

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **MAPEAMENTO DE ÁREAS CRÍTICAS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS: UM ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA**

*Flavia Yuki Tsuruda Tanoue<sup>1</sup>; Andréia Pedroso<sup>2</sup>; Leonardo Mitre Alvim de Castro<sup>3</sup>; Carlos Ronei Bortoli<sup>4</sup>; Ana Luiza Helfer<sup>5</sup>*

**Abstract:** This paper presents a methodological proposal for the mapping and analysis of critical areas related to superficial areas, applied as a case study in the Paranaíba River Basin, within the context of the revision and update of its Integrated Water Resources Plan (PIRH Paranaíba). The methodology considers information on both quantitative and qualitative water balance, based on the comparison between water availability and demand, as well as water quality in relation to the parameters established by CONAMA Resolution No. 357/2005. In addition to these elements, relevant physical, biotic, and socioeconomic aspects of the basin that affect water resources were incorporated, including areas susceptible to water erosion, Priority Areas for Biodiversity Conservation (APCBs), and areas of conflict over water use. Based on the combination of these criteria, a classification of water criticality for the sub-basins (ottobacias) was developed, allowing for the spatial and objective identification of critical areas. The methodology proved to be an effective tool for supporting the mapping of critical areas within the basin and has the potential to guide planning for interventions aimed at improving water quality and availability. It also promotes greater integration among water management instruments, environmental conservation, and land-use planning. Furthermore, its structure allows for replicability in other basins, with adaptations according to local characteristics and data availability.

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma proposta metodológica para o mapeamento e análise das áreas críticas das águas superficiais, aplicada como estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Paranaíba, no contexto da revisão e atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da bacia (PIRH Paranaíba). A metodologia adotada considera informações sobre balanço hídrico quantitativo e qualitativo, a partir do cotejo entre disponibilidades e demandas, além da qualidade da água em relação aos parâmetros da Resolução CONAMA nº 357/2005. A esses elementos, foram incorporados aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos relevantes para a bacia e com rebatimento nos recursos hídricos, considerando áreas suscetíveis à erosão hídrica, Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (APCBs) e áreas de conflito pelo uso da água. Com base na combinação desses critérios, foi desenvolvida uma classificação da criticidade hídrica das ottobacias, possibilitando a identificação de áreas críticas de maneira espacial e objetiva. A metodologia demonstrou ser uma ferramenta eficiente para apoiar o mapeamento de áreas críticas na bacia e com potencial para direcionar o planejamento de intervenções voltadas à melhoria da qualidade e disponibilidade da água, fomentando ainda maior articulação entre os instrumentos de gestão hídrica, conservação ambiental e ordenamento territorial. Além disso, sua estrutura permite replicabilidade em outras bacias, com adaptações conforme as características e disponibilidade de dados locais.

**Palavras-Chave** – Balanço hídrico, qualidade da água, gestão de recursos hídricos.

1) ENGECORPS ENGENHARIA S.A. [flavia.tanoue@engecorps.com.br](mailto:flavia.tanoue@engecorps.com.br).

2) ENGECORPS ENGENHARIA S.A. [andreia.pedroso@engecorps.com.br](mailto:andreia.pedroso@engecorps.com.br).

3) ENGECORPS ENGENHARIA S.A. [leonardo.mitre@engecorps.com.br](mailto:leonardo.mitre@engecorps.com.br).

4) PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE LTDA [carlos@profill.com.br](mailto:carlos@profill.com.br)

5) PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE LTDA. [ana.helfer@profill.com.br](mailto:ana.helfer@profill.com.br)

## INTRODUÇÃO

O Plano de Recursos Hídricos – PRH configura um dos instrumentos de grande relevância para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Nesse sentido, conta com uma etapa de análise de situação da bacia (Diagnóstico), seguida pela análise de futuros possíveis (Prognóstico) e conclui com o planejamento das ações que devem ser desenvolvidas na bacia para solução de problemas existentes e potenciais (Plano de Ações).

A bacia do rio Paranaíba, objeto de análise do presente trabalho, teve seu primeiro PRH elaborado em 2013. Com uma extensão territorial de mais de 223 mil km<sup>2</sup> e com porções nos estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul e no Distrito Federal, caracteriza-se por abranger uma grande diversidade de fatores naturais e socioeconômicos, que se refletem sobre as águas, além de estar inserida em uma rede complexa de interações entre atores estratégicos das mais variadas escalas e níveis regulatórios (Castilho, 2019).

O PRH Paranaíba trouxe importantes diretrizes orientativas para a gestão dos recursos hídricos na bacia, considerando a água como elemento estruturante do expressivo processo de desenvolvimento populacional, agroindustrial e logístico da bacia à época (ANA, 2013). Contudo, decorridos mais de 10 anos desde sua conclusão, a realidade dos aspectos físicos, socioeconômicos e bióticos, bem como das questões institucionais da bacia, é diferente daquela anteriormente retratada, o que se reflete em alterações no quadro existente de demandas e balanço hídrico, de qualidade das águas e de gerenciamento dos recursos hídricos (ABHA & CBH Paranaíba, 2024). Soma-se a isso o fato de que menos de 20% das ações do PRH haviam sido implementadas até 2022 (ABHA, 2022).

Dessa maneira, fez-se necessária a atualização do Plano, considerando, além das diretrizes mínimas legalmente estabelecidas, uma visão que contemple o sistema hidrográfico da bacia do rio Paranaíba como um todo, mas com o entendimento das especificidades de cada bacia afluente, a fim de aprimorar o planejamento e o consequente direcionamento das ações a serem propostas. A partir dessa abordagem, o novo documento, em elaboração desde o início de 2024, passou a se chamar Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba – PIRH Paranaíba.

Na construção do referido instrumento de integração e pactuação entre as bacias, um dos pilares fundamentais é a caracterização da situação dos recursos hídricos, estabelecendo o balanço entre disponibilidade e demanda hídrica, e considerando a qualidade dos corpos de água. Segundo Stinghen & Mannich (2022), regiões nas quais a disponibilidade de água não é suficiente para suprir todos os usos e necessidades, ou que enfrentam situações de escassez hídrica devido a eventos climáticos extremos ou como característica local recorrente, são classificadas como áreas críticas. Essas situações de criticidade, além de comprometerem o atendimento das demandas, tendem também a prejudicar a qualidade da água, pela redução da disponibilidade para diluição de efluentes dispostos nos corpos hídricos. Por conseguinte, essas áreas requerem maior atenção e, de maneira geral, prioridade no direcionamento de esforços de gestão dos recursos hídricos e de investimentos.

Nesse contexto, na oportunidade de atualização e revisão do PIRH Paranaíba foi desenvolvida e aplicada uma metodologia para mapeamento e análise das áreas críticas das águas superficiais, de forma espacial e objetiva, com identificação das regiões com maiores problemas em termos de quantidade e qualidade da água, conjuntamente com outros aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos de maior relevância para os recursos hídricos dessa bacia.

## OBJETIVO

Apresentar uma nova metodologia de mapeamento das áreas críticas de águas superficiais e sua aplicação de forma prática na bacia hidrográfica do rio Paranaíba, considerando de forma integrada

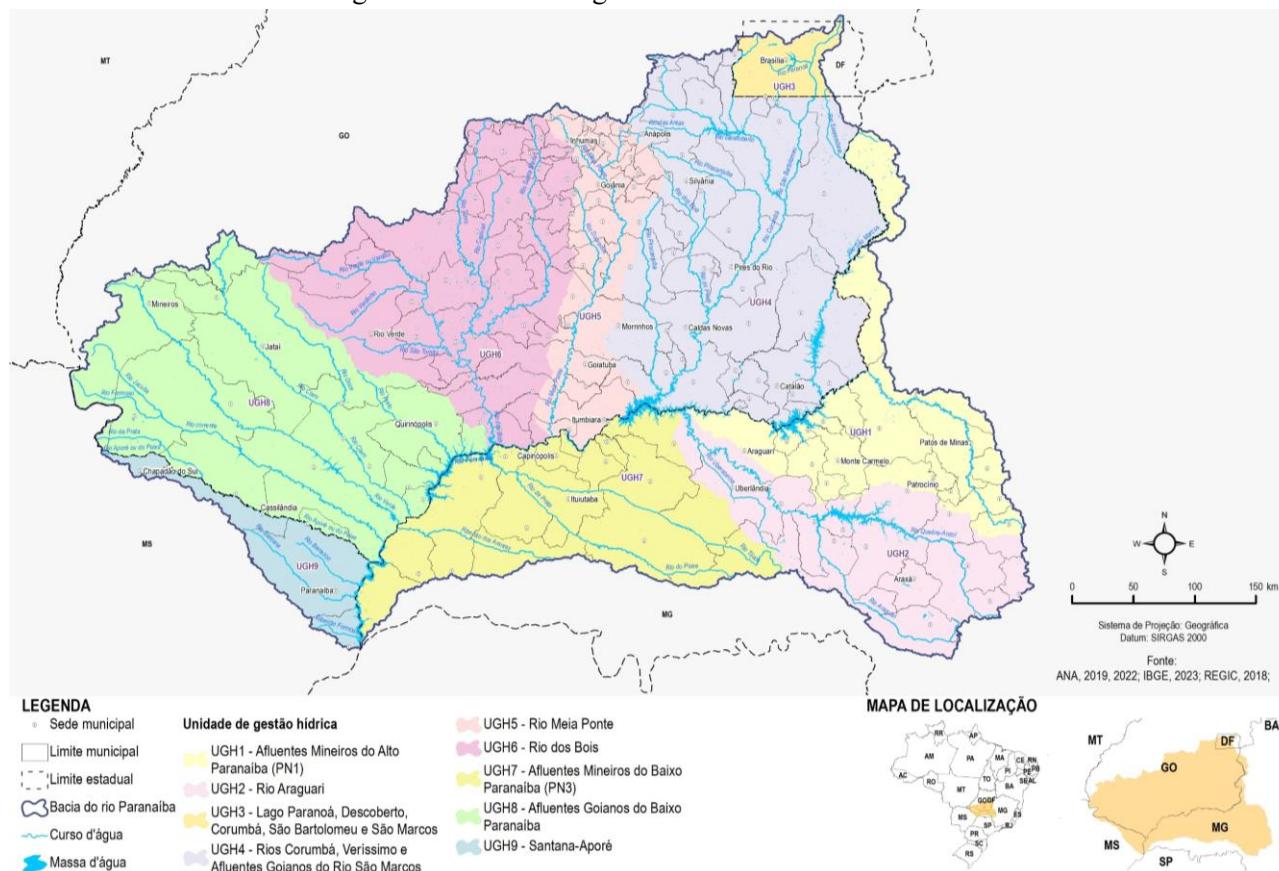
os balanços hídricos quantitativo e qualitativo, bem como características físicas, bióticas e socioeconômicas representativas da bacia.

Nesse trabalho, as áreas suscetíveis à erosão foram adotadas como representação das características físicas da bacia, as Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade – APCBs como representação das características bióticas, e as áreas de conflitos pelo uso da água como representação dos aspectos socioeconômicos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para efeitos da gestão de recursos hídricos, a bacia do rio Paranaíba está subdividida atualmente em nove Unidades de Gestão Hídrica – UGHs, considerando as divisões hidrográficas adotadas pelas Unidades Federativas para a gestão de seus recursos hídricos, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Bacia hidrográfica do rio Paranaíba e UGHs



Fonte: Adaptado de ABHA & CBH Paranaíba, 2024.

O mapeamento das áreas críticas foi elaborado a nível de ottobacias, iniciando-se a partir do cruzamento dos resultados dos balanços hídricos quali-quantitativos das águas superficiais, considerando a vazão Q95% (ANA, 2020; SEMAD/GO, 2024), a demanda hídrica média anual (ANA, 2019) e as classes de qualidade da água segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 atualmente atendidas, considerando o parâmetro responsável pela pior qualidade, ou seja, pela pior classe.

A relação entre disponibilidade e demandas hídricas – balanço hídrico quantitativo – foi classificada considerando as faixas de comprometimento apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação para avaliação do balanço hídrico quantitativo

Relação Demanda/Q <sub>95%</sub>	Condição da bacia e ações de gestão indicadas
< 15%	Boa condição de disponibilidade; pouca atividade de gerenciamento é necessária e a água é considerada um bem livre, que pode ser captada por qualquer empreendimento sem maiores consequências.
15,01 a 30%	Situação potencialmente preocupante, devendo ser desenvolvidas ações de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento.
30,01 a 50%	Situação preocupante; a atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios.
50,01% a 100%	Situação crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos.
> 100%	Situação muito crítica, em que atividades de gerenciamento e de investimentos e realocação de demandas são necessárias de forma urgente.

Fonte: Adaptado de Dias et al., 2019.

Quanto ao balanço hídrico qualitativo, após modelagem matemática de qualidade da água aplicando o modelo WARM-GIS (Kayser & Collischonn, 2022), os trechos foram classificados nas categorias mostradas no Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação para avaliação do balanço hídrico qualitativo

Classe	Condição
Conforme	A classe atendida atualmente está de acordo com a classe de enquadramento vigente.
Não conforme	A classe atendida atualmente não está de acordo com a classe de enquadramento vigente.
Classes 1 e 2	Cursos de água sem enquadramento vigente, mas que atendem atualmente à classe 1 ou 2
Classes 3 e 4	Cursos de água sem enquadramento vigente, mas que atendem atualmente a classe 3 ou 4

Fonte: Elaboração própria.

Para a avaliação da criticidade quali-quantitativa foram propostos três grupos (Quadro 3):

- Grupo 1: criticidade em quantidade e qualidade, referente aos cursos de água com relação demanda vs. disponibilidade superior a 50% e qualidade não conforme com a classe de enquadramento vigente ou que atendem atualmente às classes 3 e 4 (para rios não enquadrados);
- Grupo 2: criticidade em quantidade ou qualidade, indicando comprometimento hídrico superior a 50% ou não conformidade com a classe de enquadramento vigente ou atendem às classes 3 e 4 (rios não enquadrados); e
- Grupo 3: sem criticidade, tanto em termos de quantidade quanto qualidade.

Quadro 3 – Grupos de criticidade quali-quantitativa propostos

Balanço hídrico qualitativo	Balanço hídrico quantitativo				
	Boa condição de disponibilidade	Situação potencialmente preocupante	Situação preocupante	Situação crítica	Situação muito crítica
Conforme	<b>Grupo 3</b> Sem criticidade			<b>Grupo 2a</b> Criticidade em quantidade	
Não enquadrado - Classes 1 e 2					
Não conforme	<b>Grupo 2b</b> Criticidade em qualidade			<b>Grupo 1</b> Criticidade em quantidade e qualidade	
Não enquadrado - Classes 3 e 4					

Fonte: Elaboração própria.

Dentro de cada grupo foram mapeadas as áreas de conflito pelo uso das águas superficiais existentes, com alta ou muito alta suscetibilidade à erosão hídrica e Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade – APCBs. As áreas de conflito pelos usos dos recursos hídricos superficiais foram identificadas a partir de Declarações de Área de Conflito nas bacias afluentes

mineiras, da Instrução Normativa nº 15/2021 na porção goiana, e de marcos regulatórios e estudos de referência. O levantamento das áreas suscetíveis à erosão foi realizado a partir do mapeamento de sensibilidade dos solos à erosão hídrica elaborado pela Embrapa Solos (Ferraz et al., 2020), e das APCBs baseou-se nas informações cartográficas disponibilizadas por MMA (2018).

Essas áreas foram graduadas quanto ao nível de adversidade: i) 1 a 4 para as áreas do grupo 1 (criticidade em quantidade e qualidade); ii) 5 a 8 para o grupo 2 (criticidade em quantidade ou qualidade); e iii) 9 a 12 para o grupo 3 (sem criticidade). Por fim, o índice de criticidade foi calculado conforme a proposição abaixo. O Quadro 4 e a Figura 2 apresentam as graduações e a escala de criticidade resultantes.

- $g$ : valor atribuído ao grupo do trecho/ottobacia.

$$g = \begin{cases} 1, \text{ para o grupo 1 de criticidade quali - quantitativa} \\ 5, \text{ para o grupo 2 de criticidade quali - quantitativa} \\ 9, \text{ para o grupo 3 de criticidade quali - quantitativa} \end{cases}$$

- $AC$ : valor associado aos trechos/ottobacias que estão dentro de áreas de conflitos pelos usos das águas superficiais.

$$AC = \begin{cases} 0, \text{ para trecho|ottobacia dentro de áreas de conflitos} \\ 1, \text{ para trecho|ottobacia fora de áreas de conflitos} \end{cases}$$

- $APCB$ : valor associado aos trechos/ottobacias que estão dentro de APCBs.

$$APCB = \begin{cases} 0, \text{ para trecho|ottobacia dentro de APCB} \\ 1, \text{ para trecho|ottobacia fora de APCB} \end{cases}$$

- $E$ : valor associado aos trechos/ottobacias que estão localizados em áreas com alta ou muito alta suscetibilidade à erosão.

$$E = \begin{cases} 0, \text{ para trecho|ottobacia dentro de áreas com suscetibilidade à erosão} \\ 1, \text{ para trecho|ottobacia fora de áreas com suscetibilidade à erosão} \end{cases}$$

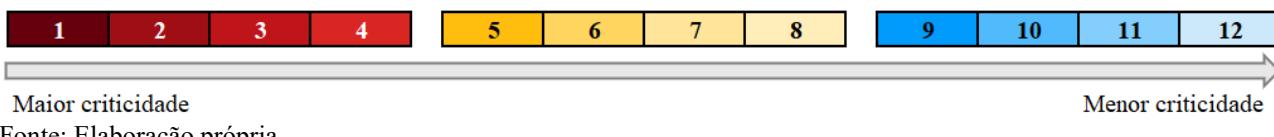
- $Criticidade = g + AC + APCB + E$

Quadro 4 – Graduações de criticidade hídrica propostas

Balanco hídrico qualitativo	Localizado em área de		Balanco hídrico quantitativo									
	APCB	Suscetibilidade à erosão alta/muito alta	Boa condição de disponibilidade		Situação potencialmente preocupante		Situação preocupante		Situação crítica		Situação muito crítica	
			Localizado em área de conflito pelo uso da água superficial									
Conforme	Sim	Sim	9	10	9	10	9	10	5	6	5	6
		Não	10	11	10	11	10	11	6	7	6	7
	Não	Sim	10	11	10	11	10	11	6	7	6	7
		Não	11	12	11	12	11	12	7	8	7	8
Não enquadrado - Classes 1 e 2	Sim	Sim	9	10	9	10	9	10	5	6	5	6
		Não	10	11	10	11	10	11	6	7	6	7
	Não	Sim	10	11	10	11	10	11	6	7	6	7
		Não	11	12	11	12	11	12	7	8	7	8
Não conforme	Sim	Sim	5	6	5	6	5	6	1	2	1	2
		Não	6	7	6	7	6	7	2	3	2	3
	Não	Sim	6	7	6	7	6	7	2	3	2	3
		Não	7	8	7	8	7	8	3	4	3	4
Não enquadrado - Classes 3 e 4	Sim	Sim	5	6	5	6	5	6	1	2	1	2
		Não	6	7	6	7	6	7	2	3	2	3
	Não	Sim	6	7	6	7	6	7	2	3	2	3
		Não	7	8	7	8	7	8	3	4	3	4

Fonte: Elaboração própria.

Figura 2 – Escala de criticidade hídrica proposta

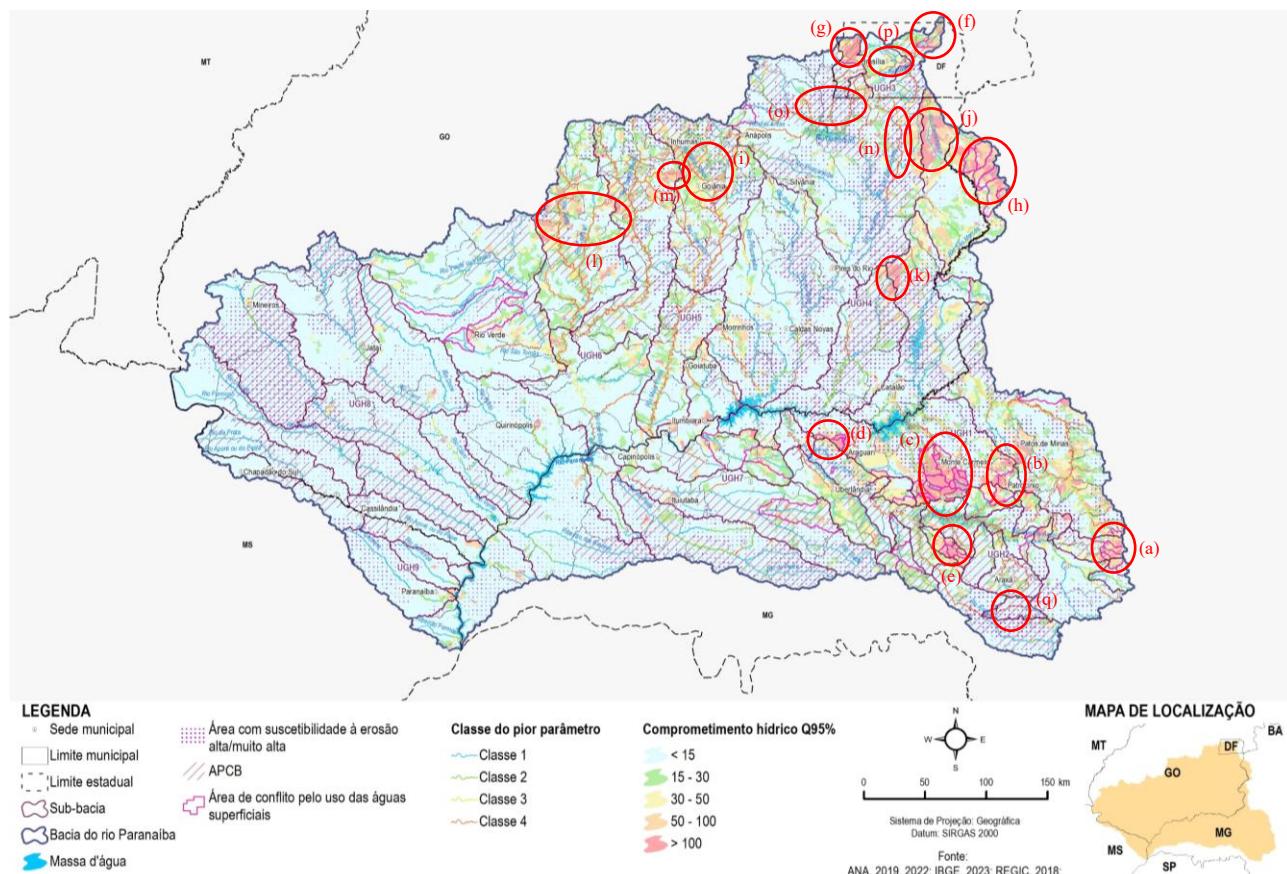


Fonte: Elaboração própria.

## RESULTADOS

A Figura 3 espacializa o cruzamento dos balanços hídricos em quantidade e qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paranaíba, juntamente com as áreas de conflito pelo uso das águas superficiais existentes, de alta ou muito alta suscetibilidade à erosão hídrica, e APCBs.

Figura 3 - Balanço hídrico quali-quantitativo, áreas de conflito pelo uso da água, de suscetibilidade à erosão hídrica e APCBs



Nota: Os círculos em vermelho, identificados por letras, têm sua correspondência e explicação no texto a seguir.

Fonte: Elaboração própria.

Por meio da Figura 3, observa-se inicialmente que o balanço hídrico quantitativo simulado apontou a existência, de fato, de comprometimento hídrico em diversas áreas já declaradas de conflito pelo uso das águas, com destaque para as sub-bacias: ribeirões dos Ferreiros e das Guaritas, e córregos Olhos d'Água e da Cachoeira, na cabeceira do rio Paranaíba na UGH 1 (a); rio Dourados, ribeirão Rangel ou Pavões e córrego Bom Jardim, próximo à sede urbana de Patrocínio/MG (b); rios Perdizes e Bagagem, ribeirões São Félix e Marrecos, e córrego Pirapitinga, próximos às sedes dos municípios de Monte Carmelo/MG, Romaria/MG e Iraí de Minas/MG, ainda na UGH 1 (c); além da sub-bacia ribeirão das Araras e córregos Amanhecer, Macaúbas, Veadó, Sapé e Lagoa Seca, localizados no município de Araguari/MG, na divisa da UGHs 1 e 2 (d); e o ribeirão Santa Juliana (e) na UGH 2. Da mesma maneira, na UGH 3 as áreas com maior comprometimento hídrico se concentram nas sub-

bacias dos rios Pipiripau (f) e Descoberto (g), e na UGH 4 na bacia do rio São Marcos a montante da UHE Batalha (h), as quais também são áreas de conflito. Destaca-se ainda a porção alta do rio Meia Ponte (i), localizada na UGH 5, que abrange a Região Metropolitana de Goiânia/GO, declarada integralmente como bacia crítica pela Instrução Normativa nº 15/2021.

Adicionalmente, a modelagem do balanço hídrico quantitativo ressalta outras áreas adversas, como a sub-bacia do rio Samambaia (j), afluente do rio São Marcos, e sub-bacia Alto Ribeirão Imburuçu (k) na UGH 4, e na UGH 6, como algumas sub-bacias afluentes dos rios Turvo e Capivari além do ribeirão Sucuri, afluente do rio dos Bois (l), localizados na porção alta mais e central dessa UGH, e da sub-bacia do ribeirão Fazendinha (m), localizado próximo à divisa com a UGH 5. Nessas áreas, poderão emergir conflitos pelo uso da água já no curto prazo, indicando a necessidade iminente de intervenções na gestão e planejamento dos recursos hídricos.

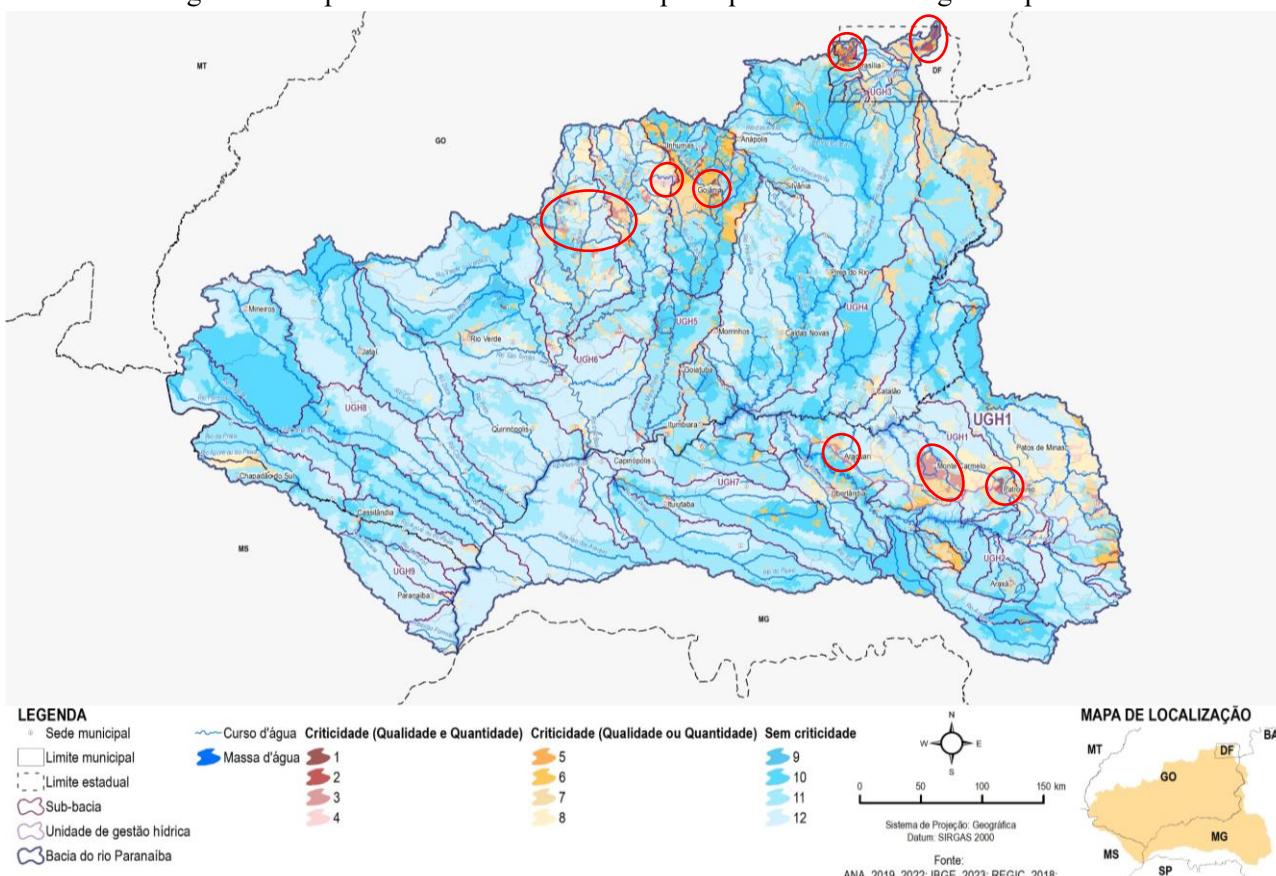
Dentre as áreas supracitadas, as sub-bacias dos rios Pipiripau e Descoberto (f, g) e do alto rio Meia Ponte (i) estão inseridas em APCBs, ou seja, onde a conservação de rios, lagos, áreas de recargas de aquíferos e zonas ripárias são importantes tanto para a biodiversidade quanto para os serviços ecossistêmicos essenciais, como o abastecimento de água.

Em APCBs, a qualidade da água também é um fator fundamental para a manutenção dos ecossistemas e dos serviços ambientais. Nesse sentido, destaca-se que na UGH 2, onde mais de 50% de sua área corresponde a APCBs, os trechos de rios localizados nessas áreas atendem aos parâmetros de qualidade da classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005. Vale destacar também, na UGH 4, a porção hidrográfica do rio São Bartolomeu (n) e os afluentes da margem esquerda da UGH Corumbá IV (o) situados em APCBs e com parâmetros de qualidade atendendo as classes 3 e 4. Na UGH 5, destaca-se o curso de água principal, rio Meia Ponte, cuja qualidade é compatível com a classe 4 desde sua cabeceira até a foz, estando localizado em APCB até próximo à sede municipal de Aloândia/GO. Na UGH 6, destacam-se o curso de água principal, rio dos Bois, e seu afluente rio Turvo, até suas confluências localizados em APCBs com importância biológica muito alta e prioridade extremamente alta, mas apresentando qualidade da água compatível com a classe 4. E na UGH 3, destacam-se as sub-bacias do rio Descoberto e da UHE Paranoá (p), onde a qualidade da água atende a parâmetros das classes 3 e 4.

Quanto à relação da qualidade da água com as áreas suscetíveis à erosão, onde a qualidade é prejudicada pelo aporte de sedimentos aos cursos hídricos, que podem transportar poluentes adsorvidos às partículas de solo, como nutrientes (nitrogênio e fósforo), metais pesados e agrotóxicos, destacam-se: o ribeirão do Inferno (q), afluente do rio Araguari em sua porção mais alta, localizado em área com alta suscetibilidade à erosão e qualidade compatível com a classe 4 na UGH 2; e trechos da margem esquerda do reservatório da UHE Corumbá IV, situada na UGH 4, como os ribeirões São Sebastião e das Galinhas, além dos rios Descoberto e Areias (o), também localizados em áreas com alta e muito alta suscetibilidade à erosão e qualidade compatível com a classe 4.

Além das análises realizadas com base na sobreposição das informações apresentadas na Figura 3, o cruzamento de tais dados e a aplicação da categorização das faixas de criticidade hídrica proposta permitiu gerar o mapeamento das áreas críticas das águas superficiais na bacia do rio Paranaíba, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Mapeamento das áreas críticas quali-quantitativas das águas superficiais



Fonte: Elaboração própria.

As áreas que se destacam em relação à maior criticidade quali-quantitativa das águas superficiais na bacia do rio Paranaíba se encontram nas UGHs:

- 1 - Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba, próximo às sedes urbanas de Monte Carmelo/MG, Araguari/MG e Patrocínio/MG;
- 3 - Afluentes Distritais do rio Paranaíba, nas sub-bacias dos rios Pipiripau e Descoberto, próximos à capital federal Brasília/DF;
- 5 - Rio Meia Ponte, na região do alto rio Meia Ponte, inserida na Região Metropolitana de Goiânia/GO; e
- 6 - Rio dos Bois, nas cabeceiras das sub-bacias dos rios Turvo, Capivari e dos Bois, concentradas principalmente nas áreas dos municípios Trindade/GO, Palmeiras de Goiás/GO, Jandaia/GO e Paraúna/GO.

A aplicação da metodologia de classificação da criticidade quali-quantitativa corroborou os resultados obtidos a partir da análise da sobreposição dos aspectos considerados. Além disso, a abordagem da escala de criticidade possibilita, ademais da integração dos aspectos, ressaltar automaticamente as áreas onde os fatores de criticidade ocorrem concomitantemente, eliminando a necessidade de análises visuais das sobreposições de cada camada.

Dessa forma, a metodologia contribui para o aprimoramento e a otimização do mapeamento de áreas críticas em bacias hidrográficas, sobretudo em áreas de grande extensão territorial, como é o caso da bacia do rio Paranaíba. Além disso, promove uma abordagem que articula a disponibilidade hídrica e a qualidade da água a aspectos relacionados ao uso do solo e à conservação ambiental.

## CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia proposta se mostrou eficiente para a análise das áreas críticas das águas superficiais na bacia do rio Paranaíba, possibilitando a identificação das regiões com maiores problemas em termos de quantidade e qualidade da água, eventualmente potencializadas por fatores regionais físicos, bióticos e socioeconômicos que aumentam a pressão sobre os recursos hídricos, como conflitos pelo uso da água já instaurados e, por outro lado, que demandam necessidades especiais de preservação e conservação ambiental.

Nesse sentido, pode ser entendida como uma importante ferramenta para fornecer subsídios, de maneira objetiva e com base em análises multidisciplinares, para a proposição de ações de gestão das águas superficiais na bacia, na medida em que as áreas críticas podem ser consideradas prioritárias para o direcionamento de intervenções na bacia.

Além da priorização das áreas, as graduações utilizadas na metodologia proposta permitem investigar as principais causas da criticidade hídrica nessas áreas, que podem se referir a determinados usos preponderantes da água em quantidade excessiva, a algum parâmetro de qualidade em específico relacionado a fontes de poluição como esgoto doméstico ou poluição difusa da agropecuária, ou, ainda, à combinação de diversos fatores. De forma complementar, permitem dar foco espacial na bacia, indicando os locais de maior concentração de problemas, em que podem ser priorizadas ações em função de maior urgência ou gravidade dos problemas.

Esses resultados possibilitam aprimorar a proposição de intervenções na bacia, ressaltando o foco em ações voltadas à melhoria do balanço hídrico quali-quantitativo, como: incremento da oferta hídrica, regulação das demandas e uso racional dos recursos hídricos, controle da poluição hídrica, conservação e restauração dos serviços ecossistêmicos relacionados à quantidade e qualidade da água, aperfeiçoamento de instrumentos de gestão de recursos hídricos, e minimização dos conflitos existentes e potenciais no múltiplo uso dos recursos hídricos.

Adicionalmente, a verificação da ocorrência de comprometimento hídrico, em quantidade e qualidade, em áreas de conflito pelo uso da água, APCBs e áreas suscetíveis à erosão reforça a importância da integração entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos e diretrizes ambientais e de ordenamento territorial.

Por fim, a metodologia proposta para o mapeamento de áreas críticas de águas superficiais pode ser aplicada em outras bacias hidrográficas, mediante a integração do balanço hídrico quali-quantitativo com dados geoespaciais que caracterizem aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos mais relevantes para a quantidade e qualidade das águas na região analisada. No entanto, é importante destacar que sua aplicação, isoladamente, não esgota todas as possibilidades de definição de áreas críticas, identificação dos fatores de criticidade e priorização de ações. Esse processo deve considerar as especificidades de cada bacia, conforme estabelecidos nos Diagnósticos e Prognósticos, e contar com a participação dos Comitês de Bacia Hidrográfica e da sociedade local.

## AGRADECIMENTOS

Os autores ressaltam que os resultados completos do presente trabalho se encontram no Diagnóstico do PIRH Paranaíba e agradecem à Associação Multissetorial de Usuários de Bacias Hidrográficas – ABHA Gestão de Águas e ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba – CBH Paranaíba pelo financiamento e pelas importantes discussões técnicas realizadas, bem como pela autorização para elaboração e publicação deste documento. Agradecem também às empresas ENGECORPS e PROFILL, pelo incentivo e apoio aos autores na elaboração deste artigo.

## REFERÊNCIAS

- ABHA – Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas. (2022). Avaliação da implementação do Plano de Recursos Hídricos do rio Paranaíba (PRH Paranaíba) e diretrizes para atualização do Plano. Produto 02 – Relatório de Avaliação do PRH Paranaíba.
- ABHA – Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas / CBH PARANAÍBA – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. (2024). Atualização do PIRH Paranaíba e Elaboração de uma Proposta de Enquadramento para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.
- ANA – Agência Nacional de Águas. (2013). Plano de Recursos Hídricos e do Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (PRH-Paranaíba). Brasília: ANA.
- \_\_\_\_\_. (2019). Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Brasília: ANA.
- \_\_\_\_\_. (2020). Nota Técnica nº 75/2020/SPR. Atualização da Base de Disponibilidade Hídrica Superficial da ANA. Disponível em: <[https://metadados.snhir.gov.br/files/7ac42372-3605-44a4-bae4-4dee7af1a2f8/NT75\\_2020.pdf](https://metadados.snhir.gov.br/files/7ac42372-3605-44a4-bae4-4dee7af1a2f8/NT75_2020.pdf)>. Acesso em: 07 mar. 2024.
- CASTILHO, J. H. M. (2019). A governança da água no Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás. Goiânia.
- DIAS, R. R.; SILVA, V. de P. R. da; CREPANI, E.; OLIVEIRA, V. Á. de; CASTRO, L. M. A. de. (2019). Secretaria da Fazenda e Planejamento (SEFAZ). Subsecretaria do Planejamento e Orçamento. Diretoria de Gestão de Informações Territoriais e Socioeconômicas. Gerência de Zoneamento Territorial (GZT). Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável. Delimitação e Caracterização Cartográfica das Áreas Vulneráveis a Escassez Hídrica na Região Sudeste do Estado do Tocantins. Escala 1:50.000. Palmas: SEFAZ/GZT.
- FERRAZ, R. P. D. et al. (2020). Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil. Escala geográfica: 1:250.000. Embrapa Solos.
- KAYSER, R. & COLLISHONN, W. (2022). Manual teórico-prático da ferramenta WARM-GIS – versão QGIS. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. (2018). 2ª Atualização das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-ecossistemas/ecossistemas/conservacao-1/areas-prioritarias/2a-atualizacao-das-areas-prioritarias-para-conservacao-da-biodiversidade-2018>>. Acesso em: 01 ago. 2024.
- SEMAD/GO – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. (2024). Sistema de Informações Geográficas Ambientais do Estado de Goiás (SIGA/GO). Disponível em: <<https://sigae.meioambiente.go.gov.br/#/>>. Acesso em: 01 ago. 2024.
- STINGHEN, C. M. & MANNICH, M. (2022). Panorama da gestão de bacias críticas no Brasil. Revista de Gestão de Água da América Latina, 19, e13. <https://doi.org/10.21168/rega.v19e13>.