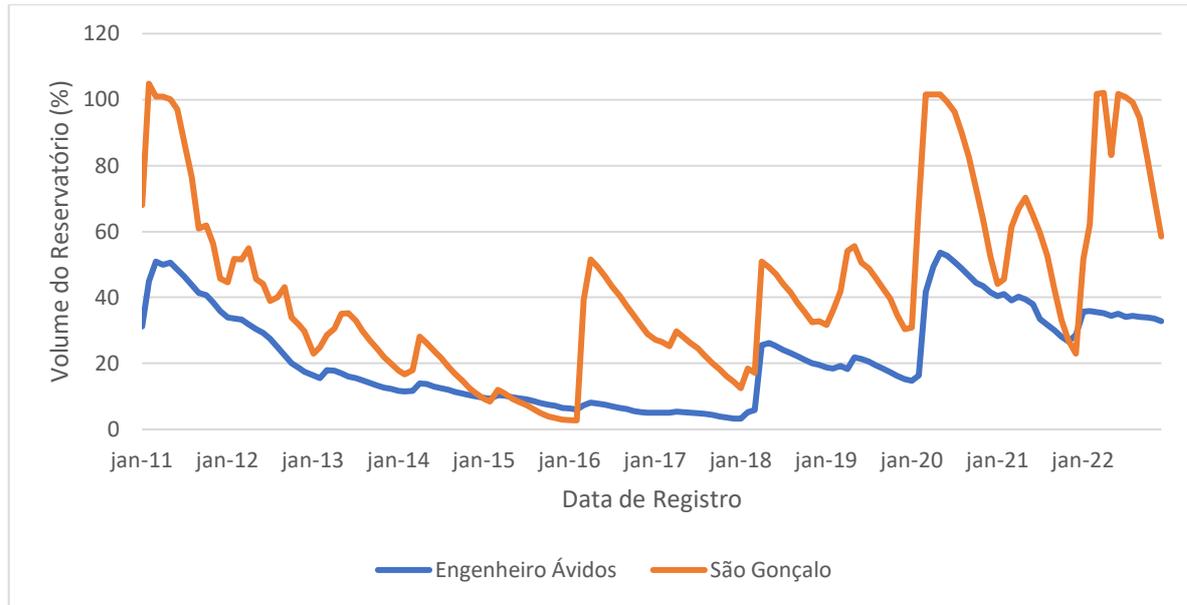
5.3.1.1 Infraestrutura Natural

Pode-se afirmar que no caso estudado, a IN corresponde ao próprio sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos, São Gonçalo e o trecho do rio Piranhas entre os dois reservatórios.

Há similaridades entre a estrutura de robustez e o sistema socioecológico, conforme foi abordado no tópico 5.1. As considerações apresentadas sobre o sistema de recursos (ver tópico 4.3.1.1) podem ser admitidas para a análise da infraestrutura natural. Mais informações como volumes e características dos reservatórios são apresentadas no item 3.2.

Com o objetivo de compreender a dinâmica de armazenamento do sistema hídrico estudado, a Figura 14 evidencia a porcentagem dos volumes dos reservatórios entre os anos de 2011 e 2022.

Figura 14 - Volumes dos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo entre 2011 e 2022.



Fonte: Adaptado de AESA (2022b).

Analisando o comportamento da variação volumétrica dos reservatórios, entre os anos de 2015 e 2017, foi observada uma forte redução no volume de água armazenado nos reservatórios, colaborando para o surgimento de situações de caráter emergencial, caracterizada por fortes conflitos entre usuários, crises de abastecimento, campanhas de racionamento de água, problemas econômicos e sociais (SOUZA; SILVA; RIBEIRO, 2022). Os autores citados ainda destacam que em 2011 já eram observadas diminuições nos valores referentes aos volumes armazenados, que ao serem atreladas aos problemas de gestão de recursos hídricos favoreceram o surgimento do cenário de crise.

5.3.1.2 Usuários de Recursos

Os usuários de recursos correspondem ao grupo que realiza a extração das unidades de recursos de um determinado sistema (NAYLOR *et al.*, 2019). Entre os usos do sistema é dado especial destaque para o abastecimento humano, que é classificado como uso prioritário pela Lei 9.433/1997. Nas Tabelas 5 e 6 são apresentados os usos associados a cada reservatório, especificando a vazão média anual.

Tabela 5 - Usos associados ao reservatório Engenheiro Ávidos.

Usos	Vazão Média Anual (l/s)	Referência
Abastecimento público	184	CNARH nº 205043

Demais usos no entorno do reservatório Engenheiro Ávidos (1)	5	Estimativa para 10 hectares
Usos outorgáveis no reservatório	189	
Abastecimento público	16	Informação CAGEPA
Demais usos no rio Piranhas a jusante até o reservatório São Gonçalo	150	Estimativa por cadastro e consumo de energia elétrica para irrigação
Perenização do rio Piranhas a jusante até o reservatório São Gonçalo (1)	118	Estimativa pelas vazões defluídas historicamente pelo Eng. Ávidos
Usos outorgáveis a jusante	166	
Transferência para o açude São Gonçalo	2090	
TOTAL	2573	

Fonte: Adaptado de ANA (2018b).

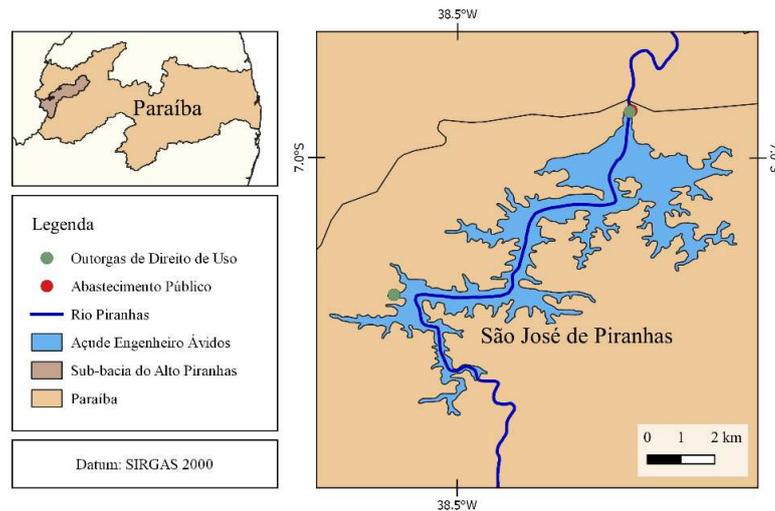
Tabela 6- Usos associados ao reservatório São Gonçalo.

Usos	Vazão Média Anual (l/s)	Referência
Abastecimento público (1)	230	Medições realizadas nas adutoras para Sousa e Nazarezinho
Demais usos no entorno do reservatório (2)	160	Resoluções ANA nº 1138/2013, 613, 614, 615, 188 e 187/2014
Perímetro Irrigado de São Gonçalo	1400	Estimativa de 2800 hectares já irrigados
Usos outorgáveis no reservatório	1790	
Demais usos no rio Piranhas a jusante até a confluência com o rio do Peixe	170	Estimativa para o centro de aquicultura e para 300 hectares irrigados no trecho de rio
Perenização do rio Piranhas a jusante até a confluência com o rio do Peixe (2)	140	Estimativa de perdas por 4,32 l/s por km de rio (Parecer Conjunto nº 5/2016/SRE/SFI)
Usos outorgáveis a jusante	170	
TOTAL	2100	

Fonte: Adaptado de ANA (2018b).

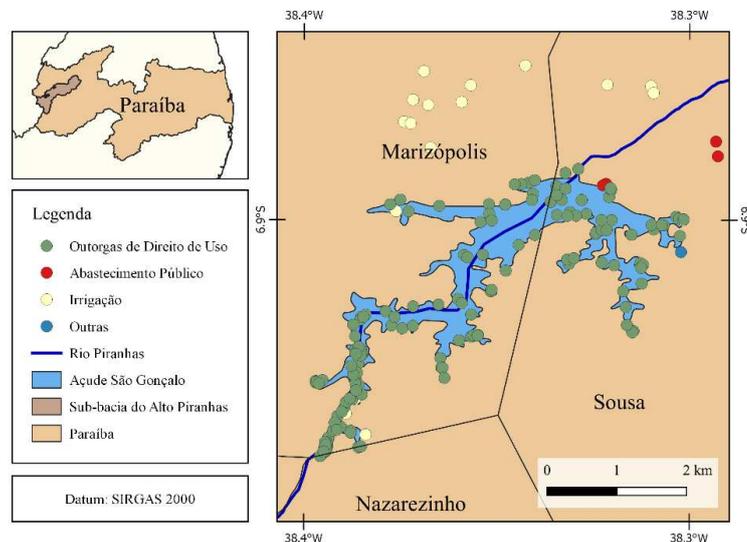
Nas figuras 15 e 16 é apresentada a espacialização das outorgas emitidas no sistema hídrico estudado no ano de 2022. Para o reservatório Engenheiro Ávidos é dado ênfase para a outorga CNARH nº 205043, que é destinada para o abastecimento humano, mais especificamente o das cidades de Cajazeiras e do distrito de Engenheiro Ávidos.

Figura 15- Espacialização das outorgas emitidas no reservatório Engenheiro Ávidos no ano de 2022.



Fonte: IBGE (2022b), ANA (2022h), AESA (2022a).
Elaboração Gráfica de autoria própria (2022).

Figura 16 - Espacialização das outorgas emitidas no reservatório de São Gonçalo no ano de 2022.



Fonte: IBGE (2022b), ANA (2022h), AESA (2022a).
Elaboração Gráfica de autoria própria (2022).

Há uma maior concentração de outorgas no reservatório São Gonçalo do que no reservatório Engenheiro Ávidos, estando em concordância com a tabela 6, que especifica uma vazão média anual de 1.790 l/s para usos outorgáveis no primeiro açude.

5.3.1.3 Provedores de Infraestrutura Pública

Os provedores de infraestrutura pública (PIP) são aqueles que desenvolvem os métodos e mecanismos que possibilitam realizar a gestão de recursos hídricos, executando-os e

fornecendo o suporte demandado no aprimoramento da governança da água (LIMA, 2022). Nesse contexto, entre os provedores de infraestrutura pública atuantes no sistema estão: ANA, CNRH, AESA e CBH-PPA. O primeiro atua no sistema hídrico “buscando implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso à água, promovendo seu uso sustentável” (ANA, 2018a). Através do segundo foram publicadas várias resoluções voltadas para os instrumentos de gestão de recursos hídricos (LIMA, 2022). O terceiro é o responsável pela emissão de outorgas e tem importante papel na gestão do trecho do rio Piranhas que interliga os dois reservatórios (com dominialidade do estado). E, finalmente, o comitê desempenha papel na mediação e resolução de conflitos e no desenvolvimento de regras para a bacia. Nos tópicos 2.3 (Aspectos da gestão de recursos hídricos no Brasil) e 3.3 (Aspectos institucionais da área de estudo) são apresentados mais detalhes sobre os PIPs citados.

5.3.1.4 Infraestrutura Pública

Dentro da infraestrutura pública, são categorizadas duas tipologias: *hard* e *soft*. A primeira é representada pelos próprios reservatórios inseridos no sistema hídrico estudado, juntamente com suas barragens, adutoras e canais. A segunda tipologia corresponde às regras e normas, admitindo-se os aspectos institucionais que englobam leis, decretos, resoluções, marcos regulatórios, notas técnicas, entre outros.

Analisando a infraestrutura pública *hard* do reservatório Engenheiro Ávidos, nota-se que sua barragem principal é de terra zoneada, com cortina central de concreto armado, dispondo de uma extensão de 359,40 m e 45 m de altura (ANA, 2016b). As obras foram iniciadas em 1921, sendo a equipe de execução dada pela construtora estadunidense *Dwight P. Robinson & Company Limited* e por Moacyr Monteiro Ávidos, engenheiro civil pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro (QUEIROZ, 2020).

A barragem do reservatório Engenheiro Ávidos, também conhecido como Boqueirão de Piranhas, é contemplada pelas águas vindas do Rio Piranhas. Grande parte da área ocupada pelo açude está concentrada na cidade de São José de Piranhas, inserida no sertão paraibano (OLIVEIRA, 2017). Quanto à barragem do reservatório de São Gonçalo é do tipo terra homogênea, dispondo de uma extensão de 380,00 m e 25,30 m de altura (ANA, 2016b).

A infraestrutura pública *soft* engloba as regras, regulamentos e organizações. Destaca-se a Lei 9.433/1997, que estabelece a PNRH. Há ainda a Política Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PERH), Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-

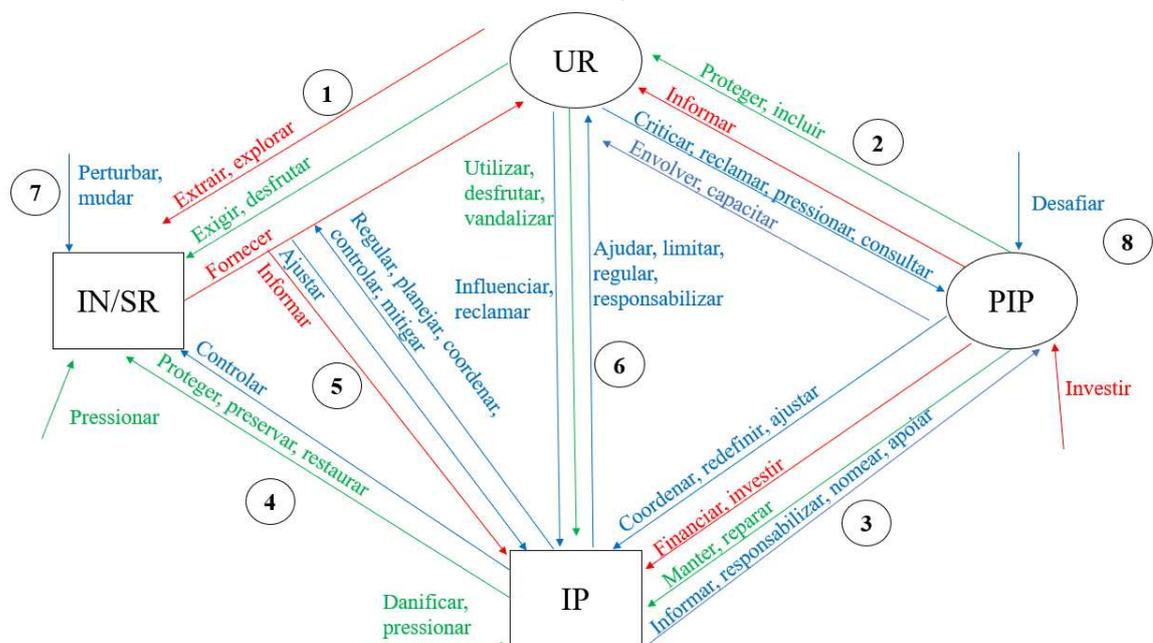
Açu, Plano diretor da Sub-bacia do Alto Piranhas, marcos regulatórios e os termos de alocação negociada de água.

5.3.2 Interações entre os Componentes da Estrutura de Robustez proposta por Anderies, Barreteau e Brady (2019)

Foram analisados os oito links que compõem a estrutura de robustez, aplicando a metodologia proposta por Anderies, Barreteau e Brady (2019). No estudo desenvolvido foi considerada a atuação de fatores exógenos através dos links 7 e 8, dando-se especial destaque para as variações climáticas, que podem colaborar para a escassez hídrica que atua de forma cíclica e traz fortes impactos negativos ao caso estudado. A metodologia proposta por Anderies, Barreteau e Brady (2019) apresenta uma substituição do “sistema de recursos” pela “infraestrutura natural”.

Na Figura 17 é representada a aplicação do arcabouço de robustez do sistema socioecológico do sistema hídrico dos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, de acordo com a metodologia proposta por Anderies, Barreteau e Brady (2019). Em seguida, é apresentada a discussão sobre todas as interações identificadas.

Figura 17- Robustez da governança do sistema hídrico dos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo.



UR – Usuários de recursos; PIP – Provedores de Infraestrutura pública; IP – Infraestrutura Pública; IN/SR- Infraestrutura Natural/Sistema de recursos.

Cor vermelha - indica transformações quantitativas; Cor verde – qualitativas; Cor azul - capacidade de modificação.

Fonte: Autoria própria (2022).

No *link 1* é indicada a interação entre a infraestrutura natural (IN) e os usuários de recurso (UR), onde o sistema fornece os recursos, tais como água doce, peixes e o terreno do entorno destinado para a agricultura. Por sua vez, os usuários exploram e extraem os recursos para atender as suas necessidades e demandas.

Quanto aos usos do sistema, é dado destaque para o abastecimento público de várias cidades nas proximidades (83% da demanda do reservatório Engenheiro Ávidos) e para a agricultura irrigada nas suas áreas lindeiras (89% da demanda do reservatório de São Gonçalo). Conforme é indicado na Figura 17, trata-se de uma interação predominantemente quantitativa, em que os usuários extraem os recursos fornecidos pelo sistema, com o intuito de atender as suas demandas.

No *link 2* é representada a interação entre os usuários (UR) e os provedores de infraestrutura pública (PIP), em que se aborda o grau em que a sociedade civil pode ser envolvida ou admitida nos processos de tomada de decisão e o nível de influência através de petições (NAYLOR *et al.*, 2019).

Diante disso, considerando o espaço destinado para a participação da população, a ANA e a AESA dispõem de ouvidoria pública. O CBH-PPA desempenha papel primordial na participação pública, com todas suas reuniões abertas, permitindo que a população possa participar e expor suas considerações, cobranças e necessidades. Há ainda um contato mais direto entre as Secretarias Municipais de Meio Ambiente e os usuários locais, que em alguns casos dispõem de organização própria.

No item 4.3.2.6 são apresentados os mecanismos de resolução de conflitos e abordado como a ANA realiza investimentos em programas de capacitação de forma gratuita e de livre acesso, havendo ainda o Procomitês especificado no item 4.3.1.5 (Configurações sociais, econômicas e políticas).

No *link 3* é registrada a interação entre os provedores de infraestrutura pública e a infraestrutura pública, que pode ser classificada como *hard* ou *soft*. Os PIPs realizam investimentos na IP, podendo-se elencar os fundos estaduais de recursos hídricos que têm como finalidade oferecer suporte financeiro à execução das políticas estaduais (ANA, 2018a). Esses são geridos pela AESA, sendo possível acessar no seu site através do portal da transparência e ter conhecimento sobre os últimos investimentos na área estudada.

No *link 4* é apresentada a interação entre a infraestrutura pública (IP) e o sistema de recurso/infraestrutura natural. As regras e normas especificadas na infraestrutura *soft* exercem importantes atributos no desenvolvimento de um sistema de recurso, pois através das garantias definidas pelos instrumentos de gestão pode-se buscar a proteção e preservação das áreas que

contemplam os reservatórios, desenvolvendo medidas de monitoramento, fiscalização e controle de usos da água.

No entanto, essa interação pode apresentar fragilidade, pois admitindo situações em que são registradas falhas nos instrumentos de gestão, pode-se resultar em sérias consequências. Durante muitos anos constatou-se que a barragem do reservatório Engenheiro Ávidos dispunha de uma série de patologias que poderiam comprometer a sua integridade física, em decorrência da falta de manutenção, vistorias regulares e avaliações técnicas.

No *link 5* ocorre a interação entre a infraestrutura pública e os recursos dinâmicos. Este link está relacionado com a governança, admitindo o monitoramento, sanção, resolução de conflitos e coordenação dos recursos para a produção econômica (ANDERIES, 2015). Através dos instrumentos de gestão e dos aspectos institucionais vigentes no sistema hídrico, é possível definir a formas de regulação, planejamento, coordenação e controle dos sistemas dinâmicos. Entre os instrumentos de gestão para estas finalidades, destaca-se a outorga que garante ao usuário o direito de usufruir da água (ANA, 2018a) e a cobrança pelo o uso da água para moderar os usos (BRASIL, 1997).

No *link 6* é representada a interação entre os usuários de recurso (UR) e a infraestrutura pública (IP), em que é observada a infraestrutura pública para a população que usufrui do sistema de recursos. Considerando o IP *soft*, elencam-se os instrumentos de gestão que irão regular e limitar os usos do sistema, garantindo que maior parte dos usuários tenham suas demandas atendidas. Quanto ao IP *hard*, tem-se as adutoras e os sistemas de distribuição e abastecimento de água. Os próprios usuários podem vandalizar a infraestrutura para praticar o roubo de água, através de canalizações clandestinas que realizam desvios dos cursos d'água, apesar das medidas de monitoramento e fiscalização.

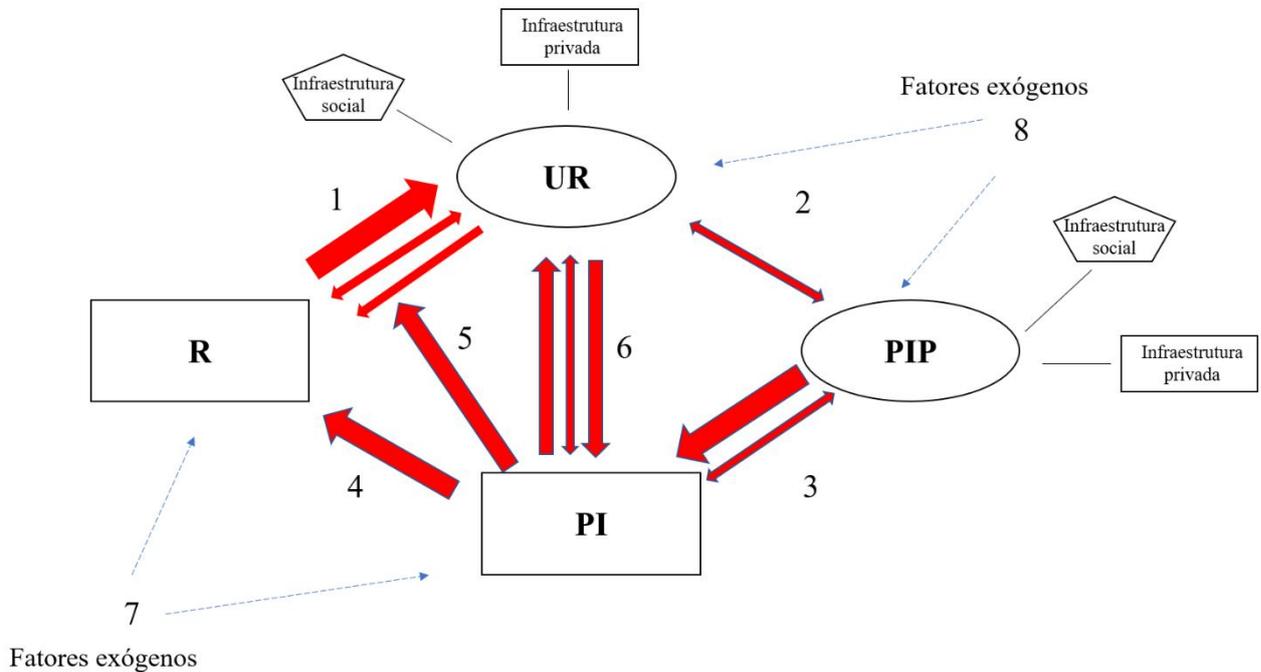
Por conseguinte, os *links 7* e *8* correspondem às atuações de fatores exógenos, ou seja, fatores externos. É dado especial ênfase às variações climáticas. Entre os anos de 2015 e 2018, o sistema hídrico estudado enfrentou uma grave crise hídrica, sendo registrada uma redução acentuada nos volumes dos reservatórios (SOUZA; SILVA; RIBEIRO, 2022). Mais informações foram apresentadas no item 3.2 (sistema hídrico dos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo).

Dessa forma, a atuação dos fatores externos corroborou para o surgimento de fortes perturbações no sistema de recursos, facilitando o desenvolvimento de conflitos entre os usuários e instaurando o cenário de crise. A situação gerou grandes desafios para os provedores de infraestrutura pública, que precisaram desenvolver soluções rápidas e eficazes. Elenca-se a intervenção da ANA, através da emissão da nota técnica nº 11/2018.

5.3.3 Interações entre os Componentes da Estrutura de Robustez proposta por Naylor et al. (2019)

Nessa etapa da pesquisa realizou-se uma segunda análise de robustez empregando a metodologia proposta por Naylor *et al.* (2019), em que foram analisadas as interações entre os componentes da estrutura de robustez, utilizando códigos de cores para definir se as associações são negativas (cor vermelha) ou positivas (cor azul). Salienta-se, ainda, a representação de ações externas através dos links 7 e 8. Os autores afirmam que o estudo contribuiu para o mapeamento das interações entre os elementos presentes na estrutura de robustez através do SSE. Nas figuras 18 e 19 são apresentadas as interações negativas e positivas.

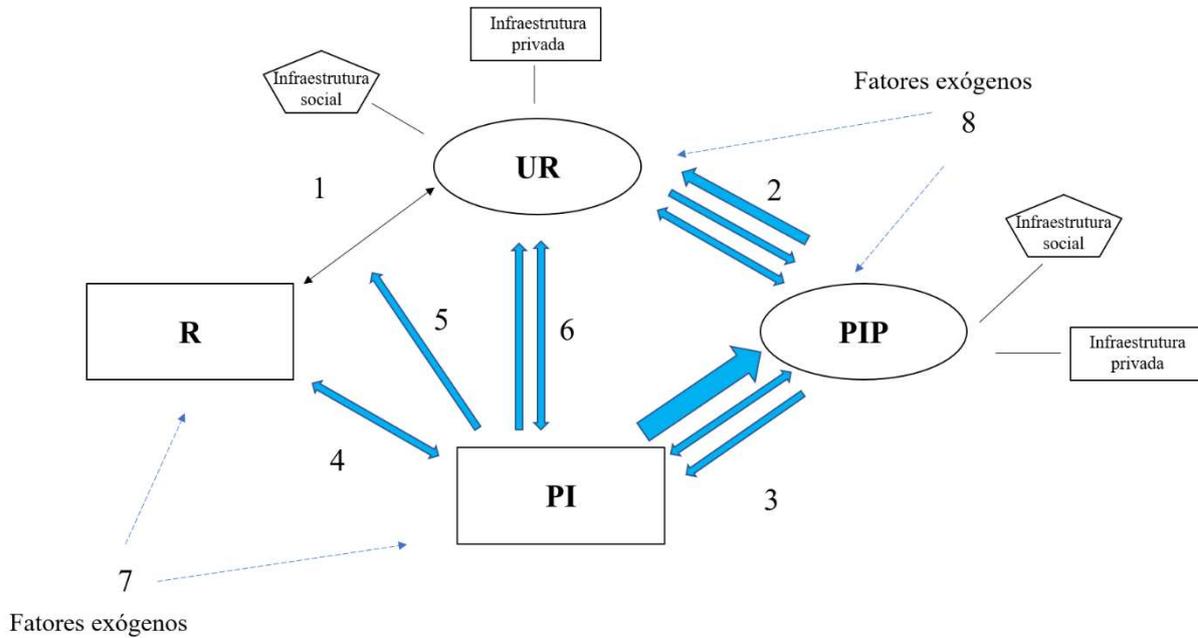
Figura 18- Layout da estrutura de robustez (Interações negativas).



UR – Usuários de recursos; PIP – Provedores de Infraestrutura pública; IP – Infraestrutura Pública; R - Infraestrutura Natural/Sistema de recursos.

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 19- Layout da estrutura de robustez (Interações positivas).



UR – Usuários de recursos; PIP – Provedores de Infraestrutura pública; IP – Infraestrutura Pública; R- Infraestrutura Natural/Sistema de recursos.

Fonte: Autoria própria (2022).

Na análise do *link* 1 é observado que a infraestrutura natural fornece os recursos para os usuários, os quais são responsáveis por realizar a manutenção dos mesmos e a correta exploração. No entanto, nessa interação, há uma prevalência de aspectos negativos, devido ao uso desregulado e problemas ambientais gerados.

Nesse sentido, através de participação direta nas reuniões de alocação de água do sistema hídrico foram observadas discussões intensas entre os usuários. Os principais confrontos envolviam os usuários próximos ao reservatório São Gonçalo, os quais são predominantemente irrigantes. Eles questionavam a indisponibilidade de água para atividades destinadas a agricultura e irrigação. Um dos grandes desafios observados era a conscientização por parte dos órgãos gestores em relação aos usuários, em deixar claro que o abastecimento humano era prioridade com relação aos outros usos.

Esses usuários estão inseridos a jusante no sistema, de modo que água liberada pelo reservatório Engenheiro Ávidos, prossegue pelo rio Piranhas e alcança o reservatório São Gonçalo. Devido à crise hídrica registrada entre os anos de 2012 e 2019, o primeiro reservatório não disponibilizava vazões consideráveis para a jusante, afetando fortemente os usuários próximos ao segundo reservatório (ANA, 2018; SOUZA; SILVA; RIBEIRO, 2022).

Outra problemática elencada é o desmatamento da mata ciliar. Nos estudos de Braga (2015), através da realização de entrevistas com moradores locais do entorno do açude Engenheiro Ávidos, concluiu-se que 95% dos entrevistados perceberam uma redução da vegetação ao redor do reservatório ao longo dos anos, ou seja, o desmatamento da sua mata ciliar. A mata ciliar consiste na vegetação que cresce no entorno dos corpos d'água, desempenhando papel primordial na proteção desses (BAHIA, 2007). Dentre os impactos ambientais causados pela diminuição da mata ciliar estão: erosão e perda de nutrientes do solo, perda de qualidade da água, assoreamento dos rios e enchentes, alterações e desequilíbrios climáticos e redução da atividade pesqueira (BRAGA, 2015).

Nas proximidades do reservatório Engenheiro Ávidos, a agricultura de subsistência é uma atividade muito frequente para os moradores, sendo empregado agrotóxicos ou algum tipo de fertilizante. Há problemas relacionados com o saneamento, já que uma parcela considerável da população local ainda deposita efluentes diretamente nos cursos d'água, em fossas rudimentares, lançando-os no solo ou a céu aberto.

No *link 2* (da Figura 19), observa-se a interação entre usuários de recursos e os provedores de infraestrutura pública, havendo a predominância de aspectos positivos. Apesar de todos os problemas observados quanto aos aspectos institucionais, os usuários têm suas opiniões ouvidas no processo de tomada de decisão.

A governança é desenvolvida em variados níveis, desde a autarquia em nível federal, até um pequeno município que possui uma associação de pescadores locais. Um aspecto bastante positivo é que múltiplos segmentos da sociedade podem participar das decisões relacionadas à sub-bacia, seja pela presença nas reuniões do comitê ou através da ouvidoria.

No *link 3* é descrita a interação entre os provedores de infraestrutura pública e a própria infraestrutura pública, que dispõe tanto de aspectos positivos como negativos. O sistema dispõe de uma vários órgãos atuantes em diferentes modalidades, que são caracterizados no item 3.3 (Aspectos institucionais da área de estudo).

Nos estudos de Freitas (2012), registra-se um déficit na integração dos órgãos gestores atuantes, em que as atividades são desenvolvidas de forma pontual, não havendo a junção de aspectos variados.

De maneira geral, avaliando-se a ação dos órgãos gestores percebeu-se que não há uma interação entre os órgãos gestores. Cada nível de poder trabalha individualmente. Nem os órgãos de mesma esfera como os estaduais tem conhecimento do trabalho uns dos outros. Não há um diálogo entre os mesmos. Certamente que o trabalho de forma complementar, através de parcerias entre esses órgãos gestores seria fundamental para a concretude de importantes projetos/ações. Entende-se que as parcerias poderão integrar-se

à uma rede de informações e ações na qual haverá um trabalho conjunto, superando assim as referidas práticas pontuais as quais são desenvolvidas esporadicamente sem nenhuma interligação umas com as outras (FREITAS, 2012).

Essa é uma situação retratada no ano de 2012. Analisado o tempo decorrente até 2022, é registrada uma melhor interação dos órgãos gestores. Essa informação pode ser fundamentada com base nos termos de alocação de águas do sistema, que apresentam uma ação conjunta da ANA, AESA e CBH-PPA.

No *link* 04 é registrada a interação entre a infraestrutura pública e a infraestrutura natural. Naylor *et al.* (2019) abordam que as regras *hard* ou *soft* estabelecidas na infraestrutura pública servem para assegurar a proteção do recurso, por exemplo, através da manutenção e proteção de áreas protegidas ou a construção de infraestruturas com o objetivo de modificar o recurso em prol do consumo. Observam-se alguns aspectos negativos voltados principalmente para a infraestrutura do sistema. Há vulnerabilidades no reservatório Engenheiro Ávidos que se acumularam de forma gradual com o decorrer dos anos, indo além do período elencado na análise (SOUZA; SILVA; RIBEIRO, 2022). Mesmo dispondo de uma grande capacidade de armazenamento, a barragem do açude apresentava várias patologias, como trincas e fissuras que afetam a infraestrutura como um todo. Há, também, problemas de vazamentos em adutoras. Essas situações foram verificadas nas reuniões de alocação negociada de água e nos dados disponibilizados pela CAGEPA através de consulta direta.

Quanto ao *link* 5, é analisada a interação entre a infraestrutura pública e os recursos dinâmicos. Para essa situação, pode-se dar especial destaque aos casos de estresse hídrico. A problemática da escassez hídrica é recorrente na área estudada e demanda dos órgãos gestores o desenvolvimento e aplicação de medidas de intervenção e mitigação.

Finalmente, o *link* 6 aborda a interação entre os usuários e a infraestrutura pública. Para esse caso foi observada uma maior ênfase nas interações negativas apresentadas na Figura 18. Os usuários podem afetar a integridade da infraestrutura local, seja vandalizando as barragens ou desmatando a mata ciliar.

5.3.4 Arquétipo da Governança da Água

Após a aplicação das metodologias propostas por Anderies, Barreteau e Brady (2019) e Naylor *et al.* (2019), afirma-se que o sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo apresenta um sistema de governança complexo. Essa declaração encontra respaldo em uma série fatores, incluindo a questão da dupla dominialidade (federal e

estadual), com órgãos gestores atuantes em variadas escalas (nacional, estadual e local). Além disso, a existência de múltiplos usos da água, problemas de escassez hídrica e conflitos entre usuários contribuem para essa justificativa. Com base nos dados dispostos, o caso de estudo analisado se enquadra no Arquétipo V apresentado na Tabela 03.

Pode-se afirmar que o sistema dispõe de robustez admitindo a sua estruturação com base no ano de 2022, a saber: aspectos institucionais bem definidos, com uma ampla gama de normas, resoluções, leis, marcos regulatórios e plano de bacia consolidado; processo de alocação negociada de água em curso, que desempenha importante papel na mitigação de problemas ligados à escassez hídrica e integração de órgãos gestores.

Interações complexas relacionadas aos provedores de infraestrutura pública e a infraestrutura pública foram observadas, o que ocorre em função dos aspectos institucionais. Os provedores de infraestrutura pública *soft* são bem definidos, exceto pela deficiência de alguns instrumentos de gestão e a necessidade de algumas melhorias no aporte institucional.

Analisando as características do Arquétipo V verifica-se que em decorrência dos efeitos da seca no sistema hídrico (infraestrutura natural), são registrados conflitos entre usuários associados à falta de água e à inadequada gestão hídrica. Tal gestão vem, entretanto, vivenciando um momento de adaptação com o processo de alocação de água e a aprovação do plano de bacia.

5.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Ao término das análises foi possível constatar uma visualização da dinâmica do desenvolvimento da governança de recursos hídricos no sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, considerando o intervalo de tempo entre os anos de 2011 e 2022.

Inicialmente foram identificados e caracterizados os elementos que compõem a estrutura de robustez, sendo eles: infraestrutura natural, usuários de recursos, provedores de infraestrutura hídrica e infraestrutura pública (*soft e hard*). Nessa etapa foram observadas semelhanças com os elementos dos sistemas socioecológicos.

Posteriormente foi desenvolvida a análise de robustez do sistema socioecológico, empregando-se estruturas pré-definidas para estudar as interações entre os seus elementos, através de um esquema de *links*.

Diante disso, com a aplicação da primeira metodologia de robustez proposta por Anderies, Barreteau e Brady (2019), foi possível caracterizar as interações registradas entre os

links da estrutura de robustez através de uma listagem de verbos. Foram verificadas se as interações ocorriam de forma qualitativa, quantitativa ou se dispunham de capacidade modificadora.

A segunda metodologia de robustez, proposta por Naylor *et al.* (2019), proporcionou uma visualização das interações entre os elementos da estrutura de robustez, focando nos aspectos negativos e positivos. Por exemplo, a relação entre o sistema e os usuários de recursos é predominantemente negativo, pois ela é centralizada na extração de recursos, dando-se pouca atenção à manutenção que deveria ser desempenhada pelos usuários de forma paralela. Os *feedbacks* relevantes foram identificados e compreendeu-se a dinâmica das relações e o nível de influência que são capazes de exercer entre si.

As duas metodologias apresentaram resultados bastante semelhantes. Elas são distintas quanto às suas representações e focos principais de cada análise, seja em determinar os verbos associados a cada *link* ou em definir os seus aspectos positivos e negativos. Os resultados de ambas conduzem à mesma percepção: o sistema hídrico investigado dispõe de um sistema socioecológico robusto, estando essa afirmação conectada aos provedores de infraestrutura pública e à própria infraestrutura do sistema.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSÕES

O sistema hídrico composto pelos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu apresenta grande importância regional, sendo responsável pelo abastecimento de cidades e da irrigação. Devido à sua localização no semiárido e características intrínsecas (concentração de chuva em poucos meses do ano, alta taxa de evapotranspiração, solo cristalino) a escassez hídrica é um problema cíclico, que é potencializado por problemas associados à gestão do sistema. Essa situação colabora para o surgimento de conflitos hídricos entre usuários, que buscam atender suas necessidades de forma individual.

O sistema apresenta um sistema de governança complexo, contado com a atuação de diferentes órgãos gestores em variados níveis (país, estado, bacia hidrográfica e sistema hídrico), demandando uma ação integrada entre eles. Além de dispor de uma estruturação institucional ampla para nortear a governança e gestão da área de estudo.

A análise da governança do sistema hídrico foi realizada através de três métodos consagrados na literatura, sendo eles: i) o estudo do sistema socioecológico; ii) a verificação dos princípios institucionais de Ostrom e; iii) o emprego da análise de robustez. Essas metodologias foram consideradas em um intervalo de tempo que compreendia os anos de 2011 a 2022.

Na primeira análise, que aplicou o sistema socioecológico proposto por McGinnis e Ostrom (2014), foi possível identificar os seus componentes, definindo os grupos envolvidos, suas interações e analisar a gestão do sistema hídrico. Nessa etapa, foram definidos as variáveis e elementos que podem interferir no processo decisório voltado para a gestão de recursos hídricos. O modelo de SSE obtido é bem estruturado, com todas as suas variáveis bem definidas.

Posteriormente foi feita a verificação se os princípios institucionais de Ostrom eram aplicados no sistema hídrico, classificando-os em: totalmente atendido, parcialmente atendido ou não atendido. Com o desenvolvimento da análise, observou-se que a área de estudo dispõe de um bom arcabouço legal e institucional, com normas, leis, resoluções e marcos regulatórios. Constatou-se que apenas dois princípios eram parcialmente atendidos, em decorrência da não implementação em sua completude de todos os instrumentos de gestão, havendo limitações, principalmente quanto ao enquadramento e a cobrança. Porém, enfatiza-se que a problemática do primeiro instrumento já foi reconhecida no próprio Plano de recursos hídricos da bacia e as

discussões para a realização da cobrança estão em curso. A literatura (OSTROM, 1990; SEWARD; XU, 2019) reconhece que os sistemas de governança que dispõem de maior parte dos princípios, ou todos, apresenta uma maior resiliência, podendo-se associar essa afirmação ao caso de estudo, que apesar das dificuldades decorrentes de crises hídricas consegue se recuperar.

Na segunda análise foi empregada a estrutura de robustez através dos métodos propostos por Anderies, Barreteau e Brady (2019) e Naylor *et al.* (2019), permitindo identificar os grupos que compõem a estrutura e ter uma visualização da gestão de forma dinâmica, compreendendo as suas interações. Os dois métodos apresentaram resultados bastante semelhantes, havendo apenas formas distintas de representações.

O sistema conta com uma grande quantidade de usuários e atende variados usos, elencando-se o abastecimento público, dessedentação animal, irrigação etc. Quanto aos provedores de infraestrutura pública, destacam-se a ANA, AESA, CNRH, CERH e o CBH-PPA, que atuam diretamente ou indiretamente no exercício da gestão de recursos hídricos.

O sistema hídrico estudado é classificado como robusto, observando que a sua estrutura de robustez apresenta uma grande variedade de interações, sejam elas quantitativas, qualitativas ou com capacidade modificadora, dispondo de características positivas ou negativas. A robustez sociológica é enfatizada quando o sistema lida com as crises hídricas, associadas aos fatores climáticos, as características intrínsecas do semiárido e aos problemas da sua governança – caso do sistema de reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo.

O processo de alocação negociada de água no sistema hídrico conferiu grande importância para a gestão, entre os anos de 2015 e 2022. Nesse processo foram discutidas diversas temáticas, tais como: definir regras para o uso da água, limitações de vazões, apresentação das situações regulatória e hidrológica dos reservatórios, determinação de comissão de acompanhamento de alocação. Os aspectos apresentados correspondem aos avanços na gestão do sistema estudado e contribuem para a robustez do mesmo.

Quanto à influência dos fatores climáticos na gestão dos recursos, destacam-se os eventos extremos, mais especificamente a seca, inclusive nos fatores exógenos da análise de robustez, que apresentaram forte influência nas atitudes dos órgãos gestores em buscar formas de mitigar os problemas advindos da situação de estresse hídrico e desenvolver métodos de adaptação.

Recomenda-se que outras metodologias de análise de governança sejam aplicadas ao sistema em foco a fim de que possam ser ressaltadas outras características. Para estudos futuros é recomendado a investigação da quantidade exata de usuários do sistema; a verificação dos

impactos dos usos com vazões classificadas como insignificantes em situações de estresse hídrico; a análise de risco no sistema, levantando-se constatações sobre o seu nível de segurança hídrica; o estudo do sistema socioecológico admitindo variáveis de segundo nível (esta pesquisa abordou as variáveis de primeiro nível); a análise dos aspectos positivos e negativos da implementação do PISF na região.

7. REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. (org). **Conflitos ambientais no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, Fundação Heinrich Böll, 2004.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SERIDÓ (ADESE). **Atividades Desenvolvidas pelo Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piancó-Piranhas-Açu - CBH PPA Período: Janeiro a Junho de 2020**. Caicó, 2017.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SERIDÓ (ADESE). **Atividades Desenvolvidas pelo Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piancó-PiranhasAçu - CBH PPA - Período: Janeiro a Dezembro de 2017**. Caicó, 2017.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DOS ESTADO DA PARAÍBA (AESA). **Volume de açudes: Engenheiro Ávidos**. 2023a. Disponível em: < http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-acude/?id_acude=874>. Acesso em: 10 de abril de 2023.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DOS ESTADO DA PARAÍBA (AESA). **Volume de açudes: São Gonçalo** 2023b. Disponível em: < http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-acude/?id_acude=9659>. Acesso em: 10 de abril de 2023.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DOS ESTADO DA PARAÍBA (AESA). **Plano diretor de Bacia – Rio Piancó-Alto Piranhas**. 2023c.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DOS ESTADO DA PARAÍBA (AESA). **Últimos volumes informados dos açudes**. 2022a. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/>>. Acesso em: 25 de novembro de 2022.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DOS ESTADO DA PARAÍBA (AESA). **Aspectos legais e institucionais**. 2022b. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/institucional/plano-estadual/informacoes-basicas/>>. Acesso em: 27 de abril de 2022.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DOS ESTADO DA PARAÍBA (AESA). **Gestão das águas: Gestão de Recursos Hídricos no Estado da Paraíba**. 2023d. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/documentos/gestao-das-aguas/>>. Acesso em: 25 de abril de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Nota Técnica nº 11/2018/COMAR/SER**. Marco Regulatório estabelecendo condições de uso dos recursos hídricos no sistema hídrico Eng. Avidos, São Gonçalo e rio Piranhas, no Estado da Paraíba. Brasília: ANA, 2018b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Nota Técnica nº 10/2015/COMAR/SR**. Metodologia para Alocação de Água em Açudes Isolados – Meta Institucional da Superintendência de Regulação - 01/10/2014 e 30/09/2015. Brasília: ANA, 2015a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Nota Técnica nº 19/2004/NGI/ANA**. Nota Técnica referente ao Ofício DP/419/2004 (Governo do Estado da Paraíba) de 22/10/2004. Brasília: ANA, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu**. Brasília: ANA, 2018a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Reservatórios do Semiárido Brasileiro: hidrologia, balanço hídrico e operação**. Relatório Final. Engecorps. Engenharia S.A., 2016b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Termo de Alocação de Água 2015 – 2016 Sistema Hídrico Eng. Avidos e São Gonçalo**. Brasília: ANA, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Termo de Alocação de Água 2015 – 2016 Sistema Hídrico Eng. Ávidos e São Gonçalo**. Brasília: ANA, 2015a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Termo de Alocação de água 2016-2017 Sistema Hídrico Eng. Ávidos e São Gonçalo**. Brasília: ANA, 2015b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Termo de Alocação de Água 2017-2018 Sistema Hídrico Eng. Ávidos e São Gonçalo**. Brasília: ANA, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Termo de Alocação de Água 2018-2019 Sistema Hídrico Eng. Ávidos e São Gonçalo**. Brasília: ANA, 2018c.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Termo de Alocação de Água 2019 – 2020 Sistema Hídrico Eng. Avidos e São Gonçalo**. Brasília: ANA, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Termo de Pré-Alocação de Água 2015 – 2016 Sistema Hídrico Eng. Ávidos e São Gonçalo**. Brasília: ANA, 2016d.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Agências de água**, 2022f. Disponível em: < <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/fortalecimento-dos-entes-do-singreh/agencias-de-agua>>. Acesso em 22 de novembro de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Catálogo de Metadados da ANA**, 2022g. Disponível em: < <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/25340e2e-22df-435f-ab38-c3aff85afe9f>>. Acesso em: 24 de ago. de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Cobrança**, 2023c. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos/cobranca>. Acesso em 02 de abril de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos**, 2023e. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/porta1/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em 03 de abril de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos**, 2022e. Disponível em: <<https://progestao.ana.gov.br/conselhos-estaduais-de-recursos-hidricos>>. Acesso em 22 de novembro de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos**, 2022e. Disponível em: <<https://progestao.ana.gov.br/conselhos-estaduais-de-recursos-hidricos>>. Acesso em 22 de novembro de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Criação da ANA**, 2022d. Disponível em: <<https://memoria.ana.gov.br/interna/criacao-da-ana>>. Acesso em 22 de novembro de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Enquadramento-Introdução**, 2023a. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-introducao.aspx>. Acesso em 02 de abril de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Enquadramento-Bases Legais**, 2023b. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-legais.aspx>. Acesso em 02 de abril de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Enquadramento-Introdução**, 2023a. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-introducao.aspx>. Acesso em 02 de abril de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Fortalecimento dos entes do SINGREH**, 2023f. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/fortalecimento-dos-entes-do-singreh#:~:text=O%20Sistema%20Nacional%20de%20Gerenciamento,de%20forma%20democr%C3%A1tica%20e%20participativa>>. Acesso em 03 de maio de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Nota Técnica nº 11/2020/COMAR/SR**. Procedimento para realização de alocações de água por videoconferência. Brasília: ANA, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Outorgas**. 2022h. Disponível em: <<https://dadosabertos.ana.gov.br/search?q=outorgas>>. Acesso em: 24 de out. de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Planos e estudos sobre recursos hídricos**, 2022b. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/planos-e-estudos-sobre-recursos-hidricos#:~:text=Previstos%20pela%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,projetos%20de obras%20e%20investimentos%20priorit%C3%A1rios>>. Acesso em 21 de novembro de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Política Nacional de Recursos Hídricos**, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>. Acesso em 21 de novembro de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Portal do SNIRH**, 2023d. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/>. Acesso em 03 de abril de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Relatório de avaliação da implementação do Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu e sugestões para revisão do plano**. Brasília: ANA, 2021a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Resolução nº 46, de 26 de outubro de 2020**. Regulamenta o Termo de Alocação de Água para sistemas hídricos com corpos de água de domínio da União. Brasília: ANA, 2020a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**, 2022c. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos/sistema-de-informacoes-sobre-recursos-hidricos>>. Acesso em 22 de novembro de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Termo de Alocação de Água 2020 – 2021 Sistema Hídrico Eng. Avidos e São Gonçalo**. Brasília: ANA, 2020b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Termo de Alocação de Água 2021 – 2022 Sistema Hídrico Eng. Avidos e São Gonçalo**. Brasília: ANA, 2021b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Unidades de planejamento hídrico**. 2016a. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/df48de18-753b-4789-964d-7f0967c53d08>>. Acesso em: 29 de jun. de 2022.

ANDERIES, J. M.; BARRETEAU, O.; BRADY, U. Refining the Robustness of SocialEcological Systems Framework for comparative analysis of coastal system adaptation to global change. **Regional Environmental Change**, v. 19, n. 7, p. 1891-1908, 2019.

ANDERIES, J. M.; JANSSEN, M. A. Robustness of Social-Ecological Systems: implications for public policy. **Policy Studies Journal**, v. 41, n. 3, p. 513-536, 2013.

ANDERIES, J. M.; JANSSEN, M. A.; OSTROM, E. A Framework to Analyze the Robustness of Social-ecological Systems from an Institutional Perspective. **Ecology And Society**, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2004.

BAGGIO, J.A.; BURNSILVER, S. B.; ARENAS. A.; MAGDANZ, J. S.; KOFINAS, G. P.; DOMENICO, M. Multiplex social ecological network analysis reveals how social changes affect community robustness more than resource depletion. **PNAS**, v. 16, 2016.

BAHIA. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH. **Recomposição Florestal de Matas Ciliares**. 3. ed. Salvador: Gráfica Print Folhes, 2007

BARNETT, A. J.; ANDERIES, J. M. Weak feedbacks, governance mismatches, and the robustness of socioecological systems: an analysis of the Southwest Nova Scotia lobster fishery with comparison to Maine. **Ecology and Society**, v. 19, n. 4, 2014.

BAYAZID, Y. The Daudkandi model of community floodplain aquaculture in Bangladesh: a case for Ostrom's design principles. **International Journal of the Commons**, v. 10, n. 2, p. 854-877, 2016.

BERNARDINO, R. V. **Contribuições da abordagem empiricista de Elinor Ostrom para os estudos sobre a gestão dos recursos naturais renováveis e coletivos**. In: GETPol –Anais Colóquio do Grupo de Estudos de Teoria Política. **Anais [...]**. Espírito Santo, UFES, 2014.

BERROUET, L. M.; MACHADO, J.; VILLEGAS-PALACIO, C. V. Vulnerability of socio—ecological systems: A conceptual Framework. **Ecology Indicators**, v. 84, p. 632-647, 2018.

BEZERRA, A. P. **Governança de água para distintos níveis de planejamento no semiárido da Paraíba: análise para o período 2012-2018**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

BIERMANN, F.; BETSILL, M. M.; VIEIRA, S. C.; GUPTA, J.; KANIE, N.; LEBEL, L.; LIVERMAN, D.; SCHROEDER, H.; SIEBENHUNER, B.; YANDA, P. Z.; Zondervan, R. Navigating the anthropocene: the Earth System Governance Project strategy paper. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, p. 202-208, 2010.

BOLSON, S. H.; HAONAT, A. I. A governança da água, a vulnerabilidade hídrica e os impactos das mudanças climáticas no Brasil. **Veredas do Direito**, v. 13, n. 25, p. 223-248, 2016.

BRAGA, J. L. **Impactos ambientais na Bacia Hidrográfica Do Rio Piranhas, no percurso entre Boqueirão De Piranhas Asão Gonçalves – PB**. 2015. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2015.

BRASIL. Casa Civil. **Barragem Engenheiro Avidos (PB) recebeu pela primeira vez as águas do Rio São Francisco**, 2022c. Disponível em: < <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2022/janeiro/barragem-engenheiro-avidos-pb-recebeu-pela-primeira-vez-as-aguas-do-rio-sao-francisco> >. Acesso em 07 de junho de 2022.

BRASIL; MINISTÉRIO DA TRANSPARÊNCIA, FISCALIZAÇÃO E CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO; OUVIDORIA-GERAL DA UNIÃO. **Ferramentas de resolução de conflitos para as ouvidorias públicas**. Distrito Federal, 2016.

BRITO, H. C. DE; SASAKI, J. K.; RIBEIRO, M. M. R. Avaliação de conflitos pela posse de terras em São Félix do Xingu - Pará: abordagem à luz dos princípios de Ostrom e cenários de cobertura do solo. **Revista de Geografia**, v. 38, n. 2, p. 185–207, 23 jul. 2021.

BRITO, M. C. L. D. A.; AGUIAR; J. C. A cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão de recursos hídricos. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 9, n. 2, p. 61-90, 2019.

BRYCE, H. J. Review Essay: Polycentric Governance, Capital Markets, and NGOs as Regulatory Bodies: Expanding the Scope of Ostrom's Understanding Institutional Diversity . **Politics & Policy**, v. 40, n. 3, p. 519–535, jun. 2012.

CAGEPA. **Apresentação**. 2021. Disponível em: <<http://www.cagepa.pb.gov.br/institucional/apresentacao/>>. Acesso em: 27 de out. de 2021.

CAPEZ, F. **Curso de processo penal**. 23. Ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

CARBONARI, F. I. **A gestão de recursos hídricos: conceitos e princípios fundamentais**. Especialização em gestão ambiental – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

CARLSON, J. M.; DOYLE, J. Complexity and robustness. **PNAS**, v. 99, p. 2538-2545, 2002.

CARVALHO, C. P. O. O desenvolvimento da Região Nordeste nos Anos Pós-Sudene (2000-2016). **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 39, n. 134, p. 21-36, 2018.

CASTRO, J. E. Water governance in the twentieth-first century. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, n. 2, p. 97–118, 2007.

CHILIMA, J. S.; BLAKLEY, J.; DIAZ, H. P.; BHARADWAJ, L. Understanding Water Use Conflicts to Advance Collaborative Planning: Lessons Learned from Lake Diefenbaker, Canada. **Water**, v. 13, n. 1756, 2021.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU (CBH-PPA). **A bacia**, 2023a. Disponível em: <https://cbhpiancopiranhasacu.org.br/portal/a-bacia/>. Acesso de 27 de março de 2023.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU (CBHPPA). O comitê: **Trajetória, desafios e avanços do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas -Açu. 2023b**. Disponível em: <https://cbhpiancopiranhasacu.org.br/portal/o-comite/>. Acesso de 27 de março de 2023.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU (CBHPPA). **Deliberação nº 05/2008**. Aprova o Regimento Interno do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu – CBH Piranhas-Açu. João Pessoa: CBHPPA, 2008.

COMPANHIA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS (COGERH). **Alocação Negociada de Água**. 2019. Disponível em: < <https://portal.cogerh.com.br/alocacao-negociada-de-agua/>>. Acesso em: 05 de jul. de 2022.

COSGROVE, W. J.; LOUCKS, D. P. Water management: Current and future challenges and research directions. **Water Resources Research**, v. 51, p. 4823–4839, 2015.

COSTA, A. L.; MERTENS, F. Governança, redes e capital social no Plenário do Conselho Nacional de Recursos Hídricos do Brasil. **Ambiente & sociedade**, v. 18, n. 3, p. 153-170, 2015.

COSTA, D. A.; ASSUMPÇÃO, R. S. F. V.; AZEVEDO, J. P. S.; SANTOS, M. A. Dos instrumentos de gestão de recursos hídricos – o Enquadramento – como ferramenta para reabilitação de rios. **Saúde Debate**, v. 43, n. Especial, p. 35-50, 2019.

DANIELL, K. A.; BARRETEAU, O. Water governance across competing scales: coupling land and water management. **Journal of Hydrology**, v. 519, p. 2367-2380, 2014.

DANIELL, K. A; COOMBES, P. J; WHITE, I. Politics of innovation in multi-level water governance systems. **Journal of Hydrology**, v. 519, p. 2415-2435, 2014.

FERREIRA, P. M. L.; SOUSA, T. M. I; GARRIDO, J. W. A.; QUEIROZ, M. M. F.; ISMAEL, L. L. Transporte de Nutrientes e sólidos suspensos na bacia do Rio Piancó Piranhas Açú. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, 2013.

FISCHER, J.; GARDNER, T. A.; BENNETT, E. M; BALVANERA, P.; BIGGS, R.; CARPENTER, S.; DAW, T.; FOLKE, C.; HILL, R.; HUGHES, T. P.; LUTHE, T.; MAASS, M.; NORSTRÖM, A. V.; PETERSON, G.; QUEIROZ, C.; SEPPELT, R.; SPIERENBURG, M.; TENHUNEN, J. Advancing sustainability through mainstreaming a social–ecological systems perspective. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 14, p. 144-149, 2015.

FREITAS, M. I. A. **Sub-Bacia Do Alto Piranhas, Sertão Paraibano: percepção ambiental e perspectivas na gestão dos recursos hídricos**. 2012. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

FREITAS, R.; MARTINS, R. C. Tecnologias de saber-poder sobre as águas: a experiência do Conselho Mundial da Água1. **Lua Nova**, n. 113, p. 1–35, 2021.

FUKUYAMA, F. Governance: What Do We Know, and How Do We Know It? **The Annual Review of Political Science**, v. 19, p.1-17, 2016.

GARI, S. R. NEWTON, A.; ICELY, J. D.; DELGADO-SERRANO, M. M. An analysis of the global applicability of Ostrom’s design principles to diagnose the functionality of common-pool resource institutions. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 7, 2017.

GARRIDO, S. Las instituciones de riego en la España del este una reflexión a la luz de la obra de Elinor Ostrom. **História Agraria**, v. 53, p. 13-42, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOHARIAN, E.; BURIAN, S. J.; LILLYWHITE, J.; HILE, R. Vulnerability Assessment to Support Integrated Water Resources Management of Metropolitan Water Supply Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 143, n. 3, 2017.

GOMES, L. C. D.; SALVADOR, N. N. B.; LORENZO, H. C. Conflitos pelo uso dos recursos hídricos e o caso de Araraquara-SP. **Ambiente & Sociedade**, 2021.

GORELICK, S. M.; ZHENG, C. Global change and the ground water management challenge. **Water Resources Research**, v. 51, p. 3031–3051, 2015.

GUEDES, S. N. R.; CARVALHO, E. G. Ecos popperianos na metodologia econômica de Elinor Ostrom. **Estudos Economicos**, v. 46, n. 3, p. 675–699, 1 jul. 2016.

GUNDERSON, L. H.; ALLEN, C. R.; GARMESTANI, A. **Applied panarchy: applications and diffusion across disciplines**. Island Press: Washington, 2021.

HOLLING, C. S. Resilience and Stability of Ecological Systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 1-23, 1973.

HOLLING, C. S. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. **Ecosystems**, v. 4, p. 390-405, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados: Cajazeiras**. 2022a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/cajazeiras.html>. Acesso em 03 de novembro de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas Territoriais**. 2022b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-doterritorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 25 de setembro 2022.

INTERNATIONAL NETWORK FOR CAPACITY BUILDING IN INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT – CAP-NET/UNDP. (2008).

JACOBI, P. Governança institucional de problemas ambientais. **Política & Sociedade**, n. 7, p. 119-137, 2005.

JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P.; SILVA-SÁNCHEZ, S. Governança da água e inovação na política de recuperação de recursos hídricos na cidade de São Paulo. **Cadernos Metr pole**, v. 17, n. 33, p. 61–81, maio 2015.

JANSSEN, M. A., ANDERIES, J. M. Robustness Trade-offs in Social-Ecological Systems. **International Journal of the Commons**, v. 01, n. 01, p. 43-65, 2007.

JIMÉNEZ, M; PÉREZ-BELMONT, P.; SCHEWENIUS, M; LERNER, A. M.; MAZARI-HIRIART, M. Assessing the historical adaptive cycles of an urban social-ecological system and its potential future resilience: the case of Xochimilco, Mexico City. **Regional Environmental Change**, v. 20, n. 7, 2020.

JOHNSON-FREESE, J.; WEEDEN, B. Application of Ostrom’s Principles for Sustainable Governance of Common-Pool Resources to Near-Earth Orbit. **Global Policy**, v. 3, p. 72-81, 2012.

KHARANAGH, S. G; BANIHABIB, M. E.; JAVADI, S. An MCDM-based social network analysis of water governance to determine actors’ power in water-food-energy nexus. **Journal of Hydrology**, v. 581, 2020.

KISER, L. L.; OSTROM, E. The Three Worlds of Action: A Metatheoretical Synthesis of Institutional Approaches. **In Strategies of Political Inquiry**, p. 179–222, 1982.

KLUNK, L.; MAZZARINO, J. M. Conflitos hídricos e educomunicação socioambiental: contribuições das metodologias participativas. **Revista Estudo & Debate**, v. 24, n. 1, p. 168–178, 2017.

KRUPA, M. B.; CHAPIN, F. S.; LOVECRAFT, A. L. Robustness or resilience? Managing the intersection of ecology and engineering in an urban Alaskan fishery. **Ecology and Society**, v. 19, n.2, 2014.

LACROIX, K; RICHARDS, G. An alternative policy evaluation of the British Columbia carbon tax: broadening the application of Elinor Ostrom’s design principles for managing common-pool resources. **Ecology & Society**, v. 20, n. 2, 2015.

LIMA, B. P. **Princípios e Conceitos da Gestão de Recursos Hídricos**. 2015. Especialização (Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2015.

LIMA, D. F. **Robustez da governança da água e efetividade das negociações e acordos em distintas escalas**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.

LIMA, D. F.; ARAUJO, J. M.; RIBEIRO, M. M. R. Governança da água em município de pequeno porte: análise baseada no sistema socioecológico e nos princípios de Ostrom. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2022.

LONDON, S.; ROJAS, M. L.; MARTIN, M. M. I.; SCORDO, F.; CISNEROS, M. A. H.; BUSTOS, M. L.; PERILLO, G. M. E.; PICCOLO, M. C. Characterization of an artisanal fishery in Argentina using the social-ecological systems framework. **International Journal of the Commons**, v. 11, n. 1, p. 1-69, 2017.

LOUCKS, D. P.; BEEK, E. V. Water resource Systems Planning and Management. **Open Access**, 2017. Disponível em: <<https://library.oapen.org/viewer/web/viewer.html?file=/bitstream/handle/20.500.12657/27934/1002065.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 17 de novembro de 2022.

MACÊDO JUNIOR, José Urbano Gonçalves. **Análise da Governança da Água da Bacia Hidrográfica Do Rio Piranhas-Açu: Uma Abordagem A Partir Do Protocolo Do OGA**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.

MACHADO, C. J. S.; VILANI, R. M.; FRANCO, M. G.; LEMOS, S. D. C. Legislação ambiental e degradação ambiental do solo pela atividade petrolífera no Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 28, p. 41-55, 2013.

MAMADA, R.; PERRINGS, C. “Entanglement” and the Exploitation of Common Pool Resources: A Quantum Solution to the Prisoner’s Dilemma. **International Game Theory Review**, v. 24, n. 1, p. 2150009, 1 mar. 2022.

MARQUES, A. R.; TONIOLO, M. A.; LAHSEN, M.; PULICE, S.; BRANCO, E. A.; ALVES, D. S. Governança da água no vale do paraíba paulista: rede de atores e sistemas socioecológicos. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, 2020.

MARQUES, H. F. M.; REIS, B. C.; FEITOZA, V. S.; SILVA, J. G.; MONTE-MOR, R. C. A. Conflitos na gestão de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais: Estudo de caso da Bacia

Hidrográfica do córrego dos Quatis, Itueta –Minas Gerais, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 2021.

MCGINNIS, M. D.; OSTROM, E. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. **Ecology and Society**, v. 19, n.2, 2014.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Relatório Final do Projeto Executivo do Lote B do Eixo Norte do PISF**. Brasília, 2013.

MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **O PNRH**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1/o-pnrh>>. Acesso em 21 de novembro de 2022.

MIRDASHTVAN, M.; NAJAFINEJAD, A.; MALEKIAN, A.; SA'DODDIN, A. Sustainable Water Supply and Demand Management in Semi-arid Regions: Optimizing Water Resources Allocation Based on RCPs Scenarios. **Water Resources Management**, v. 35, n. 15, p. 5307–5324, 2021.

MONCADA MESA, J.; PÉREZ MUÑOZ, C.; VALENCIA AGUDELO, G. D. Comunidades organizadas y el servicio público de agua potable en Colombia: una defensa de la tercera opción económica desde la teoría de recursos de uso común. **Ecos de Economía**, v. 17, n. 37, p. 125–159, 29 nov. 2013.

NADERI, M. Assessing level of water resources management based on water supply and availability concepts. **Journal of Cleaner Production**, v. 305, p. 127086, 10 jul. 2021.

NAZEMI, A.; WHEATER, H. S. On inclusion of water resource management in Earth system models-Part 2: Representation of water supply and allocation and opportunities for improved modeling. **Hydrology Earth System Sciences**, v. 19, p. 63–90, 2015.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Princípios da OCDE para a Governança da Água**. [s.l.]: OECD Water Governance Programme, 2015.

OLIVEIRA, I. S. **Construção do açude Engenheiro Ávidos: Narrativas silenciadas das vítimas da seca e do progresso (São José de Piranhas/PB, 1920-1980)**. Monografia (Licenciatura em História) - Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2017.

OLIVEIRA, P. A. **Mensurando A Governança Da Água Em Bacias Hidrográficas Compartilhadas No Brasil: proposta metodológica e aplicação à bacia do rio Piranhas-Açu**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

OLIVEIRA, P. A.; SILVA, M. B. M.; SOUZA, R. M. P.; RIBEIRO, M. M. R.. Gestão compartilhada de uma bacia hidrográfica no semiárido brasileiro: análise à luz dos sistemas socioecológicos e princípios institucionais. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 22, p. 1–18, 2022.

ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS (OEA). **Sociedade Civil**, 2023. Disponível em: <https://www.oas.org/pt/topicos/sociedade_civil.asp#:~:text=A%20sociedade%20civil%20%C>

3%A9%20constitu%C3%ADda,de%20uma%20sociedade%20em%20funcionamento.>
Acesso em 03 de junho de 2023.

OSTROM, E. A diagnostic approach for going beyond panaceas. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 39, p. 15181-15187, 2007.

OSTROM, E. A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. **Science**, v. 325, n. July, p. 419–422, 2009.

OSTROM, E. Background on the Institutional Analysis and Development Framework. **The Policy Studies Journal**, v. 39, n. 1, 2011.

OSTROM, E. **Governing the Commons: the evolution of institutions for collective action**. New York (The Political Economy of Institutions and Decisions): Cambridge University Press, 1990.

OSTROM, E. Institutions and the environment. **Institute of Economic Affairs**, 2008.

PENTEADO, C. L. C.; ALMEIDA, D. L.; BENASSI, R. F. Conflitos hídricos na gestão dos reservatórios Billings e Barra Bonita, **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 299–322, 2017.

PENTEADO, C. L. C.; ALMEIDA, D. L.; BENASSI, R. F. Conflitos hídricos na gestão dos reservatórios Billings e Barra Bonita, **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 299–322, 2017.

PEREIRA, G. R.; CUELLAR, M. D. Z. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 115-137, 2015.

PIGNATELLI, M. **Os conflitos étnicos e interculturais**. 2. Ed. Lisboa: ISCSP, 2010.

POBLET, M.; SIERRA, C. Understanding help as a commons. **International Journal of the Commons**, v. 14, n. 1, p. 481–493, 2020.

PROGRAMA NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL (PRONEA). **Documento em Consulta Nacional: Programa Nacional De Educação Ambiental**, 2003. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoambiental/pronea.pdf> >. Acesso em: 02 de julho de 2023.

QUEIROZ, M. M. F.; DANTAS, E. F.; SILVA, A. L. Qualidade e quantidade da água do rio piacó, teibutário do rio piranhas açu na região nordeste. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, p. 49–58, 2013.

QUEIROZ, M. V. D. **Arquitetura, cidade e território das secas: ações da IFOCS no semiárido do Brasil (1919-1945)**. 2020. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

RENOUF, M. A.; SERRAO-NEUMANN, S.; KENWAY, E. A.; CHOY, D. L. Urban water metabolism indicators derived from a water mass balance – Bridging the gap between visions and performance assessment of urban water resource management. **Water Research**, v. 122, p. 669–677, 2017.

RIBEIRO, P. E. A. M.; HORA, M. DE A. G. M. 20 anos da Lei nº 9.433/97: percepções dos comitês de bacia hidrográfica e dos órgãos gestores acerca da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 16, n. 1, p. 1–1, 2019.

RICHTER, R. M.; JACOBI, P. R. Vista do Conflitos na macrometrópole paulista pela perspectiva da crise hídrica. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 20, n. 3, p. 556-596, 2018.

ROBBINS, S. P. **O comportamento organizacional**. 11. ed. São Paulo: Tearson Prentice Hall, 2005.

RODRIGUES, A. L.; LEAL, L. V. M. Outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos como instrumentos de gestão da bacia hidrográfica do rio Paranaíba. **Revista de Direito**, v. 11, n. 1, p. 61-101, 2019.

ROSADO, J.; MORAIS, M. M. Estratégias de Gestão da Água em Situação de Escassez: Regiões Semiáridas e Mediterrânicas. **Sustainability in Debate**, v. 1, n. 2, p. 29, 22 dez. 2010.

SANTOS, V. DA S.; SILVA NETO, E. D. DA; CURI, W. F. Novo modelo de cobrança para o uso de recursos hídricos em bacias de rio controladas por reservatórios: aplicação no sistema Engenheiro Ávidos/São Gonçalo - PB. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 253–270, 2020.

SANTOS, V. S.; FARIAS, C. A. S; REIS, C. Q. **Análise do atendimento às demandas dos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo no Semiárido Paraibano**. In: XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE. **Anais...** Brasil, 2014.

SEWARD, P.; XU, Y. The case for making more use of the Ostrom design principles in groundwater governance research: a South African perspective. **Hydrogeology Journal**, v. 27, n. 3, p. 1017–1030, 1 maio 2019.

SHIN, G. How Ostrom’s design principles apply to large-scale commons: Cooperation over international river basins. **Review of Policy Research**, v. 39, n. 5, p. 674–697, 1 set. 2022.

SILVA, D. D. E; FELIZMINO, F. T. A.; OLIVEIRA, M. G. Avaliação da degradação ambiental a partir da prática da cultura de feijão no município de Tavares -PB. **Holos**, v. 8, p. 148-165, 2015.

SILVA, E. L.; VIEIRA, A. S. Simulação integrada dos recursos hídricos nos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo na Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 5, p. 829-901, 2017.

SILVA, J. I. A. O. Governança Da Água E Os Elementos Essenciais Para Prevenir Crises Planetárias: O Caso Brasileiro. **Prim Facie**, v. 20, n. 44, 31 jul. 2021.

SILVA, M. B. M. **Análise de múltiplos aspectos da governança da água em sistemas hídricos locais**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.

SILVA-JÚNIOR, U. L.; OVIEDO, A. F. P. Uma proposta metodológica para avaliação de sistemas socioecológicos de manejo de pesca de pequena escala na Amazônia. **Revista Ciências da Sociedade**, v. 2, n. 4, p. 125-142, 2018.

SIMÕES, J.; MACEDO, M.; BABO, P. **Elionor Ostrom: “Governar os Comuns”**. Notas de aula, Mestrado em economia e política do ambiente, Faculdade de Economia da Universidade do Porto, Porto, 2011.

SIMPLÍCIO, C. G. A fórmula do peso completa refinada de Robert Alexy aplicada aos conflitos pelo uso dos recursos hídricos em Minas Gerais. **Espaço Jurídico Journal of Law [EJLL]**, v. 17, n. 2, p. 425–448, 2016.

SOARES, J. A. S.; BARBOSA, E. M. Políticas de acesso à água no Brasil: pensando a evolução das políticas de combate à seca no semiárido. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.8, n.4, p. 443–467, 2020.

SOARES, J. G.; SAHR, C. L. Ação coletiva, cooperativismo e turismo: Estudo de caso da Comunidade Menonita de Witmarsum (Paraná/Brasil). **PASOS Revista de turismo y patrimonio cultural**, v. 14, n. 1, p. 111–125, 2016.

SOUZA, R. M. P.; SILVA, B. M.; RIBEIRO, M. M. Governança da água através do ciclo adaptativo: o caso do sistema de reservatórios engenheiro Ávidos e São Gonçalo-PB. *In: XVI Simpósio De Recursos Hídricos Do Nordeste 15º Simpósio De Hidráulica E Recursos Hídricos Dos Países De Língua Portuguesa, 2022, Caruaru. Anais [...]* Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 1-10, 2022.

SYNES, N. W.; BROWN, C.; PALMER, S. C. F.; BOCEDI, G.; OSBORNE, P. E.; WATTS, K.; FRANKLIN, J.; TRAVIS, J. M. J. Coupled land use and ecological models reveal emergence and feedbacks in socio-ecological systems. **Ecography**, v. 42, p. 814-825, 2019.

TRINDADE, L. D. L.; SCHEIBE, L. F.; COSTA RIBEIRO, W. A governança da água: o caso dos comitês dos rios Chapecó e Irani – SC. **Geosul**, v. 33, n. 68, p. 36–57, 19 set. 2018.

TRINDADE, L. L.; DEIMLING, M. F.; ZENI, V. L. F.; MAJESKI, J. C. L. Gestão colaborativa de bacias hidrográficas: uma visão dos comitês de bacias hidrográficas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 19, p. 1-19, 2022.

TRINDADE, L. L.; SCHEIBE, L. F. Gestão das águas: limitações e contribuições na atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas Brasileiros. **Ambiente & sociedade**, v. 22, p. 1-20, 2019.

TSUYUGUCHI, B. B; MORGAN; E. A; RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. O. Governance of alluvial aquifers and community participation: a social-ecological systems analysis of the Brazilian semi-arid region. **Hydrogeology Journal**, v. 28, p. 1539-1552, 2020.

TSUYUGUCHI, B. B; MORGAN; E. A; RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. O. Governance of alluvial aquifers and community participation: a social-ecological systems analysis of the Brazilian semi-arid region. **Hydrogeology Journal**, v. 28, p. 1539-1552, 2020.

VALDÉS-PINEDA, R; PIZARRO, R; GARCÍA-CHEVESICH, P; VALDÉS, J. B; OLIVARES, C; VERA, M; BALOCCHI, F; PÉREZ, F; VALLEJOS, C; FUENTES, R;

ABARZA, A; HELWING, B. Water governance in Chile: Availability, management and climate change. **Journal of Hydrology**, v. 519, p. 2538-2567, 2014.

VANHAM, D.; HOEKSTRA, A.Y.; WADA, Y; BOURAOUI, F.; ROO, A.; MEKONNEN, M.M.; BUND, W.J.; BATELAAN, O; PAVELIC, P.; BASTIAANSSEN, W. G. M; KUMMU, M.; ROCKSTRÖM, J.; LIU, J.; BISSELINK, B.; RONCO, P.; PISTOCCHI, A.; BIDOGLIO, G. Physical water scarcity metrics for monitoring progress towards SDGtarget 6.4: An evaluation of indicator 6.4.2“Level of water stress”. **Science of the Total Environment**, v. 613, p. 218-232, 2018.

VASCONCELOS, D.; GONDIM, N.; HORDONES, P. A.; SILVA, A. C.; BARROS, M. R. Governança da água no Brasil: uma contribuição bibliométrica. **Holos**, v. 8, p. 147-155, 2016.

VEIGA, M. E. B. **Robustez socioecológica da drenagem em uma bacia de configurações urbanas heterogêneas**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.

WANG, H. Exploring the influencing factors of environmental deterioration: evidence from China employing ARDL–VECM method with structural breaks. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, 2022.

WOLKMER, M. D. F.; PIMMEL, N. F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos**, v. 34, n. 67, 2013.

WOODHOUSE, P.; MULLER, M. Water Governance – An Historical Perspective on Current Debates. **World Development**, v. 92, p. 225-241, 2017.

WYK, E.; BREEN, C. FREIMUND, W. Meanings and robustness: Propositions for enhancing benefit sharing in social-ecological systems. **International Journal of the Commons**, v. 8, n. 2, 2014.