

Título do capítulo	CAPÍTULO 5 – PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO SÃO FRANCISCO E A SEGURANÇA HÍDRICA DA REGIÃO BENEFICIADA
Autores	César Nunes de Castro Monise Terra Cerezini
DOI	http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-056-1/capitulo5

Título do livro	TRANSPOSIÇÃO DO SÃO FRANCISCO: TERRITÓRIO, POTENCIAIS IMPACTOS E POLÍTICAS PÚBLICAS COMPLEMENTARES
Autores	César Nunes de Castro Monise Terra Cerezini
Volume	-
Série	-
Cidade	Brasília
Editora	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)
Ano	2023
Edição	-
ISBN	978-65-5635-056-1
DOI	http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-056-1

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2023

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO SÃO FRANCISCO E A SEGURANÇA HÍDRICA DA REGIÃO BENEFICIADA¹

1 INTRODUÇÃO

Embora o Brasil possua a maior parcela mundial de água doce superficial, a desigualdade na distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos, somada às deficiências de planejamento e gestão integrada, tem se apresentado como fator limitante à garantia da segurança hídrica em algumas regiões brasileiras.

O Nordeste brasileiro é uma das regiões mais problemáticas quanto à segurança hídrica, em consequência das secas periódicas que ocorrem nesse território e se concentram em uma área conhecida como Polígono das Secas, caracterizada pelo clima semiárido, chuva irregular e um amplo quadro de subdesenvolvimento socioeconômico.

Historicamente, diversas ações foram empreendidas no sentido de combate à seca e convivência com o semiárido. A intervenção pública de cunho assistencialista e clientelista, de ocorrência temporal pontual nos períodos críticos de escassez, amparada no paradigma do combate à seca, não conseguiu articular de forma contínua programas de melhoria do acesso à água, principalmente para as populações rurais difusas, perdurando a situação de insegurança hídrica (Arsky, 2020).

Nesse cenário, com o objetivo de ampliar a oferta de água bruta, eliminar a restrição hídrica ao abastecimento humano e desenvolvimento econômico do Nordeste setentrional, foi concebido o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF), composto por um conjunto de infraestruturas tais como canais de condução, barragens, estações de bombeamento, aquedutos, túneis, galerias e duas captações de água no rio São Francisco, localizadas a jusante do reservatório de Sobradinho (ANA, 2019a).

O benefício a ser obtido com a transposição será o atendimento das demandas hídricas da população da região, que receberá parte da água do rio São Francisco, garantindo o abastecimento humano no meio urbano e dos demais setores usuários, distritos industriais, perímetros de irrigação e usos difusos ao longo dos canais e rios perenizados por açudes existentes que receberão águas do PISF (Souza e Miranda, 2010).

1. Originalmente publicado como: Cerezini, M. T.; Castro, C. N. de. *Projeto de integração do São Francisco e a segurança hídrica da região beneficiada*. Brasília: Ipea, jan. 2023. (Texto para Discussão, n. 2839). Disponível em: <<https://bit.ly/3FQJTo5>>.

O projeto de transposição representa parte da solução para amenizar os efeitos da baixa disponibilidade de água nas áreas beneficiadas e, por conseguinte, contribuir para a segurança hídrica e o consequente desenvolvimento socioeconômico regional. Nesse sentido, este trabalho é proposto com o objetivo de avaliar a segurança hídrica na região, especificamente quanto às dimensões humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência, e apontar as possíveis contribuições da transposição do São Francisco para a segurança hídrica da região beneficiada.

Esta pesquisa avalia comparativamente dois cenários quanto à segurança hídrica da região, trazendo um diagnóstico a partir do cenário atual e uma avaliação prospectiva a partir dos possíveis impactos da transposição sobre a segurança hídrica da região beneficiada. Visto que o empreendimento ainda não entrou em operação regular e parte significativa da região a ser beneficiada ainda não recebe águas provenientes do rio São Francisco, esta avaliação aborda os potenciais impactos do empreendimento, com base nos dados disponíveis para essa finalidade avaliativa.

Este trabalho é organizado em quatro seções, além desta introdução. Na seção 2, apresenta-se a metodologia utilizada para a realização da avaliação, incluindo a base conceitual da segurança hídrica considerada, os indicadores avaliados, as bases de dados utilizadas e as limitações do estudo. Na seção 3, apresentam-se os resultados da avaliação e as possíveis contribuições do projeto para o fortalecimento da segurança hídrica na região. Na seção 4, encontram-se as considerações finais com as reflexões da avaliação.

2 SEGURANÇA HÍDRICA

O tema da segurança hídrica tem sido debatido de forma expressiva nas últimas décadas e ocupado papel de destaque na comunidade internacional do setor de água. Uma importante definição da segurança hídrica foi dada pela Organização das Nações Unidas (ONU): trata-se da capacidade de uma população ter acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade para a subsistência, bem-estar humano e desenvolvimento socioeconômico, garantindo proteção contra a poluição, os desastres naturais e preservando os ecossistemas, em clima de paz e estabilidade política (UN-Water, 2013).

Esta avaliação se baseia no conceito definido pela ONU, adaptado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), e utilizado no Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), cujo objetivo foi definir a infraestrutura hídrica estratégica para o país, visando garantir a oferta de água para os usos múltiplos e reduzir os riscos associados a eventos críticos (ANA, 2019a). Este conceito considera que a segurança hídrica

existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas

e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias, devendo ser consideradas as suas quatro dimensões como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um país (ANA, 2019a, p. 13).

2.1 Avaliação da segurança hídrica

Apesar da relevância que, cada vez mais, este conceito tem adquirido, o entendimento e a quantificação da segurança hídrica ainda são limitados. Diversas ferramentas e métodos avançados estão disponíveis para a avaliação da escassez de água. Contudo, a segurança hídrica diz respeito não apenas à disponibilidade física dos recursos em relação à demanda de água, mas aos fatores sociais e econômicos envolvidos, como o planejamento e gestão, a capacidade institucional, as políticas públicas, entre outros.

Para a avaliação realizada neste trabalho foi utilizado o Índice de Segurança Hídrica (ISH). O ISH foi concebido no âmbito do PNSH para retratar as diferentes dimensões da segurança hídrica no território brasileiro (ANA, 2019a). O índice foi desenvolvido a partir de uma metodologia que utilizou dados de diversos estudos preexistentes da ANA e órgãos afins e foi aplicada em escala de detalhamento das ottobacias, sendo passível de atualização e de aplicação sistemática em todo o território nacional (ANA, 2019a).

O ISH está estruturado em quatro dimensões da segurança hídrica (humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência), cada uma composta por indicadores capazes de quantificar aspectos pertinentes à dimensão. Por sua vez, cada indicador é formado por uma combinação de variáveis ou atributos mensuráveis (ANA, 2020). Os indicadores têm seus valores classificados em cinco faixas de gradação, com a atribuição dos números de 1 a 5, em ordem crescente do nível de segurança hídrica. No processo de composição do ISH, para cada dimensão foram atribuídos pesos aos respectivos indicadores para cálculo da média ponderada e normalização do índice, considerando a importância de cada um dos aspectos na representação da segurança hídrica (ANA, 2020).

Todos os indicadores que compõem o ISH estão associados a uma base hidrográfica de referência e a sua área de contribuição hídrica, codificadas segundo a metodologia de Otto Pfafstetter, permitindo identificar as relações de fluxo (montante-jusante) entre os trechos de rio (Pfafstetter, 1989). O método de codificação de bacias hidrográficas desenvolvido por Pfafstetter foi instituído oficialmente para codificação das bacias brasileiras pela Resolução nº 30/2002 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

Assim, são chamadas ottobacias as áreas de contribuição dos trechos da rede hidrográfica codificadas segundo o método de Otto Pfafstetter. Desse método de

codificação originou-se a denominação Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO), gerada a partir da cartografia digital da hidrografia do país e organizada de modo a gerar informações hidrológicas consistentes. A construção e apresentação do ISH teve como referência a BHO 2013, utilizada pela ANA na gestão de recursos hídricos, com cerca de 600 mil ottobacias (ANA, 2020).

A principal variável do ISH, aplicada diretamente nos cálculos das dimensões humana, econômica e ecossistêmica, refere-se ao balanço hídrico superficial, que representa a relação entre demanda e disponibilidade hídrica (ANA, 2020). A disponibilidade hídrica corresponde à quantidade de água disponível em um manancial em um dado período. Nos cálculos do ISH, refere-se à vazão natural denominada Q95% e representa a vazão presente no rio durante, pelo menos, 95% do tempo. A demanda hídrica foi produzida com base no *Manual de Usos Consuntivos* (ANA, 2019b), que estimou as vazões municipais de retirada, consumo e retorno de água por setor usuário.

Após o cálculo do balanço hídrico, foram calculados os fatores de risco em cada município e ottobacia, e, conforme as metodologias do ISH, os riscos hídricos foram valorados em termos de número de pessoas – dimensão humana – e monetários da produção agrícola, industrial e pecuária – dimensão econômica (ANA, 2020; 2019b).

Para quantificar o dano potencial de não suprimento das demandas hídricas relacionadas à produção econômica, foram incorporados valores monetários associados à produção dos setores que utilizam em maior proporção captações próprias de águas (irrigação, pecuária e indústria). O valor em risco e seu percentual em relação ao total produzido pelo município, para cada atividade, foram classificados em níveis de segurança hídrica municipais (ANA, 2020).

As dimensões humana e econômica do ISH permitem quantificar os *deficit* de atendimento às demandas de abastecimento humano e setor produtivo e riscos associados; enquanto as dimensões ecossistêmica e de resiliência possibilitam identificar as áreas mais críticas e vulneráveis. Essas quatro dimensões compõem o ISH, facilitando a comunicação e a comparação em diferentes recortes territoriais, a partir de um índice único e padronizado (ANA, 2019a). Mais detalhes sobre os indicadores que compõem o ISH e a estrutura de cálculo de cada indicador podem ser consultados na publicação *Índice de Segurança Hídrica (ISH): manual metodológico* (ANA, 2020).

Deve-se, antes de encerrar esta seção, expor a ressalva de que o ISH constitui um índice bastante complexo, conforme uma rápida análise do número de variáveis que o compõem. Diversas das variáveis são compostas de subvariáveis, por exemplo, no caso da variável demanda hídrica, da dimensão humana do ISH, que é composta pela demanda urbana, industrial, agrícola irrigada, rural difusa, animal etc.

O ISH desenvolvido pela ANA (2019a) não considera as capacidades institucionais do sistema de gestão, tampouco as questões relacionadas a saneamento e saúde. Ainda assim, é preciso considerar que o esforço representa um passo importante para quantificar e avaliar a segurança hídrica no Brasil, estimulando um entendimento mais concreto sobre o tema e a discussão de seu valor agregado.

Adicionalmente, o ISH, além da complexidade inerente ao seu cálculo, é recente e, de certo modo, ainda está em fase de aprimoramento. Em diversas conversas realizadas com técnicos da ANA envolvidos com a elaboração do ISH, foi enfatizado por estes que o índice ainda está em fase de “calibração” (por assim dizer) e que, no decorrer do processo de revisão deste, novas versões serão utilizadas para se proceder à avaliação da segurança hídrica por meio dessa ferramenta. Algumas outras limitações do ISH serão mencionadas nos momentos apropriados ao longo deste texto.

3 POSSÍVEL CONTRIBUIÇÃO DO PISF PARA A SEGURANÇA HÍDRICA DA REGIÃO BENEFICIADA

Como apontado anteriormente, de acordo com informações obtidas pelo MDR, atualmente 398 municípios compõem o território beneficiado pelo PISF. Para as análises da segurança hídrica da região, foram utilizados os dados e indicadores que compõem o ISH, disponibilizados pela ANA no portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) para as dimensões humana, econômica, ecossistêmica e resiliência, nos cenários de 2017 e 2035.² Tais dimensões foram consideradas nesta análise por se relacionarem com o objetivo do PISF, que é o de levar água, prioritariamente, para o abastecimento humano e animal e, de forma complementar, para as atividades econômicas, de forma a aumentar os níveis de segurança hídrica nessa região. Para responder à pergunta central objeto de investigação desta pesquisa – como o PISF pode contribuir para o fortalecimento da segurança hídrica, para o abastecimento humano e dessedentação animal, além dos demais usos múltiplos –, são apresentados os resultados das análises e as principais questões para cada dimensão do uso de água da região.

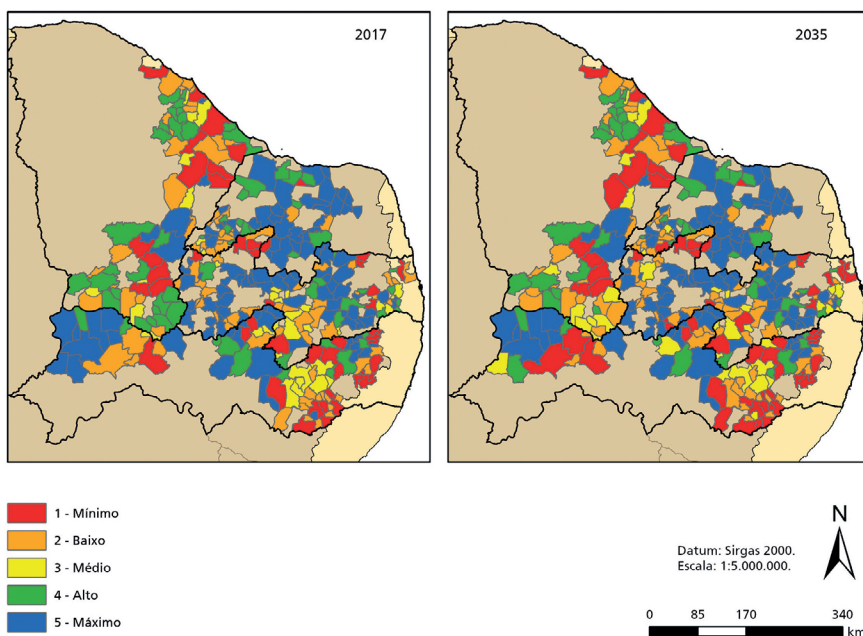
3.1 Diagnóstico da dimensão humana

Os indicadores que compõem a dimensão humana do ISH – *abastecimento da população urbana e percentual de cobertura da rede de abastecimento urbano* – têm por objetivo verificar a garantia da oferta de água para abastecimento da população, quantificando as populações mais vulneráveis aos riscos de não atendimento e identificando as regiões mais críticas do país.

2. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYY>>. Acesso em: 6 maio 2020.

O ISH, na dimensão humana, restringiu-se a avaliar o abastecimento urbano de água por município, portanto não representa a segurança hídrica da população rural. Dessa forma, os indicadores aqui apresentados são condizentes com a população e os espaços urbanos, e não contemplam a população rural da área de influência (AI) do PISF. Esse fato representa uma limitação da metodologia, que se justifica pela dificuldade de espacialização e coleta dos dados em localidades rurais. Assim, outros indicadores e dados são apresentados nesse contexto a fim de retratar essa importante parcela da população na região. No mapa 1 é possível visualizar o ISH para a dimensão humana nos municípios beneficiados pelo PISF.

MAPA 1

Dimensão humana do ISH nos municípios beneficiados pelo PISF (2017 e 2035)

Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYY>>. Acesso em: 6 maio 2020.

Elaboração dos autores.

Obs.: Sirgas – Sistema de Referência Geodésico para as Américas.

Avaliando comparativamente os cenários de 2017 e 2035 do ISH na dimensão humana, sem considerar o possível impacto do PISF, nota-se uma perspectiva de tênue piora dos graus de segurança hídrica nos municípios considerados (mapa 1; tabela 1). Esses dados mostram que, apesar de a maioria dos municípios beneficiados pelo PISF serem classificados com os graus *alto* e *máximo* de segurança hídrica para a dimensão humana nos dois cenários avaliados (52% em 2017 e 47% em 2035),

muitos municípios enfrentam um cenário de insegurança hídrica, tendo sido classificados nos graus *mínimo* e *baixo* da dimensão humana do ISH (38% em 2017 e 42% em 2035) – tabela 1.

TABELA 1
Classificação do ISH, na dimensão humana, na AI do PISF, por estado (2017 e 2035)

Cenário 2017										
Classe ISH – dimensão humana	Paraíba		Ceará		Rio Grande do Norte		Pernambuco		PISF	
	N ^a	%	N ^a	%	N ^a	%	N ^a	%	N ^a	%
Mínimo	11	9	12	16	2	3	23	25	48	14
Baixo	29	24	20	27	15	22	21	23	85	24
Médio	16	13	9	12	2	3	10	11	37	10
Alto	13	11	27	37	15	22	12	13	67	19
Máximo	50	42	5	7	35	51	27	29	117	33
Total	119	100	73	100	69	100	93	100	354¹	100
Cenário 2035										
Classe ISH – dimensão humana	Paraíba		Ceará		Rio Grande do Norte		Pernambuco		PISF	
	N ^a	%	N ^a	%	N ^a	%	N ^a	%	N ^a	%
Mínimo	15	13	13	18	3	4	30	32	61	17
Baixo	30	25	23	32	15	22	20	22	88	25
Médio	14	12	12	16	2	3	9	10	37	10
Alto	10	8	20	27	14	20	10	11	54	15
Máximo	50	42	5	7	35	51	24	26	114	32
Total	119	100	73	100	69	100	93	100	354¹	100

Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.

Nota: ¹ Quarenta e quatro municípios não foram incluídos na avaliação da dimensão humana do ISH em ambos os cenários.

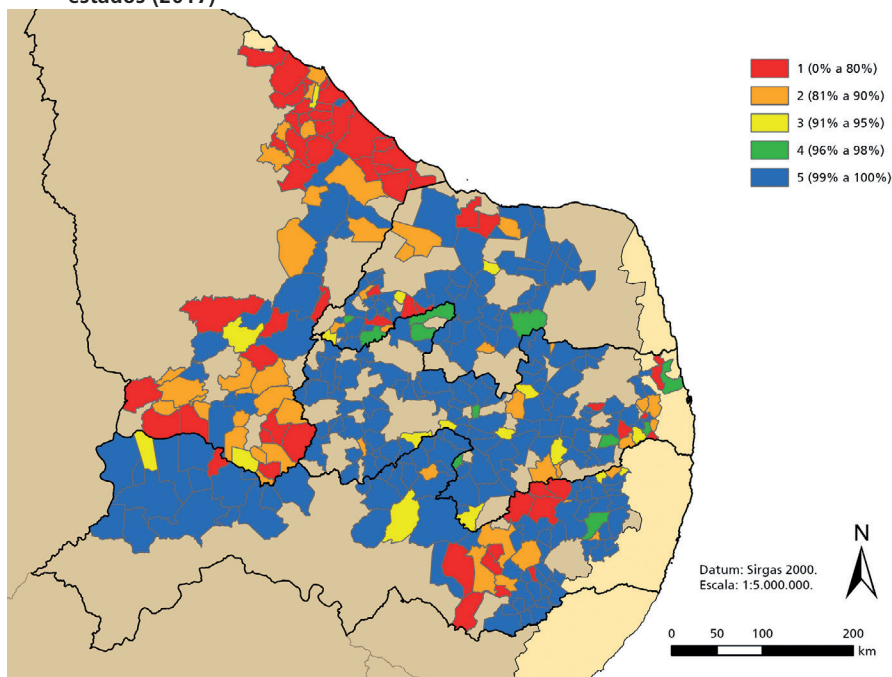
Nesta avaliação, 44 municípios beneficiados pelo PISF não foram considerados nas análises da dimensão humana (apêndice A), por serem abastecidos integralmente por águas subterrâneas, visto que, nessa dimensão, só foram consideradas as sedes urbanas abastecidas em parte ou totalmente por águas superficiais (ANA, 2020).

Ponderando que o ISH não leva em consideração o incremento da oferta de água projetada a partir da melhoria e construção dos empreendimentos hídricos previstos no PNSH³ e, entre eles, o mais relevante e foco desta avaliação, o PISF, é de se esperar que a situação dos municípios em relação à segurança hídrica apresente melhorias, visto que o objetivo principal do PISF é justamente o de promover uma maior segurança hídrica para a região, fato que não foi considerado na avaliação do ISH para 2035.

3. Sobre isso, Castro (2021a) pondera ser uma limitação do ISH que deve ser revista em suas sucessivas iterações.

O indicador *cobertura de rede de abastecimento urbano* foi utilizado para avaliar o grau de acesso à água pela população urbana, e seus percentuais foram obtidos a partir do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e dos dados do Censo Demográfico⁴ (SNIS, 2017). A classificação da segurança hídrica municipal, associada à cobertura da rede de abastecimento de água nos municípios da AI do PISF, é apresentada no mapa 2.

MAPA 2

Cobertura da rede de abastecimento urbano de água na AI do PISF e nos respectivos estados (2017)

Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
Elaboração dos autores.

No geral, os municípios beneficiados pelo PISF seguiram a média brasileira em relação a esse indicador, apresentando grau *médio* para a segurança hídrica em função da cobertura da rede de abastecimento (tabela 2). O indicador de *cobertura da rede de abastecimento urbano de água* foi calculado apenas para o cenário de 2017. A existência plena da cobertura de rede urbana é fundamental para garantir o abastecimento humano e aumentar o nível de segurança hídrica dessa população.

4. Disponível em: <<https://bit.ly/3TGNcgS>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

TABELA 2
Cobertura da rede de abastecimento urbano de água (2017)

Abrangência (municípios)	Nº de municípios	Média (%)	Grau de segurança hídrica
Paraíba – PISF	119	97	Alto – 4
Paraíba	192	95	Médio – 3
Rio Grande do Norte – PISF	69	93	Médio – 3
Rio Grande do Norte	123	94	Médio – 3
Ceará – PISF	73	79	Mínimo – 1
Ceará	162	79	Mínimo – 1
Pernambuco – PISF	93	94	Médio – 3
Pernambuco	178	92	Médio – 3
Total do PISF	354	92	Médio – 3
Brasil	5.241	92	Médio – 3

Fontes: ANA (disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYY>>; acesso em: 6 maio 2020); SNIS (2017); e Censo Demográfico 2010 (disponível em: <<https://bit.ly/3CCW6q0>>; acesso em: 10 jun. 2021).

Como o ISH não considera o abastecimento de água no meio rural, um importante indicador para avaliar tal questão consiste na existência de alguma fonte hídrica nos estabelecimentos agropecuários da região. Com relação a isso, nos estabelecimentos agropecuários dos municípios beneficiados pelo PISF, o abastecimento ocorre, em sua maioria, por meio de cisternas (76,5% dos estabelecimentos), como pode ser observado na tabela 3. Outra importante fonte hídrica são os poços convencionais, presentes em 22,6% dos estabelecimentos, e os rios e riachos, protegidos ou não por matas ciliares, presentes em 38% dos estabelecimentos (tabela 3).

O número total de estabelecimentos agropecuários da região é 491.470, segundo o Censo Agropecuário 2017.⁵ Desse total, 379.545 estabelecimentos possuem algum tipo de recurso hídrico disponível para abastecimento (tabela 3). Dessa forma, mais de 77% dos estabelecimentos agropecuários da região beneficiada pelo PISF possuem algum tipo de fonte hídrica para o abastecimento. Contudo, outros 23% não possuem nenhum recurso hídrico para abastecimento, o que equivale a 111.925 estabelecimentos.

5. Disponível em: <<https://bit.ly/3txPG6A>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

TABELA 3
Estabelecimentos agropecuários com recursos hídricos, por tipologia, na AI do PISF (2017)

Tipo de abastecimento	Total do PISF	
	Nº	%
Total de estabelecimentos agropecuários na AI do PISF	491.470	100
Estabelecimentos agropecuários sem recursos hídricos	111.925	22,8
Estabelecimentos agropecuários com recursos hídricos	379.545	77,2
Estabelecimentos com nascentes (protegidas por matas)	10.935	2,9
Estabelecimentos com nascentes (não protegidas por matas)	12.498	3,3
Estabelecimentos com rios ou riachos (protegidos por matas)	70.965	18,7
Estabelecimentos com rios ou riachos (não protegidos por matas)	76.372	20,1
Estabelecimentos com poços convencionais	85.957	22,6
Estabelecimentos com poços tubulares profundos jorrantes	2.730	0,7
Estabelecimentos com poços tubulares profundos não jorrantes	67.243	17,7
Estabelecimentos com cisternas	290.334	76,5

Fonte: Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3txPG6A>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

Obs.: O somatório ultrapassa 100%, uma vez que o estabelecimento agropecuário pode ter mais de um recurso hídrico em seu estabelecimento.

A falta de cobertura de abastecimento de água pode agravar a organização das atividades produtivas e colocar em risco a capacidade de subsistência desses estabelecimentos e das pessoas e famílias que residam neles. Dos 111.925 estabelecimentos sem fonte hídrica na AI do PISF, a maioria, 82.425, é de estabelecimentos familiares nos quais, geralmente, os proprietários e suas famílias residem.

Entre as soluções para minimizar a escassez hídrica, prevalecem as fontes alternativas de abastecimento de água, principalmente por meio da construção de cisternas, que estão presentes na grande maioria (76%) dos estabelecimentos.⁶ Nesse contexto, ressalta-se a importância do Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais (Programa Cisternas) para o meio rural no semiárido e na AI do PISF, criado em 1999 pela Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA) e que contou com apoio do governo federal a partir de 2003.⁷

De acordo com os dados do Censo Agropecuário 2017 (tabela 3), nos municípios da AI do PISF, muitos estabelecimentos agropecuários (290.334) possuem cisterna como fonte de abastecimento de água, representando a principal fonte hídrica da região. No entanto, o número de estabelecimentos agropecuários que não possuem nenhum tipo de fonte hídrica é significativo (111.925), e a demanda existente por essa tecnologia ainda é grande.

6. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3txPG6A>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

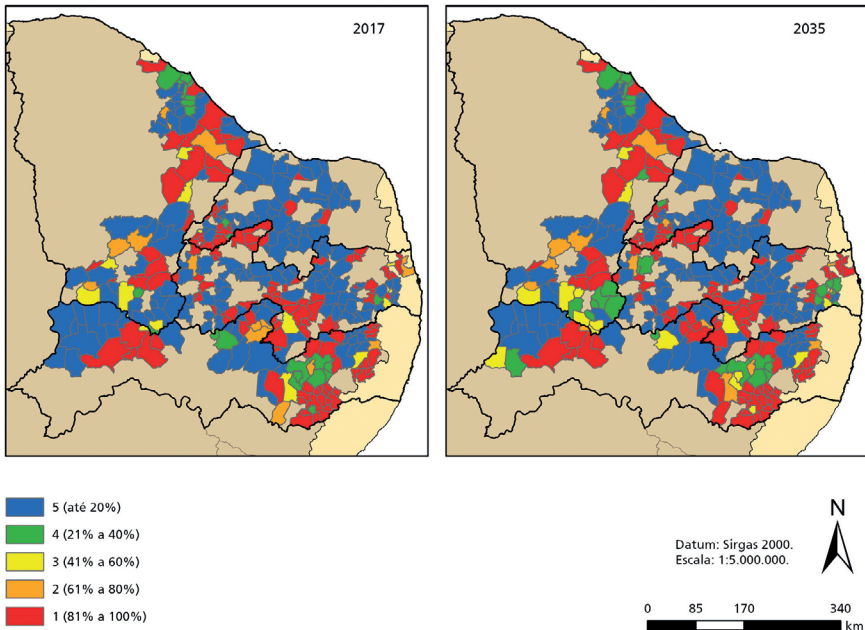
7. Disponível em: <<https://bit.ly/3twcOm5>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

As cisternas representam uma possibilidade com ótimo custo-benefício para lidar com a questão da escassez hídrica e das secas no semiárido; porém, apesar da evidente contribuição dessa tecnologia para abastecimento de água, há uma tendência recente decrescente do número de cisternas construídas na região e do dispêndio com o programa, dificultando o atendimento dessa demanda (Castro, 2021b).

Como visto na tabela 3, as fontes hídricas naturais, como nascentes, rios e riachos, estão presentes em 45% dos estabelecimentos agropecuários da AI do PISF. Contudo, é preciso lembrar que esses mananciais da região são, na sua maioria, intermitentes, ficam secos na maior parte do ano e não acumulam volume de água suficiente para abastecimento nos períodos de estiagem (Silva *et al.*, 2020).

O indicador *garantia de água para abastecimento da população urbana* avalia a garantia de água, com base na disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais e subterrâneos utilizados para abastecimento da população de cada município e na sua capacidade de atendimento às demandas. O percentual da população em risco na AI do PISF nos cenários de 2017 e 2035 pode ser visualizado no mapa 3.

MAPA 3
População em risco na AI do PISF (2017 e 2035)



Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
Elaboração dos autores.

No contexto da dimensão humana, a aplicação do ISH para os municípios beneficiados pelo PISF resultou na identificação de 2,9 milhões de pessoas (44% da população urbana em 2017) que vivem com menor garantia de abastecimento de água e, portanto, em risco (mapa 3; tabela 4). No horizonte de 2035, a partir das projeções calculadas, a população urbana total em risco dos municípios beneficiados pelo PISF sobe para 4 milhões de pessoas (46% da população urbana em 2035).

Esses dados, no recorte dos municípios e da população beneficiada pelo PISF, se mostram muito acima da média para o país, no qual o percentual da população em risco representa 12% e 14% da população urbana, nos cenários de 2017 e 2035 (tabela 4). Esses resultados refletem, predominantemente, a pressão sobre os recursos hídricos devido à escassez hídrica no semiárido. É preciso lembrar que o indicador utilizado para o cálculo do ISH na dimensão humana não considera a população rural, com mais de 2,7 milhões de habitantes, segundo o Censo Demográfico 2010.⁸ Para a projeção de 2035, a população rural diminui e passa a ser de 2 milhões de habitantes.

TABELA 4
População em risco nos municípios da AI do PISF (2017 e 2035)

Abrangência	Nº de municípios	Cenário 2017		Cenário 2035	
		Média (%)	Grau de segurança hídrica	Média (%)	Grau de segurança hídrica
Paraíba – PISF	119	46	4	48	4
Paraíba	192	56	3	58	3
Rio Grande do Norte – PISF	69	31	4	31	4
Rio Grande do Norte	123	33	4	34	4
Ceará – PISF	73	41	3	44	3
Ceará	162	33	4	35	4
Pernambuco – PISF	93	52	3	55	3
Pernambuco	178	59	3	61	3
Total do PISF	354	44	4	46	4
Brasil	5.241	12	5	14	4

Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.

Isso significa um aumento na pressão sobre os sistemas hídricos de abastecimento urbano em 2035, devido ao maior contingente populacional urbano e maior demanda hídrica para esse uso, corroborando a piora no cenário de segurança hídrica para a AI do PISF e o aumento da população em risco hídrico.⁹ As vazões de retirada para uso humano urbano indicam um aumento de demanda para esse uso na AI do PISF igual a 5,01 m³/s, entre 2010 e 2030 (tabela 5).

8. Disponível em: <<https://bit.ly/3TGNcgS>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

9. Isso sem considerar os efeitos do PISF sobre a segurança hídrica da sua AI.

TABELA 5

Vazões de retirada, consumo e retorno do uso humano urbano, nos municípios beneficiados pelo PISF, agregadas por estado
(Em m³/s)

Ano	Vazões	Ceará	Paraíba	Pernambuco	Rio Grande do Norte	Total do PISF
2010	Retirada	10,95	2,85	4,45	1,82	20,07
	Consumo	2,19	0,57	0,89	0,36	4,01
	Retorno	8,76	2,28	3,56	1,46	16,06
2020	Retirada	12,3	2,09	2,94	4,33	21,65
	Consumo	2,46	0,42	0,59	0,87	4,33
	Retorno	9,84	1,67	2,35	3,46	17,32
2030	Retirada	13,28	3,46	6,02	2,31	25,08
	Consumo	2,66	0,69	1,2	0,46	5,02
	Retorno	10,63	2,77	4,81	1,85	20,06

Fonte: ANA (2019b).

Em contrapartida, há a estimativa de diminuição da demanda para o abastecimento humano da população rural igual a 0,46 m³/s para o mesmo período (tabela 6). Os resultados das análises da dimensão humana do ISH e de demais indicadores complementares apresentados nesta seção confirmam a pressão nos sistemas de abastecimento e a cobertura inadequada de redes de água, configurando um cenário de insegurança hídrica para a região. A análise dessa dimensão permitiu identificar as áreas onde são requeridas outras fontes hídricas que atendam às demandas da população.

TABELA 6

Vazões de retirada, consumo e retorno do uso humano rural, na AI do PISF, agregadas por estado
(Em m³/s)

Ano	Vazões	Ceará	Paraíba	Pernambuco	Rio Grande do Norte	Total do PISF
2010	Retirada	1,06	0,75	1,1	0,26	3,18
	Consumo	0,85	0,6	0,88	0,21	2,54
	Retorno	0,21	0,15	0,22	0,05	0,64
2020	Retirada	0,99	0,26	0,65	1,02	2,91
	Consumo	0,79	0,2	0,52	0,81	2,33
	Retorno	0,2	0,05	0,13	0,2	0,58
2030	Retirada	0,92	0,63	0,91	0,25	2,72
	Consumo	0,74	0,51	0,73	0,2	2,17
	Retorno	0,18	0,13	0,18	0,05	0,54

Fonte: ANA (2019b).

3.1.1 Contribuições do PISF para a segurança hídrica: dimensão humana

À época da outorga do PISF, as estimativas da população urbana na área de abrangência do projeto correspondiam a 10,6 milhões e 11,6 milhões de pessoas em 2015 e 2025, respectivamente, e as demandas urbanas para abastecimento humano foram estimadas em 21,70 m³/s e 23,96 m³/s para os mesmos anos (ANA, 2005). As demandas para o abastecimento da população rural foram estimadas a partir do Censo Demográfico,¹⁰ considerando a estagnação da população e a tendência de queda, chegando ao número de 1,17 m³/s de demanda hídrica para uma população de 844 mil pessoas para 2025 (ANA, 2005).

Conforme dados mais recentes, a vazão de retirada da demanda humana urbana, estimada para 2030, corresponde a 25,08 m³/s, e a vazão de retirada da demanda humana rural corresponde a 2,72 m³/s para o mesmo período (tabelas 5 e 6). A população urbana e rural para a região beneficiada do PISF em 2035 é estimada em 11,6 e 2,0 milhões, respectivamente.^{11,12} Os valores da população e do abastecimento no meio urbano estão próximos aos projetados pela ANA em 2005, porém os valores para o meio rural estavam subestimados.

Em estudo mais recente sobre a modelagem do PISF (BNDES, 2020), foram estimadas as vazões de demandas necessárias para atendimentos dos usos prioritários e os *deficit* dessas vazões das bacias receptoras do PISF para 2020, 2041 e 2055. Aqui, é importante ressaltar que tais estimativas de demandas prioritárias apresentadas em BNDES (2020) não consideram todos os 398 municípios da AI do PISF (BNDES, 2019; 2020).

Conforme BNDES (2019), os municípios da AI do PISF que não foram considerados na modelagem de atendimento das demandas de usos prioritários pelo projeto são

aqueles cujas demandas urbanas são atualmente abastecidas por mananciais localizados a montante dos portais de entrega do PISF, e, portanto, que não teriam benefício direto com a entrada em operação desse sistema (BNDES, 2019, p. 123),

que é considerado quanto às demandas prioritárias de abastecimento humano rural e dessedentação animal. Dessa forma, um número significativamente menor de municípios, em relação aos 398 municípios que fazem parte da AI do PISF, foram considerados nessas estimativas.

No referido estudo, as estimativas das vazões de demanda para atendimento aos usos prioritários foram de 13,48 m³/s para 2020 e 19,42 m³/s para 2041. Por sua vez, os *deficit* referentes a essas vazões foram de 29% (4,02 m³/s) e 36% (7,06 m³/s)

10. Disponível em: <<https://bit.ly/3Qv1Yan>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

11. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/3CCW6q0>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

12. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKXX>>. Acesso em: 6 maio 2020.

para 2020 e 2041 nas bacias receptoras do PISF (BNDES, 2020). A vazão/demanda hídrica de retirada para usos prioritários (humano urbano, humano rural e dessedentação animal), de acordo com os dados de ANA (2019b), é igual a 29,13 m³/s.

Percebe-se uma diferença entre as demandas estimadas por ANA (2019b) e do estudo mais recente do BNDES em 2020. Essa diferença pode ser explicada pelo recorte territorial utilizado para o cálculo das estimativas de tais demandas. Conforme apontado anteriormente, nas estimativas feitas em BNDES (2019; 2020), considerou-se um número restrito de municípios da AI do PISF, contrapondo as estimativas que consideraram os 398 municípios da área de influência (ANA, 2019b).

Contudo, em ambos os estudos, assim como corroborado nesta avaliação por meio do cálculo do ISH na dimensão humana, parte da demanda urbana para a AI do PISF é atendida com garantia hídrica adequada. A maioria dos municípios beneficiados pelo PISF foi classificada com grau *alto* ou *máximo* de segurança hídrica em relação ao abastecimento da população humana nos dois cenários avaliados (52% em 2017 e 47% em 2035). No entanto, há muitos municípios que não são atendidos de forma adequada e apresentam nível *baixo* ou *mínimo* de segurança quanto ao abastecimento urbano, com considerável piora na escala temporal (38% em 2017 e 42% em 2035).

O indicador *cobertura da rede de abastecimento* mostra a necessidade e importância de, além de garantir oferta de água para a população dessa região, ampliar a cobertura dos sistemas de abastecimento para que, de fato, a água chegue até esses domicílios. A ampliação da rede de abastecimento de água não está atrelada ao PISF, mas pode limitar seus benefícios, pois, para que a água transposta pelo projeto chegue às populações, é necessário que exista infraestrutura adequada (principal e complementar) para o transporte e entrega do recurso a fim de que se atendam às demandas.

O indicador de *garantia de água para abastecimento* aponta que, no horizonte de 2035, a população urbana total em risco dos municípios beneficiados pela transposição será de 4 milhões de pessoas, o que corresponde a 46% desse estrato da população na AI do PISF. Esses resultados estão muito acima da média para o país, no qual o percentual da população em risco representa 14% da população urbana no cenário de 2035, corroborando a real problemática da escassez e insegurança hídrica na AI do PISF.

Esses dados refletem a projeção do aumento do contingente populacional e consequente aumento da sua demanda por água, assim como a capacidade de atendimento dessas demandas pelos sistemas hídricos disponíveis, mas não inclui os efeitos das infraestruturas hídricas (PISF e obras complementares) na redução dos riscos hídricos.

Como visto aqui, parte dos municípios da AI do PISF apresenta níveis altos de segurança hídrica, o que indica que esses municípios possuem abastecimento de água adequado para a população no meio urbano, pela oferta hídrica local. A vazão firme de 26,4 m³/s do PISF, por si só, sem contar com a disponibilidade hídrica natural da região e com a possível vazão excedente máxima diária de 114,3 m³/s do projeto, atenderia à demanda de água para abastecimento humano urbano de 25 m³/s, conforme estimativas para 2030.

Contudo, é preciso contar com as perdas de água no percurso, entre o ponto de captação e o destino final, e as perdas por evaporação nos reservatórios. Tais estimativas foram apresentadas no relatório de modelagem do PISF (BNDES, 2020), verificando-se que, em alguns trechos, as perdas podem chegar a 73% de todo o volume de água transposto, como no caso da estimativa de perda no percurso para o rio Jaguaribe no horizonte 2041 (BNDES, 2020). Assim, para atender aos *deficit* da demanda de água estimada para os usos prioritários, considerando as estimativas de perdas, tem-se que seria necessária uma vazão de 17,7 m³/s para o cenário de 2020 e 22,6 m³/s para 2040.

Diante dessas informações, verifica-se que a demanda para abastecimento dos usos prioritários, considerando as estimativas apresentadas por BNDES (2020), seria atendida pela vazão firme de 26,4 m³/s do PISF, para o cenário de 2020 e de 2040. Considerando a vazão necessária para atendimento da demanda da população urbana, de 25,08 m³/s em 2030 estimadas por ANA (2019b), e acreditando que parte dessa demanda já é atendida pela oferta hídrica local, supõe-se que a vazão firme do PISF será adequada para atender ao *deficit* do abastecimento humano urbano na região beneficiada.

Nessa perspectiva, o potencial benefício do PISF será o de ampliar a garantia de abastecimento dessa região, impactando diretamente quase 50% da população urbana que, atualmente, vive em um cenário de insegurança quanto ao abastecimento de água.

Complementar a essa questão, tem-se o fato de que não está claro como as águas transpostas chegarão a essa população que vive em regiões dispersas na zona rural dos municípios beneficiados. Provavelmente, parte considerável dessa população ficará excluída dos sistemas de infraestrutura hídrica do PISF, e, assim, pode-se considerar que a maior parte da população rural não será impactada diretamente pelo PISF. Dessa forma, é preciso compreender *se e como* o PISF vai atender ao abastecimento de água de comunidades rurais difusas no território e daquelas localizadas ao longo dos canais.

Os usos difusos ao longo dos canais foram contemplados na Nota Técnica ANA nº 390/2005, sendo previstos 0,98 m³/s para demanda humana e 0,35 m³/s para consumo animal e irrigação de subsistência, para 2025 (ANA, 2005).

O Plano Básico Ambiental (PBA) 15, que se soma a outras 37 ações de compensação ambiental do projeto de transposição, tratou do *Programa de implantação de infraestrutura de abastecimento de águas ao longo dos canais*, cujo objetivo consiste em implantar sistemas de abastecimento de água (SAAs) em comunidades situadas na área diretamente afetada (ADA) do PISF, visando à melhoria da qualidade de vida das populações, além de reduzir os riscos associados ao uso clandestino das águas dos canais e reservatórios (Brasil, 2019).

A meta do PBA 15 é implantar sistemas de abastecimento de água que beneficiem cerca de 9.550 famílias, aproximadamente 45 mil pessoas, situadas em pequenas comunidades na ADA do PISF, beneficiando 255 comunidades localizadas nas cercanias dos canais e reservatórios do empreendimento da transposição (Brasil, 2019). Segundo dados fornecidos pelo MDR (Brasil, 2022), atualmente 98 SAAs estão sendo projetados e executados para atender à demanda de água de mais 290 comunidades rurais situadas ao longo do traçado dos canais da transposição. Desse total, 21 sistemas já estão concluídos e em operação, 45 estão em fase de obras e outros 24 sistemas estão em fase de projeto.

Do total, 52 SAAs estão sendo projetados em Pernambuco (23 no Eixo Leste e 29 no Eixo Norte); 24 SAAs no Ceará, no Eixo Norte; 17 SAAs na Paraíba (10 no Eixo Norte e 7 no Eixo Leste); e, em Pernambuco, ainda estão previstos 5 SAAs para terras indígenas (3 no Eixo Norte e 2 no Eixo Leste). Quanto ao tipo de captação, esses SAAs se dividem em sistema adutor e poço tubular profundo (PTP).

Na AI do PISF existem mais de 491 mil estabelecimentos agropecuários, sendo que 77% possuem alguma fonte hídrica para abastecimento (tabela 3). No entanto, outros 22% não possuem nenhum recurso hídrico para atender às suas demandas, o que corresponde a mais de 100 mil estabelecimentos difusos no território que carecem de água para sua subsistência. Diante desse número, a projeção dos SAAs previstos no PBA 15 é pouco significativo e atenderá a uma parcela ínfima de comunidades necessitadas.

Não existem estimativas disponíveis do *deficit* da demanda das comunidades rurais a serem atendidas pelos SAAs. Se o uso difuso ao longo dos canais suprir a demanda humana, animal e de irrigação de subsistência, conforme Nota Técnica ANA nº 390/2005, serão atendidos 1,28 m³/s pelos SAAs (ANA, 2005). Todavia, a demanda projetada para o abastecimento da população rural é de 2,72 m³/s para 2030, restando, portanto, outro 1,44 m³/s a ser atendido. Parte desse *deficit* é atendido por outras fontes hídricas existentes nas propriedades, sejam elas naturais, como os rios e riachos, sejam artificiais, como as cisternas.

Assim, atender à população difusa na Caatinga por meio do PISF, a maioria muito distante dos canais da transposição, é praticamente inviável, devido ao elevado custo para implantação das infraestruturas adutoras de água. A não ser no

caso da população rural situada próxima aos canais e que será contemplada pelos SAAs, ou que resida em distritos de irrigação atendidos por água do PISF, não se espera que a contribuição do PISF para a segurança hídrica no meio rural seja tão significativa quanto no meio urbano. Conclui-se, portanto, que o atendimento das comunidades rurais pelo PISF é incerto, possivelmente não muito relevante.

Para essa população difusa no território, outras fontes de água, como cisternas, poços e carros-pipa, são fundamentais para garantir o abastecimento. As cisternas se apresentam como alternativas de excelente custo-benefício para levar água às regiões mais dispersas desse território. Como destacado por Castro (2021b), as cisternas representam uma das alternativas mais efetivas de ofertar água para o consumo da população mais necessitada no meio rural do semiárido, o que justifica a continuidade e o fortalecimento desse programa para mitigar a escassez hídrica sobre essa população.

O consumo humano, por ser prioritário, pode restringir os demais usos da água. Caso a demanda atual e futura para abastecimento humano e dessedentação animal seja garantida, total ou parcialmente, pela oferta local de água, os demais usos poderão ser atendidos de forma complementar pelas águas do PISF. Dessa forma, com a operação da transposição, abre-se a possibilidade para os múltiplos usos da água transposta, para além dos usos prioritários do consumo humano e da dessedentação animal.

Nesse sentido, o PISF contribuirá para o aumento da disponibilidade hídrica de sua área de influência, sendo um empreendimento fundamental para o abastecimento da região. A partir da plena operação do projeto, provavelmente os indicadores que compõem a dimensão humana do ISH apresentarão graus mais elevados quanto à segurança hídrica. Contudo, devido às diversas limitações aqui apresentadas, não é possível mensurar como, e em que grau, a segurança hídrica nesses 398 municípios será ampliada. Para isso, aprimoramentos na ferramenta utilizada (ISH) devem ser feitos, de forma a considerar o efeito da implementação das infraestruturas na segurança hídrica da região.

As regiões e bacias críticas, correspondentes aos estados e municípios a serem beneficiados pelo PISF, identificadas nas análises do ISH, serão beneficiadas pela infraestrutura do projeto e por outras intervenções integrantes. Assim, a execução de tais obras complementares, muitas já em estágio avançado de execução física, outras tantas ainda em planejamento, é fundamental para o pleno alcance dos objetivos do PISF – garantir o abastecimento humano, prioritariamente urbano, da região beneficiada.

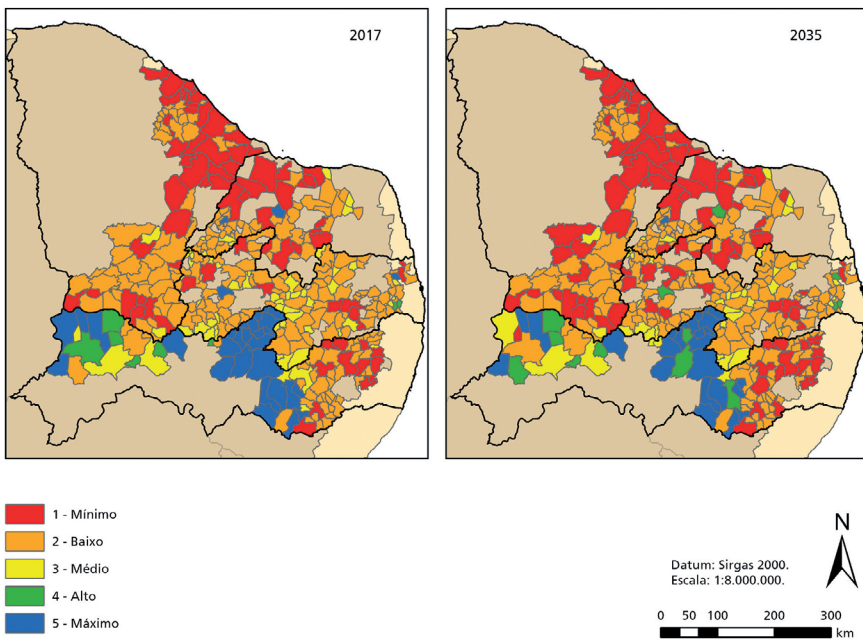
3.2 Diagnóstico da dimensão econômica

A dimensão econômica do ISH busca valorar os riscos da escassez hídrica para os setores econômicos por meio dos indicadores *garantia de água para agricultura e pecuária* e *garantia de água para atividade industrial*. Esta dimensão incorpora os

setores que utilizam em maior proporção captações próprias de águas (irrigação, pecuária e indústria) e valora monetariamente sua produção, de forma a quantificar o dano potencial do não suprimento das demandas hídricas relacionadas à produção econômica.

De acordo com o ISH dessa dimensão, para os 398 municípios beneficiados pelo PISF, nota-se uma predominância dos graus *mínimo* e *baixo*, nos dois cenários avaliados, 2017 e 2035 (mapa 4; tabela 7).

MAPA 4
Dimensão econômica do ISH na AI do PISF (2017 e 2035)



Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
Elaboração dos autores.

Em ambos os cenários, a maioria dos municípios da AI do PISF é classificada no grau *baixo* quanto à dimensão econômica do ISH, sendo 58% dos municípios em 2017 e 57% em 2035 (mapa 4; tabela 7). Para o grau *mínimo* da segurança hídrica econômica, são 17% dos municípios em 2017 e 22% em 2035. Considerando a soma dos dois piores níveis do ISH econômico – *mínimo* e *baixo* –, tem-se 75% dos municípios em 2017 e 79% em 2035, um cenário de evidente insegurança hídrica para as atividades econômicas (tabela 7).

Os setores econômicos retratados nos indicadores utilizados para mensurar a dimensão econômica do ISH (agropecuária e indústria) apresentam importante relevância econômica na região beneficiada pelo PISF, representando 19% na participação do produto interno bruto – PIB.¹³ Os resultados representados pelo ISH na dimensão econômica demonstram o elevado valor em risco da produção econômica nesses setores na AI do PISF.

TABELA 7
Classificação do ISH na dimensão econômica, na AI do PISF, por estado (2017 e 2035)

Cenário 2017										
Classe ISH – dimensão econômica	Paraíba		Ceará		Rio Grande do Norte		Pernambuco		PISF	
	%	N ^a	%	N ^a	%	N ^a	%	N ^a	%	N ^a
Mínimo	6	9	34	29	23	16	13	13	17	67
Baixo	61	87	64	55	63	45	46	45	58	232
Médio	31	44	1	1	11	8	8	8	15	61
Alto	2	3	1	1	3	2	5	5	3	11
Máximo	0	0	0	0	0	0	28	27	7	27
Total	100	143	100	86	100	71	100	98	100	398

Cenário 2035										
Classe ISH – dimensão econômica	Paraíba		Ceará		Rio Grande do Norte		Pernambuco		PISF	
	%	N ^a	%	N ^a	%	N ^a	%	N ^a	%	N ^a
Mínimo	10	14	40	34	28	20	20	20	22	88
Baixo	66	95	59	51	61	43	40	39	57	228
Médio	22	31	0	0	8	6	8	8	11	45
Alto	2	3	1	1	3	2	8	8	4	14
Máximo	0	0	0	0	0	0	23	23	6	23
Total	100	143	100	86	100	71	100	98	100	398

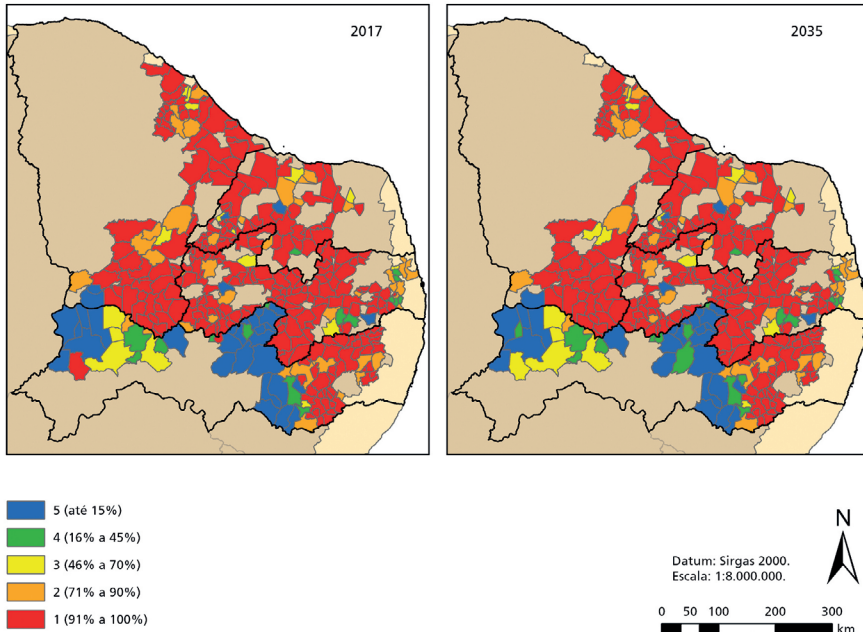
Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
Elaboração dos autores.

Os percentuais do valor em risco associado ao valor total da produção para a agricultura irrigada e pecuária foram classificados em graus de segurança hídrica conforme metodologia do ISH (ANA, 2020). No recorte desta avaliação, o valor da produção associado a irrigação e pecuária foi definido com base nas principais culturas e rebanhos da região. Com relação à agricultura irrigada na AI do PISF, verificou-se que grande parte dos municípios, 278 em 2017 e 272 em 2035, apresentam alto percentual (de 90% a 100%) do valor econômico da sua produção em

13. Disponível em: <<https://bit.ly/3uy31Nf>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

risco (mapa 5; tabela 8). Com exceção do estado de Pernambuco, em que alguns municípios apresentaram percentual menor (em amarelo no mapa 5), os demais estados tiveram a maioria dos municípios classificados com alto percentual de valor em risco associado à agricultura irrigada (mapa 5; tabela 8).

MAPA 5
Valor econômico em risco associado à irrigação na AI do PISF (2017 e 2035)



Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
 Elaboração dos autores.

Os valores encontrados para o estado de Pernambuco se devem ao fato de que seus municípios não possuem áreas de agricultura irrigada, como será discutido adiante. Esses dados indicam um elevado percentual do valor econômico em risco associado à irrigação. Em geral, os municípios beneficiados apresentam, em média, 84% do valor econômico em risco associado à irrigação, muito acima do percentual para o país, 18% na média (tabela 8).

O valor total da produção irrigada em 2017 correspondeu a R\$ 1,18 bilhão e, em 2035, esse valor é estimado em R\$ 1,75 bilhão.¹⁴ O valor total em risco para a agricultura irrigada, em um cenário de escassez hídrica na AI do PISF, correspondeu a R\$ 1,0 bilhão em 2017 e R\$ 1,6 bilhão em 2035.

14. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.

Em relação à demanda de água para o uso na irrigação, nos municípios beneficiados pelo PISF, pode-se constatar um aumento nas vazões de retirada, consumo e retorno, para o cenário de 2030. A vazão de retirada para esse uso representa a maior vazão entre os demais usos considerados no ISH para a dimensão econômica (tabela 9). A vazão de retorno representa 15% da vazão de retirada para esse uso, sendo a menor fração entre os demais usos da água aqui considerados (tabela 9).

TABELA 8
Valor econômico em risco e ISH associado à irrigação na AI do PISF em seus respectivos estados (2017 e 2035)

Abrangência	Nº de municípios	Cenário 2017		Cenário 2035	
		Valor econômico em risco associado à irrigação (%)	ISH irrigação	Valor econômico em risco associado à irrigação (%)	ISH irrigação
Paraíba – PISF	143	92	3	92	3
Paraíba	223	91	3	91	3
Pernambuco – PISF	98	63	3	62	3
Pernambuco	185	58	3	58	3
Ceará – PISF	86	93	3	95	3
Ceará	184	83	3	92	3
Rio Grande do Norte – PISF	71	91	3	92	2
Rio Grande do Norte	167	85	2	90	2
Total do PISF	398	84	3	84	3
Brasil	5.570	18	4	20	4

Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.

Obs.: Valores médios.

TABELA 9
Vazões de retirada, consumo e retorno da agricultura irrigada, na AI do PISF (Em m³/s)

Ano	Vazões	Ceará	Paraíba	Pernambuco	Rio Grande do Norte	Total do PISF
2010	Retirada	27,54	7,85	5,69	6,31	47,38
	Consumo	21,48	6,85	4,52	5,48	38,33
	Retorno	6,05	1,0	1,17	0,83	9,05
2020 ¹	Retirada	23,16	7,5	5,94	7,12	43,71
	Consumo	18,85	6,66	4,73	6,2	36,44
	Retorno	4,31	0,83	1,2	0,92	7,27
2030 ¹	Retirada	27,42	11,73	6,38	10,74	56,26
	Consumo	22,46	10,48	5,11	9,37	47,42
	Retorno	4,96	1,25	1,26	1,37	8,84

Fonte: ANA (2019b).

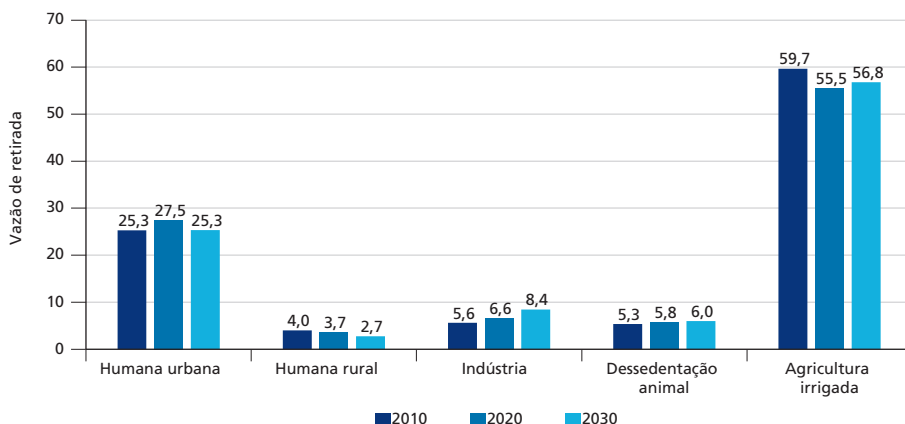
Nota: ¹ Dados estimados.

Isso indica que a irrigação é a atividade com maior demanda do recurso hídrico entre as atividades econômicas da região e a que mais retém água na produção dos seus produtos – no caso, os alimentos –, com o menor retorno da água para o meio ambiente.

A demanda hídrica da irrigação é duas vezes maior que a retirada de água em relação ao segundo maior uso – abastecimento humano urbano (gráfico 1) – e representa mais de 55% do uso de água dessa região. Esse perfil segue o cenário brasileiro, no qual a irrigação é o principal uso da água, com 49% da vazão de retirada em 2020.¹⁵ A irrigação permite a viabilização do cultivo agrícola na região semiárida, tão impactada pela escassez acentuada de água.

GRÁFICO 1

Participação dos setores na demanda de água da AI do PISF (Em %)



Fonte: ANA (2019b).

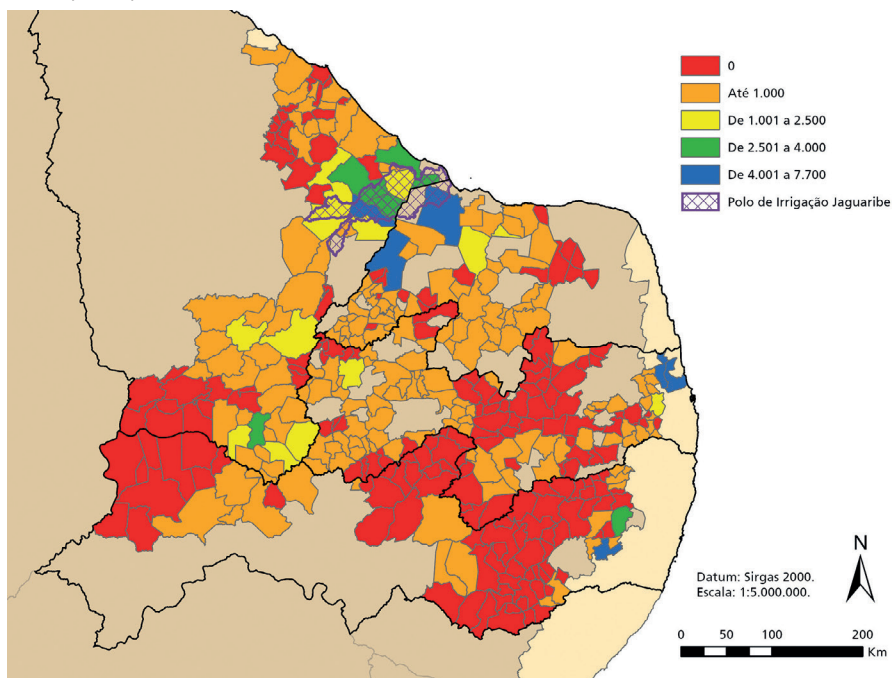
Obs.: Valores estimados para 2020 e 2030.

No mapa 6, é apresentada a área total irrigada para cada município da AI do PISF. Estima-se um total de 90 mil hectares de área irrigada nos municípios beneficiados pelo PISF, representando 8% dos 1,17 milhão de hectares de área plantada de lavouras temporárias (956 mil hectares) e permanentes (218 mil hectares) da região.¹⁶ Como observado no mapa 6, muitos municípios da AI do PISF não possuem áreas cultivadas que dependam da irrigação. Em geral, a maioria dos municípios da região avaliada não possuem extensas áreas de agricultura irrigada, predominando áreas totais de até mil hectares, sendo que poucos municípios isolados no território apresentam maiores áreas irrigadas, chegando a 7 mil hectares (mapa 6).

15. Disponível em: <<https://bit.ly/3GmZLLg>>. Acesso em: 6 nov. 2021.

16. Disponível em: <<https://bit.ly/3lpryP>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

MAPA 6
Área total irrigada na AI do PISF
(Em ha)



Fonte: ANA (2021b).
Elaboração dos autores.

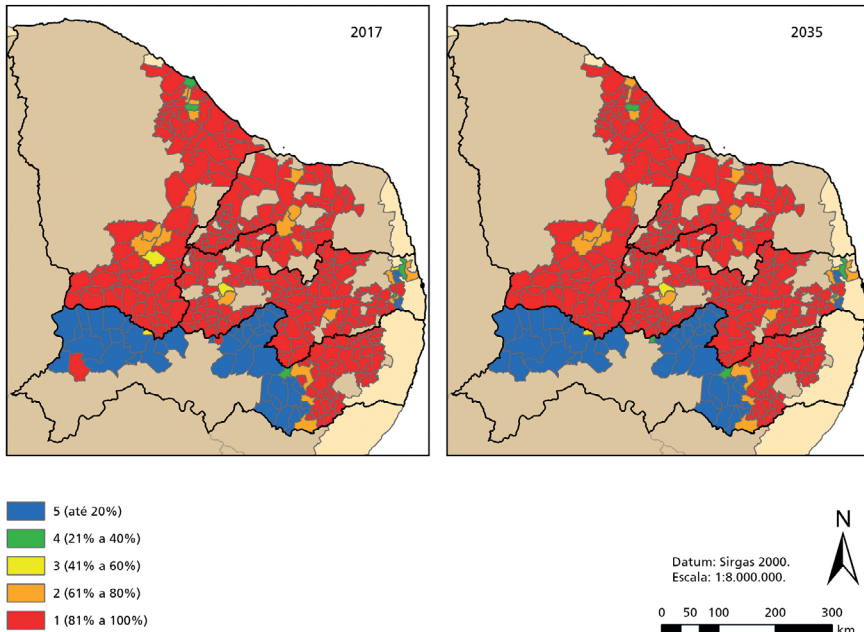
Nota-se um agrupamento de municípios com maiores áreas de agricultura irrigada no norte dos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, localizado justamente próximo ao polo de irrigação de Jaguaribe (mapa 6). O polo de Jaguaribe contempla dez municípios do estado do Ceará, sendo oito destes municípios beneficiados pelo PISF.

Entre os dez municípios com maior área irrigada na AI do PISF, três localizam-se no Ceará. Em oito dos dez municípios com maior área irrigada, o sistema predominante de irrigação é o localizado, o que constitui uma característica adequada para a região, considerando que este é o sistema mais eficiente em termos de uso da água (menor desperdício). Apenas em Rio Tinto e Mamanguape, ambos na Paraíba, não predomina a irrigação localizada (em ambos os municípios, a área de cana irrigada predomina).

Em relação à pecuária, também se nota que a maioria dos municípios está classificada com um alto percentual (de 80% a 100%) do valor econômico em risco associado a esta atividade (mapa 7). Em contraponto, alguns municípios localizados

no estado de Pernambuco se destacam por apresentarem percentual menor do valor em risco para essa atividade (mapa 7). Entre as três atividades econômicas (agricultura, pecuária e indústria) consideradas para essa dimensão do ISH, a pecuária apresentou os piores percentuais quanto ao risco econômico associado.

MAPA 7

Valor em risco associado à pecuária na AI do PISF (2017 e 2035)

Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYY>>. Acesso em: 6 maio 2020.
Elaboração dos autores.

Ressalta-se o elevado percentual do valor econômico em risco para essa atividade na AI do PISF (84%), quando comparado à média brasileira – 15% (tabela 10). O valor total da produção pecuária na área de influência do projeto foi de R\$ 9 bilhões em 2017 e R\$ 14 bilhões em 2035. O valor em risco para a pecuária, no cenário de escassez hídrica na AI do PISF, correspondeu a R\$ 7 bilhões em 2017 e R\$ 11 bilhões em 2035.¹⁷

A demanda de água para o uso na pecuária apresenta um aumento nas vazões de retirada, consumo e retorno para o cenário de 2030 na área de influência do projeto. A vazão de retirada para esse uso representa a menor vazão entre os demais usos considerados no ISH para a dimensão econômica, e a vazão de retorno representa 28%

17. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYY>>. Acesso em: 6 maio 2020.

da vazão de retirada para esse uso (tabela 11). Esses dados indicam que a pecuária é a atividade que tem a menor demanda do recurso hídrico entre as atividades econômicas aqui apresentadas, com considerável taxa de retorno da água (tabela 11). A pecuária representa 5% do uso de água dessa região (gráfico 1), enquanto, no cenário brasileiro, correspondeu a 8,4% do total da vazão de retirada em 2020.¹⁸

TABELA 10

Valor econômico em risco e ISH associado à pecuária na AI do PISF em seus respectivos estados (2017 e 2035)

Abrangência	Nº de municípios	Cenário 2017		Cenário 2035	
		Valor econômico em risco associado à pecuária (média %)	ISH pecuária	Valor econômico em risco associado à pecuária (média %)	ISH pecuária
Paraíba – PISF	143	91	2	91	2
Paraíba	223	89	2	89	2
Pernambuco – PISF	98	57	3	55	3
Pernambuco	185	48	3	48	3
Ceará – PISF	86	93	1	94	1
Ceará	184	87	2	87	1
Rio Grande do Norte – PISF	71	96	2	96	1
Rio Grande do Norte	167	90	2	89	2
Total do PISF	398	84	2	84	2
Brasil	5.570	14	4	15	4

Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
Elaboração dos autores.

TABELA 11

Vazões de retirada, consumo e retorno da pecuária, na AI do PISF, agregadas por estado (Em m³/s)

Ano	Vazões	Ceará	Paraíba	Pernambuco	Rio Grande do Norte	Total do PISF
2010	Retirada	1,15	0,87	1,75	0,48	4,24
	Consumo	0,82	0,63	1,24	0,34	3,04
	Retorno	0,33	0,24	0,51	0,13	1,2
2020 ¹	Retirada	1,5	0,83	1,69	0,57	4,59
	Consumo	1,07	0,6	1,2	0,41	3,29
	Retorno	0,43	0,23	0,49	0,16	1,3
2030 ¹	Retirada	2,18	0,96	1,93	0,84	5,91
	Consumo	1,55	0,7	1,37	0,61	4,23
	Retorno	0,62	0,26	0,56	0,23	1,68

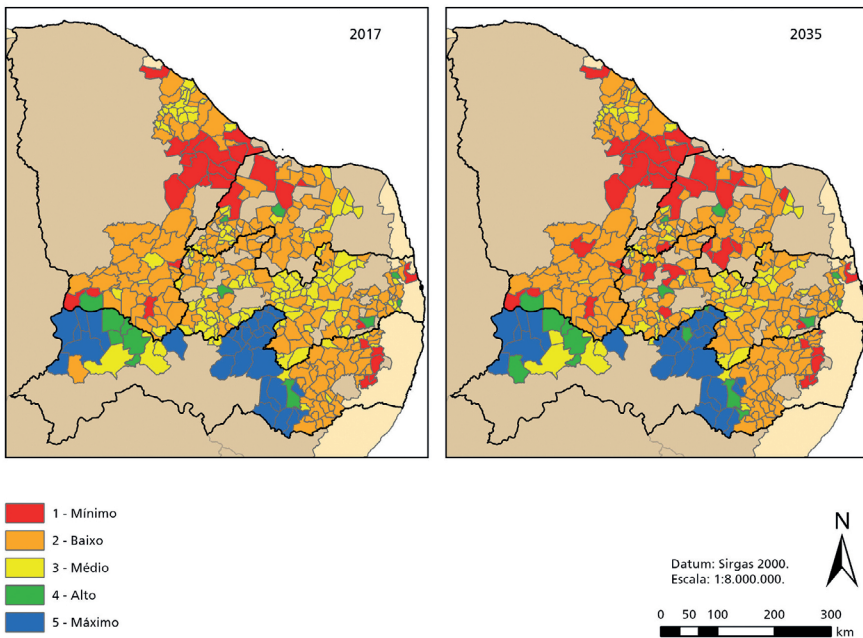
Fonte: ANA (2019b).
Elaboração dos autores.
Nota: ¹ Dados estimados.

18. Disponível em: <<https://bit.ly/3GmZLLg>>. Acesso em: 6 nov. 2021.

Por fim, a partir da média ponderada das classes do ISH para a agricultura (peso de 70%) e pecuária (peso de 30%) em cada município, foi composto o indicador *garantia de água para agricultura e pecuária*, que representa o valor econômico em risco associado à agricultura irrigada e à pecuária, tendo em vista a necessidade de água para garantir a produção dessas atividades primárias. Na AI do PISF, verifica-se um padrão semelhante ao encontrado isoladamente para cada uma dessas atividades (mapa 8).

MAPA 8

Garantia de água para agricultura e pecuária na AI do PISF (2017 e 2035)

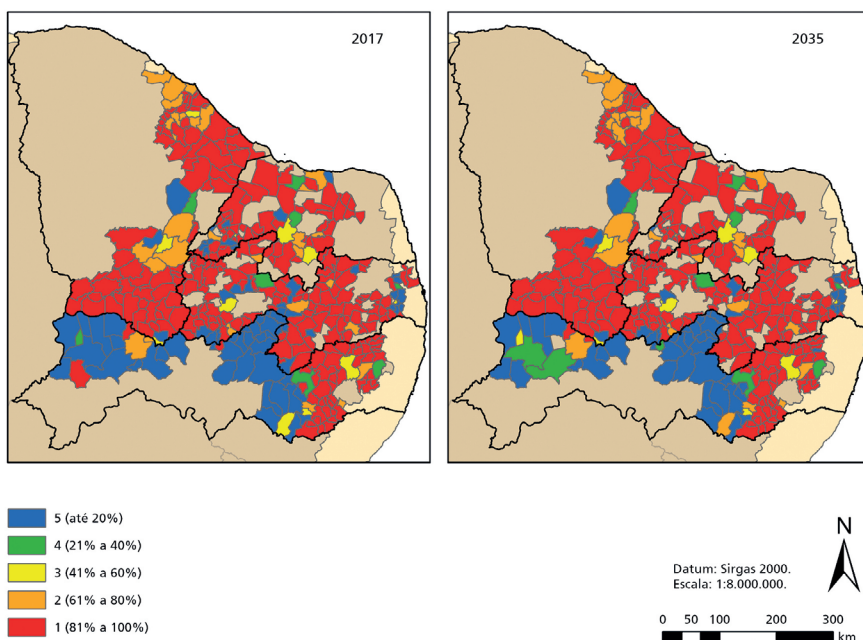


Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
Elaboração dos autores.

Como a agricultura teve um peso maior (70%) na construção do indicador *garantia de água para agricultura e pecuária*, os valores inferiores associados à pecuária foram amenizados, restando apenas as áreas realmente mais críticas de escassez para essas duas atividades, conforme pode ser observado no mapa 8. Essas regiões mais críticas quanto à garantia de oferta hídrica para essas atividades estão concentradas no norte do estado do Ceará, enquanto as regiões de maior garantia de oferta de água estão localizadas no estado de Pernambuco (mapa 8).

O indicador *garantia de água para atividade industrial* busca valorar o risco de não atendimento às demandas industriais por falta de água, a partir do valor agregado bruto (VAB) industrial no PIB dos municípios (ANA, 2020). O valor em risco da indústria e seu percentual em relação ao VAB industrial foram classificados em níveis de segurança hídrica, conforme metodologia do ISH (ANA, 2020). Na AI do PISF, nota-se um elevado percentual do valor em risco associado à indústria (mapa 9).

MAPA 9

Valor econômico em risco associado à indústria na AI do PISF (2017 e 2035)

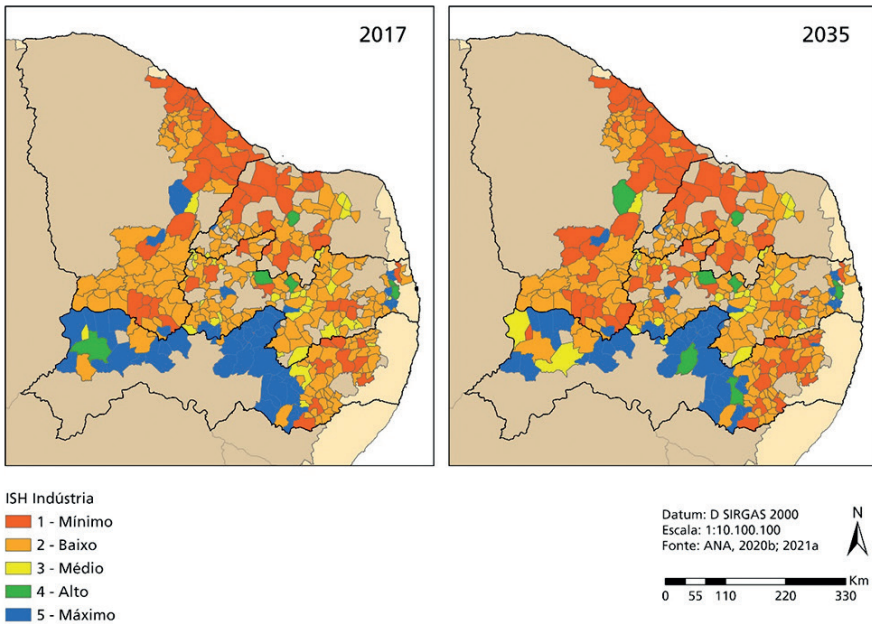
Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
Elaboração dos autores.

Deve-se considerar esses dados com cautela. Como mencionado anteriormente, o ISH constitui um instrumento de avaliação da segurança hídrica de proposição ainda recente e, devido à complexidade inerente ao seu cálculo e ao número de variáveis envolvidas nisso, pode-se dizer que está sujeito a falhas. Alguns componentes do índice consistem em variáveis com variados graus de subjetividade, como é o caso do percentual do valor econômico em risco associado à indústria ora em discussão.

No mapa 10, a seguir, é possível ver a classificação quanto aos graus de segurança hídrica do ISH associado à indústria nos municípios beneficiados pelo PISF. Os municípios da região beneficiada pelo projeto, em sua maioria, apresentam grau *baixo* para o ISH indústria, nos dois cenários avaliados (mapa 10).

De forma geral, os municípios beneficiados pelo PISF apresentam, em média, 75% e 79% do valor econômico em risco associado à indústria, para os cenários de 2017 e 2035, respectivamente. Esse valor está bem acima do percentual médio apresentado para o país, 16% e 18% nos dois cenários (tabela 12).

MAPA 10
ISH associado à indústria nos municípios beneficiados pelo PISF (2017 e 2035)



Fonte: ANA (2020b; 2021a). Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
 Elaboração dos autores.

TABELA 12
Valor econômico em risco e ISH associado à indústria na AI do PISF em seus respectivos estados (2017 e 2035)

Abrangência	Nº de municípios	Cenário 2017		Cenário 2035	
		Valor econômico em risco associado à indústria (média %)	ISH indústria	Valor econômico em risco associado à indústria (média %)	ISH indústria
Paraíba – PISF	143	80	2	84	2
Paraíba	223	86	2	85	2
Pernambuco – PISF	98	58	3	56	3
Pernambuco	185	56	3	56	3
Ceará – PISF	86	88	2	88	2
Ceará	184	83	2	83	2
Rio Grande do Norte – PISF	71	77	2	90	2
Rio Grande do Norte	167	80	2	80	2
Total do PISF	398	75	2	79	2
Brasil	5.570	16	4	18	4

Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
Elaboração dos autores.

Esses dados sugerem que o setor da indústria é fortemente impactado pela escassez hídrica da região. O VAB a preços correntes da indústria na região de influência do PISF foi de R\$ 27 milhões para 2017 e, nas estimativas para 2035, esse valor corresponde a R\$ 57 milhões.¹⁹ O valor em risco para a indústria, em um cenário de escassez hídrica na AI do PISF, corresponde a R\$ 21 bilhões em 2017 e R\$ 48 bilhões em 2035, que representam 79% e 85% do total do VAB do setor industrial na região, respectivamente para os dois cenários.²⁰ O valor em risco associado à indústria é superior ao valor em risco das atividades da pecuária (R\$ 7 bilhões em 2017 e R\$ 11 bilhões em 2035) e da irrigação (R\$ 1 bilhão em 2017 e R\$ 1,6 bilhão em 2035).

Essa elevada insegurança hídrica para a atividade industrial na AI do PISF constitui um entrave significativo para a região, visto que o setor industrial é relevante para o desenvolvimento regional em aspectos diversos. Na AI do PISF, o VAB médio municipal da indústria nos 398 municípios foi igual a 15,62% em 2018, muito superior, por exemplo, ao VAB médio municipal da agricultura, nesse mesmo ano, igual a 4,2%.²¹

19. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.

20. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.

21. Disponível em: <<https://bit.ly/3uy31Nf>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

Essa diferença significativa entre os VABs industrial e agrícola evidencia a importância da indústria para a geração de renda na região. Portanto, o valor da produção industrial em risco associado à insegurança hídrica é preocupante, principalmente em uma região particularmente pobre, como é o caso da AI do PISF. Adicionalmente, o número de empregos gerados pela indústria na região, especialmente pela indústria de transformação, é muito superior ao número de empregos gerados pela agricultura. Apenas nas indústrias de transformação da AI do PISF, mais de 285 mil pessoas estavam empregadas em 2019, número muito superior às 27 mil pessoas empregadas em atividades de agricultura, pecuária, produção florestal e pesca na região em 2019.²²

3.2.1 Contribuições do PISF para a segurança hídrica: dimensão econômica

No contexto da dimensão econômica, um importante setor usuário de água na região beneficiada pelo PISF é a agricultura irrigada. O uso da água para irrigação esbarra em limitações legais (usos prioritários para abastecimento humano e animal), ambientais (solos não aptos para a agricultura irrigada) e econômicas (elevado custo da água transposta, elevado custo de implantação da agricultura irrigada por área etc.).

Sobre as restrições econômicas à agricultura irrigada, convém lembrar que o transporte de água bruta da bacia doadora até as bacias receptoras envolve gastos com a energia elétrica consumida pelas estações elevatórias, fato que justifica a cobrança pelo recurso hídrico transposto (Magalhães, 2019). O projeto da transposição possui, em toda sua extensão, nove estações elevatórias – seis no Eixo Leste e três no Eixo Norte (Vanderlei, 2017), sendo esse número definido pelo relevo. Assim, a demanda energética e, conseqüentemente, os custos serão maiores para os estados beneficiados pelo Eixo Leste (Magalhães, 2019). Esse fato gera conseqüências para a agricultura irrigada na região. A cobrança desses valores dos agricultores que utilizarem as águas da transposição pode inviabilizar a irrigação e reduzir a competitividade dos produtos obtidos na região, caso o valor cobrado pela água seja integralmente repassado para os produtores (Magalhães, 2019; Castro, 2011).

22. Disponível em: <<https://bit.ly/3Keze2x>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

Assim, supõe-se que, sem subsídios ao valor da água transposta destinada para irrigação, o desenvolvimento dessa prática não será factível. A concessão de subsídio no contexto da transposição, tanto para o abastecimento humano quanto para os usos de irrigação e industriais, ainda não foi debatida pelo governo federal. Não se sabe se esse subsídio será repassado em parte pelos estados que receberão as águas transpostas ou rateado entre o ente estadual e os consumidores finais.

De qualquer modo, as questões relacionadas ao subsídio ou “subsídio cruzado”, em que parte do valor a ser cobrado pela água transposta pelo projeto deverá ser pago por outros consumidores, merece uma análise mais profunda para verificar a viabilidade econômica e financeira do uso da água da transposição para a agricultura irrigada.

Outra questão que se apresenta nesse contexto é o papel do Estado na promoção da agricultura irrigada. Sobre isso, Castro (2018) apontou a redução dos investimentos públicos em agricultura irrigada por parte do governo federal como uma limitação a essa prática na área beneficiada pelo PISF. O autor constatou que, no período de 1997 a 2006, houve uma redução orçamentária direcionada ao então Ministério da Integração Nacional, à Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) e ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) em relação a projetos públicos de irrigação (Castro, 2018). Em contraponto, no período entre 2000 e 2006, houve um acréscimo considerável no orçamento dos programas de transferência de gestão, responsáveis por passar a área ocupada pelos projetos públicos de irrigação para produtores privados (Castro, 2018).

No contexto do PISF, a falta de investimento público para a promoção da agricultura irrigada pode ser um problema, visto que os produtores da região beneficiada pela transposição – em sua maioria agricultura familiar – não dispõem de capital financeiro para competir com os projetos privados de irrigação e financiar os custos da água transposta para esse fim, tornando a prática da irrigação inviável (Magalhães, 2019).

Em 2005, a área irrigada nas bacias receptoras do projeto correspondia a 73 mil hectares, com projeções de crescimento para 265 mil hectares em 2025 (ANA, 2005). Atualmente a região beneficiada pelo PISF possui uma área total irrigada de 90 mil hectares (ANA, 2021b). As projeções para 2025 estavam superestimadas, visto o aumento de apenas 17 mil hectares de área irrigada entre 2005 e 2021, e a projeção para 2030 indica uma área total de 113 mil hectares de área irrigada (tabela 13).

TABELA 13
Áreas irrigadas e vazões de retirada da agricultura irrigada na região beneficiada pelo PISF

Região geográfica	Área irrigada 2019 (ha)	Vazão de retirada 2020 ¹ (m ³ /s)	Área irrigada 2030 ¹ (ha)	Vazão de retirada 2030 ¹ (m ³ /s)
Ceará	43.603	23,16	56.432	27,42
Paraíba	20.407	7,12	25.096	11,73
Pernambuco	10.290	7,50	11.036	6,38
Rio Grande do Norte	16.671	5,94	21.249	10,74
Total do PISF	90.971	43,71	113.813	56,26

Fontes: ANA (2019b) e ISH (disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKXX>>; acesso em: 6 maio 2020).

Nota: ¹ Valores estimados.

Atualmente, a demanda de água para a agricultura irrigada corresponde à vazão de retirada de 43,71 m³/s, com projeções de 56,26 m³/s para 2030 (tabela 13). Considerando-se o consumo médio de 0,5 l/s/ha – valor aceito para o consumo anual médio de um hectare de lavoura irrigada, segundo Funarbe (2011) –, a área irrigada atual teria uma demanda de 44 m³/s, e a área irrigada projetada teria a demanda de 56 m³/s para 2030 (tabela 13).

Esses valores atuais e projetados da demanda de água para irrigação ultrapassam a vazão outorgada para o PISF de 26,4 m³/s. No cenário em que Sobradinho não estiver vertendo e que a demanda para atender ao *deficit* do abastecimento prioritário for inferior a 26,4 m³/s, parte da vazão poderá atender aos demais usos de água na região receptora. Nesse cenário, mesmo que toda a água transposta fosse utilizada para o atendimento da agricultura irrigada, a demanda seria apenas parcialmente suprida, pois a vazão firme do PISF possivelmente não será suficiente para atender a toda a demanda desse setor, estimada em 56,26 m³/s para 2030 (26,4 m³/s - 56,26 m³/s = -29,86 m³/s).

No cenário em que Sobradinho estiver com mais de 94% da sua capacidade, e for permitida a vazão máxima de 114 m³/s e instantânea de 127 m³/s, será possível atender à demanda de abastecimento humano urbano (25,08 m³/s), rural (2,72 m³/s) e da irrigação (56,26 m³/s), com um *superavit* de 29,94 m³/s. Assim, apenas considerando o melhor dos cenários, em que a barragem de Sobradinho estiver vertendo, a demanda de água para irrigação poderá ser satisfatoriamente atendida.

Contudo, nesses casos, é preciso considerar o impacto que a falta de previsibilidade com relação à disponibilidade do recurso hídrico pode ter para o setor da irrigação. Essa incerteza quanto ao abastecimento pode trazer insegurança para a produção e prejuízos ao agricultor. A falta de água nos períodos em que não houver vazões suficientes para suprir o *deficit*, por exemplo, pode impactar negativamente a sustentabilidade econômica da propriedade agrícola. Mesmo os agricultores que

dispõem de outras fontes hídricas para irrigação também enfrentarão problemas de fornecimento de água e, portanto, sua produção será reduzida. Nessa situação, não haverá confiança por parte do agricultor para investir em equipamentos e tecnologias para expandir ou mesmo implementar a irrigação.

Ademais, é preciso lembrar que este é um cenário pouco provável. Como apontado por Feijó e Torggler (2007), o nível de água de Sobradinho verte, em média, apenas duas vezes a cada sete anos. Verifica-se então a problemática para atender à demanda de água para irrigação atual e no futuro, nos anos em que Sobradinho não estiver vertendo, considerando as estimativas de demanda de 56 m³/s para 2030, visto que a vazão mínima de 26,4 m³/s será utilizada para consumo humano e dessedentação animal.

De acordo com os dados do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) da ANA, desde 2005, quando foi emitida a outorga do PISF, o nível da água do reservatório de Sobradinho esteve acima de 94% do seu volume útil em apenas quatro momentos: de março a junho de 2005, de abril a junho de 2006, de março a maio de 2007 e de abril a junho de 2009 (Aquino, 2019; SAR/ANA, 2022). Diante desses dados, somados aos impactos iminentes das mudanças climáticas na região semiárida, percebe-se que o cenário de vazão do PISF que conta com o maior volume de Sobradinho acontecerá esporadicamente, se acontecer.

De acordo com o ISH associado à dimensão econômica, atualmente 75% dos municípios se encontram nos piores níveis e, em 2035, esse número subirá para 79% dos municípios da AI do PISF, configurando um cenário de relevante escassez hídrica. Em uma análise geral, os municípios beneficiados pelo PISF apresentam, em média, 84% do valor econômico em risco associado à irrigação, muito acima do percentual apresentado para o país (18% na média). Esse valor em risco para a irrigação, no cenário de escassez hídrica na AI do PISF, representa o montante de R\$ 1 bilhão em 2017 e R\$ 1,6 bilhão em 2035, correspondendo a 84% e 91% dos valores totais da produção.

Nesse contexto, quanto à possível contribuição do PISF para essa atividade, diante dos cenários aqui apresentados, acredita-se que possivelmente a agricultura irrigada será beneficiada de forma indireta, e apenas quando os *deficit* dos usos prioritários forem primeiramente atendidos. Visto que a vazão firme de 26,4 m³/s estará comprometida, em grande parte, com o atendimento do *deficit* da demanda dos usos prioritários, apenas nos casos em que o volume bombeado for superior à vazão firme será possível atender a parte da demanda hídrica da agricultura irrigada nas bacias receptoras do PISF.

Assim, o cenário de insegurança hídrica em relação a esta atividade econômica não apresentará mudanças consideráveis, e parte dos municípios que apresentam altos índices de risco associado à produção agrícola irrigada continuarão a sofrer

com o desabastecimento de água e com os impactos negativos na atividade econômica local desse setor.

Considerando-se que, para atender aos *deficit* da demanda de água estimada para os usos prioritários, incluindo as estimativas de perdas, seria necessária uma vazão de 17,7 m³/s para o cenário de 2020 e de 22,6 m³/s para 2040 (BNDES, 2020), e baseado na vazão firme do PISF de 26,4 m³/s, após o atendimento primário e prioritário, haverá uma vazão alocável para usos não prioritários de 8,7 m³/s em 2020 e 3,8 m³/s no horizonte de 2040 e, conseqüentemente, uma possibilidade de destinar tal vazão para a irrigação.

Portanto, outras alternativas e ações visando contribuir com o aumento da garantia de água para a irrigação deverão ser priorizadas e implementadas. Como sugerido por Aquino (2019), para que o PISF atenda aos usos múltiplos e não apenas ao abastecimento humano e animal, talvez haja a necessidade de se rever essa restrição da outorga associada a Sobradinho, visto que o volume de 94% é muito alto, dadas as condições hidrológicas da região, impossibilitando o bombeamento das vazões necessárias para induzir o desenvolvimento regional. A autora sugere que, caso haja disponibilidade hídrica na bacia doadora, a vazão bombeada pelo PISF poderia ser maior, indicando que o planejamento e implementação da política pública dever ser ampliado para o nível nacional, extrapolando os limites da bacia doadora (Aquino, 2019).

Contudo, há de se olhar para essa sugestão com cautela, visto que a adução de maiores volumes de água da bacia do rio São Francisco para as bacias receptoras do Nordeste setentrional pode ocasionar uma série de impactos sociais, econômicos e ambientais na bacia doadora, sendo necessários modelagens e estudos específicos para avaliar os possíveis cenários.

Diante do exposto, tem-se que o reservatório de Sobradinho é o principal regulador da quantidade de água disponível para o PISF, sendo que seu nível precisa estar nos valores estabelecidos pela Resolução ANA nº 411/2005,²³ a fim de que a vazão disponibilizada para a transposição esteja acima do mínimo e disponível para usos múltiplos.

Segundo a ANA, a oferta hídrica nas bacias receptoras em 2025 foi estimada em 98,3 m³/s, com 100% de garantia, considerando-se apenas disponibilidades hídricas superficiais em açudes com capacidade acima de 10 hm³. À época, também foram estimados os valores de demandas para 2025, que juntos somam 171,40 m³/s (ANA, 2005). Percebe-se um *deficit* de 73,1 m³/s (171,40 m³/s - 98,3 m³/s) para as bacias receptoras, justificando a implementação do PISF. Entretanto,

23. Disponível em: <<https://bit.ly/3GS2b4s>>.

esse *deficit* somado à vazão firme do PISF (73,1 m³/s - 26,4 m³/s) ainda resulta em *deficit* hídrico de 46,7 m³/s.

A irregularidade das chuvas e as frequentes secas dificultam a produção agrícola do semiárido nordestino. Mesmo com o potencial de expansão da agricultura irrigada nessa região – aproximadamente 23 mil hectares (ANA, 2021b) –, o principal obstáculo para a consolidação dessas áreas é a carência de água. A agricultura irrigada tem um importante papel no contexto do semiárido, em relação tanto à segurança alimentar quanto à expansão econômica, questões que estão diretamente associadas ao desenvolvimento regional, objetivo final da implementação do PISF (Adene, 2005). Nesse sentido, a agricultura irrigada precisa ser repensada e projetada em termos de eficiência dos sistemas de irrigação, demanda de água das culturas e limitação das áreas irrigadas.

Portanto, acredita-se que o setor da irrigação será atendido pelo PISF, mesmo que de forma indireta e apenas em alguns períodos, porém há muitas perguntas ainda a serem respondidas no âmbito do atendimento dessa demanda: em quais períodos esse setor poderá ser atendido? Haverá subsídio para o valor da água cobrada para esse uso? Como serão financiados tais subsídios? Qual a proposta do governo para expansão da irrigação nessa região e como se darão os investimentos nos perímetros públicos de irrigação?

Essas e outras questões deverão ser investigadas e respondidas por futuras pesquisas ao longo da operação do PISF, que conta atualmente com a conclusão do Eixo Leste e parte do Eixo Norte, assim como das demais obras complementares. A partir da operação do PISF, será possível compreender melhor a possibilidade de atendimento da demanda da irrigação e a contribuição deste empreendimento para esse setor.

Na dimensão econômica, outro importante usuário de água na região beneficiada pela transposição é o setor industrial. A indústria ocupa lugar de destaque na AI do PISF, expressivamente maior que o setor agrícola, em função tanto do número de empresas na região quanto da participação no PIB. O VAB da indústria (15,6%) na AI do PISF evidencia a importância desse setor para a economia da região, quando comparada ao VAB da agropecuária (4,2%).²⁴

A demanda e a intensidade do uso de água na indústria refletem o tipo de produto a ser produzido e os processos industriais associados, bem como as tecnologias empregadas e as boas práticas de gestão (ANA, 2017). Em 2020, a demanda de água para o setor industrial na AI do PISF era de 5,20 m³/s, e a demanda estimada para 2030 é de 8,35 m³/s, correspondendo a um crescimento de 3,15 m³/s.

24. Disponível em: <<https://bit.ly/3uy31Nf>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

Atualmente, segundo os resultados obtidos por meio do ISH associado à indústria, o valor em risco para a indústria, considerando um cenário de escassez hídrica na AI do PISF, corresponde a 75% do total do VAB do setor industrial na região, ou seja, R\$ 20 milhões em 2017. Esses valores sobem para R\$ 45 milhões em 2035, ou 79% do VAB industrial, o que indica que esse setor sofre com a falta de água, sendo esta um recurso limitante para a expansão da indústria na região da AI do PISF.

As contribuições do PISF para atender a essa demanda se inserem no mesmo cenário das demais atividades econômicas da região, e dependerá de vazões superiores à vazão firme de 26,4 m³/s para que esse setor seja plenamente atendido. Caso contrário, essa demanda será atendida apenas parcialmente, após direcionar água para os setores prioritários e conforme os usos a serem definidos pelos estados receptores. Assim, apenas no cenário em que for permitido o bombeamento da vazão máxima de 114 m³/s esse setor poderá ser plenamente atendido. Conclui-se então que, para o sistema PISF atingir seu objetivo de promover o desenvolvimento regional por meio da segurança hídrica, requer-se o bombeamento superior à vazão firme de 26,4 m³/s, de forma a atender, ao menos em parte, às demandas dos principais setores usuários.

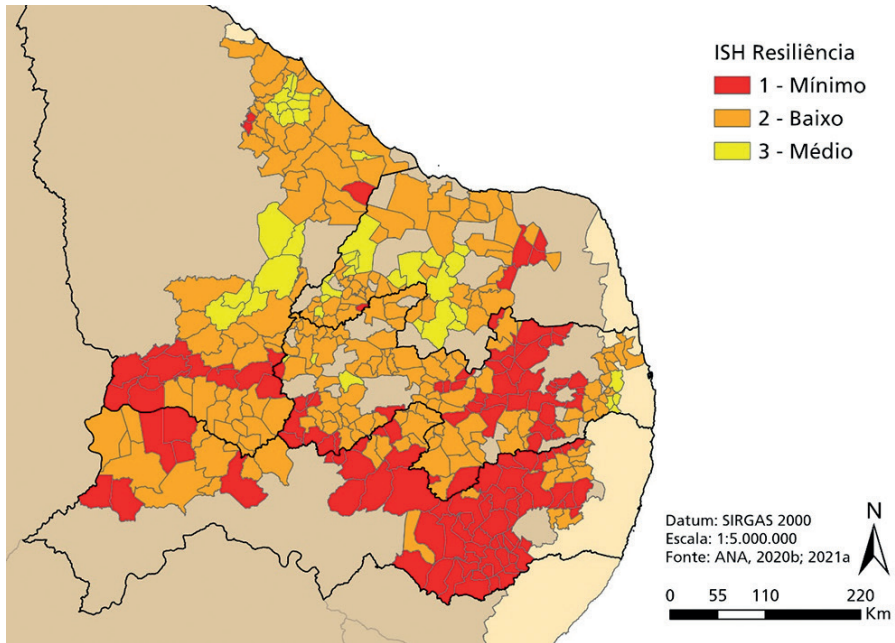
3.3 Diagnóstico da dimensão resiliência

A dimensão resiliência do ISH possibilita identificar as áreas mais críticas e vulneráveis do território. Essa dimensão considera indicadores que retratam as condições artificiais e naturais de disponibilidade hídrica: *reservação artificial, reservação natural, potencial de armazenamento subterrâneo e variabilidade da chuva*.

Na AI do PISF, os resultados para essa dimensão mostram que grande parte do território a ser beneficiado é vulnerável à ocorrência de eventos críticos de secas. A maioria dos municípios (221, 56%) foi classificada no nível *baixo* para a dimensão resiliência. Outros 135 (45%) municípios foram classificados no nível *mínimo* e 42 (10%) foram classificados no nível *médio*. Nenhum município foi classificado nos dois melhores níveis para o índice nessa dimensão (mapa 11; tabela 14).

MAPA 11

Dimensão resiliência do ISH nos municípios beneficiados pelo PISF (2035)



Fonte: ANA (2020b; 2021a). Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
Elaboração dos autores.

TABELA 14

Classificação do ISH, na dimensão resiliência, na AI do PISF por estado (2035)

Classe ISH – dimensão resiliência	Cenário 2035									
	Paraíba		Ceará		Rio Grande do Norte		Pernambuco		PISF	
	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº
Mínimo	34	48	20	17	7	5	66	65	34	135
Baixo	61	88	60	52	68	48	34	33	56	221
Médio	5	7	20	17	25	18	0	0	10	42
Alto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	143	100	86	100	71	100	98	100	398

Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.

Esses dados indicam que a maioria dos municípios a serem beneficiados pelo PISF são suscetíveis à ocorrência de eventos hidrológicos e climatológicos relacionados à seca, portanto possuem baixa resiliência hídrica. Tanto as condições naturais, relacionadas à vazão dos mananciais existentes na região, à variabilidade

pluviométrica e ao potencial de reservação de águas subterrâneas dos aquíferos, quanto a condição artificial, relacionada ao volume potencial de reservação dos reservatórios artificiais existentes, indicam a vulnerabilidade da região (mapa 11).

O estado de Pernambuco apresenta 104 reservatórios, com capacidade total de 2.744,25 hm³, cujo volume total disponível, recentemente, corresponde a 31%, ou seja, 840,90 hm³. O estado da Paraíba conta com 125 reservatórios, com capacidade total de 3.764,59 hm³ e um volume total disponível de 37%, ou seja, 1.400,10 hm³. O estado do Ceará possui 155 reservatórios, com capacidade total de armazenamento de 18.876,63 hm³, cujo volume total disponível atual é de 21%, ou seja, 3.938,86 hm³. O estado do Rio Grande do Norte possui 54 reservatórios, com capacidade total de armazenamento de 4.253,83 hm³ e volume total disponível de 39%, igual a 1.674,33 hm³ (ANA, 2022).²⁵

Nota-se, portanto, que o estado do Ceará apresenta a maior quantidade de reservatórios e a maior capacidade total de armazenamento de água, assim como possui a maior quantidade de reservatórios com capacidade acima de 10 hm³. O principal reservatório desse estado é o Castanhão, localizado no município de Alto Santo, na Bacia do Alto Jaguaribe, cuja capacidade total é de 6.700,00 hm³.

Em Pernambuco, o maior reservatório do estado é o açude Engenheiro Francisco Saboia, mais conhecido como açude Poço da Cruz, de 504,00 hm³, cujo volume disponível atual é de 215,71 hm³, 43% da sua capacidade. O estado de Pernambuco é o que possui a menor capacidade de armazenamento de água em seus mais de cem reservatórios. A demanda atual total de água desse estado corresponde a 13,54 m³/s, e a projetada, a 16,07 m³/s (tabela 15). Pernambuco apresentou os piores valores quanto ao ISH para a dimensão resiliência, com mais de 60% dos seus municípios, no contexto da área de abrangência do PISE, classificados no pior nível (tabela 15).

A Paraíba possui a segunda maior demanda total projetada para 2030 (18,42 m³/s; tabela 15) e a terceira maior capacidade de reservação de água nos estados beneficiados pelo PISE. O Rio Grande do Norte apresenta a segunda maior capacidade de armazenamento de água entre os estados beneficiados e menores demandas atuais e projetadas (tabela 15).

25. Disponível em: <<https://bit.ly/3TArX0c>>. Acesso em: 6 fev. 2022.

TABELA 15

Vazões de retirada totais nos municípios beneficiados pelo PISF, agregadas por estado
(Em m³/s)

Região geográfica	Vazões de retirada totais		
	2010	2020 ¹	2030 ¹
Ceará	43,55	41,99	49,97
Paraíba	13,23	13,02	18,42
Pernambuco	13,54	13,46	16,07
Rio Grande do Norte	9,11	10,30	14,61
Total do PISF	79,42	78,77	99,07

Fonte: ANA (2019b).

Nota: ¹ Valores estimados.

Segundo estimativas feitas pela ANA em 2005, quando da outorga do PISF, a oferta hídrica local era de 47,15 m³/s para o Ceará; 32,62 m³/s para o Rio Grande do Norte; 6,84 m³/s para Pernambuco; e 5,72 m³/s para a Paraíba, resultando em uma disponibilidade hídrica bruta de 92,3 m³/s. Descontadas as taxas de perda de gestão de 15% para os açudes finais de cada bacia e de perda de 12% da condução da água dos açudes até os centros de demanda, ter-se-ia a oferta líquida de 74 m³/s. Tais valores de oferta hídrica local nos estados não atendem às demandas para os cenários de 2030, com exceção do Rio Grande do Norte (tabela 15).

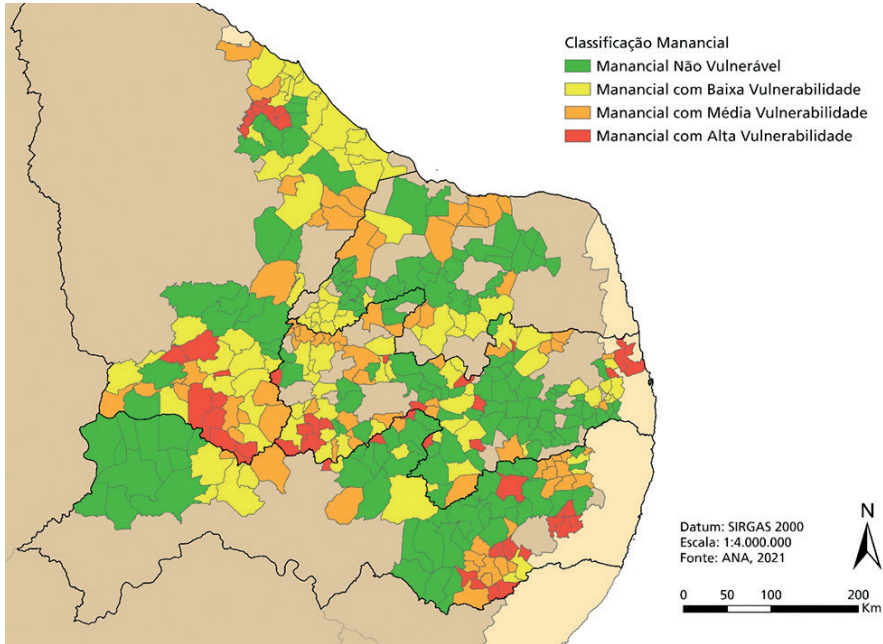
O *Atlas Água* avaliou os mananciais e sistemas produtores dos municípios brasileiros, de forma a realizar um diagnóstico da sua situação. A avaliação da vulnerabilidade dos mananciais considerou os eventos hidrológicos críticos, além do balanço hídrico e das características de cada sistema produtor (ANA, 2021a). No mapa 12, é possível visualizar a classificação quanto à vulnerabilidade dos mananciais de abastecimento nos municípios beneficiados pelo PISF.

Em relação à classificação dos mananciais de abastecimento, a maioria dos municípios beneficiados pelo PISF (165) foi classificada como *não vulnerável*, outros tantos municípios (101) foram classificados com *baixa vulnerabilidade*. Contudo, muitos municípios (132) apresentam *alta e média vulnerabilidade* e necessitam de ampliação do sistema produtor de água para garantir a segurança hídrica (mapa 12).

Esses dados refletem as vulnerabilidades tanto da produção quanto da distribuição de água nos municípios e indicam a necessidade de se adotarem medidas estruturais e de gestão para aumentar a segurança hídrica e a resiliência dessa região.

MAPA 12

Qualificação do abastecimento hídrico urbano municipal na AI do PISF



Fonte: ANA (2021a).
Elaboração dos autores.

3.3.1 Contribuições do PISF para a segurança hídrica: dimensão resiliência

No estado de Pernambuco, a oferta de água provém de mananciais estratégicos, sendo o rio São Francisco a principal fonte para atendimento das demandas das cidades localizadas na região semiárida, abastecendo os municípios ribeirinhos, assim como várias sedes municipais por meio de sistemas adutores integrados.

Na avaliação dos mananciais e sistemas produtores realizada no *Atlas Água*, para os municípios beneficiados pelo PISF em Pernambuco, aponta-se que 53% destes apresentam mananciais, em algum nível, vulneráveis: 18 com alta vulnerabilidade, 23 com média vulnerabilidade e 11 com baixa vulnerabilidade, abrangendo 52 municípios e população urbana de mais de 1 milhão de habitantes. Isso indica que tais sistemas de produção de água necessitam de ampliações ou adequações. Outros 46 municípios (47% do total) apresentam manancial não vulnerável e sistema produtor satisfatório.

O estado de Pernambuco apresentou os piores índices de segurança hídrica na dimensão resiliência. O estado também não possui grande capacidade de reserva artificial de água nos seus 104 reservatórios, cuja oferta hídrica não é suficiente para atender à demanda de água projetada para os próximos anos de forma satisfatória.

O território do estado de Pernambuco será cortado transversalmente pelos dois grandes eixos do PISF (norte e leste), a partir dos quais uma rede de adutoras e canais garantirá o abastecimento das regiões do agreste e do sertão. Assim, o projeto da transposição trará benefícios importantes para os 98 municípios de Pernambuco e a uma população de 2,8 milhões de habitantes, por meio do aumento da garantia da segurança hídrica proporcionada pelos principais reservatórios – Entremontes e Poço da Cruz – e o atendimento das demandas das bacias do Pajeú, Moxotó, Terra Nova e Brígida.

O estado do Ceará conta com treze sistemas integrados de produção de água, que atendem a 37 municípios e abastecem 4,1 milhões de habitantes, entre os quais se destacam: Gavião, Acarape do Meio-Gavião e Pacajus-Horizonte-Chorozinho, que abastecem 11 municípios da região metropolitana de Fortaleza e atendem 3,7 milhões de habitantes. Os demais municípios do estado dependem de sistemas exclusivamente isolados para assegurar o abastecimento de seus habitantes.

A avaliação dos mananciais e sistemas produtores indica que 78% dos municípios beneficiados pelo PISF no Ceará apresentam mananciais vulneráveis, em diferentes níveis, sendo 20% com alta vulnerabilidade, 21% com média vulnerabilidade e 37% com baixa vulnerabilidade. Cerca de 4,8 milhões de habitantes se encontram nessas regiões, com destaque para: Fortaleza, com 2 milhões de habitantes; Caucaia, com 300 mil habitantes; e Juazeiro do Norte, com 260 mil habitantes. Em contrapartida, 19 municípios (22% do total) apresentam mananciais não vulneráveis, correspondendo a 400 mil habitantes.

O Ceará apresentou 80% dos seus municípios, na AI do PISF, classificados nos índices *mínimo* e *baixo* quanto à resiliência e outros 20% no grau *médio*. A capacidade de reserva artificial e a disponibilidade hídrica do Ceará são as maiores entre os estados beneficiados pela transposição, porém, em boa parte do ano, os volumes dos reservatórios ficam muito baixos, impossibilitando o atendimento das demandas do estado.

Nesse contexto, o PISF trará como benefício para o Ceará o aumento da oferta hídrica, proporcionado pela melhor distribuição do recurso e alívio dos principais reservatórios do estado (Castanhão, Orós e Banabuiú), fornecendo água para os usos múltiplos das bacias do Jaguaribe e Metropolitanas, beneficiando 5 milhões de habitantes em 86 municípios e, conseqüentemente, aumentando a segurança hídrica e a resiliência.

Na Paraíba, predominam sistemas com mananciais exclusivamente superficiais para abastecimento da população urbana, com apenas alguns municípios abastecidos exclusivamente por mananciais. Entre os principais rios que abastecem o estado e compõem os sistemas integrados, destacam-se os rios Paraíba e Piranhas (ANA, 2021a).

A avaliação dos mananciais e sistemas produtores de água do estado da Paraíba, no âmbito do PISF, indica que 57% dos municípios apresentam mananciais vulneráveis em diferentes níveis, sendo 16 municípios com alta vulnerabilidade, 29 com média vulnerabilidade e 37 com baixa vulnerabilidade, correspondendo a 700 mil habitantes nessas regiões. Em contrapartida, 61 municípios (43% do total) apresentam mananciais não vulneráveis com sistemas produtores de água satisfatórios.

No estado da Paraíba, o índice de segurança hídrica mostrou que 95% dos municípios beneficiados apresentam nível *mínimo* ou *baixo* de resiliência. A demanda projetada é a segunda maior entre os estados beneficiados, contrapondo-se com a disponibilidade hídrica, que é a menor. Isso significa que grande parte da AI do PISF na Paraíba, que compreende uma população de mais de 1 milhão de habitantes, está suscetível à escassez hídrica e apresenta uma baixa resiliência para enfrentar essa situação.

Na Paraíba, o PISF vai contribuir com o aumento da oferta hídrica para 143 municípios e 2 milhões de pessoas, proporcionado pela perenização dos trechos dos rios Paraíba e Piranhas e dos principais reservatórios do estado (Epitácio Pessoa, Acauã, Engenheiro Ávidos, Coremas e Mãe d'Água), responsáveis pelo suprimento de água para os diversos usos da população das bacias do Paraíba e Piranhas.

A oferta de água no Rio Grande do Norte provém de mananciais estratégicos, com destaque para a bacia do rio Piranhas-Açu e a barragem Armando Ribeiro Gonçalves (maior reservatório do estado), que abastece grandes sistemas adutores – Médio Oeste, Serra de Santana, Sertão Central Cabugi e Jerônimo Rosado. Outro importante sistema é a adutora Alto Oeste, subdividida nos sistemas Santa Cruz e Pau dos Ferros, cujos mananciais são os açudes homônimos, que juntos atendem a 28 municípios (ANA, 2021a).

A avaliação dos mananciais e sistemas produtores no Rio Grande do Norte, para os municípios beneficiados pelo PISF, aponta que 46% dos municípios apresentam mananciais vulneráveis em diferentes níveis: 11 com média vulnerabilidade e 24 com baixa vulnerabilidade, abrangendo uma população de 375 mil habitantes. Outros 39 municípios (54% do total), o que corresponde a 450 mil habitantes, apresentam mananciais não vulneráveis, com 15 municípios cujo sistema produtor está satisfatório e 24 que estão com necessidade de ampliações ou adequações nas unidades do sistema de produção de água.

A maioria dos municípios abastecidos por mananciais não vulneráveis é suprida por captações nas barragens Santa Cruz e Armando Ribeiro Gonçalves, esta última localizada na bacia do rio Piranhas-Açu, receptora das águas do PISF.

Quanto à resiliência do Rio Grande do Norte, o ISH para essa dimensão mostrou que 75% dos municípios se encontram no nível mínimo ou baixo, e outros 25% dos municípios estão no nível médio de resiliência. A capacidade de reservação de água no Rio Grande do Norte é a segunda maior entre os estados beneficiados, e a disponibilidade hídrica também acompanha essa classificação. Por sua vez, as demandas projetadas para o estado potiguar ficam em último lugar, quando comparadas às dos outros estados que receberão as águas da transposição. Nesse cenário, o estado do Rio Grande do Norte parece ser o mais resiliente e menos vulnerável à ocorrência de eventos de escassez hídrica.

Os benefícios do PISF para o estado potiguar se darão por meio da perenização dos rios Apodi e Piranhas-Açu, situados a montante dos açudes Santa Cruz e Armando Ribeiro Gonçalves, em associação com uma rede de adutoras, estabelecendo uma fonte hídrica segura para o abastecimento de água para os usos múltiplos das bacias do Apodi, Piranhas-Açu, Ceará-Mirim e Faixa Litorânea Norte. Dessa forma, o aumento da garantia da oferta hídrica proporcionada pelos dois maiores reservatórios estaduais garantirá o aumento da segurança hídrica e a resiliência para os municípios beneficiados nesse estado.

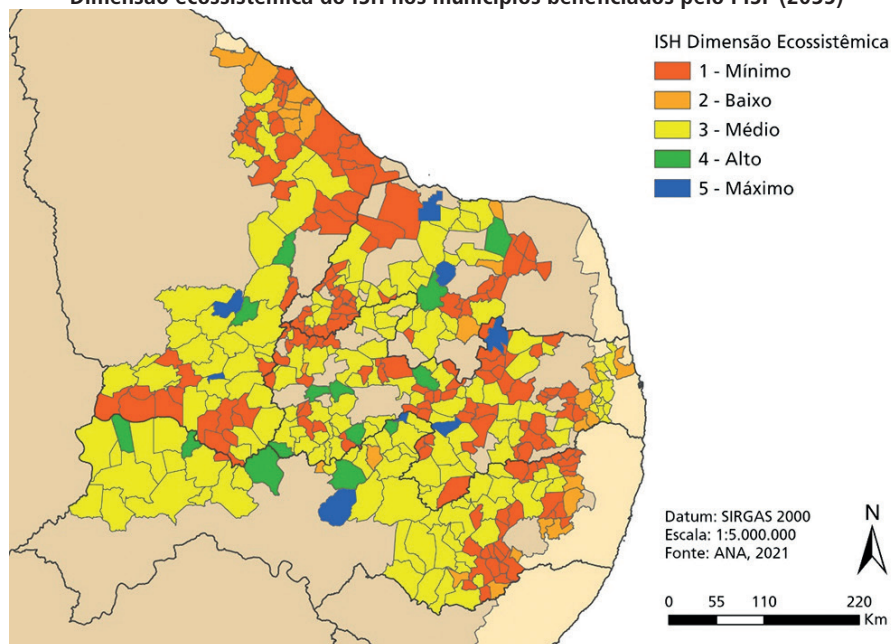
3.4 Diagnóstico da dimensão ecossistêmica

A dimensão ecossistêmica do ISH contempla três indicadores para mensurar condições minimamente saudáveis para o meio ambiente, do ponto de vista da segurança hídrica: i) quantidade adequada de água para usos naturais; ii) qualidade adequada de água para usos naturais; e iii) segurança de barragens de rejeito de mineração.

Na AI do PISF, a situação em relação às condições ambientais mostra muitos municípios em situação preocupante, e os resultados para essa dimensão mostram que grande parte do território a ser beneficiado apresenta condições ambientais precárias. Muitos municípios foram classificados nos níveis *mínimo* e *médio* para a dimensão ecossistêmica, somando 175 municípios, 44% do total. Outros 26 municípios, 7% do total, foram classificados no nível *baixo*, o segundo pior nível do índice. Apenas 14 municípios foram classificados no nível *alto*, e outros 8, no nível *máximo*, os dois melhores níveis para o índice nessa dimensão, somando 6% dos municípios (mapa 13; tabela 16).

MAPA 13

Dimensão ecossistêmica do ISH nos municípios beneficiados pelo PISF (2035)



Fonte: ANA (2021). Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020. Elaboração dos autores.

Conforme o mapa 13, predominam no cenário de 2035 áreas com menor segurança hídrica nessa dimensão em toda a AI do PISF. O clima semiárido, caracterizado por disponibilidade hídrica nula em boa parte do tempo, com cursos d’água intermitentes e grande variabilidade pluviométrica inter e intra-anual, reflete nos indicadores da dimensão ecossistêmica, em particular na quantidade e qualidade da água.

TABELA 16

Classificação do ISH, na dimensão ecossistêmica, na AI do PISF por estado (2035)

Classe ISH – dimensão ecossistêmica	Cenário 2035									
	Paraíba		Ceará		Rio Grande do Norte		Pernambuco		PISF	
	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº
Mínimo	44	63	51	44	51	36	33	32	44	175
Baixo	4	6	9	8	4	3	9	9	7	26
Médio	47	67	35	30	39	28	51	50	44	175
Alto	3	5	2	2	3	2	5	5	4	14
Máximo	1	2	2	2	3	2	2	2	2	8
Total	100	143	100	86	100	71	100	98	100	398

Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.

O indicador *quantidade de água adequada para usos naturais* mensura a quantidade mínima de vazão necessária para usos naturais associados a um determinado trecho de rio. Para seu cálculo, foi adotado o percentual remanescente da vazão natural com permanência de 95% no trecho (Q95%), após as retiradas de água para usos consuntivos (ANA, 2020).

De acordo com a metodologia do ISH, os trechos de rio que naturalmente possuem regime intermitente (nos quais a Q95% é zero) e não contam com aporte de água de reservatórios não foram classificados, apresentando para esse indicador grau nulo (ANA, 2020). Dessa forma, os trechos de rio com disponibilidade hídrica nula não foram considerados nesse indicador, apresentando classe de segurança nula, de forma que o indicador não participa do cálculo da dimensão ecossistêmica (ANA, 2020). Os valores percentuais de vazão Q95% remanescente foram classificados em graus de segurança hídrica conforme legenda do mapa 14.

É preciso considerar que esses valores foram calculados na escala das ottobacias, ou seja, correspondem ao valor dos trechos de rios, conforme metodologia do ISH, e, portanto, não retratam a situação municipal como um todo. Aqui, tais valores foram extrapolados para a escala do município, buscando retratar a situação da AI do PISF.

Ao analisar o indicador de quantidade de água para usos naturais na AI do PISF, verifica-se que 47% dos municípios são classificados no grau *máximo* de segurança hídrica, representando vazão remanescente maior que 50% (mapa 14). No entanto, outra parcela igualmente significativa, 46% dos municípios, apresenta vazão remanescente nula, após as retiradas de água para usos consuntivos, indicando que, nestas localidades, não há quantidade alguma de água disponível para os usos naturais (mapa 14).

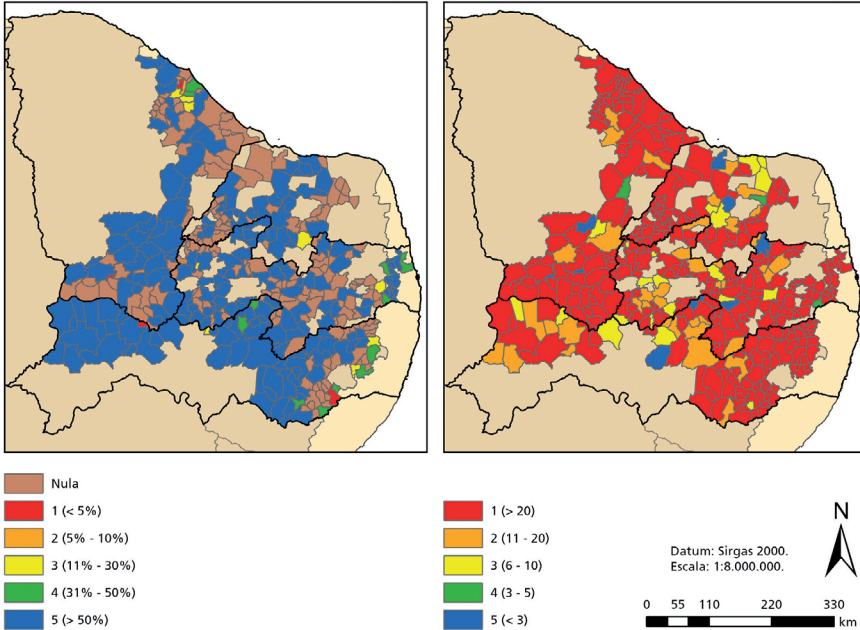
Assim, os resultados referentes a esse indicador mostram que praticamente metade da AI do PISF possui vazão remanescente igual ou superior a 50%, apresentando quantidade de água disponível adequada para manutenção dos ecossistemas, de acordo com o grau de segurança hídrica adotado, enquanto a outra metade possui vazão remanescente nula, sem água disponível para a manutenção da função dos ecossistemas.

MAPA 14

Grau de segurança hídrica quanto à quantidade e qualidade de água adequada para usos naturais nos municípios beneficiados pelo PISF (2035)

14A – Classificação de segurança em relação ao percentual de vazão remanescente na AI do PISF

14B – Classificação de segurança em relação à qualidade da água na AI do PISF



Fonte: ANA. Disponível em: <<https://bit.ly/3TlrKYX>>. Acesso em: 6 maio 2020.
Elaboração dos autores.

A vazão remanescente é a vazão definida pela outorga dos recursos hídricos e deve atender às condições de jusante que são os potenciais usuários, entre os quais o meio ambiente. Também denominada de vazão ecológica ou ambiental, a vazão remanescente é a quantidade mínima de água que deve permanecer nos rios e mananciais para a manutenção das funções ecológicas dos ecossistemas aquáticos, sendo que, quanto maior for esta vazão, mais rigorosa será a gestão ou a outorga dos recursos hídricos (Cruz, 2005; Medeiros, Souza e Ribeiro, 2011).

No Brasil, a outorga de direito de uso de recursos hídricos considera a vazão ecológica, baseada em dados de séries históricas de vazão, obtidos por indicadores hidrológicos (Medeiros, Souza e Ribeiro, 2011). Tais indicadores não possuem base ecológica e não consideram as limitações hídricas nos regimes de vazões naturais, como a escala espaço-temporal, a variabilidade hidrológica, a especificidade dos ecossistemas e a dinâmica natural da ictiofauna (Longhi e Formiga, 2011).

Conforme recomendado pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a vazão remanescente deve atender às demandas sanitária, ecológica, abastecimento humano e industrial, dessedentação de animais, irrigação, geração de energia elétrica, navegação, lazer, entre outras (Longhi e Formiga, 2011). Como não existe uma definição e indicação clara de como essa vazão deve ser calculada, cada estado brasileiro estabelece critérios de outorga e direito de uso da água e possui um método para a definição da vazão ecológica (Longhi e Formiga, 2011; Vestena *et al.*, 2012).

Uma das características da região semiárida são os rios intermitentes, que, durante o período das chuvas, apresentam água em seu leito e, no período de estiagem, desaparecem temporariamente; e os ecossistemas desse bioma, a Caatinga, estão adaptados a essa condição. Como ressaltado por Luz *et al.* (2007), o conceito de vazão ecológica, na teoria e na prática, não é adequado às características particulares do fluxo de água dos rios intermitentes.

Assim, tais resultados obtidos a partir da dimensão ecossistêmica do ISH, relacionados à vazão ecológica da região de influência do PISF, são limitados e devem ser vistos com cuidado, considerando a realidade local. Outra questão que deve ser ponderada é que, no cálculo da vazão remanescente da dimensão ecossistêmica do ISH, foi utilizado um único parâmetro (Q95%) para todo o território brasileiro, sem considerar os diferentes critérios de outorga de direito de uso da água e métodos para a definição da vazão ecológica que cada estado brasileiro estabelece.

Os rios intermitentes da região semiárida, mesmo sendo temporários, são fundamentais para o abastecimento e recarga de reservatórios, como os solos, aquíferos, brejos, lagoas, entre outros, e para a manutenção dos ecossistemas (Luz *et al.*, 2007).

Assim, a hidrologia do semiárido deve ser vista com atenção em relação à necessidade dos ecossistemas, a fim de manter um ambiente ecologicamente equilibrado e saudável. A determinação da vazão ecológica pela utilização de diferentes métodos e critérios pode ser mais adequada para o contexto dessa região: fornecendo informações mais precisas para orientar a outorga de uso de água, possibilita a alocação e o uso racional do recurso hídrico (Vestena *et al.*, 2012).

O indicador *qualidade de água adequada para usos naturais* considera o atendimento à qualidade da água em cada trecho de rio, em função da concentração de DBO_{5,20},²⁶ conforme estimado no *Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas*²⁷ (ANA, 2020). A classificação da concentração de DBO em níveis

26. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água por meio da decomposição microbiana aeróbia. A DBO_{5,20} é a quantidade de oxigênio consumido durante cinco dias em uma temperatura de 20 °C.

27. Disponível em: <<https://bit.ly/3kauYsc>>.

de segurança hídrica utilizada na metodologia do ISH foi baseada nas concentrações limites das quatro classes de enquadramento estabelecidas na Resolução Conama nº 357/2005.²⁸ Adicionalmente, foi incorporada uma classe mais crítica para as concentrações acima de 20 mg/l de DBO (ANA, 2020). Os limites de concentração de DBO_{5,20} (mg/l) foram classificados em níveis de segurança hídrica conforme constam na legenda do mapa 14.

Considerando que, quanto menor a DBO, mais favorável é o equilíbrio natural do ecossistema, a região de influência da transposição apresenta condição ambiental crítica. Na AI do PISF, 323 municípios, 81% do total, apresentaram o pior nível de qualidade de água, com concentração de DBO_{5,20} acima de 20 mg/l, sendo classificados no nível *mínimo*, nível mais crítico de segurança hídrica associada (mapa 14). Esses dados refletem o saneamento básico – considerando o abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto – inadequado nessa região. Os estados da AI do PISF oferecem serviços de coleta de esgoto a menos da metade da sua população.²⁹ Nos municípios beneficiados pelo projeto, o percentual de pessoas com esgoto sanitário e abastecimento de água inadequados representa 19% da população, em média.³⁰

Segundo dados apresentados no relatório do Tribunal de Contas da União (TCU), que avaliou a gestão do projeto em relação ao saneamento básico, dos 86 municípios localizados na área de influência direta (AID) do PISF, 92% apresentam serviços de coleta e tratamento de esgotos abaixo de 50% (TCU, 2015). O relatório conclui que existe um alto risco de poluição das águas que serão transpostas, dificultando e tornando mais oneroso o abastecimento humano, assim como gerando impacto direto na conservação e manutenção dos ecossistemas fluviais e na saúde da população (TCU, 2015).

Dados publicados no *Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas*³¹ apontam que o semiárido apresenta uma situação problemática em relação à diluição do esgoto lançado, visto que a vazão dos corpos hídricos da região durante longos períodos é inexistente. Em função da escassez de água nessa região, outras soluções podem ser necessárias para diluição de efluentes, como o reuso de efluente sanitário, como citado no *Atlas Esgotos*. Esses dados corroboram e complementam os resultados encontrados na dimensão ecossistêmica, que apontam para a baixa qualidade das águas dessa região e contribuem para criticidade ambiental desse território.

28. Disponível em: <<https://bit.ly/3URAZ9B>>.

29. Painel do setor saneamento. Disponível em: <<https://bit.ly/3iygGAT>>. Acesso em: 5 out. 2021.

30. Disponível em: <<https://bit.ly/3hMgfCz>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

31. Disponível em: <<https://bit.ly/3kauYsc>>.

3.4.1 Contribuições do PISF para a segurança hídrica: dimensão ecossistêmica

O PISF tem como principal objetivo elevar a segurança hídrica do Nordeste setentrional e, assim, favorecer o desenvolvimento regional. Este, por sua vez, está baseado no desenvolvimento sustentável, que se apoia nos pilares sociais, econômicos e ambientais. É fato que a transposição vai proporcionar maiores vazões de água para as bacias receptoras, melhorando o abastecimento humano e de algumas atividades econômicas, mas o quanto vai impactar na qualidade ambiental da região é algo incerto.

Dado que o PISF vai aumentar a quantidade de água disponível nessa região, permeando rios intermitentes, possivelmente haverá um aumento das vazões desses rios, que poderão ter maiores quantidades de água disponível para os usos ambientais: manutenção dos sistemas ecológicos e serviços ecossistêmicos. Nas regiões onde a vazão remanescente dos rios é nula, o PISF pode contribuir para o aumento dessas vazões, a depender dos usos que serão outorgados. Nesse sentido, é importante que o instrumento da outorga de direito do uso da água nos estados receptores considere o uso ambiental e garanta a vazão ecológica adequada para a manutenção de seus ecossistemas.

Diante disso, o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos na região beneficiada pelo PISF serão fundamentais para garantir uma quantidade mínima de vazão ecológica para a conservação dos ecossistemas fluviais e para a mitigação dos impactos ambientais. É importante que as operadoras estaduais do PISF, em conjunto com os órgãos ambientais e demais órgãos gestores, estabeleçam critérios adequados para definição da vazão ecológica, identificando a disponibilidade hídrica real dos mananciais que serão permeados pelas águas advindas do PISF, para que se estabeleçam os valores máximos de retirada de volumes de água de um corpo hídrico. Assim, com a definição da vazão ecológica desses corpos hídricos, será possível assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água.

Para isso, recomenda-se que outros critérios e metodologias sejam considerados para definição da vazão ecológica: além dos usuais dados de séries históricas de vazão, também dados ecológicos que considerem a especificidade dos ecossistemas, de forma a recuperar e conservar os ecossistemas aquáticos desse território que guarda tantas particularidades e tanto sofre com a escassez hídrica.

As águas existentes nos canais e barragens do PISF não são passíveis de outorga pela ANA ou pelos estados, pois não se trata de corpo hídrico de domínio da União ou dos estados, mas, sim, de uma infraestrutura que já possui outorga para captação de águas do rio São Francisco, conforme Resolução ANA nº 411/2005.³² As condições gerais de prestação do serviço de adução de água bruta do PISF

32. Disponível em: <<https://bit.ly/3GS2b4s>>.

foram definidas pela Resolução ANA nº 2.333/2017, que estabelece que a operadora federal fará a operação do sistema e manutenção da infraestrutura, captando e entregando as águas às operadoras estaduais dos quatro estados beneficiados. De acordo com esta resolução, cada operadora estadual propõe à operadora federal os volumes e pontos de entrega das águas, definindo anualmente as vazões a serem alocadas aos usuários.

Assim, na gestão dos recursos hídricos do PISF, deve-se considerar que o meio ambiente é um importante usuário e que a vazão remanescente precisa atender às funções ambientais. No entanto, na AI do PISF, tal questão vai depender das necessidades dos demais usuários dos recursos hídricos e das prioridades a serem definidas dentro da negociação de alocação dos volumes de água nos estados beneficiados.

O Sistema de Gestão do PISF (SGIB), instituído pelos decretos nºs 5.995/2006 e 8.207/2014, tem como objetivo, além de promover a sustentabilidade da operação de infraestrutura hídrica, garantir a gestão integrada, descentralizada e sustentável dos recursos hídricos; viabilizar a melhoria das condições de abastecimento de água na área de influência do PISF; e induzir o uso eficiente dos recursos hídricos, visando ao desenvolvimento sustentável da região beneficiada. A questão relacionada à qualidade da água na AI do PISF está diretamente ligada a tais objetivos. Os resultados apresentados nesta avaliação mostram uma situação extrema quanto à poluição dos mananciais da região de influência do projeto, o que indica a inadequação e o despreparo desses municípios que serão beneficiados quanto aos serviços de saneamento.

Essa gigantesca e dispendiosa obra de infraestrutura hídrica levará água para rios não revitalizados, que recebem esgoto sem nenhum tipo de tratamento em diversos pontos, evidenciando uma situação preocupante em relação à gestão e conservação das águas dos canais da transposição e dos mananciais receptores (Silva *et al.*, 2020).

Para que tal realidade seja revertida, é fundamental um maior investimento em políticas públicas de saneamento e saúde, em obras de tratamento de água e esgoto, e que as medidas mitigadoras dos impactos ocasionados pelo PISF, em particular as que são relacionadas à temática do saneamento básico, sejam de fato implementadas. A obra da transposição previu diversas medidas voltadas ao tratamento de resíduos sólidos e saneamento básico, como contrapartida aos impactos gerados pelo projeto nas cidades beneficiadas pela integração das bacias (Silva *et al.*, 2020). O Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) também previu medidas mitigadoras dos impactos socioambientais provenientes das obras da transposição por meio dos programas ambientais que abrangem projetos de saúde e saneamento nos municípios localizados na AI do projeto.

Mesmo com a captação de água pelos diversos usuários na AI do PISF, deve-se garantir uma quantidade mínima de água nos corpos hídricos, vital para a manutenção dos ecossistemas fluviais, tanto em termos ecológicos quanto sanitários. Assim, além da vazão ecológica, deve-se também garantir a vazão sanitária adequada para a diluição dos efluentes nessa região. A presente escassez hídrica, além das variabilidades temporal e espacial da água, somadas à crescente demanda e poluição hídrica, vêm agravando as condições dos mananciais no semiárido. Os aspectos qualitativos e quantitativos da água são essenciais à manutenção do equilíbrio ambiental dos sistemas fluviais e também imprescindíveis para garantir o propósito principal do PISF, que é o abastecimento humano. Dessa forma, é imperativo fortalecer a integração da gestão dos recursos hídricos com o saneamento, buscando melhoria nas condições sanitárias e ecológicas da região de influência do PISF e, como consequência, na qualidade de vida dessa população.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo investigar a segurança hídrica da região de influência do PISF e apontar as possíveis contribuições para a melhoria da oferta hídrica dos municípios beneficiados.

Verificou-se que a segurança hídrica na região beneficiada é baixa, nas diversas dimensões aqui investigadas. A avaliação da dimensão humana mostrou que a cobertura da rede de abastecimento é inadequada, principalmente nos municípios do Ceará, e a garantia de água para abastecimento urbano apontou que muitos municípios apresentam risco de escassez hídrica, abrangendo uma população urbana total de 4 milhões de pessoas. Os resultados das análises da dimensão humana indicam a pressão nos mananciais e sistemas de abastecimento na AI do PISF.

A análise da dimensão econômica mostrou que diversos municípios, em particular no estado do Ceará, possuem baixos índices de segurança hídrica no que se refere ao abastecimento das atividades da agricultura, pecuária e indústria. A falta de água para a agricultura irrigada indica um risco de 92% do valor econômico da sua produção. O setor da indústria, que tem uma participação maior na economia local, apresentou 85% do valor da sua produção em risco em um cenário de escassez hídrica. Esses resultados mostram que tais atividades, fundamentais para o desenvolvimento regional da área de influência do PISF, são diretamente impactadas pelo cenário de insegurança hídrica da região.

Para a dimensão da resiliência, verificou-se que a maioria dos municípios, sobretudo no estado de Pernambuco, estão suscetíveis às situações de escassez hídrica e, portanto, possuem baixa segurança hídrica. Muitos mananciais de abastecimento da AI do PISF apresentam algum nível de vulnerabilidade, tanto em relação à produção quanto à distribuição de água nos municípios. As condições naturais e

artificiais de reservação de água indicam a fragilidade hídrica regional e apontam a necessidade de se adotarem medidas estruturais e de gestão para aumentar a resiliência hídrica dessa região.

Na análise da dimensão ecossistêmica, foi evidenciada a disponibilidade hídrica nula nos corpos d'água de quase metade dos municípios beneficiados pelo PISF, 46% do total, indicando o comprometimento da manutenção dos ecossistemas pelo *deficit* de água. Em relação à qualidade de água da região, os resultados mostram um cenário ainda pior. Na AI do PISF, 81% dos municípios apresentaram o pior nível de qualidade de água, sendo classificados no nível mais crítico de segurança hídrica associada a esse indicador.

A partir dessa investigação, foi possível identificar as áreas mais críticas e as dimensões que necessitam de maior atenção na busca da garantia de abastecimento de água para as populações e atividades econômicas. Nesse contexto, conclui-se que o PISF se apresenta como um projeto importante e necessário para ampliar a oferta hídrica da região e aumentar a segurança hídrica dessas populações.

O PISF irá trazer benefícios para a região, sobretudo para o abastecimento humano urbano, ao ampliar a oferta de água para a população habitante de municípios que, frequentemente, enfrentam situações de escassez hídrica, e ao aliviar a pressão sobre os principais reservatórios. Para as atividades econômicas, o PISF pode contribuir de forma indireta, fornecendo água para o uso desses setores apenas em períodos em que a oferta de água para o uso prioritário estiver garantida. Ressalta-se que a perspectiva de o PISF contribuir com o atendimento da demanda hídrica dos setores agrícola e industrial é dependente de uma série de condições e, por esse motivo, não é muito evidente.

Esse trabalho traz contribuições à investigação da temática da segurança hídrica, ampliando as discussões sobre o seu conceito e avaliação. O uso do ISH como ferramenta de avaliação se mostrou adequado para retratar a situação da região beneficiada por meio dos indicadores que o compõem. Contudo, é preciso apontar que essa metodologia apresenta limitações, visto que foi construída para um contexto que abrange as características geográficas, hidrológicas, climáticas, ambientais e sociais do Brasil como um todo, não sendo desenvolvido para captar as especificidades da região semiárida.

Além dessas particularidades, é preciso lembrar que a gestão da água no Nordeste segue outra lógica, diferente do restante do país, de rios intermitentes e reservatórios construídos para fornecer água em períodos de escassez. Ainda é importante ressaltar que o ISH não contempla a avaliação da população rural, tão importante no contexto investigado, sendo essa uma limitação que foi superada por meio da análise de outros indicadores que retrataram essa parcela da população. Por fim, o ISH, em seus dois cenários, não inclui o aumento da oferta hídrica a

partir da implementação das infraestruturas, não permitindo a avaliação do efeito destas para a segurança hídrica. Assim, sugere-se o aprimoramento do ISH para que seja possível captar as especificidades da região investigada e que outras pesquisas sejam conduzidas para avaliar, de forma quantitativa, as contribuições do PISF na segurança hídrica da região beneficiada.

REFERÊNCIAS

ADENE – AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (PDSA)**. Brasília: SDR, 2005. 137 p. Disponível em: <<https://bit.ly/3TBRuG9>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Análise do pedido de outorga de direito de uso de recursos hídricos para o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. Brasília: ANA, 19 set. 2005. (Nota Técnica nº 390/2005/SOC). 59 p.

_____. **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 1. ed. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3UYN51h>>. Acesso em: 9 out. 2021.

_____. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília: ANA, 2019a. 112 p. Disponível em: <<https://bit.ly/3PqoEZ9>>.

_____. **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019b. 75 p. Disponível em: <<https://bit.ly/3V46ZIm>>. Acesso em: 9 out. 2021.

_____. **Índice de Segurança Hídrica (ISH): manual metodológico – versão 1.0**. Brasília: ANA, 2020. 42 p.

_____. **Atlas Águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília: ANA, 2021a. 332 p. Disponível em: <<https://bit.ly/3X4FjER>>. Acesso em: 6 nov. 2021.

_____. **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília: ANA, 2021b. 130 p. Disponível em: <<https://bit.ly/3uLMftt>>. Acesso em: 6 nov. 2021.

AQUINO, F. L. de. **Definição de indicadores de desempenho para o sistema PISF: Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. 2019. 177 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

ARSKY, I. da C. Os efeitos do Programa Cisternas no acesso à água no semiárido. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 5, p. 408-432, dez. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3EbJwxS>>.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Relatório de estudo de demanda e da oferta**. Rio de Janeiro: BNDES, 2019. 192 p.

_____. **Modelagem PISF**: relatório de estudo de engenharia. Rio de Janeiro: BNDES, 2020. 792 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Programa de implantação de infraestrutura de abastecimento de águas ao longo dos canais (PBA 15)**. Brasília: MDR, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3OfDd14>>. Acesso em: 24 out. 2021.

_____. **Mapas de localização dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAAs) – PISF**. Brasília: MDR, 2022. Mimeografado.

CASTRO, C. N. de. **Transposição do Rio São Francisco**: análise de oportunidade do projeto. Rio de Janeiro: Ipea, fev. 2011. (Texto para Discussão, n. 1577).

_____. **Sobre a agricultura irrigada no semiárido**: uma análise histórica e atual sobre diferentes opções de política. Rio de Janeiro: Ipea, fev. 2018. (Texto para Discussão, n. 2369).

_____. **Plano Nacional de Segurança Hídrica, problemas complexos e participação social**. 2021. 302 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021a. Disponível em: <<https://bit.ly/3EzAtYW>>.

_____. **Avaliação do Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais (Programa Cisternas) à luz dos objetivos de desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ipea, dez. 2021b. (Texto para Discussão, n. 2722).

CRUZ, R. C. **Prescrição de vazão ecológica**: aspectos conceituais e técnicos para bacias com carência de dados. 2005. 135 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FEIJÓ, R.; TORGLER, S. Alternativas mais eficientes para a transposição do São Francisco. **Cadernos do Ceas**, n. 227, p. 125-150, 2007.

FUNARBE – FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE VIÇOSA. **Desenvolvimento de matriz de coeficientes técnicos para recursos hídricos no Brasil**. Viçosa: Funarbe, 2011.

LONGHI, E. H.; FORMIGA, K. T. M. Metodologias para determinar vazão ecológica em rios. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 20, p. 33-48, jun. 2011.

LUZ, L. D. *et al.* Adaptando o conceito de vazões ecológicas às condições do semiárido brasileiro: as ocorrências hídricas ecológicas. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 17., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABRH, 2007.

MAGALHÃES, J. V. P. **Conflitos por recursos hídricos na região beneficiada pelo eixo leste do PISF na paraíba e sua análise a partir do princípio da redução das desigualdades regionais e sociais**. 2019. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Departamento de Ciências Jurídicas, Universidade Federal da Paraíba, Santa Rita, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3UInLwM>>. Acesso em: 24 out. 2021.

MEDEIROS, P. da C.; SOUZA, F. de A. S. de; RIBEIRO, M. M. R. Aspectos conceituais sobre o regime hidrológico para a definição do hidrograma ambiental. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 131-147, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/3tAYMja>>.

PFRAFSTETTER, O. (Org.). **Classificação de bacias hidrográficas**: metodologia de codificação. Rio de Janeiro: DNOS, 1989.

SILVA, R. M. A. *et al.* Características produtivas e socioambientais da agricultura familiar no Semiárido brasileiro: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2017. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, p. 314-338, dez. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3O9xt8V>>.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto**. Brasília: SNIS, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3imCfог>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

SOUZA, A. de M. e; MIRANDA, P. (Ed.). **Brasil em desenvolvimento**: Estado, planejamento e políticas públicas. Brasília: Ipea, 2010. 300 p.

TCU – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Relatório de acompanhamento**: Processo nº 010.945/2014-8 – Ata nº 21/2015. Brasília: TCU, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3UKblnW>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

UN-WATER. **Water security and the global water agenda**: a UN-Water analytical brief. Hamilton: UN-Water, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/3OqQzYt>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

VANDERLEI, A. B. G. **Aspectos operacionais da transposição do rio São Francisco**. 2017. 61 p. Monografia (Graduação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3W1RBwb>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

VESTENA, L. R. *et al.* Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 212-227, 2012.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água. Brasília: ANA, 2010. v. 1. Disponível em: <<https://bit.ly/3UJ4gnF>>. Acesso em: 9 out. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Municípios beneficiados PISF**. Brasília: MDR, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3uwMHMG>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

APÊNDICE A

QUADRO A.1

Lista dos municípios beneficiados pelo PISF que não foram contemplados na avaliação do ISH na dimensão humana

Ceará	Aratuba; Baixio; Cariús; Farias Brito; Guaramiranga; Ipaumirim; Missão Velha; Mulungu; Pacoti; Palmácia; Quixeré; Salitre; e Umari.
Rio Grande do Norte	Apodi; e Major Sales.
Paraíba	Alcantil; Amparo; Assunção; Baraúna; Bernardino Batista; Boa Ventura; Cajazeirinhas; Diamante; Ibiara; Itapororoca; Joca Claudino (Santarém); Lastro; Passagem; Paulista; Poços Dantas; Salgadinho; Santa Inês; Santana de Mangueira; Santo André; São João do Tigre; São José de Princesa; Sossêgo; Vieirópolis; e Vista Serrana.
Pernambuco	Iati; Itaíba; Poção; Saloá; e Santa Cruz da Baixa Verde.

Elaboração dos autores.

Obs.: PISF – Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional; ISH – Índice de Segurança Hídrica.