

Diagnóstico, desafios e perspectivas em relação à gestão de recursos hídricos no Rio Grande do Sul

Diagnosis, challenges and perspectives in relation to the management of water resources in Rio Grande do Sul

Guilherme Garcia de Oliveira¹

Resumo: As dificuldades na gestão dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul (RS) resultam no descompasso entre oferta e demanda hídrica, em problemas de qualidade das águas e no aumento dos prejuízos associados a eventos extremos hidrológicos. O objetivo desta pesquisa foi realizar um diagnóstico espacial dos recursos hídricos no RS, de modo a identificar tópicos para uma mais efetiva gestão da água nas bacias hidrográficas do estado. Adotou-se uma abordagem quali-quantitativa, por meio da integração e análise sistêmica de dados provenientes de diversas bases digitais de dados. As informações foram espacializadas por meio de geoprocessamento, garantindo a integração das bases e a obtenção de estatísticas zonais por bacias. A pesquisa revelou resultados preocupantes em relação ao comprometimento da vazão outorgável em algumas bacias do RS, com índice superior a 80%. Além disso, identificou que a maioria das bacias não atinge 30% de atendimento dos domicílios por esgotamento sanitário. Em relação aos desastres, o estudo apontou que, nas últimas décadas, em média, 460 mil habitantes foram afetados por ano. Os resultados obtidos permitiram apresentar uma série de desafios e perspectivas para melhoria da gestão das águas no RS.

Palavras-chave: análise espacial; bacias hidrográficas; saneamento; disponibilidade hídrica; desastres.

Abstract: The difficulties in managing water resources in the watersheds of Rio Grande do Sul (RS) result in the mismatch between water supply and demand, water quality problems and increased losses associated with extreme hydrological events. The objective of this research was to make a spatial diagnosis of water resources in RS, in order to identify topics for a more effective water management in the state's hydrographic basins. A quali-quantitative approach was adopted, through the integration and systemic analysis of data from different digital databases. The information was spatialized through geoprocessing, ensuring the integration of the bases and obtaining zonal statistics by basins. The research revealed worrying results in relation to the commitment of the available flow in some basins of the RS, with an index superior to 80%. In addition, it identified that most watersheds do not reach 30% of households covered by sewage. Regarding disasters, the study pointed out that, in recent decades, an average of 460,000 inhabitants were affected per year. The results

¹ Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, professor adjunto da UFRGS, e-mail: g.oliveira@ufrgs.br; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4197-5704>.

obtained made it possible to present a series of challenges and prospects for improving water management in RS.

Keywords: *spatial analysis; watersheds; sanitation; water availability; disasters.*

Introdução

A água é um dos elementos indispensáveis para a vida, sua disponibilidade foi determinante para a consolidação e evolução das sociedades e segue sendo importante para as mais diversas atividades humanas, tais como o abastecimento público, a irrigação de lavouras, dessedentação de rebanhos, uso industrial, geração de energia, entre outras. Ao mesmo tempo em que os recursos hídricos são aproveitados para tais atividades, inúmeras ações antrópicas modificam o ciclo hidrológico nas mais diversas escalas e afetam a oferta e a demanda hídrica, por vezes resultando em situações de conflitos por água e escassez de recursos hídricos para o atendimento de todas as demandas.

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi instituída pela Lei Federal nº 9.433/97, e fortaleceu um conjunto de princípios, fundamentos, estratégias e instrumentos em relação à gestão das águas em território nacional. Um dos pontos mais desafiadores se refere à unidade territorial de análise e gestão de recursos hídricos: a bacia hidrográfica. Conforme o Art. 1º, inciso V (Brasil, 1997), “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. Acontece que toda a estrutura e os mecanismos de funcionamento do Poder Público estão orientados às esferas municipal, estadual e/ou federal, dificultando a implementação de políticas e ações que necessitam de uma abordagem sistêmica envolvendo outras unidades do território. Muitos dos desafios enfrentados em relação às águas no Brasil, tais como poluição, escassez hídrica, conflitos por uso da água, ineficiência e/ou falta de cobertura do sistema de abastecimento público, inundações e alagamentos, resultam das dificuldades em atuar de forma coletiva no âmbito dos Comitês de Bacia, de estabelecer um sólido

planejamento para a bacia hidrográfica, em consonância com o sistema hidrológico, suas potencialidades e limitações (Barbosa, 2019; Miranda, 2020).

De acordo com Silveira (2007, p. 40), “a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório”. A bacia é um sistema físico, no qual a precipitação constitui a entrada de água, e o volume escoado através do exutório representa a saída do sistema. No balanço de água, deve-se considerar também as perdas intermediárias, representadas pela evapotranspiração e infiltração profunda. A disponibilidade hídrica em um rio qualquer depende, portanto, dos processos hidrológicos que ocorrem na bacia hidrográfica, como precipitação acumulada, evapotranspiração, infiltração, escoamentos subterrâneo e superficial, sendo que as demandas por água devem respeitar os limites impostos pela oferta de água. Da mesma forma, a qualidade da água depende dos lançamentos pontuais e poluição difusa que ocorre na área da bacia, em geral, não sendo possível melhorar a qualidade hídrica de um rio apenas com medidas sanitárias locais. Além disso, as medidas para prevenção e controle de eventos extremos hidrológicos também devem ser contempladas em nível de bacia, pois a solução para um trecho de rio pode agravar a situação em outros pontos, necessitando de uma solução que considere uma visão sistêmica dos recursos hídricos na área de drenagem da bacia analisada (Tundisi, 2006). Somente por meio de uma análise sistêmica e integrada é que se pode diagnosticar os problemas relacionados à água e, conseqüentemente, propor ações para mitigá-los e solucioná-los (Silva; Herreros; Borges, 2017).

Nas últimas décadas, muitos estudos (exemplos: Taylor *et al.*, 2013; Oliveira; Pedrollo; Castro, 2015; Ostad-Ali-Askar; Su; Liu, 2018; Pokhrel *et al.*, 2021) apontam a necessidade de se considerar as mudanças do clima para o planejamento dos recursos hídricos. O último relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Seneviratne *et al.*, 2021) destaca uma tendência de agravamento dos extremos meteorológicos, climáticos e hidrológicos em função das mudanças climáticas, o que aumenta os riscos de desastres associados a estiagens, secas, inundações, enxurradas e movimentos de massa, entre outros.

No Rio Grande do Sul (RS) também se observam mudanças no regime hidrológico ao longo das últimas décadas e, especialmente, em projeções futuras baseadas em modelos climáticos. Oliveira (2014), Guedes, Priebe e Manke (2019), Brêda *et al.* (2020), Miranda *et al.* (2021) e Naitzel (2021) são exemplos de pesquisas relevantes que abordam o tema e revelam resultados que indicam a influência da mudança do clima no aumento da precipitação acumulada anual e das vazões médias dos principais rios do estado. Isso se reflete, de modo geral, no aumento da disponibilidade hídrica anual para atender às mais diversas demandas por água. Porém, quando analisada a dinâmica sazonal, percebe-se que, em alguns meses do ano (em especial, no verão), a tendência observada no passado e/ou projetada para o futuro indica a redução da precipitação e conseqüentemente uma frequência maior de estiagens, como as registradas nos últimos anos no RS. Isso revela um cenário preocupante, no qual justamente quando a demanda por água é maior, por exemplo, para irrigação dos cultivos de verão, a oferta hídrica tende a ser ainda menor do que o que se verificou na série histórica.

Frente a essa problemática, o objetivo geral desta pesquisa foi realizar, a partir de uma análise espacial integrada por meio de geoprocessamento, um diagnóstico dos recursos hídricos no RS, de modo a identificar os desafios e as perspectivas para a gestão da água nas bacias hidrográficas do estado e implementação de efetivas políticas públicas no setor.

1. Aspectos metodológicos

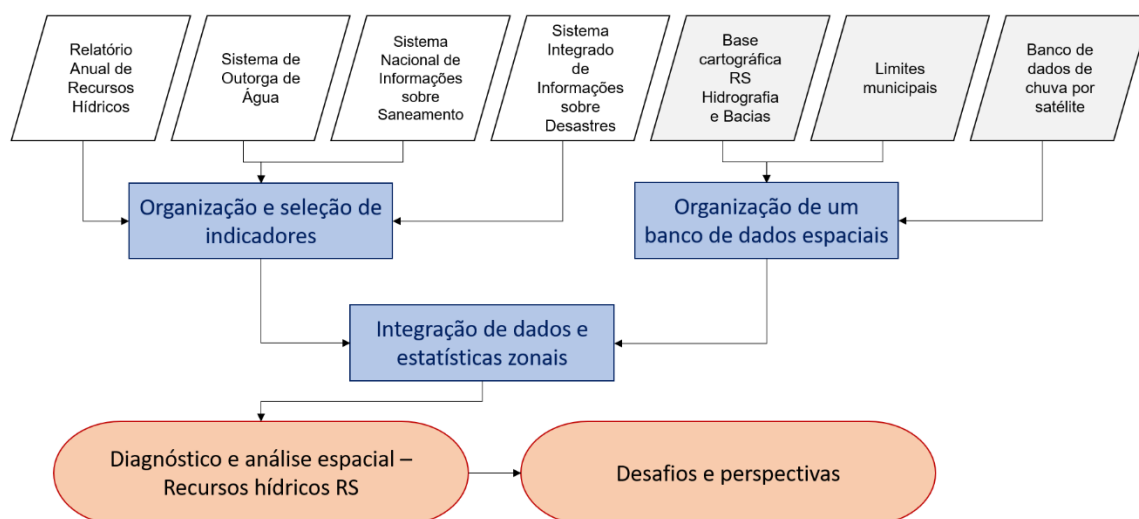
Adotou-se uma abordagem quali-quantitativa, por meio da integração e análise sistêmica de dados provenientes das seguintes bases digitais:

- a) Relatório Anual de Recursos Hídricos (RARH) (Rio Grande do Sul, 2022) e Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul (SIOUT) (Rio Grande do Sul, 2023), ambos disponibilizados pela Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul;
- b) Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), da Secretaria Nacional de Saneamento (Brasil, 2022);
- c) Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC, 2022);

- d) Produto CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation With Station Data*), versão 2.0, referente à precipitação mensal, com resolução espacial de 0,05° (UCSB, 2023).

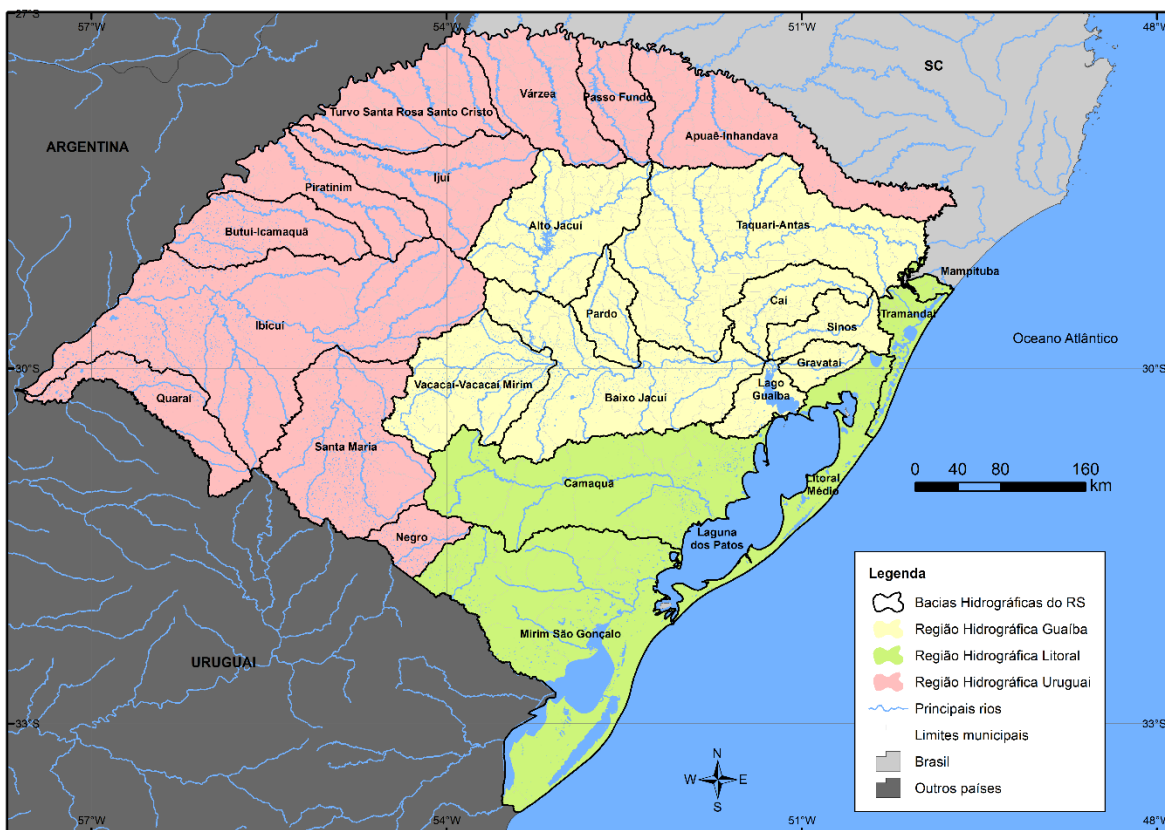
Para espacializar as informações, utilizou-se as bases digitais espaciais de hidrografia e bacias hidrográficas da base cartográfica do RS, proveniente da Sema, e os limites municipais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As etapas e procedimentos metodológicos estão sintetizados no fluxograma apresentado na Figura 1. A divisão de regiões e bacias hidrográficas é apresentada na Figura 2.

Figura 1 - Fluxograma de etapas e métodos da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2 - Divisão de regiões hidrográficas e bacias do Rio Grande do Sul



Fonte dos dados: Sema (Rio Grande do Sul, 2022). Elaborado pelo autor.

1.1 Organização e seleção de indicadores

Envolveu o *download*, organização e seleção dos indicadores das bases RARH, SIOUT, SNIS e S2iD. Do RARH, ano base 2021, foram obtidas informações sobre os planos de bacia, disponibilidade e demanda hídrica, grau de comprometimento quantitativo dos recursos hídricos, aspectos qualitativos da água e principais conflitos por uso dos recursos hídricos. Por meio do SIOUT, foram extraídas informações sobre a outorga de uso da água por bacia. Da base de dados do SNIS, foram obtidas informações municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário. E, por fim, do banco de dados do S2iD, foram extraídas informações municipais sobre desastres hidrológicos e climáticos do RS, tais como o número de ocorrências, a sazonalidade, os danos e os prejuízos.

1.2 Organização de um banco de dados espacial

Compreendeu o processamento de bases cartográficas e produtos digitais disponíveis, como a Base Cartográfica do Rio Grande do Sul, na escala 1:25.000, proveniente do GEOPORTAL RS, além dos limites dos municípios do

RS. Além disso, calculou-se, por bacia, a precipitação acumulada média mensal no período entre 1993 e 2022 (normal climatológica de 30 anos), a partir dos dados CHIRPS. Nesse produto, a precipitação é estimada a partir da integração de dados de chuva por satélite com medições de estações meteorológicas. Os dados tabulares foram espacializados em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG), no *software* ArcGIS. Quando necessário, os índices municipais do SNIS e S2iD foram transformados e calculados para as bacias hidrográficas, utilizando o princípio da proporcionalidade de área do município, área edificada do município e/ou proporcionalidade da população.

Integração de dados e estatísticas zonais: nesta etapa, foi realizada a espacialização de indicadores provenientes das diferentes bases digitais por meio de ferramentas de geoprocessamento, na qual foram extraídas estatísticas zonais por municípios e bacias. As seguintes variáveis foram consideradas na análise:

- a) precipitação média mensal por bacia, normal climatológica 1993-2022;
- b) disponibilidade hídrica e máxima vazão outorgável;
- c) demanda hídrica e outorgas de água;
- d) balanço hídrico e grau de comprometimento da vazão outorgável;
- e) abastecimento de água;
- f) esgotamento sanitário;
- g) danos e prejuízos provocados por desastres.

O diagnóstico e análise espacial dos indicadores relacionados aos recursos hídricos foi o primeiro produto derivado da integração de dados. A análise foi orientada a três eixos de avaliação:

- a) aspectos quantitativos, em especial, a relação entre oferta e demanda hídrica;
- b) aspectos qualitativos da água, envolvendo estatísticas de saneamento;
- c) aspectos voltados aos impactos provocados por desastres associados à dinâmica climática e hidrológica.

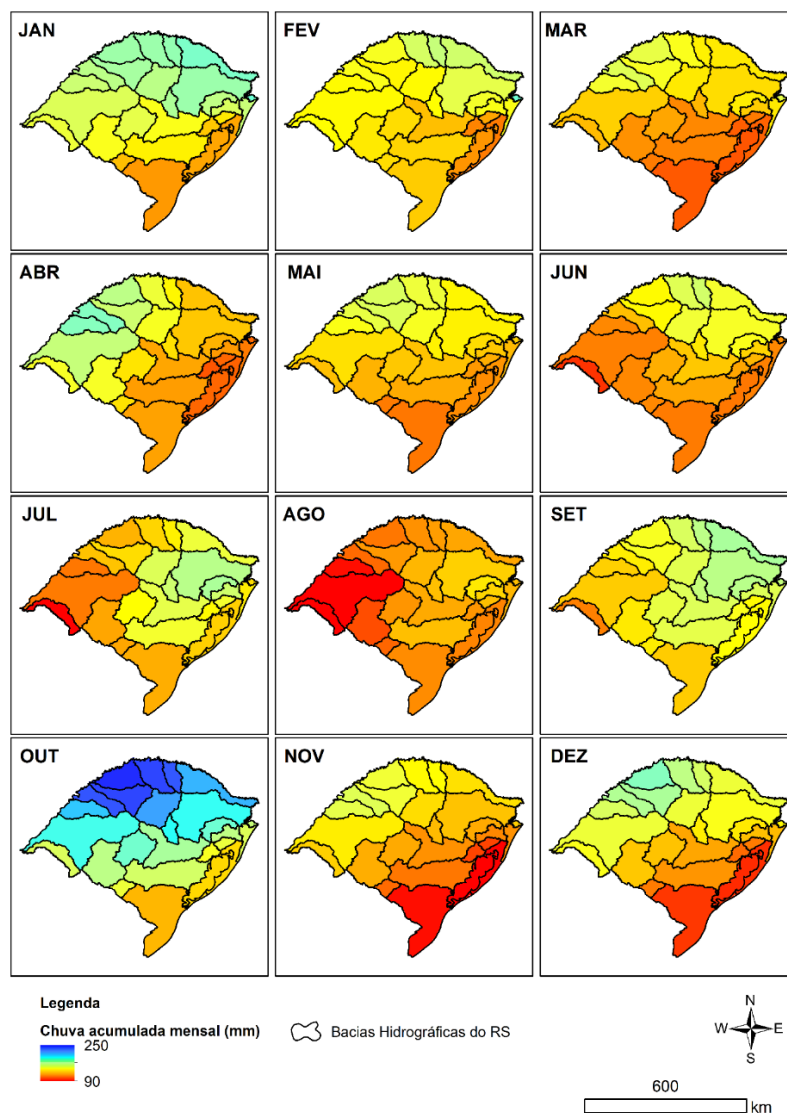
A partir da análise integrada e com apoio de bibliografia técnica e científica, buscou-se identificar os desafios e as perspectivas para a gestão de recursos hídricos no RS.

2. Resultados e discussão

Conforme os dados disponibilizados pela Sema (Rio Grande do Sul, 2022), apenas 11 das 25 bacias do RS possuem Plano de Bacia Hidrográfica completo. A situação é mais preocupante nas regiões hidrográficas do Uruguai e Litorânea, onde cinco bacias não possuem nem mesmo o diagnóstico inicial com a situação dos recursos hídricos na área de drenagem. O enquadramento dos corpos hídricos, importante instrumento que define a qualidade das águas (cenários atual e futuro), ainda não foi realizado em oito bacias do RS. As ações para melhorias em relação aos recursos hídricos não foram definidas em 12 bacias e a maioria delas não possui sustentabilidade financeira minimamente adequada. As dificuldades de planejamento e gestão de bacias no RS são agravadas por um cenário cada vez mais consolidado de agravamento de eventos extremos climáticos e hidrológicos, como as estiagens registradas entre 2020 e 2023.

Além dos extremos interanuais, destaca-se o efeito da sazonalidade na precipitação e, consequentemente, na oferta hídrica, o que torna a gestão das águas ainda mais complexa. Em relação à normal climatológica de precipitação, observa-se uma significativa variabilidade mensal nas chuvas ao longo do ano (Figura 3). Por exemplo, no mês de agosto, a precipitação acumulada média fica entre 70 e 90 mm na Fronteira Oeste (bacias do Quaraí e Ibicuí); por outro lado, em outubro, supera a marca de 240 mm no noroeste do RS (bacia do Turvo). Os meses de setembro e outubro costumam ser os mais úmidos, com precipitação acumulada superior a 140 mm na maioria das bacias.

Figura 3 - Normal climatológica: precipitação mensal por bacia hidrográfica do RS, período 1993-2022



Fonte: Elaborado pelo autor.

A precipitação possui um padrão latitudinal, com maiores acumulados na metade norte do RS, especialmente nas regiões hidrográficas do Uruguai e Guaíba. Isso ajuda a explicar a boa disponibilidade hídrica anual nessa porção do estado, incluindo as maiores vazões específicas ($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$) entre as bacias do estado. A vazão outorgável total no Estado é de $579,83 \text{ m}^3/\text{s}$, definida como 50% da vazão de referência Q90 (vazão com garantia de 90%, isto é, que é igualada ou superada em 90% do tempo). A maior disponibilidade se dá no Lago Guaíba ($293 \text{ m}^3/\text{s}$), Rio Jacuí ($254 \text{ m}^3/\text{s}$) e Rio Ibicuí ($97 \text{ m}^3/\text{s}$) (Rio Grande do Sul, 2022). É importante mencionar que a disponibilidade de água é uma variável dinâmica, com significativas flutuações ao longo do tempo:

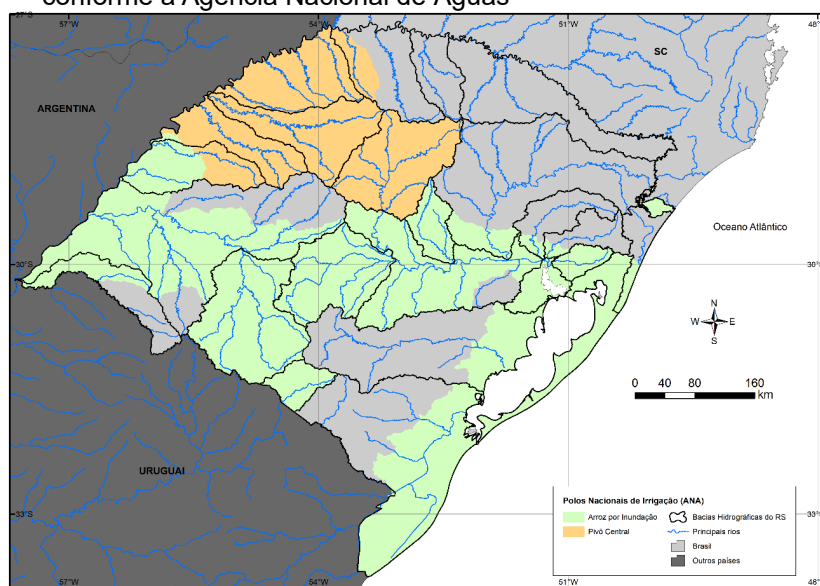
- observa-se uma dinâmica sazonal, com menor disponibilidade de água no verão e outono, na maioria das bacias do RS;

- b) uma dinâmica de longo período, com tendência de redução na disponibilidade de água conforme condições climáticas regionais e globais, como, por exemplo, em períodos prolongados do fenômeno La Niña (Penalba; Rivera, 2016).

Da mesma forma que a oferta de água, a demanda hídrica também apresenta forte sazonalidade, especialmente para irrigação de lavouras de arroz (por inundação) e de soja (pivô central) (Figura 4). De acordo com os dados do SIOUT (Rio Grande do Sul, 2023), aproximadamente 80% da demanda por águas superficiais é para irrigação de lavouras (Figura 5), em especial, do arroz (metade sul do RS) e da soja (noroeste). A demanda hídrica superficial total do RS é de 106,25 m³/s. Por se tratarem de cultivos de verão, observa-se que é justamente nos meses de menor disponibilidade hídrica, que registramos a maior demanda por água, o que favorece a instalação de conflitos por recursos hídricos e torna ainda mais delicada a situação de algumas bacias em relação aos eventos extremos de estiagens nesse período do ano.

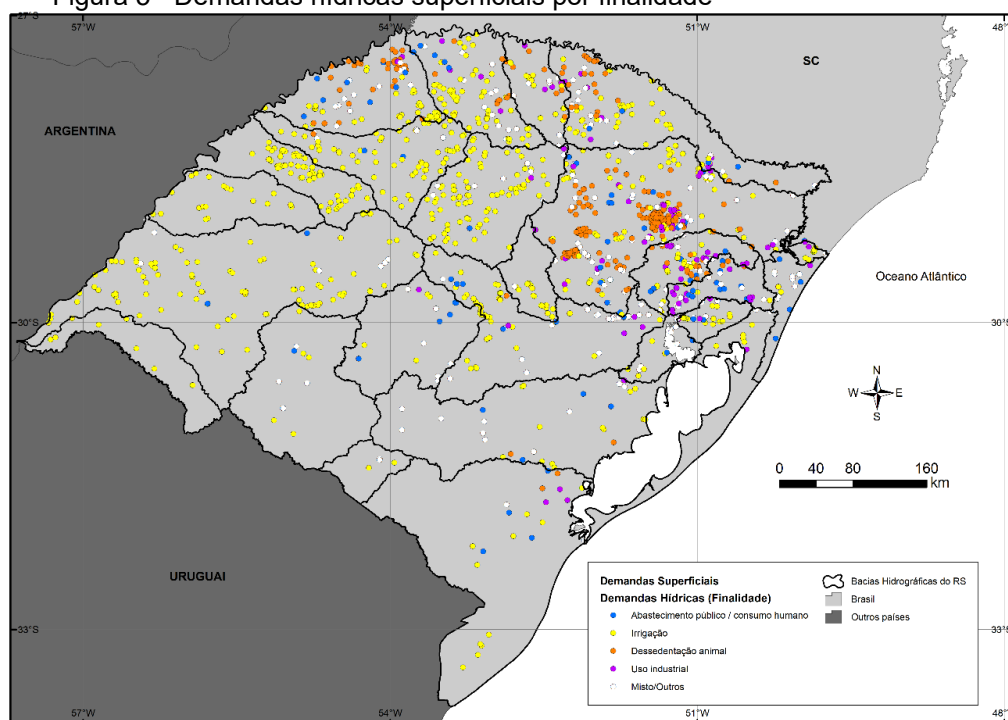
Em relação às demandas hídricas subterrâneas (Figura 6), tem se observado um crescente interesse na utilização desses recursos no estado, como uma alternativa para locais mais distantes dos corpos hídricos superficiais. Considerando apenas os poços com autorizações prévias, outorgas e dispensas de outorgas por bacia hidrográfica (sistema SIOUT), tem-se mais de 8,1 mil poços regularizados no RS, com demanda diária de aproximadamente 550 m³/dia (~6,4 m³/s). Os usos são múltiplos, com destaque para as categorias de usos mistos, abastecimento público e consumo humano, e irrigação de lavouras. O maior volume de demandas já outorgadas é observado na Bacia do Taquari-Antas e os sistemas aquíferos mais explorados são o Serra Geral I e II (Rio Grande do Sul, 2023).

Figura 4 - Mapa que apresenta uma regionalização da irrigação no RS, conforme a Agência Nacional de Águas



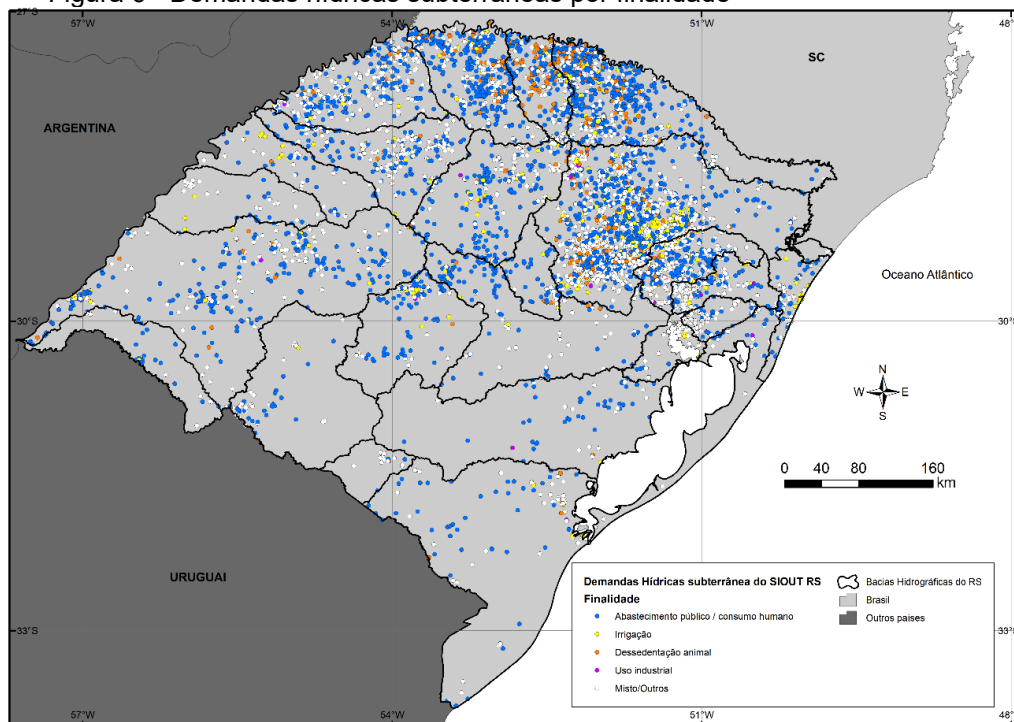
Fonte dos dados: Sema (Rio Grande do Sul, 2022). Elaborado pelo autor.

Figura 5 - Demandas hídricas superficiais por finalidade



Fonte dos dados: Sema (Rio Grande do Sul, 2022). Elaborado pelo autor.

Figura 6 - Demandas hídricas subterrâneas por finalidade

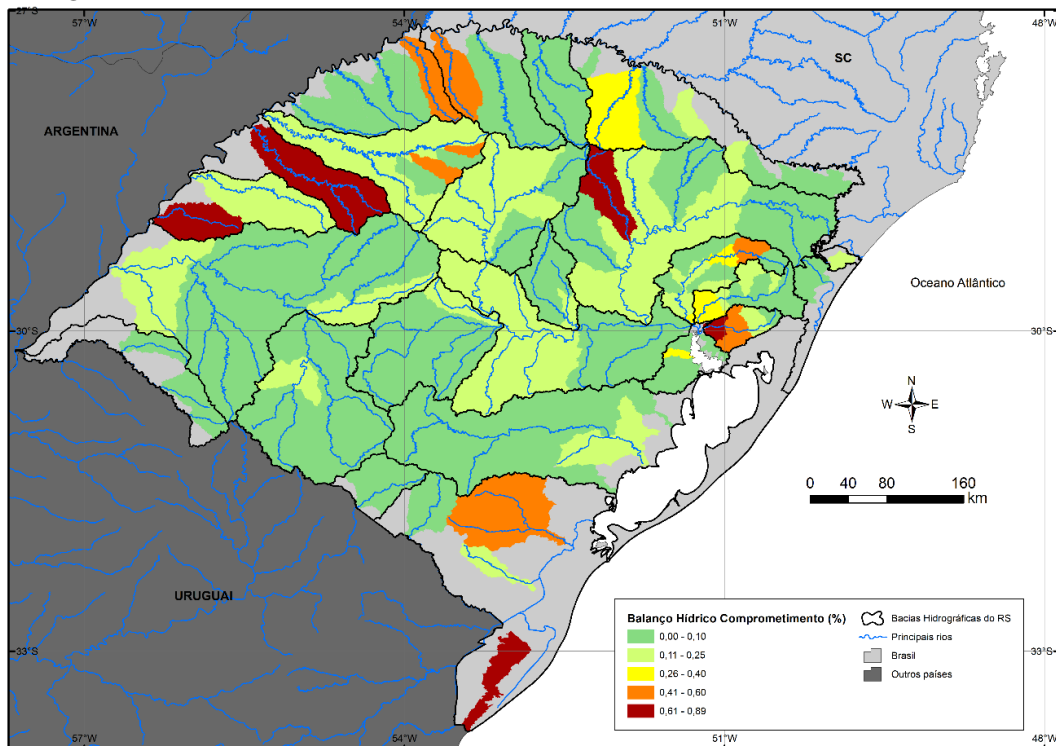


Fonte dos dados: Sema (Rio Grande do Sul, 2023). Elaborado pelo autor.

A demanda por águas subterrâneas tende a aumentar nos próximos anos. Considerando os cadastros que aguardam análise, o volume poderá aumentar em aproximadamente 30%. Essa crescente utilização de águas subterrâneas está associada, em especial, às recorrentes estiagens no verão e à expansão da soja no RS. Os eventos extremos mais frequentes estão impulsionando os agricultores a buscar soluções para evitar novas perdas de safra em decorrência da variabilidade e mudanças do clima.

Ao relacionar a máxima vazão outorgável e as demandas hídrica, é possível diagnosticar o grau de comprometimento das bacias e identificar as áreas críticas em relação ao atendimento dos usuários de água. A Figura 7 ilustra as bacias do RS em função desse indicador. Três áreas se destacam pelo elevado grau de comprometimento, superior a 80%: Bacia do Arroio Butuí (89%), Bacia do Rio Gravataí (86%) e Bacia do Rio Piratinim (84%). Além destas, outras áreas merecem atenção pela pressão exercida no sistema hídrico, como o Arroio Del Rei, Bacia Mirim São Gonçalo (72%); o Rio Guaporé, Bacia do Taquari-Antas (62%); Rio Guarita, Bacia do Várzea (55%); Rio Potiribu, Bacia do Ijuí (53%); Alto Rio Caí (49%) (Rio Grande do Sul, 2022).

Figura 7 - Comprometimento da máxima vazão outorgável por sub-bacias do Rio Grande do Sul



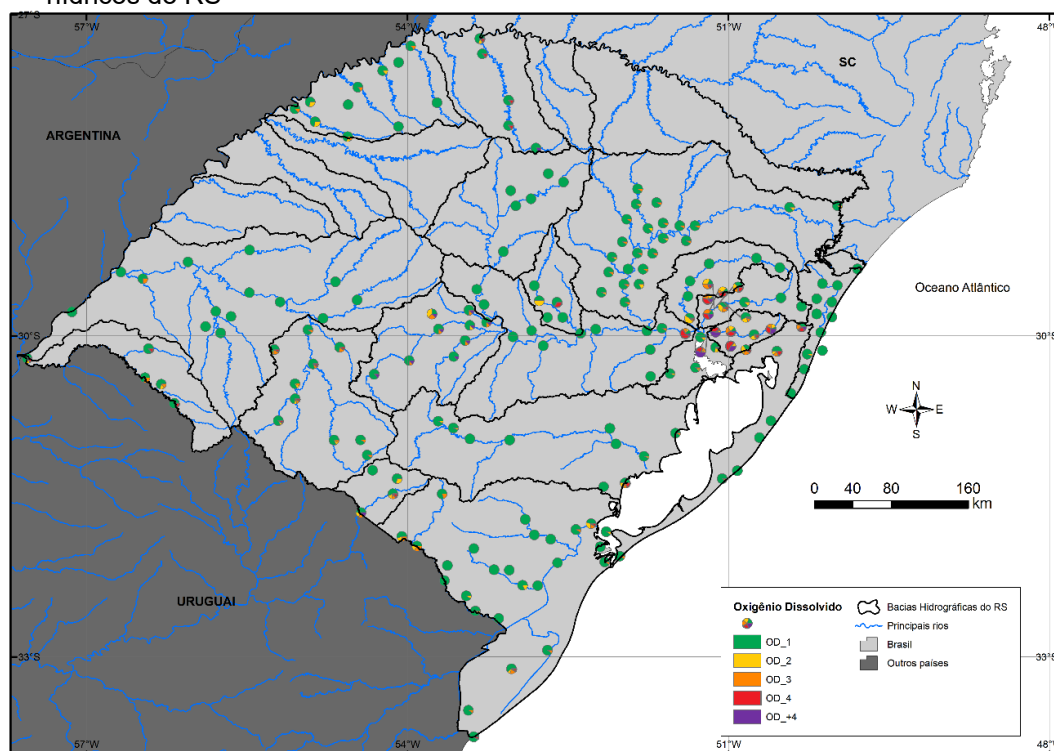
Fonte dos dados: Sema (Rio Grande do Sul, 2022). Elaborado pelo autor.

Um exemplo marcante em relação à escassez hídrica e instalação de conflitos por uso de água se refere à Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. A bacia possui histórico conflito por recursos hídricos, que é agravado em anos com menor disponibilidade hídrica. Nesta área de drenagem, é observado um uso intensivo de água para irrigação de lavouras de arroz, inclusive com impactos ambientais nas reservas hídricas do Banhado Grande (Guasselli; Etchelar; Belloli, 2013). Além do uso da água para irrigação, existe uma demanda elevada e crescente para abastecimento público dos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Gravataí e Viamão. No final da primavera e, em especial, no verão, após as lavouras de arroz serem irrigadas, a bacia hidrográfica sofre um intenso e persistente estresse hídrico. O fenômeno é agravado pelas elevadas temperaturas e aumento das taxas de evapotranspiração, fazendo com que o baixo nível do Rio Gravataí restrinja a captação de água pela Corsan, comprometendo o abastecimento de água nas cidades mencionadas. É frequente o racionamento de água nos municípios e urgente a implementação de ações que visem solucionar e/ou mitigar os conflitos já instalados.

Em relação aos aspectos qualitativos dos recursos hídricos do RS, buscou-se analisar indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário e o enquadramento de corpos hídricos. Os dados do SNIS foram transformados e recalculados em função da divisão de bacias hidrográficas do estado. Cabe destacar que o monitoramento da qualidade das águas não é realizado de forma sistemática e homogênea em todo o RS. Algumas bacias do estado não são devidamente monitoradas, o que dificulta uma análise espacial mais detalhada e acurada.

Considerando o RARH (Rio Grande do Sul, 2022), identificou-se que a situação mais crítica para diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos ocorre nos rios Gravataí, Sinos, Vacacaí e Negro (ver Figura 8, com exemplo do parâmetro oxigênio dissolvido - OD). Destas, a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí apresentou os resultados mais preocupantes, em especial, para os parâmetros OD, Fósforo Total e *Escherichia coli*. Em apenas 38% das amostras coletadas no Rio Gravataí, o enquadramento do OD ficou nas classes de melhor qualidade, classes 1 ou 2.

Figura 8 - Situação em relação ao oxigênio dissolvido nos pontos monitorados em corpos hídricos do RS

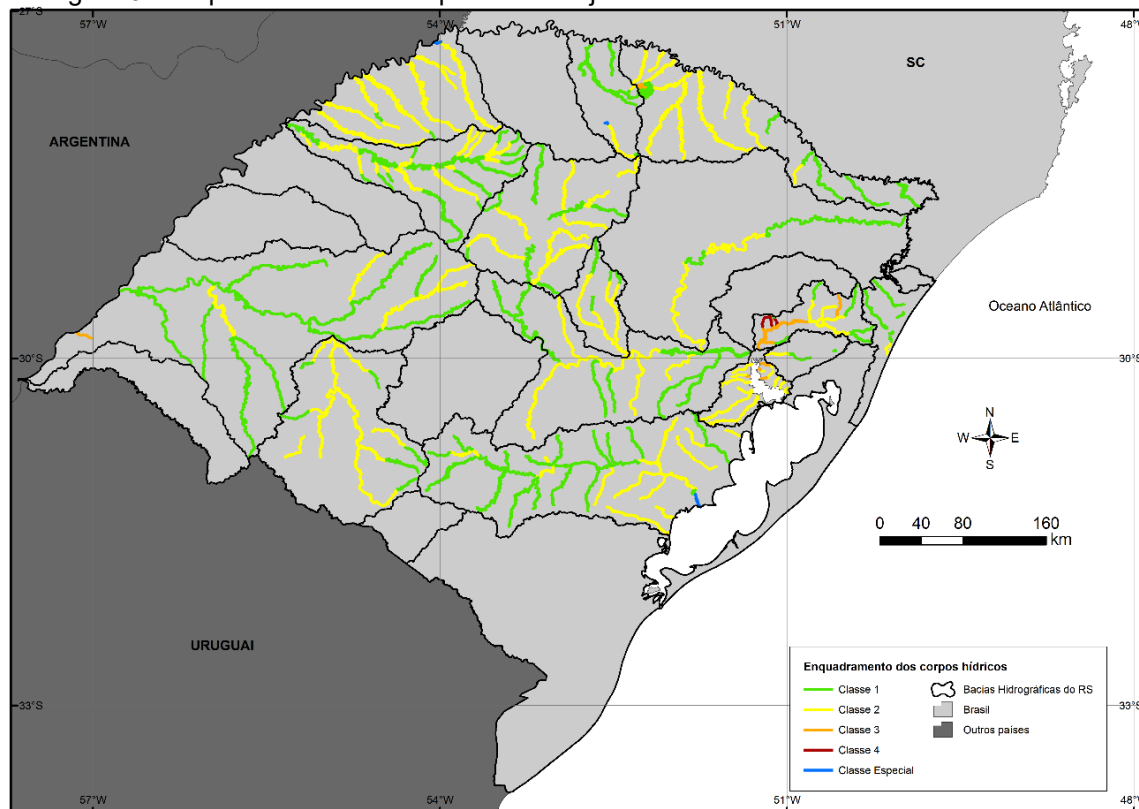


Fonte dos dados: Sema (Rio Grande do Sul, 2022). Elaborado pelo autor.

Muitos são os fatores que interferem na qualidade das águas superficiais. Mas a concentração espacial na Região Metropolitana de Porto Alegre, ilustrada na Figura 8, demonstra que a contribuição dos efluentes domésticos e industriais é maior em relação aos demais fatores. Na sequência, pode-se mencionar a influência das atividades agrícolas e pecuárias, com destaque para a poluição difusa causada pelo uso de pesticidas e demais agrotóxicos.

O percentual médio de não atendimento ao enquadramento de corpos hídricos nas bacias hidrográficas é de 20%, considerando apenas as bacias que já fizeram a definição em seus planos (Figura 9). Atender à qualidade de água desejada pelos usuários é uma ação que exige esforço constante das autoridades no sentido de prover as condições de saneamento ambiental nas bacias hidrográficas. Neste aspecto, a visão sistêmica e integrada em bacias é crucial, tendo em vista que ações locais (na esfera municipal) possuem alcance limitado aos pequenos corpos hídricos municipais e tendem a não resolver os problemas qualitativos nos grandes rios do estado.

Figura 9 - Enquadramento de corpos hídricos já definidos em bacias do RS



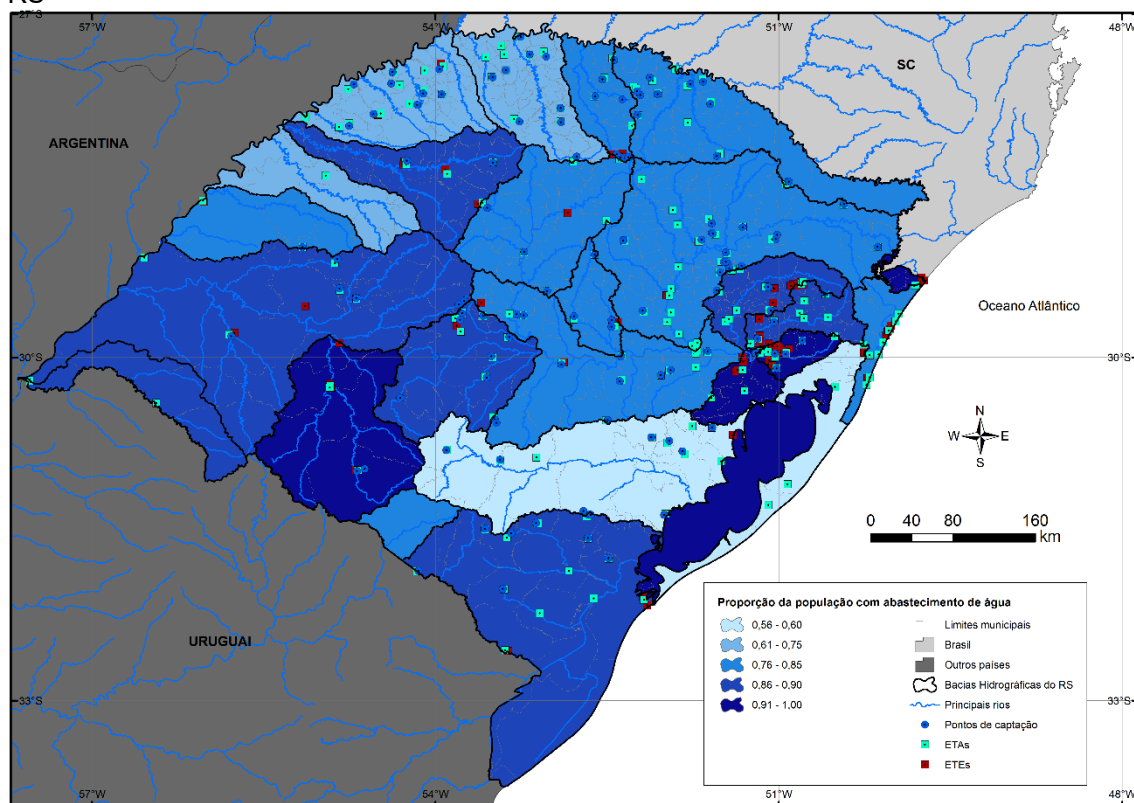
Fonte dos dados: Sema (Rio Grande do Sul, 2022). Elaborado pelo autor.

Quanto ao saneamento, baseado nos dados municipais do SNIS (Brasil, 2022), quando calculada a proporção da população nas bacias hidrográficas com acesso aos serviços de abastecimento público de água (Figura 10) e esgotamento sanitário (Figura 11), percebe-se as dificuldades enfrentadas em algumas áreas do RS. As bacias do Camaquã e do Litoral Médio possuem os piores indicadores em relação ao abastecimento de água, com percentuais inferiores a 60% da população. Outras sete bacias possuem atendimento inferior a 80% nesse quesito. Em relação ao esgotamento sanitário, a situação é ainda mais crítica: em 15 bacias do estado, menos de 30% da população é atendida pelo serviço; apenas seis bacias possuem atendimento superior a 50% (ver Tabela 1). Os piores indicadores são observados nas bacias do Litoral Médio (1,2%), Várzea (3,1%), Camaquã (5,2%), Apuaê-Inhandava (6,9%) e Baixo Jacuí (9,5%).

Os resultados aqui apresentados, em relação ao panorama qualitativo das águas, sustentam argumentações já desenvolvidas por outros autores, como Pescke, Perez e De Lara (2022), que destacam alguns dos entraves e obstáculos que precisam ser superados para a garantia de águas mais limpas e de qualidade para a população em geral no RS. Os autores reforçam a necessidade de:

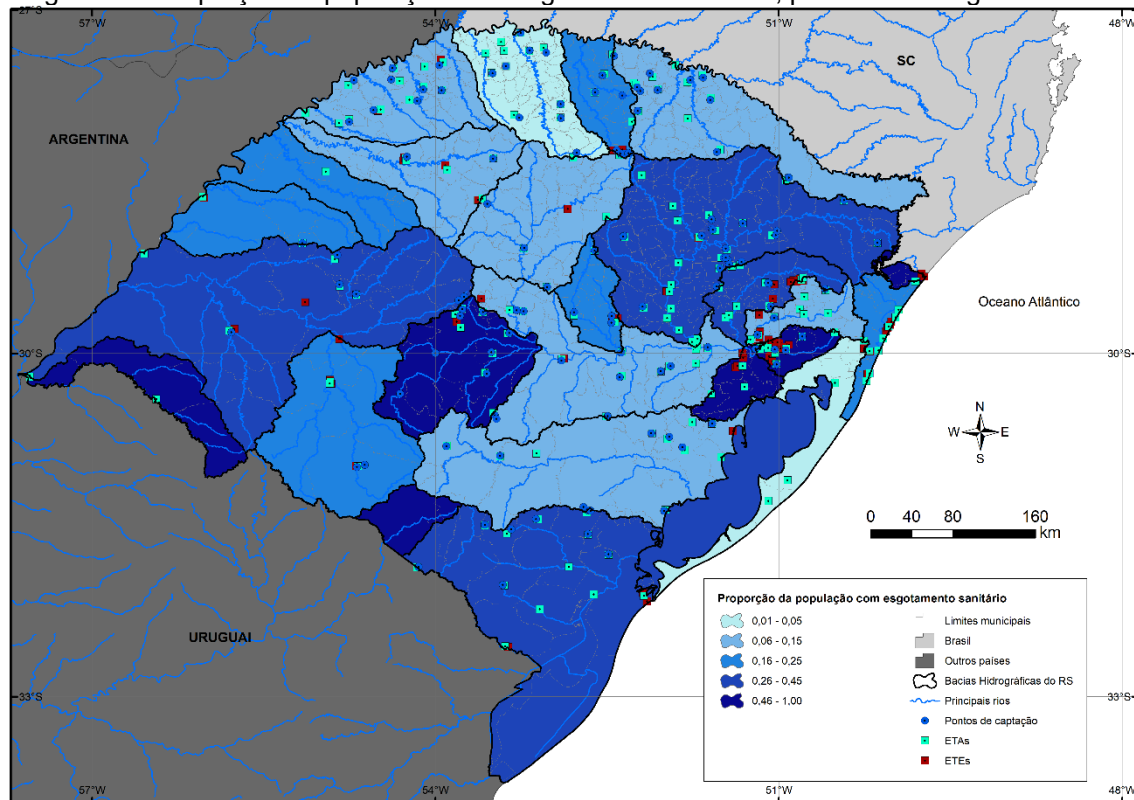
- a) melhorar a gestão dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas do estado;
- b) expandir o tratamento de efluentes domésticos e industriais;
- c) diminuir o uso de agrotóxicos e pesticidas;
- d) adotar estratégias de consumo consciente para melhorar a pegada hídrica da sociedade gaúcha.

Figura 10 - Proporção da população com abastecimento de água, por bacia hidrográfica do RS



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 - Proporção da população com esgotamento sanitário, por bacia hidrográfica do RS



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 1 - Proporção da população com acesso a serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário, por bacia hidrográfica do RS

NOME DA BACIA	REGIÃO HIDROGRÁFICA	ÁGUA	ESGOTO
Lago Guaíba	GUAÍBA	98,5%	76,7%
Gravataí	GUAÍBA	96,6%	53,6%
Vacacaí-Vacacaí Mirim	GUAÍBA	89,0%	51,1%
Caí	GUAÍBA	87,5%	35,4%
Sinos	GUAÍBA	86,3%	12,6%
Taquari-Antas	GUAÍBA	83,3%	30,0%
Alto Jacuí	GUAÍBA	82,9%	15,0%
Baixo Jacuí	GUAÍBA	77,8%	9,5%
Pardo	GUAÍBA	75,0%	15,7%
Laguna dos Patos	LITORÂNEA	96,0%	30,9%
Mampituba	LITORÂNEA	95,3%	51,4%
Mirim São Gonçalo	LITORÂNEA	89,1%	39,4%
Tramandaí	LITORÂNEA	85,0%	21,9%
Negro	LITORÂNEA	80,2%	65,4%
Camaquã	LITORÂNEA	58,2%	5,2%
Litoral Médio	LITORÂNEA	56,3%	1,2%
Santa Maria	URUGUAI	93,8%	21,0%
Quaraí	URUGUAI	89,1%	54,5%
Ijuí	URUGUAI	88,4%	12,3%
Ibicuí	URUGUAI	85,7%	44,5%
Butuí-Icamaquã	URUGUAI	84,4%	17,9%
Apuaê-Inhandava	URUGUAI	79,3%	6,9%
Passo Fundo	URUGUAI	79,2%	19,6%
Várzea	URUGUAI	72,7%	3,1%
Piratinim	URUGUAI	71,8%	21,9%
Turvo Santa Rosa Santo Cristo	URUGUAI	70,2%	13,2%

Fonte: Elaborado pelo autor.

O último eixo temático com indicadores relacionados à gestão das águas no RS e que permitiu traçar um diagnóstico bastante alarmante se refere aos desastres. O panorama aqui apresentado leva em consideração o banco de dados S2iD (SEDEC, 2022), com complementações da base de dados do Atlas Digital de Desastres no Brasil (CEPED/UFSC, 2023) e da base de dados do Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil (Banco Mundial, 2020). O período analisado foi compreendido entre 1995 e 2022 e revela um diagnóstico dos desastres hidrológicos, meteorológicos e climáticos no estado.

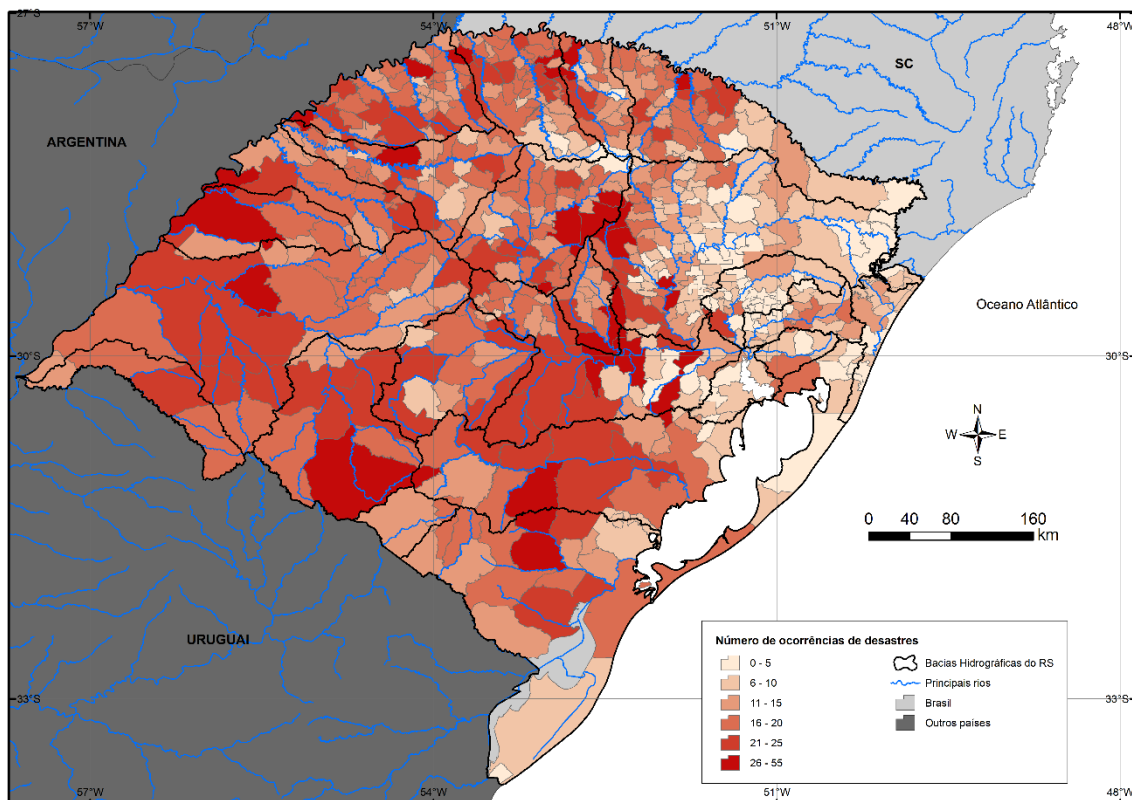
O primeiro resultado que precisa ser destacado corresponde ao número de ocorrências de desastres por município (Figura 12). Ao todo, são mais de

7,5 mil registros nas bases consultadas, o que corresponde à média de aproximadamente 15 registros de desastres por município no período, ou seja, frequência superior a um desastre a cada dois anos para cada município gaúcho. A distribuição espacial dos fenômenos não é homogênea, sendo que alguns municípios possuem mais de 40 registros no intervalo de tempo de análise. Mesmo que o problema seja generalizado, a situação é mais crítica na porção centro-oeste do RS, em especial, na Região Hidrográfica do Rio Uruguai.

Em relação às tipologias de desastres, o cenário é bastante complexo:

- a) desastres climáticos, com severas estiagens e secas, especialmente, na porção oeste do estado, e geada nas áreas altas do Planalto Meridional, na porção nordeste do RS;
- b) desastres hidrológicos, com destaque para as inundações das bacias dos rios Uruguai, Jacuí, Taquari-Antas, Caí e Sinos, além de movimentos de massa e enxurradas associadas às áreas próximas à escarpa do Planalto Meridional (Serra Geral);
- c) desastres meteorológicos, com ocorrências distribuídas por toda a região, especialmente de eventos como vendavais, tornados e granizo.

Figura 12 - Número de ocorrências de desastres hidrológicos, meteorológicos e climáticos por município do Rio Grande do Sul



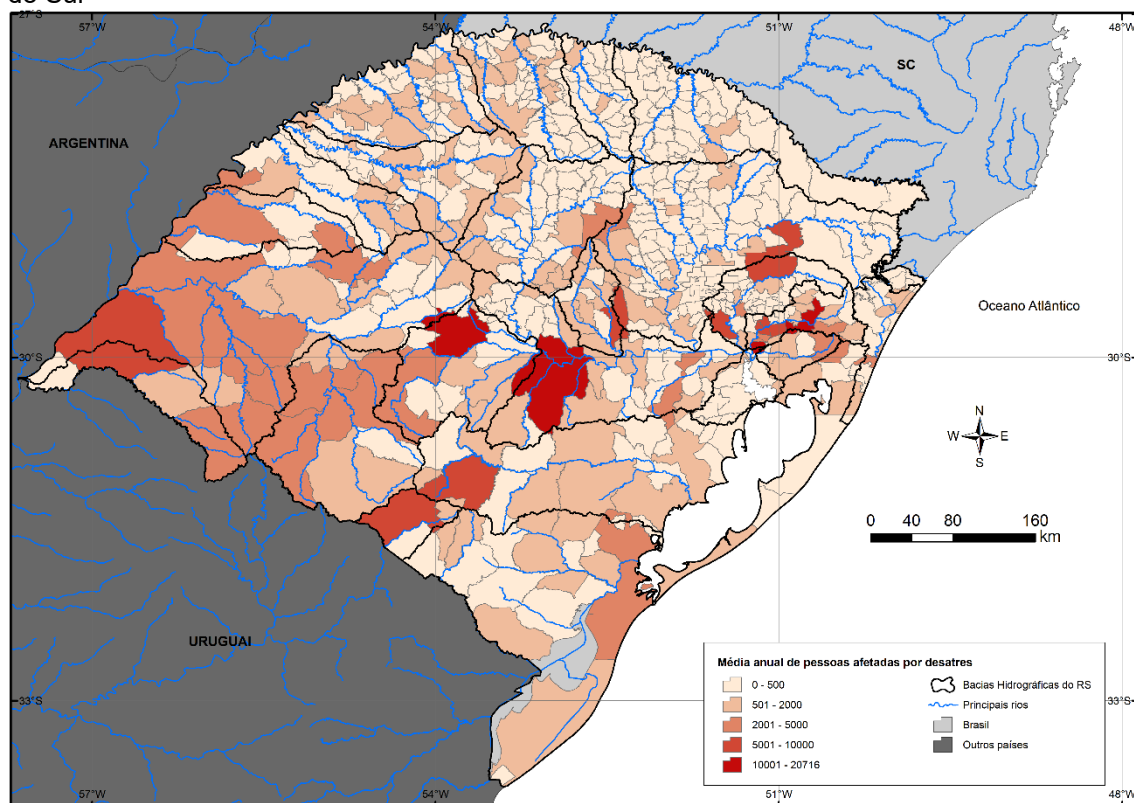
Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando todos os desastres registrados, os danos humanos ultrapassam a barreira de 13 milhões de pessoas afetadas, isto é, entre 1995 e 2022, aproximadamente 460 mil gaúchos foram atingidos em média todos os anos. Somente em 2022, de acordo com o banco S2iD, esse número foi de 2,47 milhões de habitantes, em função, principalmente, da estiagem que assolou o RS. Alguns municípios superam a marca dos 10 mil afetados anualmente, em especial, na metade centro-sul do estado, como mostra a Figura 13.

Assim como os danos humanos, os prejuízos decorrentes dos desastres são vultosos. A marca média de prejuízo de R\$ 10 milhões por ano é ultrapassada por 30 municípios do RS (Figura 14). Enquanto o custo médio anual dos desastres para cada brasileiro é estimado entre R\$ 50,00 e 70,00, no estado do RS, o prejuízo supera 0,5 salários mínimos (SM) em 146 municípios (ver Figura 15). As estiagens e secas explicam esse comportamento, especialmente porque a economia de muitos municípios gaúchos está intimamente associada à cadeia produtiva que envolve o setor agropecuário. Diferentemente das estiagens, que concentram os custos na categoria de prejuízos privados, especialmente nos produtores rurais e cadeia

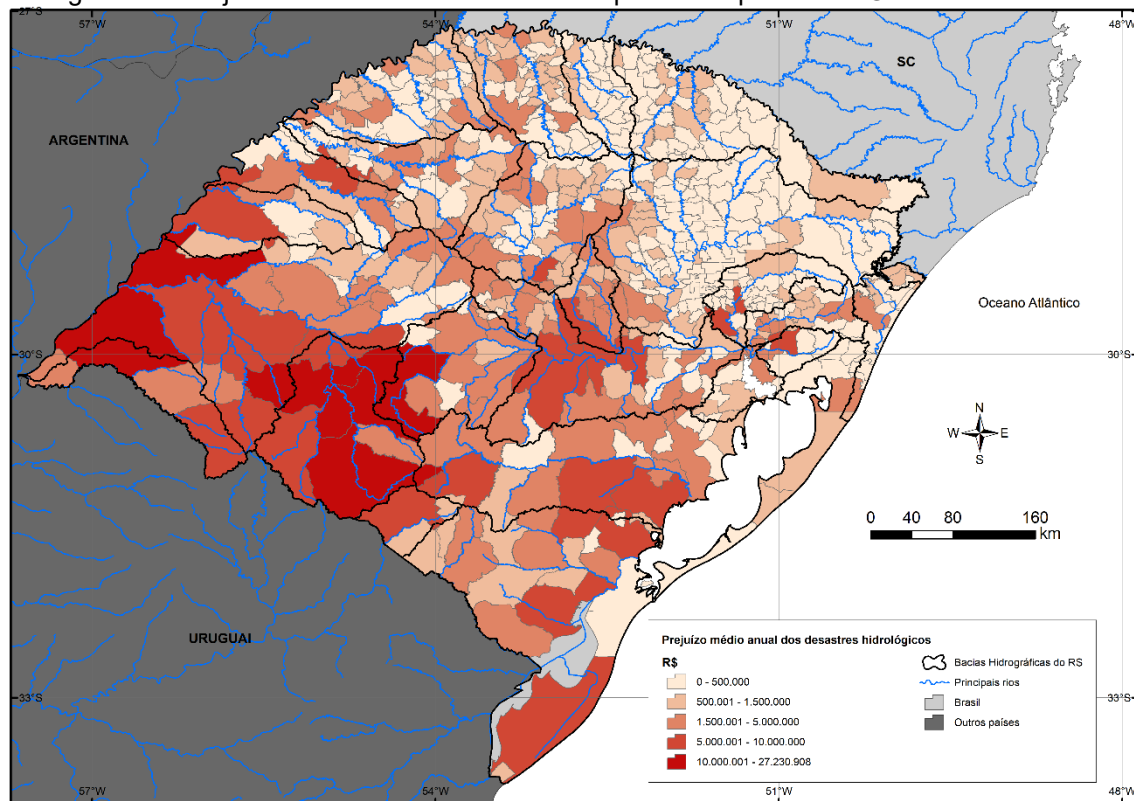
agroindustrial, quando analisados os eventos extremos do tipo hidrológico, predominam os danos materiais, com danificação e/ou destruição de habitações e demais infraestruturas urbanas por deslizamentos, inundações e enxurradas.

Figura 13 - Média anual de pessoas afetadas por desastres, por município do Rio Grande do Sul



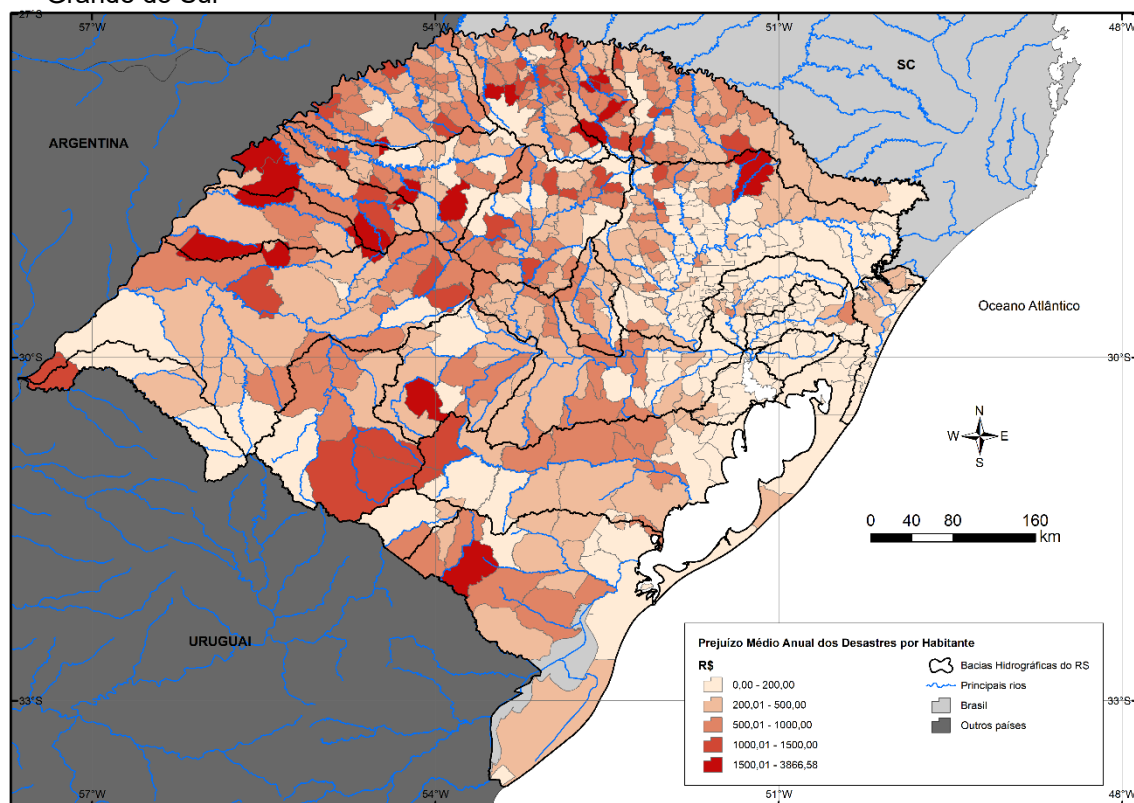
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 - Prejuízo médio anual dos desastres por município do Rio Grande do Sul



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15 - Prejuízo médio anual dos desastres, valor por habitante, por município do Rio Grande do Sul



Fonte: Elaborado pelo autor.

No que concerne ao prejuízo anual por município, em termos absolutos, a distribuição espacial revela índices mais preocupantes na porção centro-sul do RS (Figura 14), enquanto no índice proporcional à população (Figura 15) o padrão é mais heterogêneo, com leve concentração na porção centro-oeste e norte do estado, em especial, na Região Hidrográfica do Rio Uruguai.

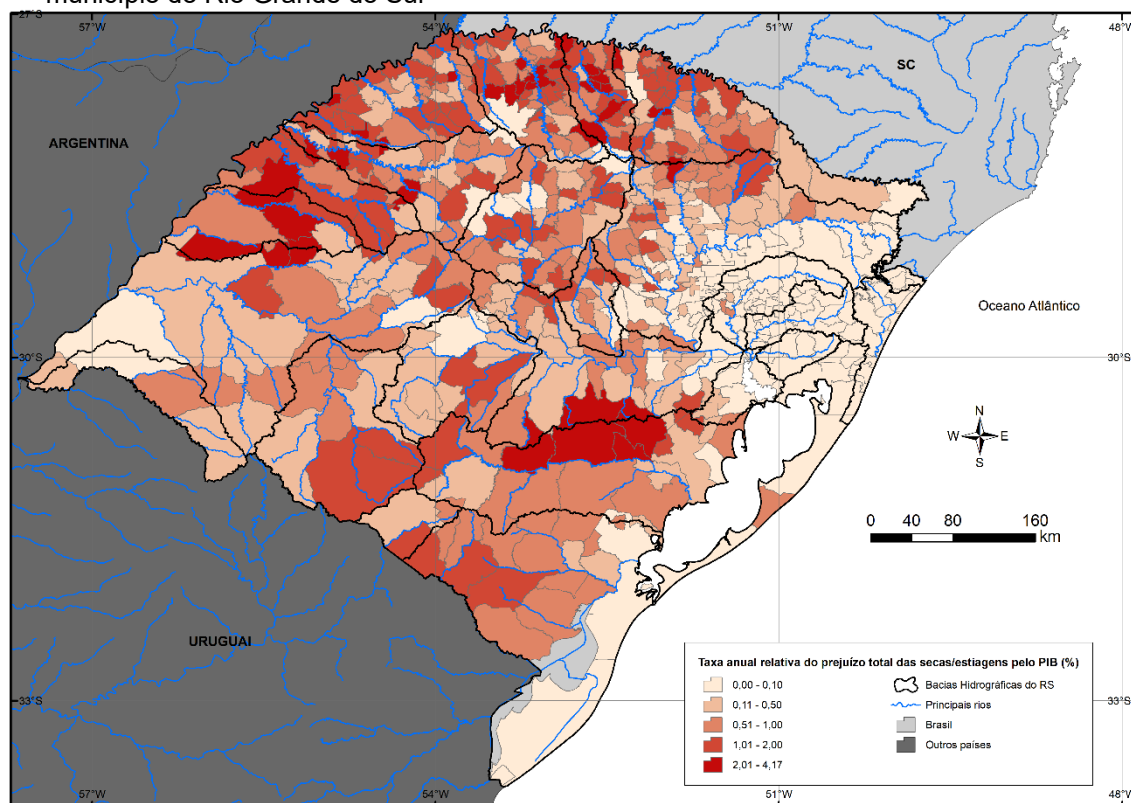
Em relação especificamente às estiagens, relativizar os prejuízos dos desastres pelo Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios é importante, pois revela o grau de comprometimento da economia municipal frente a esses eventos extremos que têm sido recorrentes no estado. Considerando todo o período de análise, muitos municípios apresentam prejuízos médios anuais que superam 1% do PIB em função de estiagens e secas (Figura 16). Esse valor pode ser bem maior em alguns anos, como em 2022, quando o prejuízo estimado foi de R\$ 20 bilhões em todo RS, correspondendo a mais de 3% do PIB estadual.

Realizada a análise espacial e o diagnóstico de alguns dos principais tópicos que abrangem os recursos hídricos no RS, neste estudo, se propõe

uma discussão geral sobre os desafios e as perspectivas para a gestão das águas e dos riscos associados aos desastres. Enfim, o que impede ou limita avanços mais significativos em relação à legislação federal e estadual, em especial, à Política Nacional de Recursos Hídricos e Política Estadual de Recursos Hídricos? Quais aspectos dificultam a execução das ações previstas nos planos de bacia já concluídos?

Um dos pontos nevrálgicos se refere à falta de uma visão sistêmica e integrada por parte dos gestores municipais, estaduais e federal (Maciel, 2018). O sistema hidrológico não respeita as divisões político-administrativas que historicamente utilizamos na gestão pública. Uma articulação coordenada e integrada das três esferas é crucial, para que todos os municípios, estados e governo federal possam contribuir com a sua parte para atingir as metas estipuladas para a bacia em seu plano.

Figura 16 - Taxa anual relativa do prejuízo total das secas e estiagens dividido pelo PIB, por município do Rio Grande do Sul



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os gestores precisam incorporar na estrutura administrativa do Estado os mecanismos necessários para a tomada de decisão ser mais efetiva nas

bacias hidrográficas, de modo a descentralizar recursos para ações voltadas à qualificação dos recursos hídricos. O planejamento deve levar em conta a compreensão de que o ciclo hidrológico está associado a um sistema e que este deve ser tratado na unidade territorial de bacias. Atualmente, os Comitês de Bacia possuem alcance limitado, especialmente, porque não se sustentam financeiramente, não possuem orçamento para implementar ações mais efetivas em relação ao saneamento e melhoria das condições ambientais relacionadas aos recursos hídricos, como revela o RARH (Rio Grande do Sul, 2022). Convém lembrar que esse cenário não é exclusivo do Rio Grande do Sul, tem sido amplamente debatido por pesquisadores, técnicos e gestores em outros estados do país e revela uma dificuldade em nível nacional (Carvalho, 2020).

Em relação à gestão qualitativa das águas, é importante que o Estado do Rio Grande do Sul viabilize, por exemplo, o instrumento da outorga de lançamento de efluentes. Atualmente, as autorizações para disposição de efluentes, emitidas no âmbito do licenciamento ambiental, ainda são avaliadas pontualmente. Não é realizada a análise cumulativa dos efeitos destes lançamentos nos corpos hídricos, o que seria imprescindível para melhor compreensão da dinâmica dos poluentes nos rios. Além disso, a situação atual não permite o controle social e a gestão descentralizada dos comitês. Deste modo, é fundamental uma aproximação da Sema/RS com os órgãos de licenciamento municipais, visando ampliar o acesso aos dados de lançamento de efluentes licenciados e permitir a realização de estudos sobre a diluição e dispersão dos poluentes hídricos. Ademais, para que as metas de enquadramento de corpos hídricos possam ser alcançadas, investimento em saneamento é crucial. Deve-se buscar prioridades em cada bacia, especialmente, aquelas que possuem mais atividades da sociedade e/ou serviços ecossistêmicos que dependam de melhor qualidade hídrica.

Outro tópico que merece ser destacado se refere às agências: apesar de previstas em Lei, as Agências de Bacias Hidrográficas ainda não foram implantadas no RS. Este entrave também dificulta a implementação de ações necessárias à gestão adequada dos recursos hídricos no estado, pois sem isso não há uma perspectiva otimista em relação ao orçamento necessário para a realização de obras voltadas ao saneamento ambiental e/ou monitoramento

das condições hidrológicas. A cobrança pelo uso dos recursos hídricos, por exemplo, é uma das atribuições relacionadas às Agências de Bacias Hidrográficas, que são instituições de apoio técnico e administrativo aos comitês (Gimenez; Cichelero; Danieli, 2019).

No RARH são apontadas outras questões relevantes, dentre as quais, destacam-se:

- a) a necessidade de ampliação do apoio técnico aos comitês;
- b) a importância de se definir de forma mais clara as prioridades do Sistema Estadual de Recursos Hídricos (SERH);
- c) a progressiva implementação dos demais instrumentos de gestão, como a cobrança pelo uso e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

Além disso, o documento aponta a urgência para atender às demandas existentes para elaboração, revisão e atualização dos Planos de Bacia (PBH), mantendo sua articulação com os planos estadual e nacional. Os PBH devem, sempre que possível, estar alinhados com o planejamento realizado no âmbito dos COREDEs.

A manutenção e ampliação da rede de monitoramento hidrológico consiste em outro desafio (Garbossa; Novaes; Lapa, 2020). Não é possível desenvolver políticas públicas e gestão de recursos hídricos sem informações sistemáticas e atualizadas da situação hídrica, em termos qualitativos (parâmetros físicos, químicos e microbiológicos) e quantitativos (chuva, nível fluvial, vazão, sedimentos etc.). A Sema/RS ressalta, por exemplo, a importância da continuidade do programa Qualiágua para a manutenção do monitoramento contínuo da qualidade da água superficial no RS (Rio Grande do Sul,, 2022).

No que se refere à gestão de risco de desastres, atualmente, o grande desafio no Rio Grande do Sul envolve o enfrentamento da crise hídrica. Para além disso, outro tópico se refere aos eventos extremos de origem hidrometeorológica, para os quais é necessário:

- a) gerar, atualizar e consolidar mapas de áreas suscetíveis e de perigo;
- b) identificar e atualizar o cadastro de populações vulneráveis e expostas a inundações, enxurradas e movimentos de massa;

- c) elaborar mapas e avaliação de riscos para compor os Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR);
- d) estudar a viabilidade de medidas estruturais e não-estruturais para controle de inundações, alagamentos e movimentos de massa;
- e) manter e ampliar a rede de monitoramento hidrometeorológica.

Outra perspectiva, em relação aos desastres de modo geral, diz respeito a uma estratégia para a implantação e consolidação de um sistema integrado de previsão e prevenção de desastres, com aperfeiçoamento e/ou atualização dos modelos de ordem meteorológica e hidrológica.

Por fim, entende-se como urgente, para cada bacia hidrográfica, compatibilizar as demandas hídricas e o uso da água às disponibilidades e oferta do sistema hidrológico, buscando sempre que possível o uso múltiplo e racional dos recursos, incluindo, se necessário, a cobrança do uso e valorização da água como bem comum, que possui valor e é limitado. Em relação às demandas hídricas, sistema de outorgas e, em especial, aos usos de águas subterrâneas, o RARH enfatiza a necessidade de dar continuidade e ampliar o Programa de Regularização de Poços, para reduzir o passivo de irregularidade. O Censo 2010 (IBGE) identificou mais de 400 mil domicílios abastecidos por poços no RS, porém pouco mais de 8 mil está registrado no sistema estadual. Se não conhecermos as retiradas de águas subterrâneas, a capacidade de recarga do sistema pode ser comprometida, de modo a inviabilizar a sustentabilidade hidrogeológica de nossos aquíferos. Esse é um dos principais desafios da gestão quantitativa das águas no RS: a falta de conhecimento acerca das demandas hídricas, atual e futura, que pode ser aprimorada por meio da regularização dos usuários no SIOUT/RS.

3. Considerações finais

Esta pesquisa se propôs a realizar um diagnóstico e análise espacial integrada dos recursos hídricos no Rio Grande do Sul, por meio de geoprocessamento e mapeamento de diversos indicadores. Para tanto, foi adotada uma metodologia quali-quantitativa, através da integração e análise sistêmica de dados provenientes de bases digitais disponíveis para o estado. O estudo permitiu identificar as dificuldades, os desafios e as perspectivas para a

gestão das águas nas bacias hidrográficas visando a implementação de efetivas políticas públicas no setor.

A pesquisa revelou resultados preocupantes em relação ao comprometimento da vazão outorgável em algumas bacias hidrográficas do estado, com índice superior a 80%. Identificou-se que a maioria das bacias não atinge nem 30% de atendimento dos domicílios por esgotamento sanitário, o que necessariamente interfere na qualidade dos recursos hídricos. Além disso, este estudo mostrou que, nas últimas décadas, aproximadamente 460 mil habitantes, em média por ano, foram afetados por desastres hidrológicos, meteorológicos ou climáticos.

A partir dos resultados e discussão apresentada, conclui-se que os principais desafios, que impedem ou limitam a execução das ações previstas nos planos de bacia, são:

- a) a falta de uma visão sistêmica e integrada por parte dos gestores públicos;
- b) os entraves para a criação das Agências de Bacias Hidrográficas e, conseqüentemente, a dificuldade de implementação dos demais instrumentos de gestão, como a cobrança pelo uso e o sistema de informações sobre recursos hídricos;
- c) a falta de conhecimento acerca das demandas hídricas e o passivo de irregularidade dos poços para retirada de águas subterrâneas;
- d) a inexistência de um instrumento efetivo para a outorga de lançamento de efluentes e sua análise cumulativa em corpos hídricos.

Como perspectivas, a pesquisa identificou, entre outros, a necessidade de investimento em saneamento para que as metas de enquadramento de corpos hídricos possam ser alcançadas. As prioridades de cada bacia precisam ser (re)definidas de modo a implementar mais rapidamente ações que visam melhorar a qualidade hídrica. Além disso, foi destacada: a importância da manutenção e ampliação da rede de monitoramento hidrológico; a necessidade de adoção de uma estratégia para a implantação e consolidação de um sistema integrado de previsão e prevenção de desastres, com aperfeiçoamento e/ou atualização dos modelos de ordem meteorológica e hidrológica; além da

urgência em compatibilizar as demandas hídricas e o uso da água às disponibilidades e oferta do sistema hidrológico.

Referências

BANCO MUNDIAL. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil**: 1995-2019. 2 ed. Florianópolis: GFDRR; FAPEU; UFSC; CEPED, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/danos_e_prejuizos-versao_em_revisao.pdf. Acesso em: 31 out. 2022.

BARBOSA, F. D. **Comitês de Bacias Hidrográficas, representação e participação**: desafios e possibilidades à gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil. 2019. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11643>. Acesso em: 13 out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 16 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Sistema integrado de informações sobre desastres**. Brasília, 2022a. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>. Acesso em: 31 out. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Brasília, 2022b. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 31 out. 2022.

BRÊDA, J. P. L. F. *et al.* Climate change impacts on South American water balance from a continental-scale hydrological model driven by CMIP5 projections. **Climatic Change**, Dordrecht, v. 159, n. 4, p. 503-522, 2020.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente, Prudente, v. 1, n. 42, p. 140-161, 2020.

GARBOSSA, L. H. P.; NOVAES, A. L. T.; LAPA, K. R. Automação de baixo custo como alternativa para monitoramento hidrológico. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 72-76, 2020.

GIMENEZ, J. R.; CICHELERO, C. A.; DANIELI, G. S. A omissão do Estado do Rio Grande do Sul na cobrança pelo uso dos recursos hídricos. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 10, n. 2, 2019.

GUASSELLI, L. A.; ETCHELAR, C. B.; BELLOLI, T. F. Os impactos do cultivo de arroz irrigado sobre as áreas úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande do rio Gravataí-RS. *In*: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Proceedings [...]**. Foz do Iguaçu, 2013. p. 13-18.

GUEDES, H. A. S.; PRIEBE, P. D. S.; MANKE, E. B. Tendências em séries temporais de precipitação no Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 34, p. 283-291, 2019.

MACIEL, E. M. A complexidade no gerenciamento de bacias hidrográficas: consumo e gestão integrada. **Revista Brasileira de Gestão e Engenharia**, São Gotardo, v. 9, n. 1, p. 122-136, jan./jun. 2018. Disponível em: <https://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia/article/view/367>. Acesso em: 16 set. 2022.

MIRANDA, G. M. Motivações e desafios para a implementação da gestão integrada de recursos hídricos em federações: os casos brasileiro e suíço. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 17, e6, jan./dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21168/rega.v17e6>. Acesso em: 2 mar. 2022.

MIRANDA, P. T. *et al.* Alterações nas vazões dos rios da América do Sul: uma comparação entre histórico passado e projeções futuras. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24., 2021, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRHidro, 2021. p. 1-9. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/233956>. Acesso em: 21 fev. 2022.

NAITZEL, L. T. **Validação de modelos climáticos globais e análise de projeções futuras para o Rio Grande do Sul**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/231335>. Acesso em: 16 ago. 2022.

OLIVEIRA, G. G. **Abordagem estocástica para análise da relação entre a disponibilidade e a demanda hídrica no futuro**. 2014. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/115215>. Acesso em: 23 jan. 2022.

OLIVEIRA, G. G.; PEDROLLO, O. C.; CASTRO, N. M. D. R. Stochastic approach to analyzing the uncertainties and possible changes in the availability of water in the future based on scenarios of climate change. **Hydrology and**

Earth System Sciences, [s.l.], v. 19, n. 8, p. 3585-3604, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/hess-19-3585-2015>. Acesso em: 23 jul. 2022.

OSTAD-ALI-ASKAR, K.; SU, R.; LIU, L. Water resources and climate change. **Journal of Water and Climate Change**, [s.l.], v. 9, n. 2, 2018.

PENALBA, O. C.; RIVERA, J. A. Precipitation response to El Niño/La Niña events in Southern South America—emphasis in regional drought occurrences. **Advances in Geosciences**, [s.l.], v. 42, p. 1-14, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/adgeo-42-1-2016>. Acesso em: 31 jan. 2022.

PESCKE, I. K.; PEREZ, K. J.; LARA, D. M. (2022). Se não agora, quando? Água e saneamento como ODS da Agenda 2030 e a realidade no Rio Grande do Sul (Brasil). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, Diadema, v. 17, n. 2, p. 433-451, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34024/revbea.2022.v17.13422>. Acesso em: 2 mar. 2022.

POKHREL, Y. *et al.* Global terrestrial water storage and drought severity under climate change. **Nature Climate Change**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 226-233, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-020-00972-w>. Acesso em: 20 out. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Relatório anual de recursos hídricos: 2021**. Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://www.Sema.rs.gov.br/relatorio-rh>. Acesso em: 1 nov. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Sistema de outorga de água do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2023. Disponível em: <http://www.sout.rs.gov.br/#/>. Acesso em: 7 mar. 2023.

SENEVIRATNE, S. I. *et al.* Weather and climate extreme events in a changing climate. In: MASSON-DELMOTTE, V. *et al.* (ed.). **Climate change 2021: the physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2021. p. 1513–1766.

SILVA, M. B.; HERREROS, M. M. A. G.; BORGES, F. Q. Gestão integrada dos recursos hídricos como política de gerenciamento das águas no Brasil. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 101-115, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reaufsm/article/download/13358/pdf>. Acesso em: 21 mar. 2023.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: ABRH, 2007. p. 35-51.

TAYLOR, R. G. *et al.* Ground water and climate change. **Nature Climate Change**, [s.l.], v. 3, n. 4, p. 322-329, 2013. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nclimate1744>. Acesso em: 21 mar. 2023.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, São Paulo, v. 70, p. 24-35, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i70p24-35>. Acesso em: 21 mar. 2023.

UCSB. **Climate hazards group infrared precipitation with stations (CHIRPS)**. Santa Barbara, 2023. Disponível em: <https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>. Acesso em: 15 mar. 2023.

USFC. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas digital de desastres no Brasil**. Florianópolis, 2023. Disponível em: <http://atlasdigital.mdr.gov.br/>. Acesso em: 28 abr. 2023.