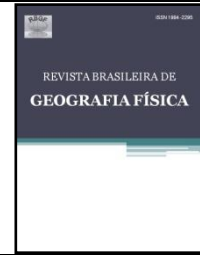




# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Desafios no Processo de Obtenção da Segurança Hídrica Frente a Aplicação dos Instrumentos de Gestão da Água

Rodrigo Zanelati Ribeiro<sup>1</sup>, Denilson Teixeira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestrado em Ciências ambientais pela Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCIAMB), Universidade Federal de Goiás, CEP: 74.690-900, Goiânia (GO), Brasil, Tel.: (+55 62) 99607-0608, rodrigo.zanelati.ribeiro@gmail.com. <sup>2</sup> Pós-doutorado no CENSE - Center for Environmental and Sustainability Research, Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL) Portugal, (2017). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCIAMB), Universidade Federal de Goiás, CEP: 74.690-900, Goiânia (GO), Brasil, Tel.: (+55 62) 99607-0608, dteixeira@ufg.br.

Artigo recebido em 01/12/20XX e aceito em 29/06/2022

### RESUMO

O aumento da demanda por água tem agravado os conflitos entre diferentes usuários e cerca de metade da população mundial vive em áreas de potencial escassez hídrica, por pelo menos um mês ao ano, percentual esse que pode se agravar até 2050. Estas duas evidências apontam a dimensão da crise hídrica em uma escala mundial. A ampla literatura sobre o tema destaca que essa crise, está mais relacionada à gestão do que à disponibilidade do recurso. Nesse sentido, existem lacunas em relação ao entendimento e aplicabilidade de instrumentos responsáveis pelo suporte ao processo de Gestão Integrada de Recursos Hídricos - GIRH, assim como, sua importância para a Segurança Hídrica. Neste contexto, o objetivo principal da pesquisa é caracterizar o cenário atual de Segurança Hídrica em uma bacia hidrográfica interestadual, assim como as fragilidades dos instrumentos legais envolvidos nesse processo. Para tanto, foi elaborado um mapeamento de risco demonstrando os pontos de fragilidade à Segurança Hídrica a partir dos dados de consumo da água, uso e ocupação do solo e disponibilidade hídrica da bacia. O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Paranaíba, devida sua importância socioeconômica para a região centro oeste do Brasil e apresenta como principais conclusões a necessidade da efetiva aplicação dos instrumentos de gestão da Lei nº 9.433 de 1997, além da demonstração dos riscos elevados à segurança hídrica em regiões à montante de grandes centros urbanos e principalmente em regiões próximas à nascente do rio Paranaíba. Os resultados encontrados refletem uma realidade nacional.

Palavras-chave: Segurança hídrica, Instrumentos de gestão da água, Risco hídrico, Usos do solo.

## Challenges in the Process of Obtaining Water Security Front of Water Management Instruments Application

### ABSTRACT

The increase in water demand has aggravated conflicts between different users and about half of the world population lives in areas of potential water scarcity, for at least one month a year, a percentage that could worsen until 2050. These two pieces of evidence point to dimension of the water crisis on a world scale. The extensive literature on the subject highlights that this crisis is more related to management than to resource availability. In this sense, there are gaps in the understanding and applicability of instruments responsible for supporting the Integrated Water Resources Management - IWRM process, as well as their importance for Water Security. In this context, the main objective of the research is to characterize the current scenario of Water Security in an interstate watershed, as well as the weaknesses of the legal instruments involved in this process. To this end, a risk mapping was drawn up showing the weak points in terms of water security, based on data on water consumption, land use and occupation, and water availability in the basin. The study was carried out in the hydrographic basin of the Paranaíba River, due to its socioeconomic importance for the central west region of Brazil, and presents as its main conclusions the need for the effective application of the management instruments of Law nº. 9,433 of 1997, in addition to the demonstration of the high risks to water security in upstream regions of large urban centers and especially in regions close to the source of the Paranaíba river. The results found reflect a national reality.

Keywords: Water security, Water management instruments, Water risk, Land use.

## Introdução

É fácil perceber nas mídias ao redor do mundo como o assunto água é relevante e como os problemas decorrentes das crises hídricas são noticiados à população em geral.

Por meio do renomado jornal *The New York Times*, em 2019 publicou um conteúdo sobre estresse hídrico global com o seguinte título: “Um quarto da humanidade enfrenta a iminente crise da água” (NYT - Climate and Environment, 2019).

No Brasil o canal de notícias *Globo News* apresentou em 2019 uma matéria demonstrando preocupações com a crise hídrica no país, matéria essa que ganhou o título: “Crise hídrica: pode faltar água para 74 milhões de brasileiros até 2035”.

Esse é o cenário no qual estamos vivendo. Ano após ano, em diversas partes do mundo, as populações vêm sofrendo com períodos maiores e mais severos de escassez de água que afetam até mesmo as necessidades básicas dos seres vivos.

Por anos estudos vêm sendo realizados com o intuito de entender os motivos e as formas de ocorrência dos eventos de escassez de água, assim como buscam prever situações de crise que afetarão a vida das populações.

Nessa perspectiva, estima-se que cerca de metade da população mundial viva em áreas de potencial escassez hídrica por pelo menos um mês ao ano, sendo ainda que esse percentual pode se agravar até 2050, podendo chegar a aproximadamente 5,7 bilhões de pessoas afetadas pela falta de água (Burek, 2016).

Essas situações de estresse, a qual tais populações enfrentam, as obrigam partir em busca de melhores condições, e nesse aspecto as Nações Unidas (2009) prevê que cerca de 700 milhões de pessoas poderão se deslocar para outras regiões em busca de melhor acesso à água até 2030 (Loftus, 2021).

Além disso, a crescente escassez associada à necessidade constante de desenvolvimento do homem vem provocando aumento nos fatores de estresse por meio das coincidências espaciais e conflitos pelo uso da água (Vörösmarty et al., 2010) (Ribeiro, 2020).

E como é colocado pelo Conselho Nacional da Indústria – CNI (2019) “[...] o desafio da segurança hídrica no país está mais relacionado à gestão do que à disponibilidade do recurso”, o que é uma verdade, visto que o Brasil está entre os países com maior disponibilidade de água potável no mundo, muito embora, encontra-se entre os cinco maiores consumidores de água do planeta com um consumo de 482 Gm<sup>3</sup>/ano, estando atrás

somente dos Estados Unidos, China e Índia (Hoekstra, 2012) (Cadore e Tochetto, 2021).

É diante deste cenário que a temática da segurança hídrica vem ganhando força e se consolidando como o conceito que busca entender os recursos hídricos e seus efeitos na qualidade de vida dos seres vivos, de forma a garantir água em qualidade e quantidade aceitáveis, prevenir eventos extremos se secas ou inundações, evitar o conflito pelo uso do recurso e promover o desenvolvimento sustentável (de Castro, 2021) (Freitas e de Araújo, 2021) (Taka et al., 2021).

Contudo, para entender esses novos desafios, estudos que buscam compreender o sistema hídrico desde alterações climáticas, caracterizações dos usos da água, modificações dos espaços geográficos, efeitos das ações humanas e até mesmo os comportamentos culturais em relação aos recursos hídricos vem sendo desenvolvidos com o intuito de demonstrar a atual situação desse recurso, entender sua dinâmica e prever os possíveis cenários futuros para que seja criado estratégias de busquem garantir a segurança hídrica aos diversos usuários existentes (Dacol e Tischer, 2020) (Proença et al, 2020) (Martínez, 2020).

Sendo assim, percebe-se que há muitos desafios na busca da segurança hídrica para garantir o bem-estar das populações, iniciando-se pela necessidade de melhoria nos processos de gestão dos recursos hídricos, tais como a aplicação ampla e consolidada dos instrumentos legais de gestão da água e os fatores ligados ao uso e ocupação do solo, de forma a compreender como estes fatores têm afetado o cenário nas bacias hidrográficas.

Nessa perspectiva, a presente pesquisa tem por objetivo principal a caracterização do cenário atual de segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Paranaíba, a partir da identificação das fragilidades na aplicação dos instrumentos de gestão da água dispostos na Lei nº 9.433 de 1997 e da determinação das regiões de potencial escassez.

A bacia hidrográfica do rio Paranaíba é a maior bacia, em área, do estado de Goiás/Brasil e a segunda maior contribuição ao rio Paraná (Rosa et al., 2014). Sendo essa uma bacia com predominância no Cerrado, bioma esse em foco nas questões econômicas brasileiras, principalmente no que tange ao desenvolvimento do agronegócio, e que se destaca também na geração de energia hidrelétrica que abastece, em sua maioria, os estados de Goiás e Minas Gerais (Flauzino et al., 2010). Logo, é perceptível que a gestão dos recursos hídricos da bacia do Paranaíba é um grande desafio para o desenvolvimento sustentável

da região Centro-Oeste brasileiro, assim como a obtenção da segurança hídrica nessa região.

Dessa forma, para atingir o objetivo proposto foi realizado o levantamento dos instrumentos legais de gestão da água em atividade na bacia do rio Paranaíba, os dados de outorgas válidas para a região, a caracterização dos diversos usos do solo da bacia, o mapeamento desses usos e mapeamento de risco à segurança hídrica.

Por meio da metodologia desenvolvida observou-se que alguns dos instrumentos de gestão não foram aplicados ou estão em atividade de forma parcial na bacia, sendo necessário a aplicação efetiva de todos os instrumentos para atender a Lei nº 9.433 de 1997; a maior parte dos usos da água estão relacionados com atividades de irrigações, representando cerca de 79%, e abastecimento humano, com aproximadamente 7% dos usos totais; e que a bacia apresenta riscos elevados à segurança hídrica em regiões à montante de grandes centros urbanos e principalmente em regiões próximas à nascente do rio Paranaíba.

Face as conclusões observadas neste trabalho, percebe-se sua importância nos estudos dos recursos hídricos. A visualização das fragilidades encontradas no processo de aplicação dos instrumentos de gestão, assim como, o entendimento da dinâmica entre os usos do solo e da água, são fatores que trazem subsídios para a compreensão do cenário atual de segurança hídrica desta bacia e auxiliam nas futuras tomadas de decisões referentes à gestão dos recursos hídricos. Além disso, a metodologia desenvolvida traz uma estrutura que pode ser aplicada em diversas outras bacias hidrográficas.

#### Segurança hídrica:

A temática sobre os recursos hídricos é uma discussão antiga, remetendo a meados da década de 60, com foco no desenvolvimento de infraestruturas hídricas, na década de 80 com o início das abordagens sobre a gestão da água e, então, na década de 90 chegando ao entendimento de que as questões hídricas deveriam ser tratadas de maneira integrada (Savenije e Van der Zaag, 2008). Mas, somente diante dos cenários de crescente escassez e eventos climáticos extremos observados nos últimos anos que o termo “Segurança Hídrica” ganha força (Pandey, 2021).

Ao mesmo tempo, esse tema ao ganhar destaque nas discussões mundiais, torna-se um conceito fundamentado, o qual passa a ser definido pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO (2021)

como “a capacidade de uma população em manter o acesso a quantidades adequadas de água com qualidade aceitável para sustentar a saúde humana e do ecossistema em uma bacia hidrográfica, garantindo a proteção eficiente à vida e propriedades, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias”.

Embora atualmente a segurança hídrica seja um conceito consolidado, ainda há autores que discutem a temática e sua relação com outros conceitos. Alguns tendem a abordar a segurança hídrica baseados em fatores associados à gestão integrada, sustentabilidade ou mesmo à adaptabilidade ambiental (Pandey, 2021). Em outros casos, apropriam do conceito de forma mais restrita buscando adaptá-lo à discussão de outras temáticas de igual ou maior relevância (Hoekstra e van Ginkel, 2018).

Mas dentre os diversos entendimentos e utilizações do conceito sobre segurança hídrica, o que está em foco é uma nova visão da relevância dos recursos hídricos e a necessidade de sua comunicação com outras áreas do conhecimento, atingindo uma abrangência interdisciplinar que ultrapasse as fronteiras da gestão integrada. Nesse momento, a segurança hídrica passa a ser a temática principal e os demais conceitos trabalham como apoio para o entendimento do contexto atual dos recursos hídricos diante dos cenários e desafios que estamos enfrentando (Acuña-Alonso, 2021).

Desafios esses relacionados aos aumentos nas demandas de água para abastecer nosso sistema produtivo e de distribuição que vêm crescendo rapidamente em todo o mundo, nos levando à cenários em que a falta de água em diversas regiões do planeta, principalmente em regiões áridas e de baixa disponibilidade hídrica como norte da África, Oriente Médio, Austrália Central e até mesmo partes da Argentina e Chile (Mekonnen e Hoekstra, 2016) tenham as vidas das pessoas afetadas diretamente.

Além disso, a crescente escassez associada à necessidade constante de desenvolvimento do homem, vem provocando aumento nos fatores de estresse por meio das coincidências espaciais e conflitos pelo uso da água (Vörösmarty et al., 2010).

Mesmo o Brasil, considerado um dos países com maior disponibilidade hídrica do mundo com cerca de 12% da água doce do planeta, vem sofrendo com situações de escassez em diversas regiões. Isso ocorre devido à falta de equilíbrio entre a distribuição geográfica dos recursos hídricos e seus usos e da distribuição da população pelo país (ANA, 2020).

Nesse sentido é possível identificar a ocorrência de variados estudos pelo mundo que buscam analisar fatores ligados aos usos dos recursos hídricos. Estudos que trazem discussões desde alterações climáticas e seus efeitos nos regimes hídricos (Guarnier e Barroso, 2021) (Ahmed et al., 2021) (Stringer et al., 2021), ou os impactos das alterações na disponibilidade de água e usos do solo, principalmente no que tange usos para processos produtivos como irrigações e produções hidrelétricas (Chen et al., 2021) (Siqueira et al., 2021) (Campos et al., 2021) (Mello et al., 2021), até estudos focados em entender os aspectos da gestão ligadas à obtenção da segurança hídrica e futuros cenários sobre a situação dos recursos hídricos (Robinne et al., 2021) (Iese et al., 2021) (Wingfield et al., 2021).

Observa-se também a importância em se entender a dinâmica dos usos dos solos, pontuando-se principalmente as mudanças provenientes de ações antrópicas, e como esse processo de alterações na ocupação da bacia hidrográfica tem refletido no ciclo hidrológico. Tem se tornado comum encontrar trabalhos preocupados em demonstrar os efeitos das expansões urbanas no microclima regional e as alterações dos regimes hídricos nessas áreas, assim como os efeitos dos centros urbanos na qualidade da água e os prejuízos à segurança hídrica relacionado a questões de saúde pública (Alavijeh et al., 2021) (Prasood et al., 2021).

Já com vistas às questões relativas à preservação ambiental, é possível encontrar estudos que tratam das áreas de matas e como essas áreas são relevantes para a manutenção dos corpos hídricos tanto em quantidade como em qualidade da água (Vörösmarty et al., 2021) (Koner e Samanta, 2021).

Outros horizontes de pesquisas, pensando na segurança hídrica, são as preocupações com os eventos críticos relacionados às chuvas extensas, que provocam enchentes, inundações e preocupações sobre a segurança de barragens, ou, em oposição, os eventos extremos de seca que geram escassez de água e afetam diretamente até mesmo as necessidades básicas das pessoas (Qiu et al., 2021) (Guarnier e Barroso, 2021).

E ainda, uma problemática que ocorre não só no Brasil como em todo o mundo, os efeitos das más gestões governamentais no processo de gestão dos recursos hídricos, tendo esta questão grande atenção em diversas discussões acadêmicas e eventos mundiais sobre o meio ambiente e desenvolvimento sustentável (Julio et al., 2021)

(Keskinen et al., 2021) (Brennan et al., 2021) (Wutich et al., 2021).

Nacionalmente, a importância em fundamental e colocar em prática os conceitos acerca da segurança hídrica alcançaram o mais alto escalão da gestão pública e, por meio da Agência Nacional de Águas e Saneamento, desenvolveram e publicaram, em 2020, o Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH.

O PNSH traz consigo o conceito base abordado pela Organização das Nações Unidas - ONU, por meio da UNESCO, e tem como objetivo principal a elaboração de índices de segurança hídrica para todo o Brasil por meio da abordagem de quatro dimensões principais, sendo elas: garantia de suprimento de água para atividades produtivas e usos múltiplos, garantia de acesso à água adequada às necessidades básicas e bem-estar da população, preservação de ecossistemas e da água em benefício da natureza e das pessoas e resiliência a eventos extremos, como secas e inundações.

O desenvolvimento do PNSH no Brasil é de suma importância tendo em vista os cenários de crises hídricas pelo qual o país vem passando, principalmente na última década, destacando-se o ocorrido entre 2013 e 2016 em que devido a um longo período de estiagem, associado ao elevado consumo de água, aproximadamente 48 milhões de brasileiros se encontraram em situação de insegurança hídrica devido ao cenário de escassez (Santana et al., 2020) (da Silva e Samora, 2019).

E esses cenários não cessaram, sendo que ano após ano o país vem sofrendo com novos eventos de escassez. Somente em 2020 a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Goiás - SEMAD/GO, por meio da Portaria nº 212/2019 caracteriza 5 (cinco) das 16 (dezesesseis) bacias estaduais como em estado de criticidade - “consideradas aquelas onde existam conflitos instalados pelo uso da água”, ou seja, localidades onde a demanda de água é maior que a oferta, fazendo com que alguns usuários não tenham acesso garantido ao recurso.

### **Instrumentos legais de gestão da água:**

Diante do contexto nacional, foi publicada em janeiro de 1997 a Lei nº 9.433 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, também conhecida como lei das águas. A PNRH traz consigo uma série de objetivos, fundamentos, diretrizes e instrumentos com objetivo de assegurar a disponibilidade de água em quantidade e qualidade, promover a utilização racional dos recursos hídricos e a prevenção contra eventos

hidrológicos críticos naturais ou antrópicos (Machado et al., 2019).

Em relação aos instrumentos legais de gestão da água, pela Lei nº 9.433 de 1997, em seu capítulo IV tem-se:

“DOS INSTRUMENTOS”

“Art. 5º São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:”

“I - os Planos de Recursos Hídricos;”

“II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;”

“III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;”

“IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;”

“V - a compensação a municípios;” – Vetado

“VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.”

Os instrumentos da PNRH são reconhecidos como de vital importância dentro dos processos de gestão e possuem como objetivos auxiliar a obtenção de prognósticos sobre os recursos hídricos e suas demandas nas bacias hidrográficas, nortear as necessidades de investimentos no que diz respeito às estruturas e programas de gestão da água e auxiliar na identificação de possíveis conflitos pelo uso do recurso advindos dos usos múltiplos (Couceiro e Hamada, 2011).

Dentre os instrumentos, existem 5 (cinco) em validade e 1 (um), a compensação a municípios, que se encontra vetado. Dos instrumentos em validade, temos os planos de recursos hídricos que são documentos elaborados para bacias hidrográficas contendo a caracterização e prognósticos com o intuito de delinear os planejamentos dos usos da água em longo prazo (Pizella, 2015). É ainda o instrumento que através de uma visão integrada trabalha como orientador das ações dos órgãos gestores e comitês de bacias para a promoção do desenvolvimento sustentável (PRHP, 2013).

O enquadramento dos corpos de água em classes é definido pela resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA nº 357 de 2005 como sendo o “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo”. Ainda segundo essa resolução, tem-se que o enquadramento dos corpos hídricos podem ocorrer em 5 (cinco) classes distintas, sendo elas: especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4, de modo que a classe especial é a classe com maiores exigências de qualidades e a classe 4 a de menores exigências

(Machado et al., 2019). Observa-se aqui que, a resolução do CONAMA nº 357/2005, diante da falta de enquadramento definido por estudos aprovados pelos comitês de bacias, determina que todos os corpos hídricos serão enquadrados como classe 2.

Para a outorga de direito de uso, diante do exposto pela PNRH, esse instrumento “tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água” e “deverá preservar o uso múltiplo destes”. Pela Agência Nacional de Água e Saneamento - ANA (2019), a outorga “trata-se de uma autorização de uso da água que, não obstante o seu caráter administrativo, depende de uma série de análises técnicas realizadas pelos órgãos gestores de recursos hídricos”, sendo ainda o direito ao uso da água, estabelecido pelo ato de outorga, um direito não alienado, podendo ser revogado a qualquer momento.

Por determinação da própria PNRH, a emissão das outorgas caberá prioritariamente aos órgãos estaduais, quando os recursos hídricos estiverem sob domínio estadual – corpos d’água que possuem nascente e foz dentro do mesmo domínio estadual, e a órgão federal, quando os recursos hídricos estiverem sobre domínio da união - corpos d’água que escoam por mais de um domínio estadual ou corpos d’água provenientes de obras federais.

É importante ressaltar que esta ferramenta está diretamente ligada à criação do sistema de informações, já que são as informações contidas nas outorgas de uso da água que alimentam o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos - SIRH (Silva et al., 2021).

A cobrança pelo uso da água é o instrumento que segundo a PNRH possuem três objetivos principais, tais como: “I) reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; II) incentivar a racionalização do uso da água e; III) obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos”. Nesse aspecto, a ANA (2019) afirma que “a cobrança não é um imposto, mas uma remuneração pelo uso de um bem público, cujo preço é fixado a partir da participação dos usuários da água, da sociedade civil e do Poder Público [...]”.

Para o último dos instrumentos em atividades, o sistema de informações sobre recursos hídricos “é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores

intervenientes em sua gestão” (PNRH, 1997). Pode se dizer também que esse instrumento deve apresentar dados amplos e consistentes, visto que servirão como base para a realização de estudos e tomadas de decisões em relação aos usos dos recursos hídricos (Gama e Condurú, 2019). E, ainda pela PNRH, é colocado que as informações contidas nos sistemas de informações devem possuir como princípio o “acesso aos dados e informações garantidos à toda a sociedade”.

### **Os usos e ocupação do solo no contexto dos usos da água:**

Ao se pensar na temática e os fatores que estão diretamente ligados à antropização e alterações dos recursos hídricos, os usos e ocupações do solo serão sempre um dos principais componentes de análise e avaliação para os estudos referentes à água.

Nesse aspecto é notado o crescente número de estudos realizados na busca do entendimento dos efeitos referentes às mudanças nas características de cobertura do solo nos processos hidrológicos. A preocupação sobre esse assunto é observada em todo o mundo através de pesquisas desenvolvidas no campo das mudanças climáticas provenientes das alterações nos usos do solo e os efeitos na disponibilidade de água (Siqueira et al., 2021), pelos efeitos da urbanização nos recursos hídricos (Prasood et al., 2021), pelos efeitos decorrentes dos processos de desmatamento e aumentos das áreas de agricultura e pastagens nos regimes hídricos das bacias hidrográficas (Adegboyega, 2021) (Wang et al., 2021) e até mesmo na relação de disponibilidade de água para a geração de energia hidrelétrica (Mello et al., 2021) (Zhao et al., 2021).

O entendimento das características dos usos do solo, seus efeitos e como podem entrar como fator de análise de ameaças aos sistemas hídricos, principalmente os usos advindos das atividades humanas vem se tornando cada vez mais importantes no contexto de obtenção da segurança hídrica (Acuña-Alonso, 2021).

Além disso, a levantamento da caracterização dos usos dos solos das bacias hidrográficas é primordial para o entendimento da dinâmica dos usos dos recursos hídricos no processo de aplicação dos instrumentos de gestão da água, sendo esse levantamento um elemento norteador nas tomadas de decisões por parte dos gestores ambientais, os quais devem sempre buscar o uso racional e equilibrado da água de forma a garantir o acesso ao recurso para todos os usuários e promover a segurança hídrica.

### **Lacunas do conhecimento sobre segurança hídrica:**

Diante do aumento das crises hídricas que assolam as populações colocando-as em situações de insegurança hídrica, o mundo se voltou na busca por entender as causas de eventos climáticos que têm colocado tantas vidas em risco. Diante desse olhar global, inúmeros pesquisadores têm questionado quais são os principais fatores que afetam o ciclo hidrológico.

Diante desta nova percepção em relação os recursos hídricos, pesquisas ao redor do mundo vêm avançando no sentido de correlacionar quais as necessidades atuais de água, como esse recurso está sendo gerido, quais os efeitos das ações humanas no globo, como essas ações estão influenciando os ciclos hidrológicos, em escala local ou global, e quanto dessas alterações de fato estão ou não relacionadas com fatores antrópicos ou naturais (Brennan et al., 2021).

Ainda, as preocupações acerca da água buscam compreender as necessidades humanas, as quais estão em constante mudanças, a resiliência ambiental diante de tantos impactos e como todo esse processo em conjunto pode afetar a qualidade de vida no futuro diante da previsão de cenários (Aadhar e Mishra, 2021).

Em uma abrangência nacional, as crises hídricas que afetam a segurança de bacias hidrográficas estão ligadas diretamente a três fatores principais, sendo eles a má gestão dos recursos ambientais da bacia, o uso e ocupação do solo (desmatamento, expansão do sistema agrosilvipastoril, expansão urbana, expansão industrial) de forma desordenada (Neto et al., 2020), (Falkenmark et al., 2014) e à necessidade de ampliação do monitoramento dos recursos hídricos (Mattos et al., 2019).

Observa-se também o efeito das alterações do uso e ocupação do solo e a falta de esclarecimentos legais para o direcionamento do uso do solo em relação às alterações dos usos dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas. Nesse aspecto, é notada a falta de diretrizes específicas (no caso do Brasil) para a orientação do uso e ocupação dos solos nos próprios Planos de Bacias Hidrográficas (Salmoral et al., 2018).

E no aspecto da gestão de recursos hídricos, é possível notar, diante dos trabalhos realizados, a ineficaz gestão assim como a expansão desordenada dos usos e ocupações dos solos em bacias hidrográficas, o qual têm promovido alterações nos regimes hídricos regionais e, conseqüentemente, provocado o aumento na demanda pelo uso da água, que por sua

vez aumenta a escassez e conflitos pelo uso em pontos de fragilidade da bacia (Rajsekhar e Gorelick, 2017).

Nesse contexto é destacado como a organização dos espaços de uma bacia vem sendo tratado como um fator de desordem, sendo necessário a busca pelo melhoramento no processo de gestão da bacia no que se refere aos usos dos recursos hídricos e as respectivas finalidades de uso que estão associadas às diversas tipologias de consumo da água. E, para que esse avanço na gestão seja possível, é importante que alguns fatores ligados a esse processo sejam revistos, tais como o melhor entendimento e aplicabilidade das legislações existentes e a ampliação dos levantamentos de dados e a criação de um arcabouço consistente de informações, sendo esse último primordial para nortear a caracterização e as necessidades da bacia em relação aos usos dos recursos hídricos (Carvalho et al.; 2021).

Importante ressaltar que diversos trabalhos realizados no Brasil trazem em suas conclusões a dificuldade em se obter dados concretos sobre os recursos hídricos, sejam estes quantitativos, referentes à disponibilidade ou consumo, ou qualitativos, se referindo às questões de qualidades físico-químicas e microbiológicas da água. Sendo notado um agravante quando se trata de coleta de dados em dois sentidos, primeiro pela forma descentralizada de obtenção dos dados de consumo de água pelos órgãos ambientais, o que dificulta o acesso às informações e segundo, o fato de diversas estações de coletas de dados hidrológicos apresentarem inconsistências ou mesmo estações fora de funcionamento (Silva et al., 2021).

Nos últimos anos, vêm se tornando crescente a importância da utilização das ferramentas de Sistema de Informações Geográficas - SIG na realização de estudos ambientais, e nesse aspecto os recursos hídricos não estão de fora. Temos hoje as ferramentas de

georreferenciamento e geoprocessamento como importantes auxiliares para a realização de caracterizações de bacias e espacialização de informações hidrológicas, dentre outras funções no processo de análises. Sendo assim, ressalta-se a necessidade constante da evolução dos estudos e utilizações das diversas ferramentas de SIG no âmbito de melhorarmos nossos entendimentos dos efeitos que vêm sendo gerados sobre os usos dos recursos hídricos e suas alterações nas bacias hidrográficas (Silva et al., 2021) (Rashid e Ahmed, 2018).

Além disso, é possível pontuar o uso do SIG como um importante suporte nas atividades de fiscalizações ambientais, trazendo significativo avanço na diminuição de irregularidades entre a realidade existente em campo e os dados que são fornecidos pelos órgãos reguladores.

## Metodologia

### Delimitação e caracterização da área de estudo:

Para este trabalho, foi selecionado um recorte espacial pensando-se em uma bacia hidrográfica que possua usos diversos dos recursos hídricos, tenha relevância econômica, escala de abrangência com duas ou mais divisões de governança (unidades da federação) e que já possua um Plano de Recursos Hidrográficos - PRH elaborado.

Dessa forma, foi selecionado a bacia hidrográfica do rio Paranaíba, a qual possui uma área de 222,6 mil km<sup>2</sup>, está situada na região central do Brasil (figura 1), abrangendo os Biomas Cerrado e Mata Atlântica (PRHP, 2013), é composto por quatro unidades da federação (Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul) (quadro 1) e possui, desde 2013, seu Plano de Recursos Hidrográficos aprovado e em atividade.

Quadro 1: Participação das unidades da federação na bacia.

Unidade da Federação	Área da bacia		Número de Municípios na bacia	
	(Km <sup>2</sup> )	(%)	Total	Com sede
Distrito Federal	3.665,4	1,6	1	1
Goiás	140.832,3	63,3	137	122
Minas Gerais	70.502,9	31,7	56	44
Mato Grosso do Sul	7.591,9	3,4	4	3
<b>Total</b>	<b>222.592,5</b>	<b>100,0</b>	<b>198</b>	<b>170</b>

Ainda, essa bacia hidrográfica está dividida em dez unidades de gestão, das quais uma está inserida no Distrito Federal (nº 8), cinco estão

no estado de Goiás (nº 1, 6, 7, 9 e 10), três no estado de Minas Gerais (nº 3, 4 e 5) e uma no estado do Mato Grosso do Sul (nº 2) (figura 2).



Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no Brasil. Fonte: o autor.



Figura 2: Unidades de Gestão por unidades da federação. Fonte: o autor.

### Instrumentos de gestão da água:

Para a seleção dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, foi utilizado o aspecto legal que rege as questões hídricas no Brasil, de forma que por meio da PNRH, em seu Art. 5º do Capítulo IV, tem-se os principais instrumentos a serem utilizadas no processo de gestão da água no país, tais quais: os planos de recursos hídricos; o enquadramento do corpo de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a

compensação à municípios (vetado) e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

### Situação de atividade dos instrumentos de gestão:

Para averiguar a situação em que se encontra cada instrumento legal de GIRH, foram utilizados os levantamentos da Agência Nacional de Águas fornecidos por meio das conjunturas dos recursos hídricos no Brasil. Para este trabalho foram utilizadas as conjunturas específicas de cada



instrumento referente ao ano de 2019 e o relatório geral dos recursos hídricos referente ao ano de 2020.

Ainda, foram utilizados nessa etapa o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba, publicado em 2013, e o documento de revisão do plano realizado em 2015.

#### **Os órgãos ambientais atuantes:**

O levantamento dos órgãos ambientais que atuam na gestão da bacia hidrográfica do rio Paranaíba foi realizado através determinação das Unidades da Federação - UFs em que se situa a bacia.

Dessa forma, foi utilizado o próprio levantamento da caracterização da gestão apresentada no PRH da bacia, o qual informa as Unidades da Federação e os respectivos órgãos ambientais responsáveis pelos recursos hídricos em cada unidade.

#### **Obtenção dos dados de outorga de uso da água:**

Todos os dados utilizados neste trabalho foram obtidos por meio dos sistemas de informação sobre os recursos hídricos juntos aos órgãos ambientais de cada unidade da federação em que a bacia do rio Paranaíba está situada. Dessa forma, entende-se que os dados utilizados são os dados oficiais disponíveis, dados esses relacionados às outorgas emitidas pelos órgãos ambientais.

O levantamento dos dados relativos às outorgas de direito de uso da água emitidos por cada órgão ambiental foi realizado por meio do “download” de arquivos em formato “shapefile” disponibilizados pelos SIRH dos órgãos e por meio de contatos diretos via telefone e e-mail.

Os dados disponibilizados pelo próprio SIRH e passíveis de “download” foram os dos estados de Goiás e Minas Gerais, enquanto para o Distrito Federal e Mato Grosso do Sul foram necessários contatos via telefone e e-mail, visto que seus dados não estavam disponíveis ao público.

#### **Dados para caracterização do uso e ocupação do solo:**

Para os dados de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Paranaíba, utilizou-se a coleção 5 de mapas disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil – MapBiomias. A coleção 5 se refere ao mapeamento dos usos e ocupações para o ano de 2019.

#### **Mapeamento da bacia hidrográfica do rio Paranaíba:**

Após a obtenção dos dados de outorga junto aos órgãos ambientais de cada unidade da federação, os quais contabilizaram um total de 21.620 outorgas para toda a bacia, fez-se necessário refiná-los de forma a torná-los homogêneos nos quesitos de formatação de coordenadas geográficas, para que se tornassem trabalháveis no software Qgis, nomenclaturas das tipologias de uso e unidades de medida, tornando todas as unidades de vazão em metros cúbicos por hora ( $m^3/h$ ) e todas as unidades de volume em metros cúbicos ( $m^3$ ).

Para as bases de dados de outorga em que não existiam os dados de volume de água por ano, foi necessário realizar o cálculo do mesmo por meio dos dados de vazão e total de horas de consumo no ano multiplicando-se a vazão ( $m^3/h$ ) pelo tempo em horas, obtendo-se o volume anual em metros cúbicos ( $m^3$ ).

Além disso, foram removidas todas as outorgas com portarias vencidas com datas anteriores ao ano de 2020 e outorgas em que o dado de vazão estava com valor zero.

#### **Mapa de Risco:**

Instaurado pela ONU – Águas e adaptado ao contexto brasileiro, a ANA apresenta o Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH (2019) com o objetivo de criar índices de segurança hídrica para todo o país.

Para a elaboração dos índices de segurança hídrica a ANA engloba vários fatores como qualidade da água, quantidade de água disponível, estruturas hídricas, investimentos em desenvolvimento de projetos hídricos, dentre outros.

Se baseando nos fatores de análise utilizados pela ANA, o trabalho em tela, por meio de seu desenvolvimento prático, visa apresentar um mapeamento de risco dos recursos hídricos através do olhar quantitativo, focando então na dimensão de “garantia de suprimento de água para atividades produtivas e usos múltiplos” como colocado pela ANA.

Sendo assim, tem-se que o mapeamento de risco é uma metodologia que vem sendo utilizada para tratar diversas variáveis de forma integrada por meio da utilização de ferramentas de SIG com o intuito de demonstrar potenciais localidades que apresentam riscos a um determinado fator de análise (Sun et al., 2020) (Neto et al., 2021).

Para este trabalho observa-se como fator de estudo a segurança hídrica da bacia hidrográfica do rio Paranaíba com foco em

Iniciando pelas bases de dados espaciais georreferenciadas, utilizou-se imagens “raster” de precipitação e evapotranspiração para o ano de

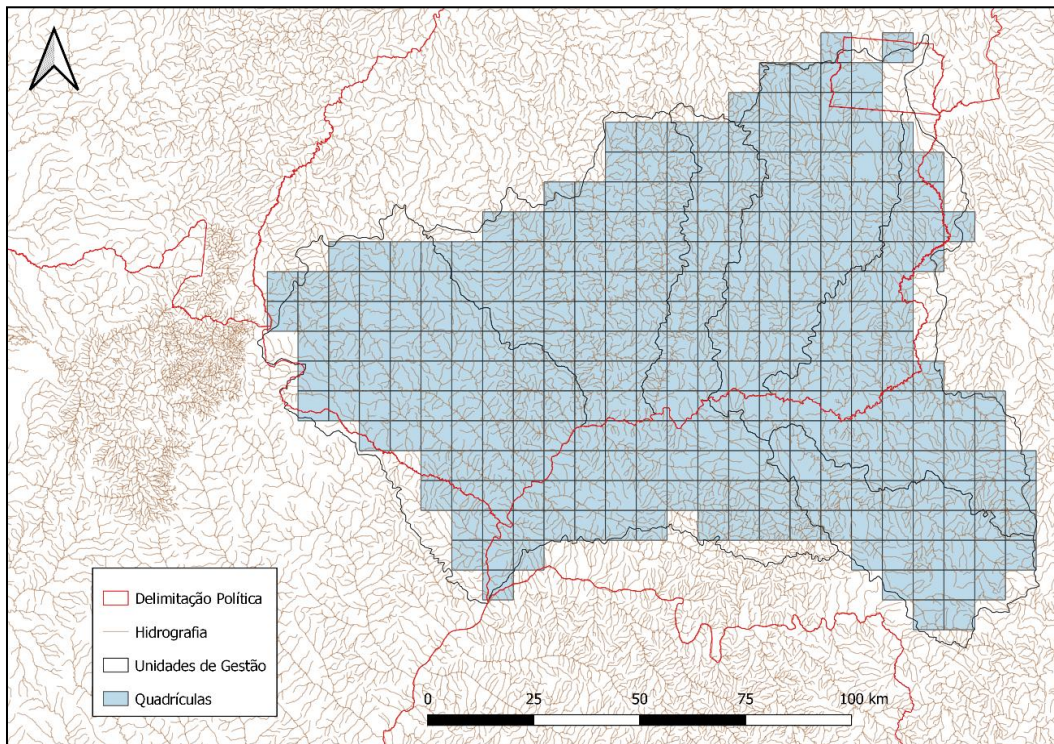


Figura 3: Quadrículas representando a bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

espacial de 27.615 metros por 26.980 metros e unidade de medida em quilogramas por metro quadrado por segundo (Kg.m-2.s-1).

parâmetros ligados à potencial escassez de água, tais como dados de precipitação, como dados de entrada, e dados de evapotranspiração e consumo (outorgas), como dados de saída dentro desse sistema hídrico analisado.

Com os dados de outorga refinados e prontos para manuseio, passou-se para a etapa de georreferenciamento e geoprocessamento dos dados no Qgis e confecção do mapa de risco à segurança hídrica. Essa etapa consiste em 6 (seis) atividades, sendo elas: escolha das bases de dados espaciais georreferenciadas, divisão da área da bacia em quadrículas, espacialização dos dados de consumo de água (outorgas), cálculo do balanço hídricos por quadrículas, processamentos dos dados espacializados para geração do mapa e caracterização das áreas de risco à segurança hídrica da bacia.

Com a área da bacia dividida em quadrículas, foi possível adicionar todos os pontos de outorga no mapa, demonstrando por quadrícula qual o total de consumo de água em metros cúbicos por ano. Nessa etapa pontua-se que ao realizar a divisão da bacia em quadrículas e a posterior

2020 disponibilizadas pela Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço – NASA por meio da base de dados climáticos Giovanni. As imagens selecionadas foram as de precipitação total mensal e evapotranspiração mensal (fornecidas pelo satélite NOAH) com resolução

Observa-se que pelas unidades das imagens “raster”, foi necessário transformar a densidade da água (Kg.m-2.s-1) em unidade de volume para todo o ano de análise, de forma que ao final as imagens apresentassem, por quadrícula, os dados em metros cúbicos.

Com a base de dados espaciais (imagens “raster”), utilizou-se a resolução espacial de 27.615 metros por 26.980 metros para gerar um mapa quadriculado da bacia hidrográfica do rio Paranaíba. Por meio dessa atividade, foram geradas 283 quadrículas representando toda a área da bacia (figura 3).

espacialização das outorgas, dos 21.620 pontos existentes inicialmente, somente 19.775 pontos foram considerados dentro das áreas das quadrículas, obtendo uma perda de aproximadamente 8,5% de dados no processo de formação do mapeamento de risco.

Em seguida, o dado de consumo de água anual foi processado a fim de gerar um arquivo em formato “raster” para se enquadrar à formatação das imagens de precipitação total e evapotranspiração. Feito isso e tendo todas as 3 (três) imagens na mesma formatação de dados, foi possível realizar o cálculo do balanço hídrico consistido na subtração da precipitação total anual pela evapotranspiração anual e pelo consumo anual (outorgas), gerando, então, o mapa de risco à segurança hídrica pelo critério quantitativo.

Como em algumas regiões do mapeamento observou-se quadrículas em que a soma da perda de água pela evapotranspiração somados ao consumo outorgado eram maiores que a disponibilidade advinda da precipitação, foi então criado uma graduação de risco para o mapa, saindo de risco baixo, para regiões em que a demanda de água é positiva, para risco crítico, para regiões em que a demanda de água é negativa.

#### **Mapa de Densidade de Outorgas:**

Para o mapeamento de densidade foi utilizada a técnica de mapeamento de Kernel, a qual consiste em um método estatístico baseado na estimativa de curvas de densidades de pontos existentes no mapa em análise (Barbosa e Ronquim, 2021).

Tendo a distribuição dos pontos de outorga no Qgis, bastou-se a utilização do programa estatístico de “mapeamento de calor” disponível pelo próprio software para que fosse gerado então o cálculo de densidade de Kernel, o qual por meio do geoprocessamento dos pontos de outorga, foi gerado o mapeamento de densidade de outorgas na bacia do Paranaíba.

#### **Mapa de Usos e Ocupação do Solo:**

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo da bacia do rio Paranaíba, utilizou-se o programa de geoprocessamento Google Earth Engine - GEE, o qual possui acesso direto à base de dados do MapBiomias.

Utilizando-se o código de acesso disponível na página do MapBiomias para as imagens da coleção 5 referentes ao ano de 2019, foi então extraída as imagens do uso e ocupação do solo utilizando-se como recorte espacial a delimitação da bacia em estudo. As imagens obtidas foram baixadas em formato “raster” e posteriormente trabalhadas no Qgis para realização da caracterização dos usos.

Para a caracterização, foi utilizado a orientação de graduação fornecida pelo próprio

MapBiomias com o intuito de manter a formatação metodológica estabelecida por eles.

Por meio das imagens “raster” obtidas pelo MapBiomias seguido pela atividade de geoprocessamento e caracterização dessas imagens no Qgis, foi, então, extraída as informações quantitativas das imagens por meio do uso das ferramentas estatísticas do Qgis, sendo possível obter o gráfico, em porcentagem, das tipologias de usos e ocupações do solo da bacia.

#### **Limitações da pesquisa:**

Para o trabalho em tela foram observados 4 (quatro) principais limitações que influenciaram diretamente os resultados encontrados.

Primeiro, foi a não acessibilidade aos dados de outorga para a sub-bacia Santana-Aporé. Devido a não disponibilização dos dados, mesmo após contatos com o órgão ambiental responsável por essa sub-bacia, essa situação acabou por inviabilizar o mapeamento de risco à segurança hídrica para essa região da bacia por falta de dados de consumo.

O segundo limitador advém da qualidade dos dados obtidos pelos sistemas de informações sobre recursos hídricos, visto que foi necessária a realização de uma etapa somente para filtragem e homogeneização dos dados coletados.

A terceira limitação foi observada durante o desenvolvimento da metodologia para espacialização dos dados de outorga por quadrículas. Durante a divisão da área da bacia em quadrículas de 27.615 metros por 26.980 metros, notou-se que algumas áreas que margeiam a bacia ficaram fora do cálculo, o que acarretou a não realização do mapeamento de risco dessas áreas. Dessa forma, foi observada uma estimativa de aproximadamente 8,5% de dados que não foram utilizados no processamento para confecção do mapa de risco. Esse valor foi encontrado por meio do total de dados de outorga existentes inicialmente menos o total de dados existentes após a divisão da área por quadrículas e dividido pelo total de dados de outorga iniciais.

A quarta limitação é observada na caracterização do mapeamento de risco à segurança hídrica. Devido ao trabalho ser baseado na utilização de dados oficiais de outorga, tem-se que eles demonstram apenas uma parcela da realidade em relação à realidade de uso dos recursos hídricos que são encontradas em campo.

#### **Resultados**

Instrumentos legais de gestão de recursos hídricos:



Diante do exposto no capítulo IV da Lei nº 9.433 de 1997, que institui a PNRH e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - SNGRH, existe um total de 6 (seis) instrumentos que orientam o processo de gestão da água em todo o Brasil. Para a bacia do rio Paranaíba, somente o plano de recursos hídricos, a outorga dos direitos de uso e o sistema de informações sobre recursos hídricos estão implementados integralmente. Dos demais, a compensação a municípios encontra-se vetado, a cobrança pelo uso do recurso hídrico não contempla todas as regiões da bacia, estando esse implementado de forma parcial, e o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo usos preponderantes ainda não está em vigor.

Dessa forma, por meio dos levantamentos realizados para caracterização das situações de implementação dos instrumentos de gestão observou-se que o PRH do rio Paranaíba teve início em 2008 por meio da montagem da equipe técnica que seria responsável pelo acompanhamento da

elaboração do plano, seguido pela criação do Termo de Referência que daria origem à estrutura do PRH. Com o Termo de Referência aprovado, iniciou-se em 2010 a elaboração do PRH, o qual foi finalizado e publicado em 2013 e que se encontra em vigor ainda hoje.

O enquadramento dos corpos de água em classes foi um dos principais objetivos do Comitê de Bacia Hidrográfica - CBH do rio Paranaíba juntamente com a criação do PRH e, ainda que conste no plano uma proposta de mapeamento dos mananciais em classes específicas (figura 4), os enquadramentos propostos não foram aprovados por falta de dados e estudos consistentes, de forma que os corpos hídricos da bacia do rio Paranaíba ainda não possuem classes definidas, seguindo somente a norma geral estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 que diz: “Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2 [...]”.

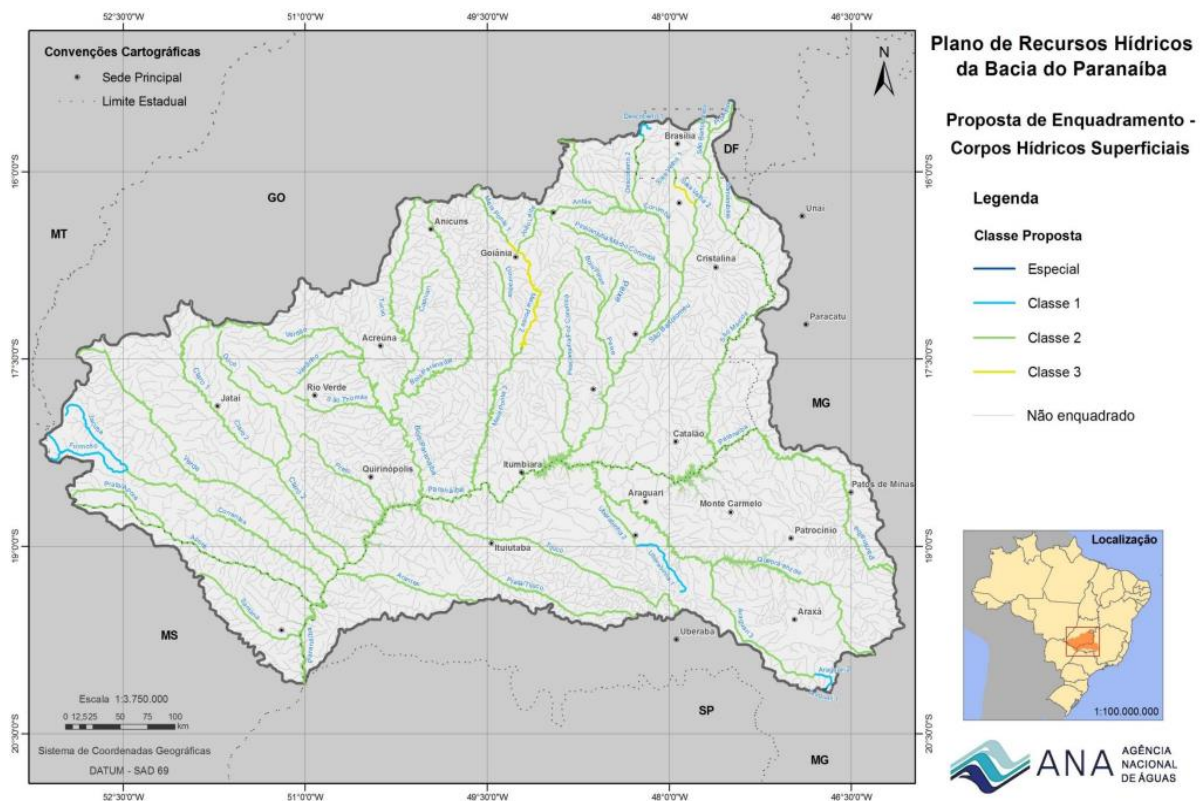


Figura 4: Proposta de enquadramento dos corpos hídricos superficiais. Fonte: PRH rio Paranaíba, 2013.

Em relação à outorga de direito de uso, pela bacia hidrográfica do rio Paranaíba possuir abrangência interestadual, observa-se que a dominialidade ocorre tanto em escala federal quanto estadual. Os mananciais que nascem e escoam para o rio Paranaíba dentro do mesmo domínio são considerados mananciais de domínio estadual, sendo então de responsabilidade do órgão

estadual analisar e emitir outorgas de direito de uso dos recursos hídricos. Já, mananciais que fluem por mais de um estado ou recursos hídricos provenientes de obras federais, as emissões de outorgas nessas localidades ficam a cargo do órgão federal.

Para este trabalho, foi limitada a análise somente das outorgas que são de responsabilidade

dos domínios estaduais, assim, tem-se que a bacia do rio Paranaíba se encontra sob quatro dominialidade diferentes, sendo elas o Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, cada um com seu respectivo órgão ambiental

responsável pelas emissões das outorgas de água (quadro 2).

Quadro 2: Unidades da federação que compõem a bacia hidrográfica do rio Paranaíba

Relação de UF x Órgão Responsável	
Unidade da Federação	Órgão Ambiental Responsável
Distrito Federal	Adasa
Goiás	SEMAD/GO
Minas Gerais	IGAM
Mato Grosso do Sul	IMASUL

A cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paranaíba por parte dos órgãos ambientais estaduais está limitada somente a porção sudeste caracterizada pela sub-bacia do rio Araguari no estado de Minas Gerais, sendo que em todo o restante da bacia não há cobrança pelos usos dos recursos hídricos. No entanto, em escala federal, ou seja, para todo uso da água situados em regiões de domínio da União, a cobrança está implementada desde 2017.

Para o sistema de informações de recursos hídricos, durante o levantamento dos dados de outorga, foi identificado que todas as unidades da federação (DF, GO, MG e MS) possuem essa ferramenta bem consolidada. Contudo, observa-se que nem todos os sistemas são de fácil acesso pela sociedade, visto que os dados das outorgas do DF e MS não estão disponíveis para “download”, sendo necessário entrar em contato com o órgão gestor para solicitar os dados desejados. Aqui tem-se que pelos contatos realizados com o DF e MS, somente o DF atendeu e enviou os dados de outorga. Em relação aos estados de GO e MG, estes possuem os dados livres para “download”.

Diante dos dados obtidos, observou-se um total de 21.620 pontos de outorgas para a bacia do

rio Paranaíba. Para cada ponto foram extraídas as informações de coordenadas, vazões e volumes anuais e finalidades de uso. Aqui observa-se que não há um padrão em como as informações são apresentadas por cada sistema, como por exemplo nos dados da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – ADASA/DF em que a informação fornecida é

diretamente o volume outorgado mensal e anual (tabela 1), nos dados da SEMAD/GO em que a coluna “INT\_QT\_VAZ” representa a vazão média anual em metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h) e a aba “INT\_QT\_VOL” apresenta o volume outorgado anual em metros cúbicos (m<sup>3</sup>) (tabela 2) e os dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM/MG, os quais foram necessário realizar o cálculo do volume total anual captado por ponto por apresentarem somente a vazão e o período de captação por mês (colunas em verde na tabela 3). Logo fez-se necessário realizar um refinamento dos dados para que ao final todos possuíssem as mesmas características em nomenclaturas e unidades de medida – todas as unidades foram convertidas para metros cúbicos por ano (m<sup>3</sup>/ano).

Tabela 1: Exemplo de formatação dos dados de outorgas obtido pelo sistema de informações da Adasa/DF.

Tipo de captação	Bacia hidrográfica	Finalidade de maior demanda	Volume máximo outorgado (m <sup>3</sup> /mês)	Volume máximo outorgado (m <sup>3</sup> /Ano)	Latitude	Longitude
SUPERFICIAL	RIO SÃO BARTOLOMEU	CRIAÇÃO DE ANIMAIS	53,568	642,816	-15,752658	-47,727025
SUPERFICIAL	RIO DESCOBERTO	IRRIGAÇÃO	187,488	2249,856	-15,636386	-48,146947
SUPERFICIAL	RIO PARANOÁ	OUTROS	1553,472	18641,664	-15,829764	-48,018644
SUPERFICIAL	RIO DESCOBERTO	IRRIGAÇÃO	321,408	3856,896	-15,68939	-48,101107
SUPERFICIAL	RIO DESCOBERTO	ABASTECIMENTO HUMANO	26,784	321,408	-15,89888	-48,136131
SUPERFICIAL	RIO DESCOBERTO	ABASTECIMENTO HUMANO	59139,072	709668,864	-15,748539	-48,139443
SUPERFICIAL	RIO PARANOÁ	IRRIGAÇÃO	3816,72	45800,64	-15,779444	-48,026944
SUPERFICIAL	RIO SÃO BARTOLOMEU	IRRIGAÇÃO	1223,136	14677,632	-15,977574	-47,714064
SUPERFICIAL	RIO SÃO BARTOLOMEU	IRRIGAÇÃO	1953	23436	-15,733874	-47,642457

Tabela 3: Exemplo de formatação dos dados de outorgas obtido pelo sistema de informações do IGAM/MG.

unidvaz_4,C,254	MÉDIA ANUAL (l/s)	jan_4,N	fev_4,N	mar_4,N	abr_4,N	mai_4,N	jun_4,N	jul_4,N	ago_4,N	set_4,N	out_4,N	nov_4,N	dez_4,N	TOTAL HORAS/ANO	VOLUME ANUAL (L)	finuso_4,C,254
m3/s	58330,00	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	192	40317696000	Irrigaçã
m3/s	36110,00	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	192	24959232000	Irrigaçã
m3/s	75833,33	0	0	0	12	12	12	12	12	12	12	0	0	84	22932000000	Irrigaçã
m3/s	71700,00	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	228	58851360000	Irrigaçã
l/s	0,80	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120	345600	Recirculaçã
l/s	0,60	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	288	622080	Consumo humano, Dessed
l/s	0,90	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48	155520	Consumo humano, Dessed
l/s	1,00	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144	518400	Irrigaçã

Tabela 2: Exemplo de formatação dos dados de outorgas obtido pelo sistema de informações da SEMAD/GO.

INT_NU_LAT	INT_NU_LON	ING_SG	ING_NM_MUN	INT_NM_COR	OUT_DT_OUT	OUT_DT_OUO	OUT_TP_ATO	OUT_NU_ATO	INT_QT_VAZ	INT_QT_VOL	FIN_TFN_DS
-18,06025	-51,42658333	GO	JATAÁ	CÁrrego do Cam	31/07/2020	31/07/2013	PORTARIA	17422013	302,4	2.019.427,20	Irrigaçã
-18,32555556	-50,45388889	GO	QUIRINÁPOLIS	CÁrrego Lajeado	18/07/2018	18/07/2012	Portaria	13182012	104,98	78.105,12	Irrigaçã
-18,47158333	-50,59227778	GO	QUIRINÁPOLIS	Rio Preto	15/05/2020	15/05/2014	PORTARIA	10232014	118,8	237.006,00	Irrigaçã
-18,52908333	-50,27919444	GO	GOVELÂNDIA	Rio SÁo Francis	13/12/2020	13/12/2012	PORTARIA	26622012	119,99	52.195,65	Irrigaçã
-19,00002778	-50,93905556	GO	CAÁTU	Rio Verde	19/11/2019	19/11/2013	Portaria	30572013	398,2	398.200,00	Irrigaçã
-18,01913889	-50,29333333	GO	TURVELÂNDIA	Rio Verde ou Ver	09/07/2018	09/07/2012	Portaria	10752012	465,91	698.865,00	Irrigaçã
-17,20719444	-50,63016667	GO	PARAÁNA	RibeirÁo Formos	28/09/2021	28/09/2015	PORTARIA	13042015	328,68	347.743,44	Irrigaçã
-18,00355556	-50,37358333	GO	MAURILÂNDIA	Rio Cabeleira	11/08/2021	11/08/2015	PORTARIA	9802015	257,3	324.198,00	Irrigaçã
-17,73702778	-50,87116667	GO	RIO VERDE	RibeirÁo da Laje	21/11/2020	21/11/2014	Portaria	21372014	79,99	47.834,02	Outras
-18,88991667	-50,91433333	GO	CAÁTU	Rio Claro	17/07/2020	13/07/2012	PORTARIA	12022012	423,88	633.276,72	Irrigaçã
-18,89	-50,91444444	GO	CAÁTU	Rio Claro	13/07/2020	13/07/2012	PORTARIA	12062012	208,3	854.863,20	Irrigaçã
-17,46130556	-51,72316667	GO	RIO VERDE	Rio Doce	25/04/2023	25/04/2017	Portaria	4792017	360	306.000,00	Irrigaçã
-18,435	-52,60019444	GO	CHAPADÁ DO	SEM NOME	19/03/2020	19/03/2013	Portaria	8152013	972	8.514.720,00	IndAªstria

Regiões de potencial escassez de água. Através dos dados de outorga obtidos junto aos órgãos das UFs que compõem a bacia hidrográfica do rio Paranaíba foram realizados dois mapeamentos, sendo primeiro o mapeamento de densidade de Karnel (figura 5) e segundo o

mapeamento de densidade de Karnel, metodologia de SIG que vem sendo amplamente utilizada em análises ambientais, observa-se sua importância para a demonstração de “hot spots” que auxiliam nas análises ambientais (Jesus et al., 2021), sendo nesse caso em relação aos pedidos de outorga de água. Logo, foi demonstrado a distribuição dos pontos de outorga na bacia de forma quantitativa, ou seja, esse mapeamento demonstra quais as regiões em que existem maiores números de outorgas em validade e, em consequência, maiores números de autorizações para a realização de captação de água superficial.

Por se tratar de uma análise limitada somente ao fator pontual de outorgas, o mapa de Karnel não tem como função avaliar o parâmetro de consumo de água nesses pontos, logo, uma região com maior densidade de captações não significa uma região com maior consumo de água.

Embora o mapeamento de densidade de Karnel (figura 5) não avalie o consumo de água nos

mapeamento de risco à segurança hídrica (figura 6). Observa-se aqui que pela não disponibilidade dos dados de outorga para a sub-bacia dos rios Santana-Aporé, os mapeamentos foram realizados para a bacia do Paranaíba situados nos estados do DF, GO e MG.

pontos de captação, o mapeamento de risco à segurança hídrica (figura 6) já possui exatamente essa função. Por meio de dados de entrada de precipitações na bacia do rio Paranaíba e dados de saída representados por evapotranspiração e os dados de captação por meio das outorgas de água, foi então gerado o mapeamento de risco, o qual demonstra potenciais localidades de escassez hídrica, sendo que as regiões em coloração mais azuladas representam baixo risco por possuírem maior disponibilidade de água, enquanto as regiões com coloração entre amarelo e vermelho representam riscos moderados à críticos por representarem saída de água do sistema maior que a reposição por eventos de precipitação.

**Caracterização de uso e ocupação do solo em e os principais consumos de água na bacia:**

Para a caracterização do uso e ocupação do solo da bacia do rio Paranaíba foi utilizado imagens de satélite para o ano de 2019 disponibilizados pela

coleção 5 do MapBiomas e, através dessas imagens, foi possível processar e gerar o mapeamento de uso e ocupação do solo (figura 7) utilizando os softwares GEE e Qgis.

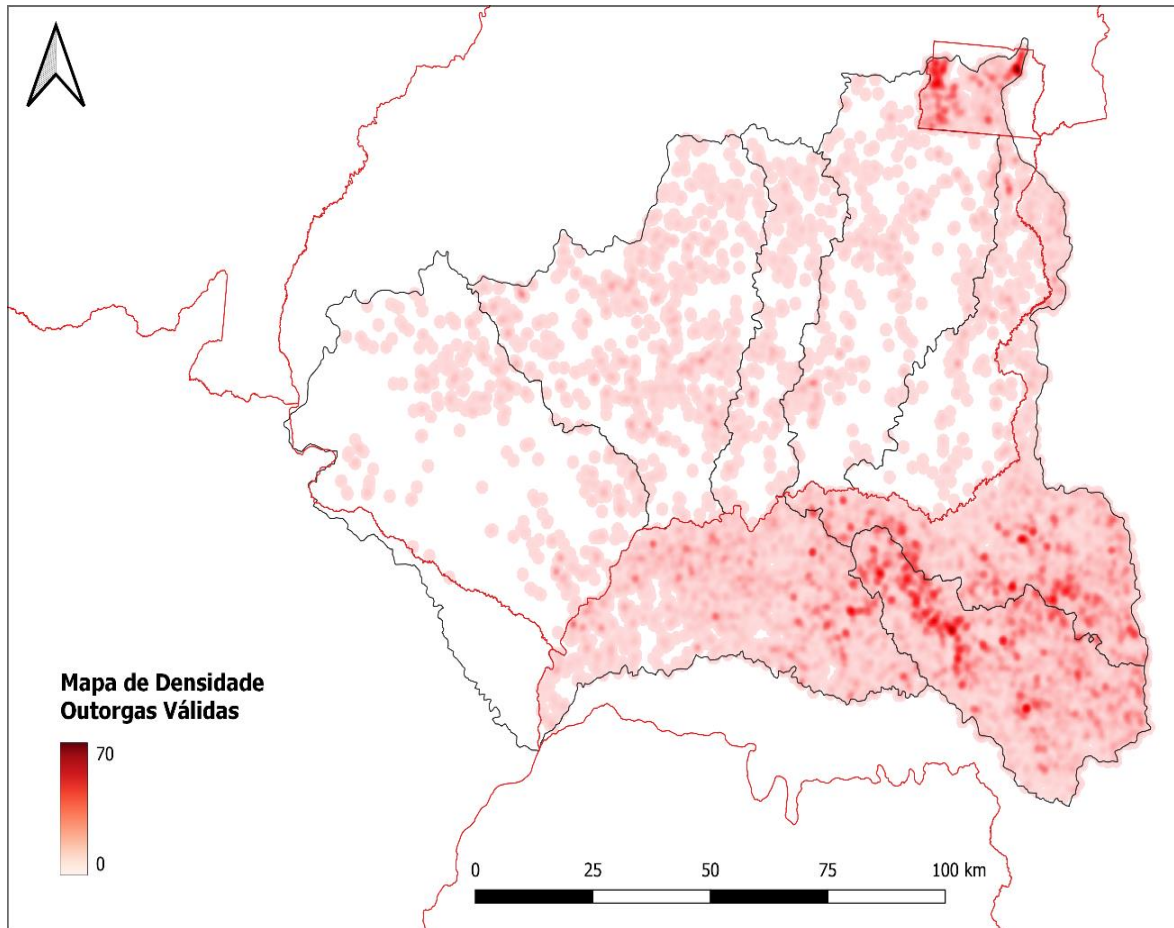


Figura 5: Mapeamento de densidade de Karnel utilizando os pontos de captação outorgados.



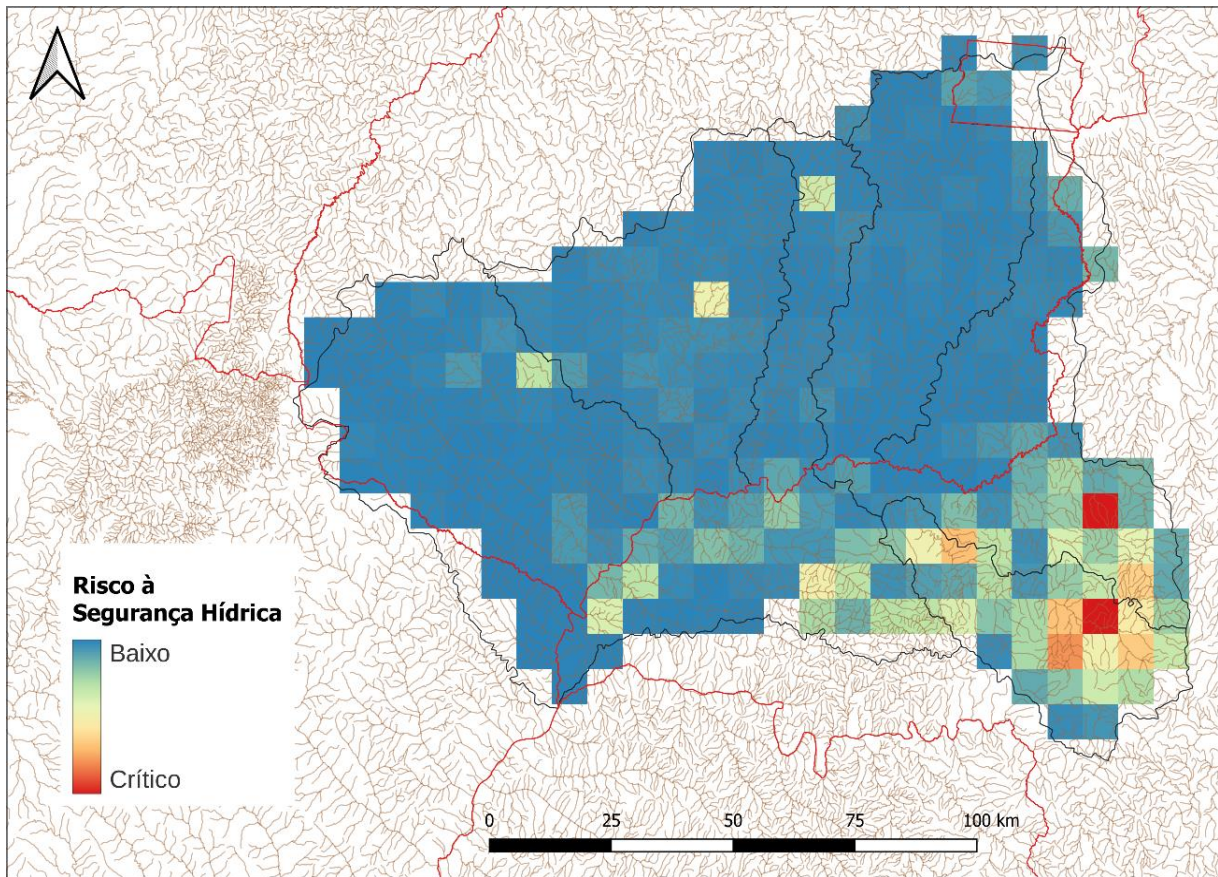


Figura 6: Mapeamento de risco à segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

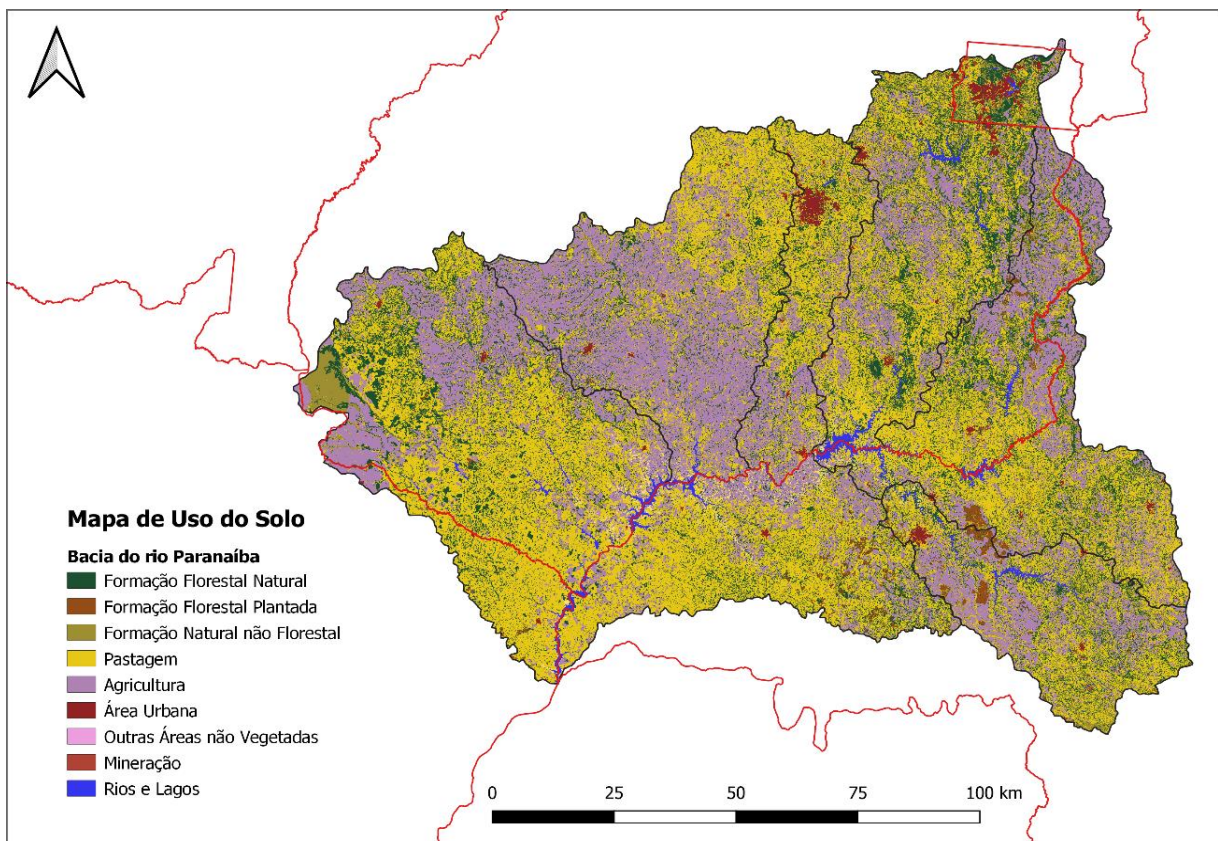


Figura 7: Levantamento de uso e ocupação do solo para a bacia do rio Paranaíba no ano de 2019.



Por meio do mapeamento, foi possível perceber o predomínio das áreas de pastagem que se estendem por toda a bacia, assim como as áreas voltadas para as atividades de agricultura, as quais possuem maior concentração na sub-bacia do rio São Marcos e norte dos afluentes mineiros do Alto Paranaíba, sub-bacia do rio Araguari, sub-bacia do rio dos Bois, sul da sub-bacia do rio Meia Ponte e sudoeste da sub-bacia dos rios Claro, Verde, Correntes e Aporé.

Além disso, é perceptível a ocupação urbana das grandes capitais como Brasília, Goiânia e Belo Horizonte em coloração avermelhada no mapa.

Ainda por meio do geoprocessamento das imagens do MapBiomas, foi possível obter o quantitativo (%) dos diversos usos do solo na bacia (figura 8), destacando as áreas de pastagem que

ocupam aproximadamente 44% da área da bacia, agricultura ocupando aproximadamente 29% e áreas urbanas com 1,05%.

Relacionando a caracterização do uso e ocupação do solo e os dados de outorga, tem-se que as tipologias de uso dos recursos hídricos estão diretamente relacionadas às tipologias de uso do solo. Percebendo aqui que, assim como grande parte da área da bacia é voltada para atividades do agronegócio (agricultura e pastagem), observa-se por meio das outorgas que 79,3%, dos usos do recurso hídrico, estão voltados para irrigações e 5,6% para outras atividades do agronegócio (criações de animais, aquicultura e agroindústrias), enquanto 7% são destinados ao consumo humano e 2,3% para a indústria (figura 9)

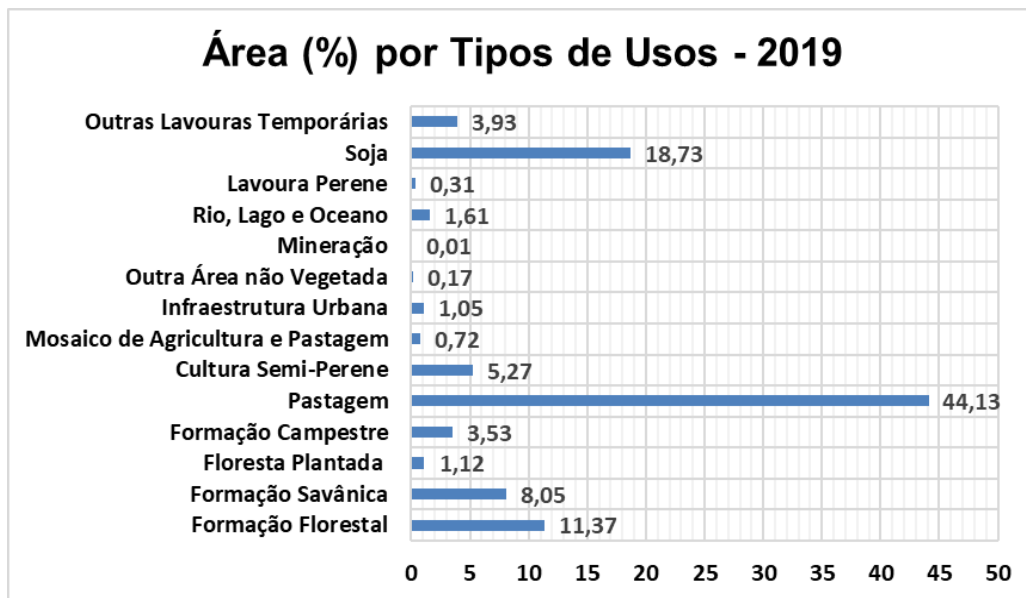


Figura 8: Quantitativo (%) da caracterização do uso e ocupação do solo na bacia do rio

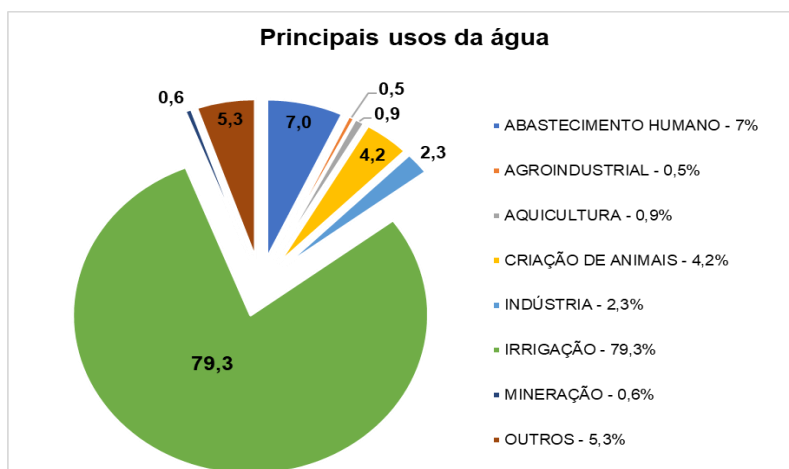


Figura 9: Quantitativo dos principais usos da água na bacia do rio

## Discussões

### **Instrumentos legais de gestão de recursos hídricos e suas fragilidades:**

A PNRH foi um grande marco para o avanço da gestão das águas no território nacional e dentre as diretrizes estabelecidas por essa política pontua-se a importância da implementação dos instrumentos que orientam o processo de gestão dos recursos hídricos.

Cada um dos instrumentos instituídos possui sua importância no processo de gestão e consequentemente orientam a obtenção da segurança hídrica e a falha na implementação desses instrumentos podem acarretar resultados negativos na busca por uma gestão consolidada e uma bacia hidrográfica segura para seus usuários.

Dentro desse processo descansa-se o Plano de Recursos Hídricos, o qual possui como função principal mapear as características socioeconômicas e ambientais da bacia de modo a averiguar a situação atual, quais os possíveis cenários futuros e, assim, auxiliar no planejamento das ações necessárias para, em uma escala temporal pré-estabelecida, gerar melhorias nas condições de qualidade e quantidade de água.

O enquadramento dos corpos d'água tem por finalidade mapear os mananciais e seus trechos quanto à qualidade físico-química e microbiológica. E sem a implementação desse instrumento, uma parcela das outorgas fica deficitária, visto que sem o enquadramento dos corpos hídricos, não é possível delimitar os tipos de utilização da água em determinadas regiões e não há como embasar a emissão de outorgas de efluentes.

Além disso, é por meio do enquadramento dos mananciais que se torna possível traçar metas para os usos do recurso, tendo como base o padrão de qualidade da água a ser mantido, gerando dessa forma, uma necessidade contínua de monitoramento (Costa et al, 2019).

A outorga dos direitos de uso da água atua como ferramenta regulatória, e somente após a emissão da outorga que o usuário estará apto a realizar a captação e uso do recurso. É importante observar que esta ferramenta está diretamente ligada à criação do sistema de informações, já que são as informações dos usos apresentados no processo de outorga que alimentam o SIRH.

A cobrança pelo uso da água é um instrumento que afirma o recurso hídrico como um recurso natural de valor econômico e seu custeio é de vital importância no processo de conscientização da população sobre a utilização

racional. Ainda, é estabelecido que todo montante advindo da cobrança pelo uso da água será direcionado para a elaboração de projetos e estudos referentes aos recursos hídricos da própria bacia hidrográfica. A não implementação desse instrumento dificulta a revisão e elaboração de novos planos de recursos hídricos e o aprimoramento dos sistemas de informações, assim como inviabiliza a execução de novos projetos socioambientais direcionados à conscientização e proteção das águas da bacia hidrográfica.

Ainda, em se tratando da cobrança pelo uso da água, esse instrumento traz consigo uma importância no processo de gestão por ser um precursor do uso racional do recurso hídrico levando-se em conta a responsabilidade do usuário nos quesitos qualidade e quantidade do recurso utilizado em vista do preço a ser cobrado pelo uso de um recurso considerado público (Demajorovic, 2015). Dessa forma, ao usuário que preserva e usa de forma racional será cobrado uma taxa menor condizente com suas atitudes, levando de forma indireta ao processo de preservação da água em localidades em que o instrumento está em atividade.

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é responsável por armazenar e disponibilizar informações sobre os usos da água como volume captado, tipologia de uso e localização das captações. Essa ferramenta é primordial para que o processo de gestão integrada dos recursos hídricos ocorra, sendo por meio de dados consistentes que os estudos, avaliações e gerenciamento da água se torna possível.

Em escala nacional, é possível observar essas mesmas fragilidades ocorrendo em diversas regiões. Como é colocado por Bezerra et al. (2021), o qual realizou um estudo de governança da água no semiárido brasileiro, embora o Brasil apresente uma forte estrutura institucional de recursos hídricos, ainda se observa problemas de implementação e falta de coordenação entre os setores, além de apresentar dificuldades na definição de prioridades de implementação dos planos de recursos hídricos, proporcionando, dessa forma, dificuldades nas tomadas de decisões nas atividades de gestão da água.

E por Trindade e Scheibe (2019), após um amplo levantamento de estudos sobre a gestão dos recursos hídricos no Brasil, foi observado que uma das grandes limitações existentes para a atuação dos conselhos de bacias hidrográficas é justamente “a inexistência ou “pouca existência” dos instrumentos de gestão previstos na PNRH”.

E não sendo diferente, no contexto da bacia do rio Paranaíba, percebe-se que ainda há a necessidade de esforços para a implementação completa dos instrumentos de gestão da água, visto que a não implementação integral da cobrança pelo uso do recurso e enquadramento dos corpos hídricos geram ineficiência no processo de gestão, dificultam as tomadas de decisões por parte dos gestores e atrapalham a obtenção da segurança hídrica na bacia.

### **O plano de recursos hídricos e os fatores socioeconômicos e ambientais:**

Por ser um instrumento que possui a finalidade de diagnosticar a situação dos recursos hídricos em relação aos fatores socioeconômicos e ambientais, o PRH apresenta a atual situação qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos e por meio de progressão dos dados traça cenários futuros de médio e longo prazo (Santos et al, 2020).

No âmbito socioeconômico e ambiental, observa-se que o PRH traz sugestões para algumas atividades de impacto na bacia como a agricultura, pecuária, indústria, geração de energia, etc., no entanto, embora não seja uma premissa do PRH, vejo com relevância a necessidade da apresentação de um norteamento bem definido que demonstre possibilidades ou restrições para essas atividades no PRH, uma vez que a PNRH, por meio dos seus instrumentos legais, traz a necessidade da articulação do planejamento dos recursos hídricos em todas as escalas.

E não bastando as premissas da PNRH, tem-se, ainda que as diretrizes que definem e mapeiam os usos dos solos no Brasil ficam a cargo dos poderes municipais por meio da execução dos Planos Diretores, o qual delimita o crescimento das áreas urbanas, define as localidades industriais, normatiza os setores de irrigação e saneamento, dentre outras funções (Pizella, 2015). Observando, dessa forma, a necessidade da interação sólida e direta entre o PRH com os Planos Diretores dos municípios inseridos na bacia.

Em vista do cenário da bacia do rio Paranaíba e como é apresentado no atual PRH, todas as alterações nos cenários de uso e ocupação, principalmente os ligados ao agronegócio, ficam sujeitas às modificações advindas da matriz econômica do país, mais especificamente as matrizes econômicas que regem o Centro-Oeste e Sul-Deste. Um exemplo claro dessas modificações foram os processos de desmatamento da região do Cerrado (Ferreira et al., 2013) e as expansões do mercado ligados à cana-de-açúcar, soja e carne bovina nos últimos anos, os quais tiveram e ainda

têm ligação direta com a dinâmica dos usos do solo na bacia do rio Paranaíba (Oliveira et al., 2015).

E como sabemos, a economia é volátil às necessidades do mercado e possui alta influência na composição dos usos do solo (Ferreira et al., 2021), o que, pensando na proteção dos recursos hídricos, levam ao questionamento se o ideal não seria o PRH norteando os usos do solo, pensando-se em divisões planejadas da área da bacia de forma a buscar eficiência nos diversos usos assim como equilíbrio no consumo dos recursos hídricos.

Contudo, o fato é que os usos dos recursos hídricos estão diretamente relacionados aos tipos de usos do solo, e como se sabe, grande parte da demanda de água no Brasil é direcionada principalmente para as atividades da agricultura, seguida pela atividade industrial e abastecimento urbano.

Nesse aspecto, a região da bacia do rio Paranaíba não é diferente, pois está fortemente ligada às atividades do agronegócio, possui grandes polos industriais e grandes concentrações urbanas, como Brasília, Goiânia e Belo Horizonte. Sendo perceptível que qualquer alteração sem direcionamento planejado na matriz econômica do agronegócio ou na expansão dos polos industriais existentes na bacia irão afetar diretamente os usos dos recursos hídricos, alterando a demanda de água e trazendo riscos à segurança hídrica.

### **Os sistemas de informações e as bases de dados de recursos hídricos:**

O sistema de informações dos recursos hídricos atua como instrumento de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação dos dados referentes aos usos da água. Além disso, deve ser um instrumento descentralizado, com coordenação unificada e capaz de fornecer informações sobre os recursos hídricos para toda a sociedade. Contudo, essas características não são observadas na prática.

De modo geral, toda informação relativa às outorgas de uso da água é coletada e cadastrada em um sistema de informações que o órgão ambiental de cada unidade da federação gerencia, sendo então um sistema descentralizado. No entanto, a forma de operar tais sistemas e os dados existentes nele são diferentes em cada UF, dificultando para o público ter acesso e interpretar esses dados, principalmente para casos de bacias hidrográficas situadas em mais de uma UF, como é o caso da bacia do rio Paranaíba.

Por meio deste trabalho foi possível observar a dificuldade em obter os dados de outorga do uso da água para a bacia do rio

Paranaíba, de forma que nem todos os órgãos disponibilizam os dados de forma aberta ao público, sendo necessária autorização formal para acesso ou mesmo a falta de resposta por parte do órgão ambiental, como no caso da sub-bacia Santana-Aporé, o qual não foi possível ter acesso aos dados base de outorga por não disponibilização deles para manuseio.

Essa situação de inacessibilidade vai contra o previsto pela Lei nº 9.433 de 1997 e, além disso, prejudica a utilização desses dados em estudos, projetos e planejamentos ambientais desenvolvidos pela sociedade.

Outras fragilidades foram encontradas também para os dados base de outorga que foram passíveis de acesso, sendo que esses apresentavam falta de clareza, incoerências e inconsistências nas informações apresentadas.

O que se observou nos dados obtidos pelos sistemas de informações de recursos hídricos foram outorgas defasadas, com portarias vencidas, unidades de vazão divergentes ( $m^3/s$ ,  $m^3/h$ ,  $L/s$ ), mesma finalidade de uso com nomenclaturas diferentes e possíveis duplicidades de cadastros devido a existência de valores de vazões e coordenadas de captação semelhantes.

Ao encontrar os dados apresentados dessa forma, fez-se necessária realização de uma análise prévia para entendimento das informações apresentadas nos quesitos de nomenclaturas utilizadas, formatação dos dados de latitude, longitude e unidades de medida de vazões e volumes, seguido de um processo de refinamento para que as informações se tornassem homogêneas e possível de serem trabalhadas, ação essa que pode passar despercebido e gerar falhas ao trabalhar com tais informações.

Essas situações encontradas no levantamento das outorgas pelos sistemas de informação de recursos hídricos demonstram um cenário de falta de gestão que levam a riscos de análise, podendo gerar resultados inconsistentes e que não demonstram a real situação de segurança dos recursos hídricos da bacia, deixando claro, ainda, a existência de uma lacuna no diálogo entre os órgãos ambientais que compartilham a gestão da bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

Essas fragilidades são colocadas também pela ANA (2020) em seu último levantamento sobre os desafios dos sistemas de informação no Brasil quando ela aponta sobre a necessidade da “integração em redes de amplo acesso interinstitucional e público e no fornecimento de respostas rápidas para as demandas do poder público e da sociedade”.

### **Riscos e conflitos pelo uso da água:**

Inicialmente percebe-se uma alta densidade de pontos de captação de água assim como um elevado consumo na região sudeste da bacia (figuras 6 e 7), região essa próxima à nascente do rio Paranaíba. Esse cenário demonstra alto consumo de água em porções que a disponibilidade é menor por se tratar de pontos mais próximos à nascente. Essa situação é preocupante e traz um alerta, demonstrando nessas localidades possíveis conflitos pelo uso do recurso e um processo de insegurança gerada pela possibilidade de escassez hídrica na região.

Isso ocorre devido a estrutura hidrográfica possuir como elemento principal de entrada no sistema a ocorrência de chuvas dentro da área da bacia. Nesse sentido observa-se que quanto menor a delimitação da bacia a partir de um ponto de interesse, menor será a disponibilidade de água nesse ponto devido a menor área para contribuição da água proveniente das precipitações (Feitosa et al., 2008).

Ainda, por meio do mapa de risco à segurança hídrica em relação ao mapa de uso e ocupação do solo foi notado dois outros fatores também ligados à ocorrência de criticidade à segurança hídrica. O primeiro se remete às porções à montante das grandes ocupações urbanas. Essa ocorrência se caracteriza principalmente pela necessidade da captação para abastecimento de água desses centros populacionais, os quais apresentam uma curva de crescimento populacional que agrava o efeito de oferta e demanda de água para abastecer essas regiões (ANA, 2020). Ainda, em conjunto se enquadra o consumo de água para atividades industriais e atividades referentes às pequenas agriculturas, como são os casos das produções de hortaliças, que abastecem essas regiões de grande concentração populacional.

O Segundo se remete às regiões com alta utilização de sistemas de irrigação por pivôs centrais. Ao comparar o mapa de risco com o mapa de uso do solo, é possível perceber a ocorrência dessas regiões críticas sobrepostas às regiões de maior concentração de agricultura irrigada, tais como ao nordeste da bacia dos afluentes goianos do baixo Paranaíba, ao nordeste da bacia dos rios Turvo e dos Bois, a nordeste da bacia do rio São Marcos e a sudeste e centro da bacia do rio Araguari.

Além disso, embora o uso do solo representado por áreas de agricultura ser de aproximadamente 29%, tem-se, por meio dos

dados de outorga, que a captação de água anual na bacia do rio Paranaíba para a atividade de irrigação representa em torno de 79% do volume total captado, sendo perceptível o significativo impacto da agricultura irrigada nos recursos hídricos da bacia.

Esse resultado vai de encontro com pesquisas realizadas para o bioma Cerrado onde indicam a antropização desse bioma pela ocupação da agricultura extensiva e a relação dessas produções com a grande necessidade de irrigação por sistemas de pivôs centrais. (Ferreira et al., 2013) (Latrubesse et al., 2019) (ANA, 2020).

Ainda, nota-se que o atual cenário apresentado pelo mapa de risco é fruto de uma má gestão dos usos da água nessas localidades em criticidade, visto que a outorga somente é liberada ao usuário após análise técnica dos órgãos ambientais. Ao mesmo tempo que é necessário averiguar de forma mais abrangente as causas dessa falha de gestão buscando mitigar possíveis conflitos sejam eles atuais ou futuros.

#### **Dados oficiais e a realidade em campo:**

Por mais que ocorram campanhas por parte dos órgãos ambientais em busca de conscientizar e melhorar o cadastramento das atividades que realizam captações de água, a lacuna existente entre os dados oficiais de outorga e a realidade em campo sempre irá existir. Mas, mesmo a redução efetiva dessa lacuna ainda é um caminho longo a ser percorrido.

Como é afirmado em estudos desenvolvidos em bacias hidrográficas do bioma Cerrado, grande parte da água superficial nesse bioma tem se destinado para abastecer pivôs em atividades de agriculturas irrigadas, como é o exemplo da bacia do rio Paraná, em que o rio Paranaíba está inserido, a qual demonstra ter aproximadamente 60% dos usos da água voltados à utilização de pivôs. E que, embora seja constatado em arquivos públicos que a região do

cerrado possuísse mais de 13.000 pivôs, somente em Goiás, tinha-se o conhecimento que mais de 2.600 ainda permaneciam em funcionamento irregular, sem autorização do órgão ambiental (Latrubesse, 2019).

Cenários de irregularidade como o descrito para o estado de Goiás podem ser extrapolados para toda a região do Cerrado, assim como para a bacia do rio Paranaíba.

Além da problemática dos pivôs, o que se observa são casos de usuários que não realizam o pedido de outorga juntos ao órgão ambiental de sua região, outros que mesmo com a outorga em mãos modificam seus projetos de forma a realizarem captações maiores do que a informada no processo de outorga e, ainda, casos em que donos de barramentos mantêm a vazão para jusante menor do que a informada ao órgão ambiental, reduzindo a disponibilidade hídrica para usuários.

Essas situações são evidenciadas por meio de trabalhos em campo, autos de infrações e denúncias que chegam tanto às ouvidorias dos órgãos ambientais quanto ao ministério público, como é evidenciado por Marques et al. (2021) ao analisar a situação de conflitos pelo uso dos recursos hídricos na região da bacia hidrográfica do córrego dos Quatis em Minas Gerais.

E a mitigação dessas ocorrências começará a ser possível com o aumento do quadro de especialistas atuando nas atividades de monitoramento e fiscalização nos órgãos ambientais, esses que, no Brasil, encontram-se com significativa defasagem de profissionais para tais finalidades.

Dessa forma, observando o mapeamento de risco à segurança hídrica e tendo conhecimento de que os dados, embora oficiais, não representam 100% da realidade em relação à criticidade dos usos dos recursos hídricos, tem-se que o cenário atual de insegurança tende a ser ainda mais grave do que o representado pela figura 10.

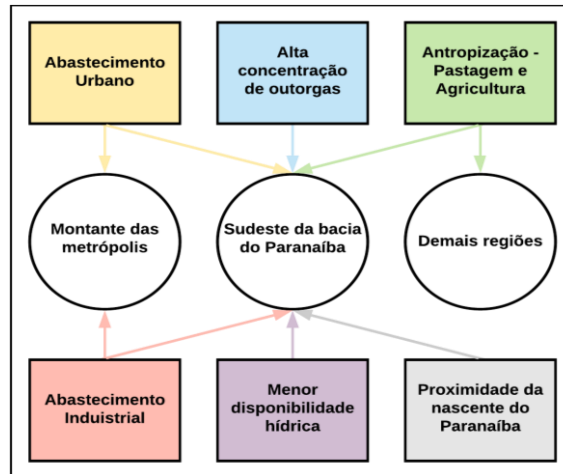


Figura 10: Resumo das criticidades observados.

## Conclusões

A presente pesquisa tem por objetivo principal a caracterização do cenário atual de segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Paranaíba, a partir da identificação das fragilidades na aplicação dos instrumentos de gestão da água dispostos na Lei nº 9.433 de 1997 e da determinação as regiões de potencial escassez.

Em relação à legislação nº 9.433 de 1997, tem-se que dos 6 (seis) instrumentos existentes, o plano de recursos hídricos, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e o sistema de informações sobre recursos hídricos são aplicados para toda a bacia do rio Paranaíba, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água não foi implementado, a cobrança pelo uso de recursos hídricos não é aplicado para toda a bacia, somente para 1 sub-bacia do rio Paranaíba, e a compensação a municípios foi vetado.

O plano de bacia do rio Paranaíba em vigor não apresenta diretrizes técnicas ou legais para lidar com os impactos relacionados às alterações advindas do desenvolvimento socioeconômico e ambiental, como a expansão do agronegócio, da indústria e das populações urbanas.

O Sistema de informação e acesso a dados é um instrumento fundamental no processo de gestão de recursos hídricos. Entretanto, o acesso às bases de dados de recursos hídricos dos órgãos ambientais não é facilitado, tal que para a porção sudoeste da bacia, representada pela sub-bacia Santana-Aporé, não foi possível a obtenção dos dados de outorga. Essa falha na disponibilidade dos dados ao público dificulta a transparência e inviabiliza pesquisas e trabalhos relacionados à gestão dos recursos hídricos.

Para os dados obtidos foi verificado falta de clareza e coerência na apresentação das informações, tal como as unidades de medida apresentadas para as vazões outorgadas que variavam entre litros por segundo (l/s), metros cúbicos por segundo (m³/s) ou metros cúbicos por hora (m³/h). Essa falha dificulta e promove riscos à análise dos dados, além de demonstrar uma clara ingerência no processo de gestão do sistema de informações sobre os recursos hídricos.

Foi notada a ocorrência de possíveis inconsistências nos dados de outorgas apresentados pelas bases de dados dos órgãos. Tais inconsistências estão relacionadas à possíveis duplicidades de cadastros, visto que foi observado valores iguais para captações nas mesmas coordenadas, muito embora o número das portarias de outorga fosse diferente. Essas inconsistências proporcionam inconfiabilidade dos dados, dificultam o processo de gestão e podem alterar os cenários de criticidade sobre os usos da água.

Sobre a representatividade das outorgas de água, tem-se que essas nem sempre refletem a realidade em campo, pontuando aqui a existência de atividades irregulares (sem outorga) com utilização do recurso hídrico e situações de captações em acumulação em que o barramento não mantém a vazão para jusante. Tais situações anunciam um cenário de segurança hídrica, já crítica em alguns pontos da bacia, ainda pior do que os dados oficiais demonstram.

As captações para as atividades do agronegócio, abastecimento urbano e indústria caracterizam as maiores utilizações dos recursos hídricos superficiais e, por meio da caracterização do uso e ocupação do solo na bacia do rio Paranaíba, é notado que esses usos ocupam

aproximadamente 75% da área, demonstrando um elevado processo de antropização.

Em relação à segurança hídrica da bacia, é importante ressaltar a criticidade na porção sudeste próxima à nascente do rio Paranaíba. Por se tratar de regiões próximas à nascente, tem-se que a disponibilidade hídrica é menor e, em consequência, as possibilidades de escassez e conflitos se tornam ainda maiores.

Percebe-se que as regiões de maior criticidade em relação à segurança hídrica estão situadas nas porções à montante das grandes capitais ou cidades de maior porte populacional e em regiões com alta concentração de atividades agropecuárias, tais como as áreas com irrigações de culturas. Essas regiões demonstram um significativo uso do recurso hídrico, assim como regiões de potencial escassez e conflitos pelo uso da água, tendo como agravante a possibilidade de escassez em regiões urbanas que levam a situações de racionamento do recurso hídrico.

### Agradecimentos

O autor agradece ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB) da Universidade Federal de Goiás (UFG), assim como ao órgão ambiental Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Goiás – SEMAD/GO pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

### Referências

- Aadhar, Saran; Mishra, Vimal. 2021. On the occurrence of the worst drought in South Asia in the observed and future climate. *Environmental Research Letters*, 16, issue 2.
- Acuña-Alonso, A. et al. 2021. Water security and watershed management assessed through the modelling of hydrology and ecological integrity: A study in the Galicia-Costa (NW Spain). *Science of the Total Environment*, ed. 759.
- Adegboyega, Suleiman Abdul-Azeez. 2021; Multi-temporal land use/land cover change detection and urban watershed degradation in Olorunda Local Government Area, Osun State, Nigeria. *Applied Geomatics*.
- Alavijeh, Nooshin Karimi; Falahi, Mohammad Ali; Shadmehri, Mohammad T. Ahmadi; Salehnia, Narges; Larsen, Morten A. Dahl; Drews Martin. 2021. Perspectives of current and future urban water security in Iran. *Journal of Cleaner Production*, vol. 321.
- Ahmed, Ishita Afreen; Dutta, Dipanwita K.; Baig, Mirza R. Imam; Roy, Shouraseni Sem; Rahman, Atiqur. 2021. Implications of changes in temperature and precipitation on the discharge of Brahmaputra River in the urban watershed of Guwahati, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 193, Article number: 518.
- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). 2020. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual. Brasília.
- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). 2019. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Brasília.
- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). 2020. Sistema de informações sobre recursos hídricos. Brasília.
- Barbosa, Diulia M. Zimmer e Ronquim, Carlos Cesar. 2021. Mapeamento de pivôs centrais no estado de São Paulo, ano base 2019. 15º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica.
- Bezerra, Aline Pessoa; Vieira, Zédna M. C. Lucena; Ribeiro, Márcia M. Rios. 2021. Avaliação da governança da água em diferentes escalas: um estudo de caso de reservatório na região semiárida do Brasil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RGRH*. Porto Alegre, 26, e14.
- Brennan, Michael; Rondón-Sulbarán, Janeet; Sabogal-Paz, Lyda Patricia; Fernandez-Ibañez, Pilar; Goldos-Balzategui, Ane. 2021. Conceptualising global water challenges: A transdisciplinary approach for understanding different discourses in sustainable development. *Journal of Environmental Management*, 298, issue 15.
- Burek, Peter et al. 2016. Water Futures and Solution. Fast Track Initiative – Final Report. International Institute for Applied Systems Analysis. IIASA, Laxenburg, Austria.
- Cadore, Jéssica Stefanello; Tochetto, Márcio. Recursos Hídricos: Panorama Geral do Setor e Perspectivas ao Atendimento da Agenda 2030. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 9, 2021.
- Carvalho, Ana P. Pereira; Lorandi, Reinaldo; Collares, Eduardo Goulart; Di Lollo; José Augusto; Moschini; Luiz Eduardo. 2021. Potential water demand from the agricultural sector in hydrographic sub-basins in the southeast of the state of São Paulo-Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 319.
- De Castro, César Nunes. Plano Nacional de Segurança Hídrica, problemas complexos e

- participação social. UnB-IH-Dep. Geografia, Doutor, Gestão Ambiental e Territorial, 2021
- Clima, recursos hídricos e tecnologias sociais no semiárido. / Jander Barbosa Monteiro, Isorlanda Caracristi, Lutiane Queiroz de Almeida. (Orgs.). – Sobral, CE: Sertão Cult, 2020.
- CNI - Conselho Nacional da Indústria. Segurança Hídrica. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canaais/industria-sustentavel/temas-de-atuacao/recursos-hidricos/>>. Acesso em: 10/11/2019.
- Costa, David de Andrade; Assumpção, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; Azevedo, José Paulo Soares, Santos, Marco Aurélio. 2019. Dos instrumentos de gestão de recursos hídricos – o Enquadramento – como ferramenta para reabilitação de rios. Saúde Debate. Rio de Janeiro, 43, 35-50, dez.
- Couceiro, Sheyla R. Marques; Hamada, Neusa. 2011. Os instrumentos da política nacional de recursos hídricos na região norte do Brasil. Oecologia Australis, 15(4): 762-774, dezembro.
- Da Silva, Julia Lopes; Samora, Patricia Rodrigues. 2019. Os impactos da crise hídrica sobre a população do município de Campinas/SP (2012-2016). Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana, vol. 11.
- Dacol, Kelli Cristina; Tischer, Wellington. A Relação entre soluções baseadas na natureza e serviços ecossistêmicos: uma análise bibliométrica. Revista GeoNordeste, 2, 172-191, 2020.
- Demajorovic, Jacques; Caruso, Carla; Jacobi, Pedro Roberto. 2015. Cobrança do uso da água e comportamento dos usuários industriais na bacia hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Rev. Adm. Pública — Rio de Janeiro 49(5):1193-1214.
- Érica Ferraz de Campos, Enio Bueno Pereira, Pieter van Oel, Fernando Ramos Martins, André Rodrigues Gonçalves, Rodrigo Santos Costa. 2021. Hybrid power generation for increasing water and energy securities during drought: Exploring local and regional effects in a semi-arid basin, Journal of Environmental Management, vol. 294.
- Falkenmark, M.; Jägerskog, A.; Schneider, K. 2014. Overcoming the land–water disconnect in water-scarce regions: time for IWRM to go contemporary, International Journal of Water Resources Development, 30:3, 391-408.
- Feitosa, Fernando A. Carneiro; Filho, João Manuel; Feitosa, Edilton Carneiro Demétrio, José Geilson A. 2008. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. CPRM – Serviços Geológicos do Brasil, 3. Ed, rev. e ampl. Rio de Janeiro
- Ferreira, G. C. V., Miziara, F., & Vazquez-González, I. 2021. Intensificação da pecuária em Goiás. Revista de Economia e Sociologia Rural, 60(4).
- Ferreira, Manuel E. et al. 2013. Considerations about the land use and conversion trends in the savanna environments of Central Brazil under a geomorphological perspective. Journal of Land Use Science.
- Flauzino, F. S.; Silva, M. K. A.; Nishiyama, L.; Rosa, R. 2010. Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no Cerrado mineiro. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 22 (1), pp. 75-91.
- Freitas, Paula Ângela Brunet; De Araújo, Sergio Murilo Santos. Análise da produção científica internacional sobre segurança hídrica utilizando a base de dados Web of Science (2010-2021). Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, 12, 606-618, 2021.
- Gama, Erika S. Caxias; Condurú, Marise Teles. 2019. Avaliação de sistemas de informação em recursos hídricos: instrumentos para tomada de decisão. Universidade e Meio Ambiente, 04, 01.
- Globo Comunicações. Globo News. Crise hídrica: pode faltar água para 74 milhões de brasileiros até 2035. Disponível em: <<http://g1.globo.com/globo-news/videos/v/crise-hidrica-pode-faltar-agua-para-74-milhoes-de-brasileiros-ate-2035/7832310/>>. Acessado em: 28/10/2020.
- Guarnier, Letícia; Barroso, Gilberto Fonseca. 2021. Spatial–temporal variability and extreme climate indices of precipitation in a coastal watershed of southeastern Brazil. Environmental Monitoring and Assessment, 193.
- Hoekstra, A. Y., Buurman, J., & van Ginkel, K. C. S. 2018. Urban water security: A review. Environmental Research Letters, 1 – 14.
- Iese, V., Kiem, A.S., Mariner, A. et al. 2021. Historical and future drought impacts in the Pacific islands and atolls. Climatic Change vol. 166, issue 19.
- Jesus, Lucas Scarpanti; Riyis, Marcos Tanaka; Giacheti, Herald Luiz. 2021. Fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas e uma proposta de priorização de áreas de fiscalização em um município industrializado. Águas Subterrâneas, 35, 30028.
- Julio, Natalia; Figueroa, Ricardo; Oliva, Roberto D. Ponce. 2021. Water Resources and



- Governance Approaches: Insights for Achieving Water Security. *Water*, 13, issue 21, 2021.
- Keskinen, Marko; Salminen, Erik; Haapala Juho. Water diplomacy paths – An approach to recognise water diplomacy actions in shared waters. *Journal of Hydrology*, 602.
- Koner, Kaberi; Samanta, Gopa. 2019. Urban environment and sustainable water supply: a comprehensive analysis of Darjeeling city, India. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 17459-17482, 2021.
- Latrubesse, Edgardo M.; et al. Fostering water resource governance and conservation in the Brazilian Cerrado biome. *Conservation Science and Practice*, 1:e77.
- Lei Chen, Jianxia Chang, Yimin Wang, Aijun Guo, Yuanyuan Liu, Qianqian Wang, Yuelu Zhu, Yong Zhang, Zhengyi Xie. 2021. Disclosing the future food security risk of China based on crop production and water scarcity under diverse socioeconomic and climate scenarios, *Science of The Total Environment*, 790.
- Loftus, Alex; Sousa, Ana CA. (In) segurança hídrica: garantindo o direito à água. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, 25, 2021.
- Machado, Enéas Souza; Knapik, Heloise Garcia; Bitencourt, Camila de C. Almeida. 2019. Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água. *Artigo Técnico, Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24 (02).
- Marques, Hilda F. Moura; Reis, Babara Carolina; Feitoza, Vitor Soares; Silva, José Geraldo; Monte-Mor; Roberto C. Almeida. 2021. Conflitos na gestão de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais: Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do córrego dos Quatis, Itueta – Minas Gerais, Brasil. *Research, Society and Development*, 10.
- Martínez, Mónica Montana. Segurança Hidroambiental e Humana no Contexto das Alterações Climáticas. In: *Coletânea “A Conferência da Terra: línguas, ritos e protagonismos nos territórios indígenas”*. p. 37. Editora da UFRR, 2020.
- Mattos, J. B.; et al. 2019. Natural factors or environmental neglect? Understanding the dilemma of a water crisis in a scenario of water plenty. *Land Use Policy*, 82, 509–517.
- Mello, Carlos R., Nayara P.A. Vieira, Jorge A. Guzman, Marcelo R. Viola, Samuel Beskow, and Lívia A. Alvarenga. 2021. Climate Change Impacts on Water Resources of the Largest Hydropower Plant Reservoir in Southeast Brazil. *Water*, 13, 11: 1560.
- Neto, F. Fabbro; Gómez-Martín, M. Belén. 2020. Water safety plan integrated to the land use and occupation measures: Proposals for Caraguatatuba-SP, Brazil. *Land Use Policy*.
- Neto, Amaury G. Pessoa; Barbosa, Ioná M. B. Rameh; Silva, Simone Rosa. 2021. Mapeamento das áreas de risco de inundação da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, em Pernambuco, utilizando o método AHP (Analytic Hierarchy Process). IX ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UFSC – Florianópolis
- ONU Brasil - Organização das Nações Unidas Brasil. Água. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em: 22/07/2019.
- Pandey, C. L. 2021. Managing urban water security: challenges and prospects in Nepal. *Environment, Development and Sustainability*, ed. 23, pp.241–257.
- Paula Prado Siqueira, Paulo Tarso S. Oliveira, Danielle Bressiani, Antonio A. Meira Neto, Dulce B.B. Rodrigues. 2021. Effects of climate and land cover changes on water availability in a Brazilian Cerrado basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 37.
- Pizella, Denise Gallo. 2015. A relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacias Hidrográficas na gestão hídrica. *Rev. Ambient. Água*, 10
- Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Presidência da República. Casa Civil.
- Plano de recursos hídricos do rio Paranaíba (PRHP). 2013. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA.
- Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba (PRHP). 2015. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA.
- Prasood, S.P.; Mukesh, M.V.; Rani, V.R., Sajinkumar, K.S.; Thri vikramji, K.P. 2021. Urbanization and its effects on water resources: Scenario of a tropical river basin in South India, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23.
- Proença, Yasmin Martins; Von Zuben Campos, Priscilla Perla Tartarotti. Gestão consciente de Recursos Hídricos: a Percepção de líderes organizacionais e seu papel neste contexto. *Brazilian Applied Science Review*, 4, 2450-2466, 2020.

- Qiu, Jiali; Shen, Zhenyao; Leng Guoyong; Wei, Guoyong. 2021. Synergistic effect of drought and rainfall events of different patterns on watershed systems. *Scientific Reports*, 11
- Rajsekhar, Deepthi; Gorelick, Steven M. 2017. Increasing drought in Jordan: Climate change and cascading Syrian land-use impacts on reducing transboundary flow. *Science Advances*.
- Rashid, Mehnaz; Ahmed, Shakeel. 2018. Appraisal of the groundwater balance componentes from multi-remote sensing datasets in a semi-arid region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, issue 11.
- Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- Ribeiro, Rayssa Balieiro. Aprimoramento do processo de estimativa da disponibilidade hídrica. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2020. Disponível em: <<https://locus.ufv.br/handle/123456789/28339>>. Acessado em: 10/06/2022.
- Robinne, François-Nicolas et al. 2021. Scientists' warning on extreme wildfire risks to water supply. *Wildfire and hydrological processes*, 35.
- Rosa, R.; Sano, E. E.; Rosendo, J. S. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. *Sociedade & Natureza, Uberlândia*, 26 (2), pp. 333-351. 2014.
- Salmoral, Gloria; et al. 2018. Agricultural development in Ecuador: A compromise between water and food security? *Journal of Cleaner Production*, ed. 202, p. 779-791.
- Santana, Gildo R. de Almeida; Santos, Eliane Barbosa; da Silva, Maria G. A. Justi. 2020. Caracterização Espaço-Temporal das Secas na Bacia do Rio Paraíba do Sul. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 43 – 4, p. 364-375.
- Santos, Simone Mendonça; Souza, Marcelo Marini Pereira; Bircol Guilherme A. Carminato; Ueno, Helena Mariko. 2020. Planos de Bacia e seus desafios: o caso da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – SP. *Ambiente & Sociedade. São Paulo*, 23.
- Silva, Fernanda Buono; Queiroz; Timóteo Ramos; Burkert, Denilson; Mazione, Rodrigo Lilla. 2021. Usos múltiplos da água por usuários outorgados nas bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, 2172-2185.
- Silva, G. O. Mota.; Medeiros, Y. D. Pinto.; Fontes, A. 2021. Sousa. Atualização do sistema de suporte à decisão para outorga de uso de recursos hídricos do estado da Bahia. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 18.
- Siqueira, Paula Prado; Oliveira, Paulo Tarso S.; Bressiani, Danielle; Neto, Antonio A. Meira; Rodrigues, Dulce B. B. 2021. Effects of climate and land cover changes on water availability in a Brazilian Cerrado basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 37.
- Stringer, Lindsay C.; Mirzabaei, Alisher; Benjaminsen, Tor A.; Harris, Rebecca M.B.; Jafari, Mostafa; Lissner, Tabea K.; Stevens, Nicola; Pahlen, Cristina Tirado. 2021. Climate change impacts on water security in global drylands. *One Earth*, 4, issue 6, pages 851 – 864.
- Sun, C.; Choy, S.; Chua, Z.; Aitkenhead, I.; Kuleshov, Y. 2020. Geographic information system for drought risk mapping in Australia - drought risk analyser web app. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIV-3/W1-2020 - 13th Geoinformation for Disaster Management conference*.
- Taka, Maija; Ahopelto, Lauri; Fallon, Amy; Heino, Matias; Kallio, Marko; Kinnunen, Pekka; Niva, Venla; Varis, Olli. The potential of water security in leveraging Agenda 2030. *One Earth*, vol. 4, issue 2, pages 258-268, 2021.
- NYT - The New York Times. Climate and Environment. A Quarter of Humanity Faces Looming Water Crises. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/interactive/2019/08/06/climate/world-water-stress.html>>. Acessado em: 30/10/2020.
- Trindade, Larissa de Lima; Scheibe, Luiz Fernando. 2019. gestão das águas: limitações e contribuições na atuação dos comitês de bacias hidrográficas brasileiros. *Ambiente & Sociedade, São Paulo*, 22.
- UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Addressing water security, climate impacts and adaptation responses in Africa, Asia, Latin America and the Caribbean: accomplishment report. France, 2021. Acessado em: 09/11/2021. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377252.locale=en>>.

- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B. et al. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature – International Journal of Science*. Vol. 467, pp. 555–561.
- Vörösmarty, C. J.; Stewart-Koster, Bem; Green, Pamela A.; Boone, Edward L.; Flörke, Martina; Fischer, Günther; Wiberg, David A.; Bunn, Stuart E.; Bhaduri, Anik; McIntyre, Peter B.; Sadoff, Claudia; Liu, Hongxing; Stifel, David. 2021. A green-gray path to global water security and sustainable infrastructure. *Global Environmental Change*, 70.
- Wang, X.; Cong, P.; Jin, Y.; Jia, X.; Wang, J.; Han, Y. 2021. Assessing the Effects of Land Cover Land Use Change on Precipitation Dynamics in Guangdong Hong Kong Macao Greater Bay Area from 2001 to 2019. *Remote Sensing*, 13.
- Wingfield, S.; Martínez-MoscOSO, A.; Quiroga, D.; Ochoa-Herrera, V. 2021. Challenges to Water Management in Ecuador: Legal Authorization, Quality Parameters, and Socio-Political Responses. *Water*, vol. 13, issue 8
- Wutich, Amber; Jepsen, Wendy E.; Stoler Justin; Thompson, Patrick; Kooy, Michelle; Brewis, Alexandra; Staddon, Chad; Meehan Katie. 2021. A Global Agenda for Household Water Security: Measurement, Monitoring, and Management. *Journal of the American Water Resources Association*. *Water Commentary*.
- Yinmao Zhao, Ningpeng Dong, Zhansheng Li, Wei Zhang, Mingxiang Yang, Hao Wang. 2021. Future precipitation, hydrology and hydropower generation in the Yalong River Basin: Projections and analysis. *Journal of Hydrology*, 602.