

ÁGUA, DE USOS A CONFLITOS: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPECURU, MARANHÃO

Water, from Uses to Conflicts: Case Study in the Itapecuru River Basin, Maranhão

Rubenilson Amorim Martins
Universidade Federal do Piauí

Caio Brito Lourenço
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

Leonardo Silva Soares
Universidade Federal do Maranhão

RESUMO

A água é essencial para a sobrevivência de todos os organismos. Além de necessitar dela para suas funções vitais, o que é suprido pela dessedentação, à espécie humana também a usa para muitas outras atividades, esses usos múltiplos da água democratizam o acesso, que é cada vez mais ameaçado pela redução da disponibilidade em quantidade e qualidade necessária aos diversos usos. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo identificar os principais usos da água e cenários de conflitos hídricos na bacia hidrográfica do rio Itapecuru. Os usos da água foram identificados a partir de visitas de campo na bacia hidrográfica, análise de imagens de satélite e de revisão de literatura; o balanço hídrico foi verificado pela comparação entre a disponibilidade hídrica dos corpos d'água (vazão natural) e a demanda hídrica outorgada (volume de água captado com a autorização do Órgão Gestor de Recursos Hídricos); a condição de qualidade da água foi definida a partir do índice de qualidade da água - IQA-CCME e os cenários de riscos de conflitos foram traçados em função do balanço hídrico e da condição de qualidade da água dos rios Alpercatas e Itapecuru. Os resultados mostraram que existe uma grande diversidade de usos da água na bacia hidrográfica, com destaque a irrigação, ao abastecimento urbano e rural, pecuária, indústria, mineração e lazer. Mostraram ainda, uma grande disponibilidade hídrica, com baixo comprometimento da oferta de água com percentuais inferiores a 25%, com possível subestimação por conta de captações irregulares; condição de qualidade da água ruim, tendo em vista a classe de enquadramento dos corpos d'água e cenários de riscos de potenciais conflitos hídricos em função da perda de qualidade da água.

Palavras-chave: Disponibilidade hídrica; Qualidade da água; Conflitos Hídricos.

ABSTRACT

Water is essential for the survival of all organisms. Besides needing it for vital functions, such as drinking, humans also use it for many other activities. These multiple uses of water democratize access, which is increasingly threatened by the reduction in availability in quantity and quality necessary for these diverse uses. In this context, this study aimed to identify the main uses of water and scenarios of water conflicts in the Itapecuru River basin.

Water uses were identified through field visits in the watershed, analysis of satellite images, and literature review; the water balance was verified by comparing the water availability of water bodies (natural flow) with the granted water demand (volume of water captured with authorization from the Water Resources Management Agency); the water quality condition was defined using the Water Quality Index - WQI-CCME, and conflict risk scenarios were drawn up based on the water balance and water quality condition of the Alpercatas and Itapecuru rivers. The results showed a great diversity of water uses in the watershed, with emphasis on irrigation, urban and rural water supply, livestock, industry, mining, and recreation. They also showed a large water availability, with low commitment to water supply (percentages below 25%), possibly underestimated due to irregular water withdrawals; poor water quality, considering the classification of water bodies; and risk scenarios of potential water conflicts due to loss of water quality.

Keywords: Water availability; Water quality; Water conflicts.

INTRODUÇÃO

Todos os organismos necessitam de água para a sobrevivência. Além de necessitar dela para suas funções vitais, o que é suprido pela dessedentação, à espécie humana também usa água para muitas outras atividades (Tundisi, J.; Tundisi, T., 2020). A água alimenta a prosperidade, atendendo às necessidades básicas humanas, apoiando a saúde, os meios de subsistência e o desenvolvimento econômico, sustentando a segurança alimentar e energética e defendendo a integridade ambiental (Nações Unidas, 2024).

Nessa perspectiva a água é tida como uma substância indispensável à vida e que propicia diversas atividades humanas, mas que vem se tornando um recurso cada vez mais raro. Isso porque ela tem que estar junto ao usuário, ou ser transportada até ele em quantidade e qualidade apropriada aos múltiplos usos (Ribeiro, Santos, Silva, 2019).

De acordo com as Nações Unidas (2024), o uso da água doce tem aumentado um pouco menos de 1% ao ano, globalmente os usos que mais demandam água são: agricultura 70%, usos industriais incluindo a geração de energia 20% e uso doméstico 10%. No Brasil os principais usos consuntivos (quando ocorre retira de água do manancial) são: irrigação 50%, abastecimento urbano 23,4%, indústria 9,2%, consumo animal 7,9%, termoeletrônica 6,4%, mineração 1,6% e abastecimento rural 1,5% (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, 2024).

A intensificação e diversificação do uso da água para atender as demandas impostas pelas atividades econômicas e sociais, aumenta a procura por água e pode levar ao aguçamento de tensões e conflitos entre os usuários dos recursos hídricos, nesse contexto Böhmelt et al. (2014), consideram o aumento da densidade populacional, da produtividade agrícola e do desenvolvimento econômico, como os maiores impulsionadores da demanda por água doce, com mais probabilidade de aumentar o risco de conflito doméstico por água.

A gênese dos conflitos pela água está na forma de apropriação da água, suas transformações concretas decorrentes das atividades humanas e quais os fins que se busca com a apropriação desse recurso (Fracalanza,

2005). Corroborando com esse entendimento Karamidehkordi et al. (2024), relatam que os conflitos pela água surgem quando há uma distribuição limitada e desigual dos recursos hídricos, levando à tensão entre diferentes partes interessadas, como comunidades locais, governos e indústria.

Para Pedrosa (2020), os conflitos pelo uso da água podem ser divididos em três tipos, o primeiro tipo de conflito caracteriza-se quando a água está indisponível, em certo intervalo de tempo, em quantidade ou qualidade, para atender os usos requeridos, incluindo as funções ambientais contidas nos ecossistemas associados à fonte hídrica; o segundo tipo de conflito decorre de planejamentos setoriais discordantes e o terceiro tipo de conflito se origina de legislação correlatas em desarmonia.

Em análise final, a relação disponibilidade hídrica versus demanda hídrica, é o que arquiteta os conflitos pelo uso da água, que surgem pela escassez, impactando na quantidade, pela insalubridade ambiental, por conta da perda de qualidade da água e por cenários futuros que vislumbrem a ocorrência desses fatores. Conflitos podem, portanto, surgir em várias escalas e níveis, entre os setores de uso agrícola, industrial e doméstico da água, bem como a reserva natural devido ao aumento do estresse hídrico na bacia hidrográfica (Du plessis, 2019).

A bacia hidrográfica do rio Itapecuru apresenta disponibilidade hídrica anual da ordem 1.112.550.000 m³/s/ano, e demanda hídrica de 306.640.000 m³/s/ano, correspondente a 27,56% da disponibilidade hídrica, os usos que mais demandam água são, abastecimento urbano 78,56% - 204.920.000 m³/s/ano, irrigação 23,59% - 72.340.000 m³/s/ano, abastecimento rural 4,44% - 13.640.000 m³/s/ano, pecuária 4,18% - 12.830.000 m³/s/ano e indústria 0,94% - 2.910.000 m³/s/ano (NUGEO, 2016).

A bacia hidrográfica do rio Itapecuru apresenta um percentual de comprometimento da disponibilidade hídrica de 27,56%, representando um patamar intermediário e um panorama com muitos corpos d'água, especialmente o rio Itapecuru, apresentando processos contínuos e progressivos de degradação da qualidade da água, que é verificada a partir de concentrações elevadas de variáveis físicas, químicas e biológicas, que estão associadas principalmente à disposição de efluentes domésticos sem tratamento e a mudança no uso e cobertura da terra no território da bacia hidrográfica (NUGEO, 2016; Soares et al., 2022; Costa et al., 2015; Paula et al., 2022).

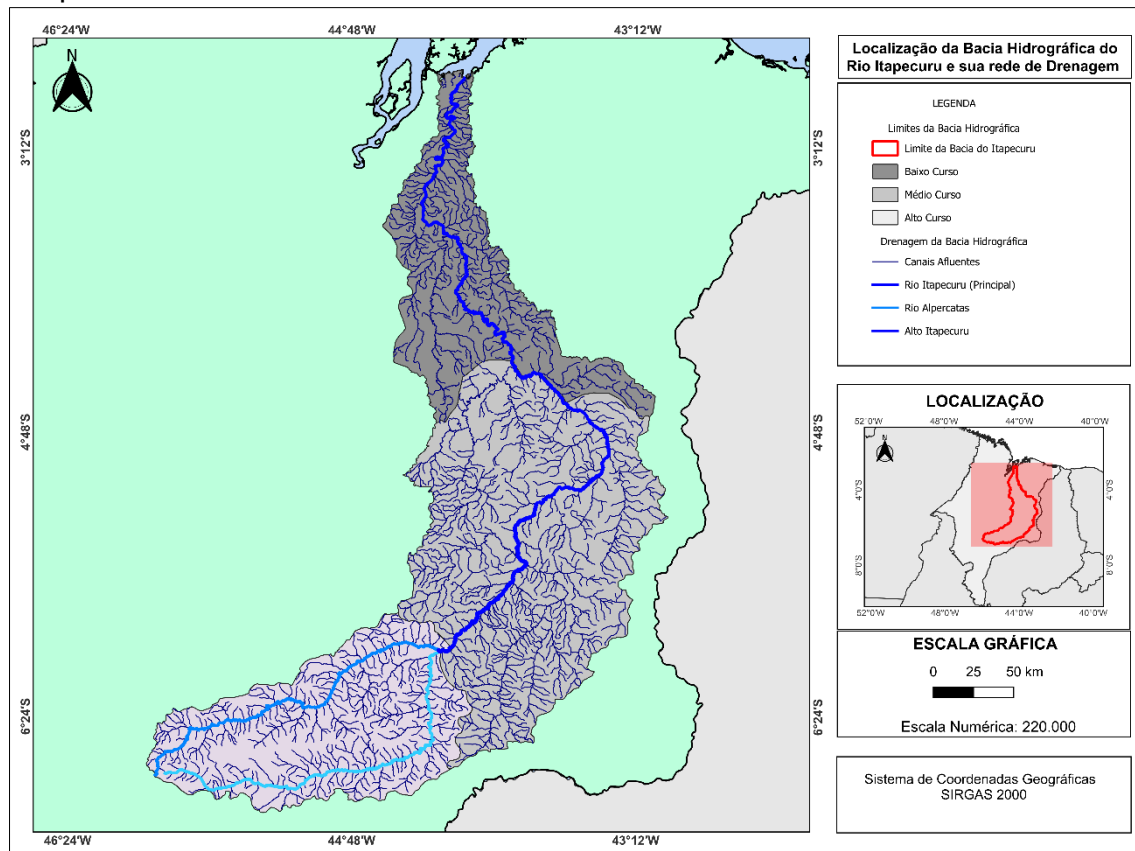
Entendendo que os conflitos hídricos em geral têm como principais causas a indisponibilidade da água em quantidade e qualidade propícia aos usos múltiplos, e como a bacia hidrográfica do rio Itapecuru apresenta disponibilidade hídrica definida com base na demanda outorgada, que em tese se mostra significativa, e progressiva degradação da qualidade da água, os cenários com riscos de conflitos hídricos na bacia hidrográfica do rio Itapecuru poderão estar associados à redução da quantidade e perda de qualidade da água. Nesse contexto a pesquisa teve por objetivo identificar os principais usos da água e cenários de riscos de conflitos hídricos na bacia hidrográfica do rio Itapecuru.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Itapecuru está localizada na parte centro-leste do Estado do Maranhão (figura 1), entre as coordenadas 2°51'33'' a 6°52'22'' Latitude S e 43°02'49 a 45°58'57'' Longitude O, limita-se ao sul e leste com a bacia hidrográfica do rio Parnaíba através da Serra do Itapecuru, Chapada do Azeitão e outras pequenas elevações, a oeste e sudoeste com a bacia hidrográfica do rio Mearim e a noroeste com a bacia hidrográfica do rio Munim (IBGE, 1998).

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Itapecuru



Fonte: Autores, 2025.

Possui área de 53.216,84 km², o que equivale a 16,03% da área do Estado, representando a segunda maior bacia hidrográfica do Maranhão atrás apenas da bacia hidrográfica do Rio Mearim com área de 99.058,68 km². O principal rio é o Itapecuru, que nasce no sul do Estado no sistema formado pelas Serras da Croeira, Itapecuru e Alpercatas, em altitude de aproximadamente 530 m, percorre cerca de 852,71 km, desaguando na baía do Arraial, a Sudeste da Ilha do Maranhão (NUGEO, 2016). No alto curso, próximo a cidade de Colinas, ocorre a confluência do rio Itapecuru com o rio Alpercatas, seu principal afluente pela margem esquerda, a partir desse ponto o rio Itapecuru se torna mais largo e mais volumoso (figura 1) (IBGE, 1997).

Situa-se em uma zona de transição dos climas semiáridos do interior do Nordeste para os úmidos equatoriais da Amazônia; com base no índice de umidade de Thornthwaite encontra-se: clima úmido no baixo curso, clima úmido a sub-úmido no curso médio e clima sub-úmido a seco no alto curso; o que é refletido nas formações vegetais que transicionam da Savana (Cerrado) no sul, para Floresta Estacional Decidual e Semidecidual, na parte norte da bacia hidrográfica (IBGE, 1998).

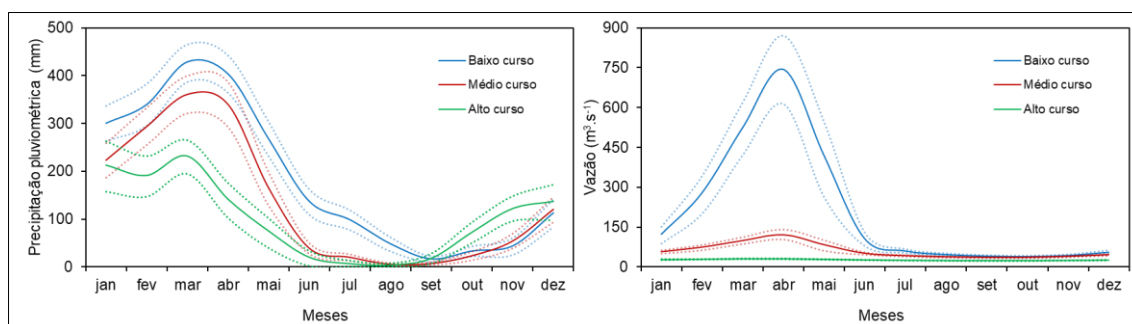
VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Precipitação pluviométrica e vazão

Para definição dessas variáveis foram extraídos dados do portal HidroWeb gerenciado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, das estações pluviométricas Campo Largo – 644015, Coroatá – 444001 e Presidente Juscelino – 344010 e das estações fluviométricas, Mirador – 33420000 (alto Itapecuru), Fernando Falcão – 33430000 (rio Alpercats), Colinas – 33480000 e Caxias – 33550000 (médio Itapecuru), Codó – 33590000, Coroatá – 33630000 e Cantanhede – 33680000 (baixo Itapecuru).

A partir desses dados foi calculado a média climatológica da precipitação pluviométrica e vazão, e seus respectivos intervalos de confiança, com base nos últimos 30 anos (1993 a 2023). De acordo com a média climatológica foi identificado períodos sazonais bem definidos, um chuvoso (dezembro a maio) e um de estiagem (junho a novembro) com padrões similares nos cursos da bacia (figura 2). O mesmo padrão foi observado para os dados de vazão.

Figura 2 - precipitação pluviométrica (mm) e vazão (m^3/s) ao longo da bacia hidrográfica do rio Itapecuru.



Fonte: Autores, 2025.

Quanto ao padrão sazonal da precipitação pluviométrica e da vazão, pode-se observar uma variação espacial em relação aos cursos dos rios. No período chuvoso os valores médios mais baixos observados foram no alto curso, tanto para precipitação como para vazão (~164mm e 28 m^3/s) e os valores mais elevados no baixo curso (~308 mm e 358 m^3/s). Destaca-se março como mês que apresentou os valores médios de precipitação mais elevados em todos os trechos, ~231 no alto, ~ 361 mm no médio, ~428 mm no baixo; e abril os valores médios mais elevados de vazão em todos os trechos, 31 m^3/s no alto, 122 m^3/s no médio e 744 m^3/s no baixo.

No período de estiagem os menores valores médios de precipitação pluviométrica e vazão também foram observados no alto curso (~41mm e 24 m³/s) e os maiores no baixo curso (~63mm e 56 m³/s). Destaca-se o mês de agosto com os menores valores médios de precipitação no alto curso ~4mm e médio curso ~5mm e setembro no baixo curso ~16mm; e setembro com os menores valores médios de vazão no alto curso 22 m³/s e médio curso 35 m³/s e outubro no baixo curso 39 m³/s.

Identificação dos Principais Usos da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru

A identificação dos principais usos da água na bacia hidrográfica do rio Itapecuru ficou concentrada nos rios Alpercatas e Itapecuru e foi realizada a partir de revisão bibliográfica em livros, relatórios, artigos e outras publicações alusivas à temática; observações in loco ao longo das atividades de campo de coleta de amostras de água e registro fotográfico dos usos da água; análise de imagens de satélites; levantamento da tipologia e do quantitativo de atividades/empreendimentos com outorgas de uso da água ativas nos referidos corpos d'água, junto ao órgão gestor de recursos hídricos (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais -SEMA-MA).

Definição do Balanço Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru

O balanço hídrico superficial refere-se à relação entre demandas e disponibilidades hídricas (dem/disp), com a definição do percentual de comprometimento da oferta de água. A disponibilidade hídrica se refere a quantidade de água ofertável com uma dada garantia no tempo. Corresponde a uma vazão natural com 95% de garantia (Q95) nos trechos de rio em geral (ANA, 2020). A demanda de água corresponde à estimativa da vazão de retirada, ou seja, à água captada destinada a atender os diversos usos consuntivos (ANA, 2016a).

A demanda hídrica definida no rio Alpercatas, alto, médio e baixo cursos do rio Itapecuru, foi estimada com base no volume de água a ser captado nesses cursos d'água de acordo com cada tipo de uso de água outorgado pelo Órgão Gestor de Recursos Hídricos (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais SEMA-MA), que usa a vazão mínima Q95 como vazão de referência para emissão das outorgas, essa vazão mínima é calculada sobre toda a série de dados de vazões de determinado segmento do rio. Os dados das outorgas ativas usados para definição da demanda hídrica foram disponibilizados pela SEMA-MA.

A definição da vazão natural (oferta hídrica) do rio Alpercatas e dos trechos do rio Itapecuru foi feita a partir dos dados da série histórica de vazões de 1993 a 2023, das estações fluviométricas alocadas nesses corpos d'água, disponível no Portal HidroWeb gerenciado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. As vazões médias da série histórica dos meses correspondentes ao período chuvoso (dezembro a maio) e ao período de estiagem (junho a novembro), foram usadas para definição da vazão média para cada período sazonal.

O balanço hídrico foi definido a partir da relação entre demanda e oferta hídrica, onde verificou-se a percentagem que o valor da demanda correspondeu em relação ao valor da oferta hídrica, o percentual encontrado representou o grau de comprometimento da oferta hídrica. Para isso, levou-se em consideração as estimativas de retirada de água verificadas em áreas específicas na bacia hidrográfica do rio Itapecuru (rio Alpercatas, alto, médio e baixo cursos do rio Itapecuru), conforme o uso e volume de água a ser captado definidos nas outorgas ativas e a vazão natural dos trechos dos referidos corpos d'água.

O gráfico com os valores das médias das vazões foi confeccionado usando-se o software XLSTAT Basic.

Mensuração da Condição de Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru

A mensuração da condição de qualidade da água ocorreu no rio Alpercatas e alto, médio e baixo cursos do rio Itapecuru, foi realizada a partir da aplicação do índice de qualidade da água - IQA-CCME, esse índice se baseia na comparação dos valores dos dados de monitoramento da qualidade da água com os padrões de qualidade da água instituídos pela legislação. O IQA-CCME foi determinado a partir do cálculo dos valores das variáveis potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, turbidez e coliformes termotolerantes, sendo, portanto, as mesmas variáveis que a Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), adota na definição desse índice, com os valores dessas variáveis estabelecidos conforme classes de enquadramento presentes na Resolução do Conama nº 357 de 17 de março de 2005.

O índice varia de 0 a 100 (tabela 1), sendo que o valor perto de zero significa uma situação em que a condição do corpo hídrico está muito distante do enquadramento desejado e próximo de cem indicará situação de conformidade com o enquadramento (ANA, 2012).

Tabela 1 - Classes do índice de qualidade da água IQA-CCME

Classe	Valor
ÓTIMA	95-100
BOA	80-94
REGULAR	65-79
RUIM	45-64
PÉSSIMA	0-44

Fonte: CCME, 2001.

O IQA-CCME é a combinação de três fatores que mensuram o não atendimento aos critérios de qualidade propostos, ou seja, mensuram a desconformidade ao enquadramento. Assim, o índice analisa três fatores.

O teste calcula a variância dos três fatores, mediante as seguintes equações:

Fator 1 - Abrangência: representa o número de variáveis de qualidade da água que, pelo menos uma vez no período de observação, não atenderam os limites estabelecidos.

Fator 2 - Frequência: representa a porcentagem de vezes que as variáveis de qualidade da água estiverem em desconformidade, em relação ao número de observações.

Fator 3 - Amplitude: representa a quantidade pela qual o valor testado falhou, isto é, a diferença entre o valor mensurado e o valor a ser alcançado de acordo com o objetivo de qualidade da água.

O mapa com os valores do IQA-CCME foi confeccionado com o software Surfer versão 9.

Cenários de Riscos de Conflitos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru

Cenários de riscos de conflitos em função da redução da quantidade de água disponível - disponibilidade quantitativa - (decorrente da redução drástica das reservas hídricas, pelo uso consuntivo intensivo ou por variações de níveis que inviabilizam um determinado uso), foram apontados a partir da análise do balanço hídrico dos rios Alpercatas e Itapecuru, em que foi feita a comparação entre a disponibilidade hídrica (definida a partir da média das vazões registradas entre 1993 e 2023) nos períodos chuvoso e de estiagem e a demanda hídrica (definida a partir do volume de água captado nos corpos hídricos durante os períodos chuvoso e de estiagem, com base nas outorgas de uso da água ativas emitidas pelo Órgão Gestor de Recursos Hídricos).

Cenários de riscos de conflitos em função da perda de qualidade da água - disponibilidade qualitativa - foram apontados por meio da análise da compatibilidade dos usos da água com a condição de qualidade da água verificada nos rios Alpercatas e Itapecuru, levando-se em consideração o padrão de qualidade exigido por cada tipo de uso da água, para que seja realizado com segurança adequada, mediante a classe de qualidade da água na qual foram enquadrados, conforme preconiza os Artigos 4º, 14º, 15º, 16º e 17º da Resolução do Conama nº 357 de 17 de março de 2005.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Usos da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru

Pode-se destacar como principais usos da água nos rios Alpercatas e Itapecuru: irrigação, consumo humano (abastecimento urbano e rural), pecuária, aquicultura, balneabilidade (lazer), pesca amadora e usos domésticos.

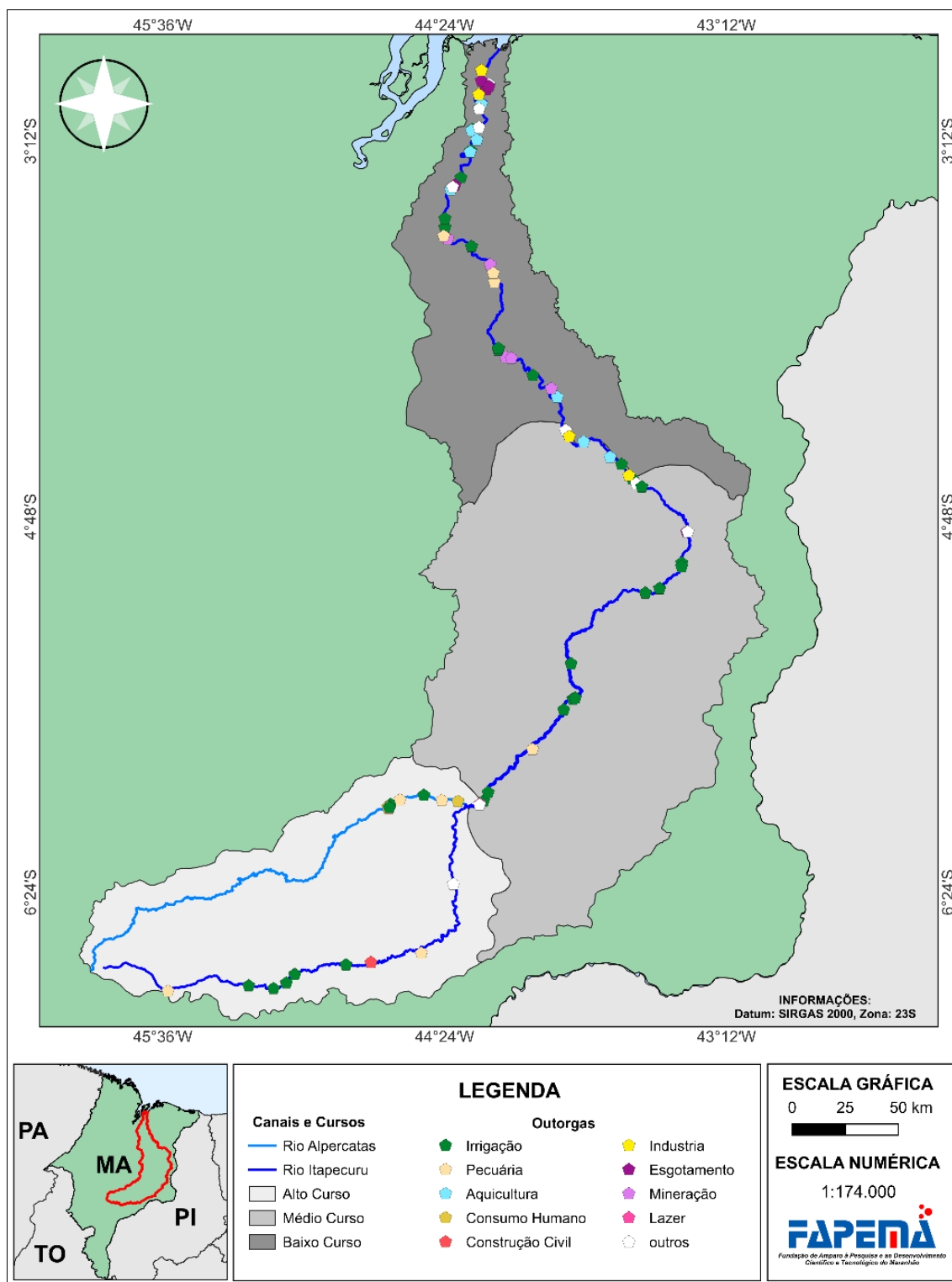
Alguns desses usos da água não são outorgáveis, não necessitam de autorização do Órgão Gestor de Recursos Hídricos para que possam ser realizados, por isso não entram nas estatísticas de outorgas emitidas, dentre os quais destacam-se balneabilidade, pesca amadora e navegação, por se tratarem de usos que não alteram o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água. Além disso, o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural, as derivações, captações e lançamentos e acumulações de volumes de água considerados insignificantes, independem de outorga pelo Poder Público (BRASIL, 1997).

Com base na análise das atividades/empreendimentos com outorgas ativas para uso da água nos rios Alpercatas e Itapecuru emitidas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão - SEMA-MA até agosto de 2023, verificou-se um total de 113 outorgas ativas, com 6 no rio Alpercatas, 17 no alto Itapecuru, 20 no médio e 70 no baixo, sendo que desse total de outorgas a irrigação representou 38,93%, mineração 19,46%, pecuária 10,61%, aquicultura 8,84%, esgotamento sanitário (diluição) 5,30%, consumo humano 3,53%, indústria 3,53%, construção civil 1,76%, lazer 0,88% e outros 10,61%, demonstrando a diversidade de usos da água nesses corpos hídricos (figura 3).

Dois usos respondem por quase a totalidade da demanda hídrica outorgada nos rios Alpercatas e Itapecuru, irrigação com 56,14% e consumo humano com 30,83%, os demais usos mineração 3,98%, aquicultura 1,92%, pecuária 0,12%, construção civil 0,038%, indústria 0,008% e outros 6,86%, respondem pelo restante do volume de água captada nesses corpos d'água com autorização do Órgão Gestor de Recursos Hídricos.

A irrigação é o tipo de uso da água que tem a maior quantidade de outorgas e o que demanda o maior volume de água, outro tipo de uso que merece destaque é o consumo humano, que apesar de representar um percentual muito pequeno do total de outorgas, responde por um grande percentual do volume de água demandado, usos como mineração, pecuária e aquicultura, compreendem um grande número de outorgas, mas respondem por um percentual muito pequeno do volume total demandado.

Figura 3 - Mapa com a distribuição dos usos da água outorgados nos rios Alpercatas e Itapecuru.



Fonte: Autores, 2025

Os usos que mais demandam água nos rios Alpercatas e Itapecuru (irrigação 56,14% e consumo humano 30,86%) apresentaram percentuais condizentes com a realidade nacional, tendo em vista que os usos com

maior consumo de água no Brasil são: irrigação 50%, abastecimento urbano 23,4% (ANA, 2024). E mundial, com percentuais relativamente próximos aos dos usos de maior demanda de água a nível global, a agricultura 70% e os uso doméstico 10% (Nações Unidas, 2024).

Balanço Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru

A relação entre a disponibilidade hídrica (vazão natural) e a demanda de água outorgada na bacia hidrográfica no rio Itapecuru, representa um indicador que mensura de forma simples e direta a quantidade de água passível de ser consumida em determinado trecho desses corpos d'água (disponibilidade hídrica) e a quantidade de água que é retirada dos mesmos com a autorização do Órgão Gestor de Recursos Hídricos (demanda hídrica outorgada), com a posterior estimativa de comprometimento da oferta de água em cada manancial.

Com base no volume de água a ser captado (vazão solicitada por cada uso), indicado nas outorgas ativas emitidas pela SEMA-MA até agosto de 2023, pôde-se determinar o volume de água demandado no rio Alpercatas e trechos do rio Itapecuru, alto, médio e baixo cursos, no rio Alpercatas, com um total de seis outorgas ativas, o volume de água demandado foi da ordem de 404,1 m³/h; no alto curso do rio Itapecuru as dezessete outorgas ativas, demandaram 8.790,35 m³/h; o médio curso com vinte outorgas ativas, demandou um volume de água da ordem de 12.147,82 m³/h e no baixo curso setenta outorgas ativas, demandaram 22.267,13 m³/h.

A oferta hídrica foi determinada a partir da média de todas as vazões registradas na série histórica de 1993 a 2023 nos meses do período chuvoso e do período de estiagem, no rio Alpercatas foi verificado 103.824 m³/h no período chuvoso e 86.970 m³/h no período de estiagem, no alto Itapecuru 71.352 m³/h no período de chuvoso e 39.924 m³/h no período de estiagem, no médio Itapecuru 219.096 m³/h no período chuvoso e 146.124 m³/h no período de estiagem e no baixo Itapecuru 774.540 m³/h no período chuvoso e 169.092 m³/h no período de estiagem.

O rio Alpercatas apresentou uma variação sazonal relativamente pequena na vazão, o que pode estar associado a grande representatividade do escoamento subterrâneo da água na alimentação desse corpo d'água, já no rio Itapecuru, observou-se uma variação sazonal da vazão bem maior, demonstrando uma associação maior com os escoamentos superficiais e subsuperficiais, que são definidos pela ocorrência, duração e intensidade da chuva; de forma que nos trechos desse rio que apresentam climas caracterizados por maiores umidade e índice pluviométrico, os valores das vazões são mais elevados e nos trechos de climas mais secos os valores das vazões são menores.

O escoamento superficial é gerado somente durante a chuva quando a intensidade desta supera a capacidade de infiltração da superfície ou solo. O escoamento subsuperficial é consequência da infiltração da água da chuva, ocorre na zona não-saturada do solo e percola (geralmente) entre contatos de horizontes de solo ou solo-rocha onde haja uma descontinuidade hidráulica ou diferença de permeabilidade. O escoamento subterrâneo é o resultado do escoamento na zona saturada e por isso é o

mais lento, porém constante ao longo de todo o ano (Silveira; Souza, 2012).

Na tabela 2, destaca-se a relação entre a oferta hídrica no período chuvoso e no período de estiagem, a demanda hídrica outorgada (vazões requeridas outorgadas pelo Órgão Gestor de Recursos Hídricos) e o percentual de comprometimento da oferta hídrica em função dos volumes de captação de água autorizados nos corpos hídricos e seus respectivos trechos, durante os períodos sazonais.

Tabela 2 - Balanço hídrico dos rios Alpercatas e Itapecuru.

Corpo d'água	Oferta hídrica (m ³ /h)	Demanda hídrica Outorgada (m ³ /h)	Comprometimento da oferta hídrica (%)
Rio Alpercatas	103.824*/86.970**	404,1	*0,39%/**0,46%
Alto Itapecuru	71.352*/39.924**	8.790,35	*12,31%/**22,01%
Médio Itapecuru	219.096*/146.124**	12.147,82	*5,54%/**8,31%
Baixo Itapecuru	774.540*/169.092**	22.267,13	*2,87%/**13,17%

*Período chuvoso / ** período de estiagem

Fonte: Autores, 2025.

Foi verificado um baixo percentual de comprometimento da oferta hídrica no rio Alpercatas, tanto durante o período chuvoso como no período de estiagem, em ambos períodos sazonais o comprometimento da oferta esteve abaixo de 0,5%, representado o menor percentual dentre os trechos dos corpos d'água analisados, o que pode ser explicado pela baixa demanda devido a pequena quantidade de outorgas e significativa oferta hídrica, com pequena variação entre os períodos sazonais.

O alto curso do rio Itapecuru, apresentou a menor oferta hídrica e registrou o maior percentual de comprometimento da oferta de água 12,31% no período chuvoso e 22,01% no período de estiagem, sendo classificado como mediano, isso se deve ao significativo volume de captação de água outorgado nesse trecho do rio Itapecuru e as vazões naturais menores, especialmente no período de estiagem, período em que o comprometimento da oferta se aproxima dos 30%, nível considerado alto.

O médio curso do rio Itapecuru também apresentou comprometimento da oferta hídrica mediano, apesar de registrar valores bem abaixo dos verificados no alto curso, com uma variação relativamente pequena entre os períodos sazonais, em que foi verificado no período chuvoso 5,54% de comprometimento da oferta e 8,31% no período de estiagem, o que pode ser explicado por um aumento muito significativo na vazão natural no médio Itapecuru em ambos períodos sazonais e um aumento relativamente pequeno da demanda hídrica nesse trecho em relação ao alto Itapecuru.

No baixo curso, se observou percentuais de comprometimento da oferta hídrica considerado baixo no período chuvoso e mediano no período de estiagem, nesse trecho se identificou a maior demanda hídrica

(22.267,13 m³/h), e a maior variação no percentual de comprometimento da oferta entre os períodos sazonais, com 2,87% no período chuvoso e 13,17% no período de estiagem, isso se deve a uma grande variação sazonal da vazão natural.

A demanda hídrica outorgada se mantém constante ao longo do ano, apesar de que notoriamente em alguns tipos de usos consuntivos, o volume de água captado é maior no período de estiagem e até deixam de ser demandados no período chuvoso. Em alguns setores a demanda hídrica é superior nos períodos de seca, como por exemplo na agricultura, tornando-se difícil a adequação dos usuários aos critérios de outorga propostos (Bazzo et al., 2017).

De acordo com ANA (2024), o balanço hídrico classifica o nível de comprometimento da oferta hídrica em: baixo (abaixo de 5%), mediano (5% a 30%), alto (30% a 70%), muito alto (70% a 100%), crítico (acima de 100%) e intermitente (oferta nula).

O balanço hídrico dos rios Alpercatas e Itapecuru conseguiu demonstrar, que existe uma proporção muito maior da oferta em relação a demanda hídrica outorgada, isso ocorre no rio Alpercatas, e em todos os trechos do rio Itapecuru e nos dois períodos sazonais.

A disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Itapecuru é da ordem 1.112.550.000 m³/s /ano, e a demanda hídrica de 306.640.000 m³/s /ano, o que correspondente a um comprometimento da oferta de 27,56 % (NUGEO, 2016). Por outro lado, a série histórica de 1963 a 2021 da vazão média da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, com destaque para o rio Itapecuru que compreende a maioria das estações fluviométricas, apresentou queda significativa, em 1963 correspondia a 80 m³/s, caindo para 45 m³/s em 2021. (Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos-IMESC, 2023).

Cabe salientar que o balanço hídrico do alto curso do rio Itapecuru, demonstrou um percentual de comprometimento da oferta de 25,04% no mês de setembro (mês de menor vazão) no período de estiagem, ficando próximo de 30%, limite inferior da classe considerada alta; no baixo curso verificou-se 15,85% no mês de outubro (mês de menor vazão) também no período estiagem, essa situação requer atenção e adequação dos critérios de emissão de outorgas para uso da água, levando em consideração a redução das vazões no período de estiagem, com definição de vazão de referência outorgável para cada período sazonal, de modo que o volume a ser captado autorizado pelo Órgão Gestor de Recursos Hídricos seja condizente com a disponibilidade hídrica nos meses de menores vazões.

Nesse contexto de redução de vazão verificado na bacia hidrográfica do rio Itapecuru durante os meses de estiagem, cabe destacar que a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão-CAEMA decretou no mês de outubro de 2025, racionamento no fornecimento de água na cidade de São Luís, que tem grande parte da sua população abastecida pelo rio Itapecuru, justificando que a redução no nível do referido rio estava comprometendo a captação de água, que ocorre no baixo curso próximo a foz na cidade de Rosário-MA através do sistema ITALUÍS (G1 Maranhão, 2025).

Tendo em vista que o balanço hídrico levou em consideração somente a demanda hídrica outorgada, pois não teve como considerar a demanda não outorgada, devido à ausência de dados, e a redução drástica da vazão no baixo curso rio Itapecuru relatada pela CAEMA, é possível que os percentuais de comprometimento da oferta de água verificados na bacia hidrográfica do rio Itapecuru, estejam subestimados, o que compromete o planejamento e gestão hídrica na bacia hidrográfica, haja vista que fragiliza um importante instrumento de gestão dos recursos hídricos, a outorga dos direitos de uso da água, impactando na quantidade de água necessária aos usos múltiplos e na estabilidade do ecossistema aquático.

Na bacia hidrográfica do rio Itapecuru, especialmente no seu corpo d'água principal, é necessário que se ajuste para baixo os limites máximos de captação outorgadas definidos com base na vazão de referência, que é de 25% dos 80% da Q90, estabelecidos pela Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - Conserh-MA nº 59 de 2019 (Dias et al., 2025a).

A outorga visa controlar a quantidade e a qualidade da água existente, garantindo o efetivo exercício dos direitos de acesso à água, evitando consumo em desacordo com a disponibilidade hídrica de cada manancial. O cadastro com os usos coerentes e adequados da água evita conflitos de certa forma em disputas por usos em um mesmo local e leva a conscientização dos seus usuários (Anúnciação; Martins; Scardua, 2022).

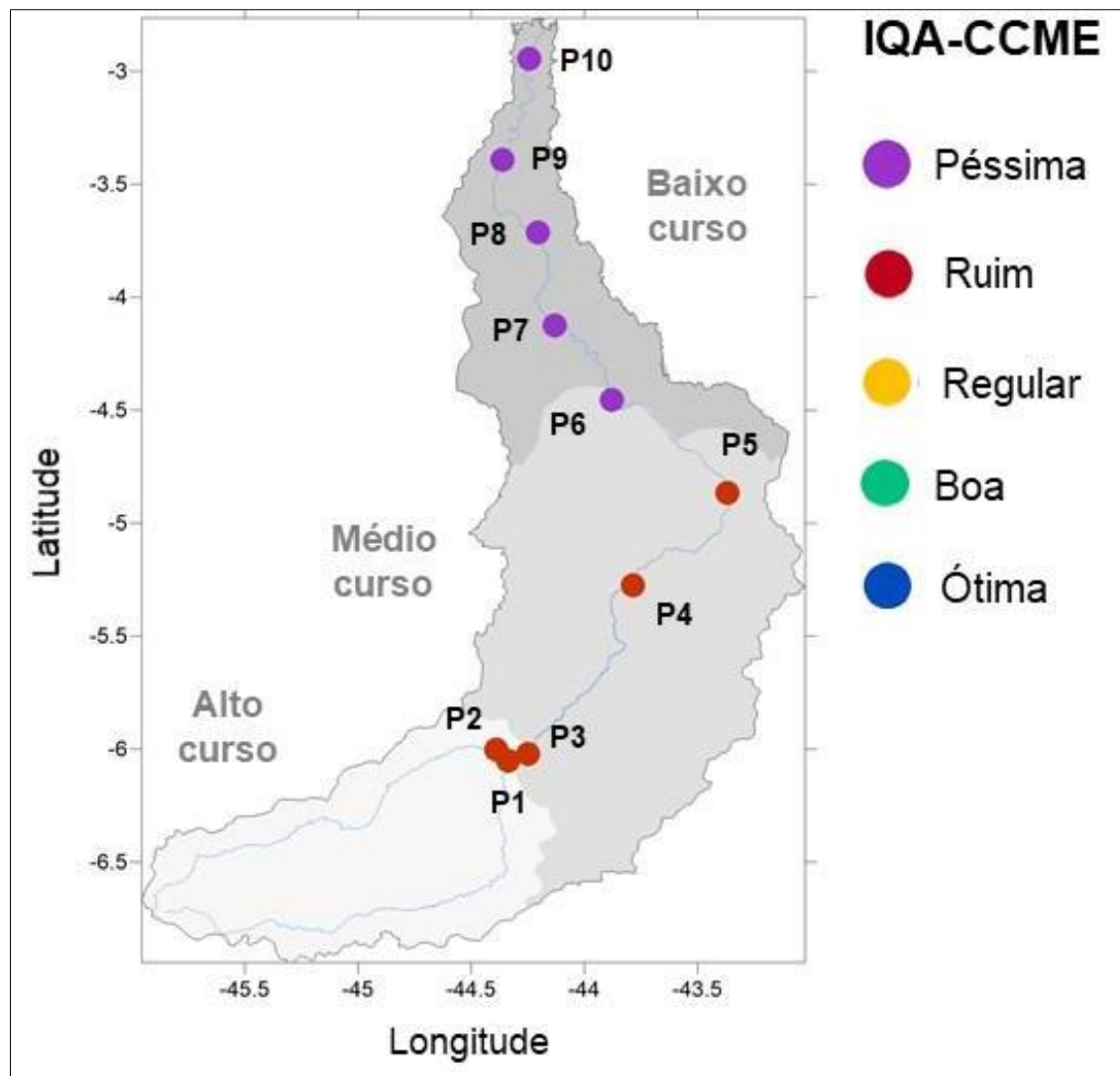
Contudo, o balanço hídrico se apresenta como uma ferramenta de gestão capaz de identificar pressões e potenciais conflitos que podem incidir sobre os recursos hídricos diante de diferentes cenários. É, portanto, um elemento fundamental para orientar a gestão e o planejamento nas bacias hidrográficas, incluindo a alocação de água para os diferentes usos, visando garantir a segurança hídrica (ANA, 2024). Indo ao encontro do que preconiza as metas 6.1 do ODS 6, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável segura para todos (ANA, 2022).

Condição de Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru

De acordo com o Art. 2º, XII, da Resolução Conama nº 357 de 17 de março de 2005, condição de qualidade diz respeito à qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às classes de qualidade.

Com esse entendimento e a partir da interpretação dos resultados do IQA-CCME, ficou demonstrado que a condição de qualidade da água do rio Alpercatas e alto, médio e baixo cursos do rio Itapecuru, está em desconformidade com a classe de qualidade em que esses corpos d'água se encontram enquadrados, variando entre as classes péssima e ruim desse índice (figura 4). Vale registrar que esse índice avalia se a qualidade da água do corpo hídrico está em conformidade com a classe de qualidade na qual foi enquadrada, no caso dos rios Alpercatas e Itapecuru a classe de enquadramento é a classe 2.

Figura 4 - Classificação da qualidade da água usando o IQA-CCME em diferentes setores fluviiais da bacia hidrográfica do rio Itapecuru.



Fonte: Autores, 2024.

Os resultados do IQA-CCME, estabeleceram um padrão espacial muito representativo na bacia hidrográfica do rio Itapecuru a partir da condição de qualidade da água dos rios Alpercatas e Itapecuru, detectando-se a classe ruim no rio Alpercatas P2 e no alto e médio Itapecuru (P1, P3, P4 e P5) e a classe péssima no baixo Itapecuru (P6 a P10). Indicando uma qualidade da água um pouco melhor no rio Alpercatas, alto e médio Itapecuru, em relação ao baixo Itapecuru.

A classe ruim do IQA-CCME indica que a qualidade da água está frequentemente afetada e com certa frequência os parâmetros de qualidade da água não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento; já a classe péssima, indica que a qualidade da água quase sempre está alterada e os parâmetros de qualidade frequentemente não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento (CCME, 2021).

O enquadramento da água do rio Alpercatas na classe ruim e do rio Itapecuru nas classes péssima e ruim, retrata o grau de degradação

da qualidade da água desses corpos hídricos, situação que compromete e/ou inviabiliza os usos da água definidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, para a classe 2.

A condição de qualidade da água verificada nesses corpos d'água faz com que usos como, consumo humano com tratamento simplificado, irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, aquicultura, recreação de contato primário (balneabilidade) e atividade de pesca, que são amplamente realizados na bacia hidrográfica do rio Itapecuru, possam ser vedados em função da desconformidade com o padrão de qualidade da água exigido para esses usos, pois a utilização da água desses corpos hídricos para esses fins, pode comprometer a saúde, segurança e bem estar da população.

Um dos principais riscos à saúde da população que faz uso da água desses corpos hídricos, está relacionado a ocorrência de doenças de veiculação hídrica. E um possível impacto a proteção das comunidades aquáticas, está associado a eutrofização artificial da água. Haja vista que, as variáveis que mais contribuíram para redução dos valores do IQA-CCME foram fósforo total e coliformes termotolerantes.

Martins et al. (2023), também detectou fósforo total e coliformes termotolerantes como principais variáveis responsáveis pelos baixos valores do IQA-CCME, no estudo sobre qualidade da água realizado no baixo curso do rio Itapecuru.

Coliformes termotolerantes são bactérias que se encontram no trato gastrointestinal de humanos e animais de sangue quente, sendo indicadoras de contaminação da água por fezes. Griffiths (2017), relata que doenças transmitidas pela água estão intimamente ligadas não apenas à ingestão ou exposição à água, mas também à forma como as fezes humanas e de animais são separadas da água e dos suprimentos de alimentos (saneamento). Patógenos fecais, por meio de esgoto não tratados ou com tratamento inadequado, podem entrar em águas superficiais (rios, lagos) para infectar novos hospedeiros.

Nesse contexto, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estimou que 600 milhões de pessoas – quase 1 em cada 10 pessoas no mundo – adoecem e 420.000 morrem todos os anos devido às doenças de transmissão hídrica e alimentar – DTHA (Ministério da Saúde, 2022). No Brasil, no período de 2014 a 2023, foram notificados, por ano, uma média de 687 surtos de DTHA, com o envolvimento nesses dez anos de 110.614 doentes, 12.346 hospitalizados e 121 óbitos (Ministério da Saúde, 2024).

A eutrofização artificial das águas continentais está relacionada liberação de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, podendo ser considerada como uma reação em cadeia de causas e efeitos bem evidentes, cuja característica principal é a quebra de estabilidade do ecossistema. Caracterizado pelo aumento na produção de matéria orgânica, que passa a demandar maior quantidade de microrganismos capazes de consumir e decompor, levando diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido na água, morte de diversas espécies animais e vegetais e danos graves à biodiversidade aquática e ao ecossistema (Esteves, 2001).

Diante dessa realidade, percebe-se indícios de que a condição de qualidade da água dos rios Alpercatas e Itapecuru, não oferece segurança adequada para que os usos da água definidos para cursos d'água enquadrados na classe 2, sejam realizados pela população em geral com segurança adequada, além de não garantir a proteção plena das comunidades aquáticas existentes nesses corpos hídricos, situação que pode gerar tensões e conflitos entre os usuários da água na bacia hidrográfica do rio Itapecuru.

Além de demonstrar um distanciamento do alcance da meta 6.3 do ODS 6, que consiste em melhorar a qualidade da água reduzindo a poluição, eliminando despejos, minimizando a liberação de produtos químicos perigosos e aumentando a reciclagem e reutilização de águas residuais tratadas (ANA, 2022).

CENÁRIOS DE RISCOS DE CONFLITOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPECURU

Cenários de riscos de conflitos hídricos pela redução da quantidade de água disponível

O balanço hídrico (relação entre oferta e demanda de água outorgada) se mostrou bastante positivo na bacia hidrográfica do rio Itapecuru, apesar de se observar um maior comprometimento da oferta hídrica no alto e baixo curso do rio Itapecuru durante o período de estiagem, esses percentuais ainda se mostraram baixos e medianos. Mesmo durante os meses de menores vazões, a disponibilidade hídrica se manteve em um nível confortável.

Mesmo não se conseguindo identificar a vazão ecológica definida para os rios Alpercatas e Itapecuru, e usando-se como referência a vazão ecológica de 40% definida pelo método Tennante (1976), a qual mantém uma boa qualidade de habitat, verificou-se que esses corpos hídricos ainda apresentam significativa disponibilidade hídrica.

Vazões ecológicas, também conhecidas como vazões residuais, remanescentes ou ambientais, representam um percentual mínimo da vazão natural necessário à continuidade das funções oferecidas pela água, especialmente, garantir a estabilidade do ecossistema aquático (Longhi; Formiga, 2011).

Entendendo-se que as tensões e/ou atritos que podem envolver a atuação de diversas instituições e atores sociais, caracterizam os conflitos hídricos, que em geral são desencadeados pela deficiência ou escassez da oferta de água para atender aos usuários, principalmente aqueles de jusante, que têm acesso a uma menor quantidade deste recurso (Gomes; Salvador; Lorenzo, 2021). Em relação à deficiência ou escassez da oferta de água definida com base no balanço hídrico dos rios Alpercatas e Itapecuru, não se observou cenários de riscos de potenciais conflitos pelo uso da água, ao menos no curto prazo.

Mas com uma provável e significativa subestimação da demanda hídrica por conta da existência de captações irregulares (não outorgadas ou com outorgas vencidas), levando-se em consideração o período de

estiagem, momento em que a disponibilidade cai bastante e a demanda tende a aumentar, especialmente em locais com cultivo irrigados por longos períodos, somado aos relatos de redução no nível do rio Itapecuru e comprometendo a captação de água para abastecimento humano feitos pela CAEMA, o percentual de comprometimento da oferta hídrica pode ser bem maior do que o verificado no balanço hídrico, situação que pode configurar cenários com riscos de conflitos hídricos.

Essa realidade demonstra a necessidade do Órgão Gestor de Recursos Hídricos realizar uma fiscalização intensiva para combater as captações irregulares e municiar a governança e gestão da água na bacia hidrográfica, com dados sobre demanda hídrica que sejam mais realistas e contemplativos, proporcionando maior eficácia e eficiência no gerenciamento dos recursos hídricos, especialmente no tocante ao uso consuntivo da água, disciplinado pela outorga de direitos de uso de recursos hídricos.

De acordo com Dias et al. (2025a), 68% do total de outorgas do direito de uso da água requeridas e deferidas pelo Órgão Gestor de Recursos Hídricos do Maranhão, se encontram vencidas e sem renovação, com a grande maioria das mesmas ainda em uso, com isso decorrendo da pequena mobilização para cadastramento dos usuários de recursos hídricos e fiscalização ambiental incipiente ou inexistente.

As estruturas de acompanhamento e fiscalização de captações irregulares e outorgas já concedidas não estão instrumentalizadas para operação de suas funções. Por falta de interesse, ou por falta de investimentos, da União e dos Estados para que tais monitoramentos sejam de fato cumpridos, prevalecendo uma convivência com interesses minoritários (Di Mauro; Mageste; Lemes, 2017).

Apesar da relação entre oferta hídrica e demanda hídrica outorgada (balanço hídrico) mostrar uma situação confortável em relação a disponibilidade hídrica, a possível existência de captações irregulares, ou seja, captações não outorgadas ou com outorgas vencidas, pode estar superestimando a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do rio Itapecuru; além disso, fatores como a alteração no uso e cobertura da terra, mudanças climáticas e intensificação de usos consuntivos devido ao crescimento populacional e econômico, tendem a tensionar a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica. É como comentam Gomes, Salvador, Lorenzo (2021), a falta de regulação, de planejamento do uso e flexibilização na concessão das outorgas, face às demandas do crescimento econômico e populacional apontam para um grave potencial de conflitos, principalmente em localidades de elevado crescimento populacional e de segmentos produtivos com elevada demanda por água.

Nessa mesma esteira, Unfried; Katos; Poser (2022), acrescentam que as mudanças climáticas e a crescente demanda por água intensificam o ciclo global da água, alterando a distribuição de água no espaço e no tempo. Como a água é essencial para a vida, a escassez de água provavelmente provocará conflitos.

O cenário de incerteza em relação ao crescimento populacional, a urbanização e a expansão da agricultura e pecuária na bacia

hidrográfica do rio Itapecuru, pode aumentar a demanda por água e intensificar a pressão sobre os recursos hídricos da bacia, levando a conflitos entre diferentes usos e usuários da água (Dias et al., 2025b).

Cenários de riscos de conflitos hídricos pela perda de qualidade da água

O resultado do índice de qualidade da água - IQA-CCME, classificou o rio Alpercatas e os cursos alto e médio do rio Itapecuru na classe ruim e o baixo curso do rio Itapecuru na classe péssima desse índice, demonstrando, portanto, que a qualidade da água desses corpos hídricos está degradada, pois frequentemente ou quase sempre os parâmetros de qualidade da água não atenderam aos padrões estabelecidos pelo enquadramento, e a realização dos usos da água definidos para a classe 2, representa risco à saúde e segurança e bem-estar da população, além do comprometimento da proteção das comunidades aquáticas, conforme preconiza a Resolução Conama nº 357 de 17 de março de 2005.

A legislação pertinente aos recursos hídricos faz a classificação das águas em função dos usos preponderantes, atuais e futuros, assim, cada tipo de uso da água exige que o corpo d'água ou segmento de corpo d'água, apresente uma condição de qualidade compatível com sua classe de qualidade e assegure em termos de usos possíveis, segurança adequada aos usuários da água (BRASIL, 2005).

A qualidade da água é um conceito relativo que depende diretamente do uso a que se destina seja este para balneabilidade, consumo humano, irrigação, transporte e manutenção da vida aquática. Para cada um dos usos existe um padrão de qualidade especificado pela legislação (Souza et al., 2014).

Dessa forma, verificou-se cenários com elevado potencial de risco de conflitos entre usuários da água e poluidores na bacia hidrográfica do rio Itapecuru, em função da condição de qualidade da água dos rios Alpercatas e Itapecuru se encontrar em desconformidade com o padrão de qualidade exigido para cursos d'água enquadrados na classe 2, o que inviabiliza os usos da água definidos para essa classe, devido, principalmente, às elevadas concentrações dos parâmetros, fósforo total, que em grande quantidade na água, pode desencadear a eutrofização, que leva ao perecimento da comunidade aquática, e coliformes termotolerantes, presentes em água contaminada por fezes, sendo indicador de vetores de doenças de veiculação hídrica.

As doenças de veiculação hídrica são causadas, basicamente, por microrganismos patogênicos de animais de sangue quente (origem animal ou humana), pelas quais são transmitidos por via fecal-oral, quando excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água poluída com fezes ou bactérias, que são identificados por organismos indicadores como o grupo de coliformes termotolerantes (Oliveira et al., 2021).

A qualidade da água é fator importante para o estabelecimento dos benefícios à saúde relacionado à redução da incidência e prevalência de diversas doenças de veiculação hídrica, destacando-se a doença diarreica (Queiroz; Heller; Silva, 2009). Sendo importante também para

o desenvolvimento de atividades econômicas e sociais, que necessitam de um bom padrão de qualidade da água, como cultivo irrigado de hortaliças e frutas, aquicultura e recreação de contato primário.

Esses cenários com elevado potencial de risco de conflitos desencadeados pela degradação da qualidade da água, que potencializa a eutrofização, doenças de veiculação hídrica e afeta o desenvolvimento de atividades econômicas e sociais, se agrava ainda mais no baixo curso do rio Itapecuru, trecho no qual se observou a pior condição de qualidade da água, classificada como péssima no IQA-CCME, a maior demanda hídrica e maior diversificação de uso da água, muitos dos quais são exclusivos das classe 2 ou de classes mais restritivas (especial e 1).

Esses cenários se mostram persistente na bacia hidrográfica do rio Itapecuru, pois não existe um monitoramento da qualidade da água que seja sistemático e contemple os principais parâmetro físicos, químicos e biológicos, índices de qualidade e de estado trófico da água, nem mesmo nos dois principais canais fluviais que formam a rede de drenagem (rios Alpercatas e Itapecuru); por não ter um sistema robusto de informações sobre os recursos hídricos, sobretudo acerca da condição de qualidade da água e os usos que podem ser realizados com segurança adequada; e por ainda não ter sido realizado o enquadramento dos corpos d'água conforme preconiza o Art. 5º, II da Lei 9433 de 8 de janeiro de 1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos).

Esse panorama da degradação da qualidade da água e de riscos à saúde humana, ao equilíbrio ecológico do ecossistema aquático e ao desenvolvimento de atividades econômicas e sociais, fica camuflado pela falta de monitoramento e de divulgação de informações acerca dos recursos hídricos.

As iniciativas de monitoramento da qualidade da água no Maranhão, oficialmente só tiveram início no ano de 2016, quando o Estado aderiu ao Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade da Água - Qualiágua, da Agência Nacional da Água - ANA, executado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais -SEMA-MA, estando enquadrado no grupo III do Qualiágua, em que o monitoramento é inexistente ou não está consolidado (ANA, 2016b).

A necessidade de avanços na gestão da água na bacia hidrográfica do rio Itapecuru é algo muito evidente, de modo que os avanços perpassam pela implementação de instrumentos de gestão, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o sistema de informações sobre os recursos hídricos (Masullo et al., 2019).

Diante desse quadro de informação e transparência limitada e insuficiente, especialmente acerca do monitoramento da qualidade da água, acredita-se que a maioria da população que faz uso da água na bacia, não tem conhecimento da condição de qualidade da água desses rios, desconhece os usos da água que podem ser realizados com segurança adequada e os que são vedados, mediante perda de qualidade da água conforme determinação da legislação ambiental pertinente. E por conta disso, as tensões e conflitos hídricos não são tão frequentes, tornando-se mais evidentes em situações pontuais em que há grande alteração das suas

características naturais da água, principalmente as que são mais facilmente visualizadas pela população em geral (cor e odor) e perecimento da biota aquática, especialmente da ictiofauna, em decorrência do lançamento de matéria ou energia em desacordos com os padrões ambientais estabelecidos.

É importante salientar que a condição de qualidade da água dos rios Alpercatas e Itapecuru apresenta um cenário com elevado potencial de riscos de conflitos hídricos, que poderão ser aguçados a proporção que os usuários da água da bacia tiverem maior acesso às informações sobre a qualidade da água dos referidos mananciais, a partir de publicações de estudos e pesquisas, atuação de organizações da sociedade civil e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru que ainda está em processo de consolidação de sua atuação.

A percepção da crise hídrica é o ponto de início para uma atitude em relação ao conflito hídrico, que juntamente com outros fatores como normas subjetivas, capital social com engajamento popular e a percepção de controle comportamental por parte da comunidade, desencadeiam a intenção de conflito nas pessoas e leva a um comportamento de reivindicação, e ações que culminam em conflitos (Tatar; Papzan; Ahmadvand, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na bacia hidrográfica do rio Itapecuru são desenvolvidos múltiplos usos da água, destacadamente a irrigação, o abastecimento humano (urbano e rural), pecuária, mineração, aquicultura, indústria, lazer e esgotamento sanitário (diluição).

Mediante disponibilidade de água verificada através do balanço hídrico dos principais rios dessa bacia hidrográfica (Itapecuru e Alpercatas), não se observou cenários com riscos de conflitos hídricos motivados pela escassez de água, no curto prazo, levando-se em consideração somente a demanda outorgada. Porém, considerando a possibilidade de existência de captações de água não outorgadas e com outorgas vencidas, a grande redução de vazão do rio Itapecuru nos meses de estiagem e a limitação na captação de água para fins de abastecimento humano no trecho mais a jusante desse corpo d'água (baixo curso), verifica-se cenários com riscos de conflitos pela escassez hídrica, pelo menos nos meses de menores vazões (setembro e outubro).

Adicionalmente, em consequência da degradação da qualidade da água desses corpos hídricos e dos riscos à saúde humana e qualidade ambiental associados aos usos da água nessa condição, verificou-se cenários com elevado potencial de riscos de conflitos hídricos, especialmente no baixo curso do rio Itapecuru, que apresentou maior degradação da qualidade, demanda hídrica e diversificação de usos da água.

Dessa forma, se faz necessário e urgente a adoção de mecanismos para a manutenção da quantidade da água necessária aos usos múltiplos, a recuperação do padrão de qualidade da água do rio Alpercatas e especialmente do rio Itapecuru, eliminando a disposição de esgotos sem

tratamento nos corpos d'água, disciplinando o uso solo no território da bacia hidrográfica e otimizando a gestão e governança da água, garantido acesso equitativo à água com segurança adequada, preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e mudança no cenário de riscos de conflitos hídricos.

Por fim, acredita-se que os resultados da pesquisa poderão contribuir com o planejamento da gestão e governança da água no território da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, especialmente no que tange a necessidade de combate a degradação e recuperação da condição de qualidade da água, redução de riscos à saúde e segurança dos usuários da água, minimização de riscos de conflitos hídricos e consecução de todas as metas do ODS 6.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Panorama das águas superficiais do Brasil: 2012**. Brasília: ANA, 2012. 265 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2016**. Brasília: ANA, 2016a. 95 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Resolução nº 643 de 27 de junho de 2016**. Altera o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água - QUALIÁGUA. Brasília: ANA, 2016b. Disponível em: www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2016/01/643-2016.pdf. Acesso em: 06/07/2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Índice de segurança hídrica -ISH**. Manual metodológico. Brasília: ANA, 2020. 42 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**, 2. ed. - Brasília: ANA, 2022. 112 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2024**. Brasília: ANA, 2024. 166p.

ANUNCIAÇÃO, N. S.; MARTINS, R. C. C.; SCARDUA, F.P. Análise da outorga como instrumento de gestão e controle do uso de água na bacia Piracicaba, Capivari e Jundiaí - PCJ. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia**. v.8, n.1, p. 21-35, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/363195432>

BAZZO, K. R. et al. Influência da sazonalidade das vazões nos critérios de outorga no estado de Rondônia - RO. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XXII, 2017, Florianópolis, **Anais [...]**. Florianópolis: Associação Brasileira de Recursos Hídricos-ABRH, 2017, P.1-8. Disponível em: <https://anais.abrhydro.org.br/job.php?Job=2495>.

BÖHMELT, T. et al. Demand, supply, and restraint: Determinants of domestic water conflict and cooperation. **Journal Global Environmental**

Change, v.29, 2014, p.337-348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.11.018>.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 29 ago. 2025.

CAEMA adota racionamento de água em São Luís devido a baixo nível do rio Itapecuru. G1. MARANHÃO. 22 de outubro de 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2025/10/22/caema-adota-rationamento-de-agua-em-sao-luis-por-cao-do-baixo-nivel-do-rio-itapecuru.ghtml>. Acesso em: 23 jul. 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 08 jul. 2025.

COSTA, C. F. et al. Análise microbiológica da água do rio Itapecuru em Caxias, MA, Brasil. **Revista Interface**, n. 10, 2015.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT - CCME. **Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME water quality index 1.0 user's manual**, technical report. Canadá. 2001. Disponível em: <https://prrd.bc.ca/wp-content/uploads/post/prrd-water-quality-database-and-analysis/WQI-Users-Manual-en.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2023.

DIAS, L.; J.; B.; da S. et al. Demanda de uso da água e enquadramento dos corpos hídricos constituintes da bacia hidrográfica do rio Itapecuru. **EDUEMA**, São Luís, 2025a, 192p.

DIAS, L.; J.; B.; da S. et al. Sumário Executivo do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru – MA. **EDUEMA**, São Luís, 2025b, 44p.

DU PLESSIS, A. Water as a Source of Conflict and Global Risk. In: Water as an Inescapable Risk. Springer Water. **Springer, Cham**. p.115-143, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-03186-2_6.

DI MAURO, C. A.; MAGESTE, J.G.; LEMES, E. M. As bacias hidrográficas como critério para o planejamento territorial. **Revista Caminhos de Geografia**, v.18, n.64, p. 472-482, 2017.

FRACALANZA, A. P. Água: de elemento natural a mercadoria. **Revista sociedade e natureza**, v.17, n.33, 2005, p.21-36.

FROHLICH, C. J. Water for conflict or catalyst for peace? The case of the Middle east. **Journal L'Europe em formation**, n.365. 2012.

GOMES, L. C. D.; SALVADOR, N. N. B.; LORENZO, H. C. de. Conflitos pelo uso dos recursos hídricos e o caso de Araraquara-SP, **revista ambiente e sociedade**, v.24, 2021, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190100r3vu2021L3A0>.

GRIFFITHS, J. K. Waterborne Diseases. **Journal International Encyclopedia of Public Health**, v.7, p.388-401, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803678-5.00490-2>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Zoneamento geoambiental do estado do - MA: diretrizes gerais para ordenação territorial**. Diretoria de Geociência, Divisão de Geociências da Bahia. Salvador: IBGE, 1997.44 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Subsídios ao zoneamento ecológico-econômico da bacia do rio Itapecuru - MA: diretrizes gerais para ordenação territorial**. Primeira Divisão de Geociência do Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.187 p.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS - IMESC. **Relatório Técnico de Recursos Hídricos Superficiais do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão (ZEE) - Etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro**. São Luís: IMESC. 2023. 180p.

KARAMIDEHKORDI, E. et al. Water conflicts and sustainable development: concepts, impacts, and management approaches. In: BANDH, S. A., MALLA, F. A. *Current Directions in Water Scarcity Research*, Elsevier, v. 8, 2024, p. 233-244. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23631-0.00016-9>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780443236310000169>. Acesso em: 20 mar. 2024

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

MARTINS, R. A. et al. Qualidade da água do baixo curso do rio itapecuru e as implicações na saúde humana e usos múltiplos. **Revista Foco**, v.16, n.9, 01-22p. 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n9-111.

MASULLO, Y. A. G. et al. Dinâmica da paisagem da bacia hidrográfica do rio Itapecuru - MA. **Revista brasileira de geografia física**, v.12, n.03 p.1054-1073, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.3.p1054-1073>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Site do Ministério da Saúde (2022). **Vigilância epidemiológica**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha/situacao-epidemiologica>. Acesso em: 03 abr. 2025.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Surtos de doenças de transmissão hídrica e alimentar informe - 2024**. Secretaria de vigilância em saúde e ambiente,

2024. Disponível: <file:///C:/Users/user/Downloads/Surtos%20de%20Doen%C3%A7as%20de%20Transmiss%C3%A3o%20H%C3%ADdrlica%20e%20Alimentar%20no%20Brasil%20-%20Informe%202024.pdf>. Acesso: 03 abr. 2025.

NAÇÕES UNIDAS. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2024**. Água para a prosperidade e a paz. UNESCO. Paris, 2024.

NÚCLEO GEOAMBIENTAL DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - NUGEO. **Bacias Hidrográficas e Climatologia no Maranhão**. Relatório Técnico. 2016. 166 p.

OLIVEIRA, J. L. de. et al. Correlação da qualidade de água bruta e doenças de veiculação hídrica em Três Corações/MG. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.4, p.337-352, 2021. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0027.

PAULA, L. R. et al. Avaliação da qualidade microbiológica da água do médio curso do rio Itapecuru, estado do Maranhão, Brasil. **Revista Research, Society and Development**, v.6, n.11. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i6.28824>.

PEDROSA, V. de A. **Construindo pactos pelo uso da água**. 2020, 87p.

QUEIROZ, J. T. M. de.; HELLER, L.; SILVA, S. R. da. Análise da correlação de ocorrência da doença diarreica aguda com a qualidade da água para consumo humano no município de Vitória-ES. **Revista Saúde Sociedade**, v.18, n.3, p.479-489, 2009.

RIBEIRO, W. C.; SANTOS, C. L. S. dos.; SILVA, L. P. B. da. Conflito pela água, entre a escassez e a abundância: Marcos teóricos. **Revista ambientes**, v.1, n., 2019, p.11-37. DOI: <https://doi.org/10.48075/amb.v1i2.23619>.

SILVEIRA, C.S.; SOUZA, K.V. de. Relações hidrológicas entre a pluviosidade e a vazão em uma série temporal (2007-2009) de uma bacia de drenagem de uso misto - Teresópolis, RJ, Brasil. **Revista Geociências**, v.31, n.3, p.395-410, 2012. Disponível em: https://www.revistageociencias.com.br/geocienciasarquivos/31_3/Art_07_Silveira_e_Souza.pdf.

SOARES, L. S. et al. Space-temporal analysis of physico-chemical and biological variables of water quality in the itapecuru river, northeastern atlantic hydrographic region, brazil. **Journal caderno prudentino de geografia**, v.2, n.44, p.35-56, 2022. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/9181/6539>.

SOUZA, J. R. de. et al. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodepa**, v.8, n.1, p. 26-45, 2014.

TATAR, M.; PAPZAN, A.; AHMADVAND, M. Understanding factors that contribute to farmers water conflict behavior. **Journal Water Policy**, v.24, n.4, p.589-607, 2022. Doi:10.2166/wp.2022.253

TENNANT, D.L. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. **Journal Fisheries**, v. 1, n.4, p. 6-10, 1976.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A água**. São Carlos: editora Scienza, 2020. 130p.

UNFRIED, K.; KATOS, K. K.; POSER, T. Water scarcity and social conflict. **Journal of environmental economics and management**, v.113, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102633>.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela bolsa concedida para que a pesquisa fosse realizada.

Contato dos autores:

autor: Rubenilson Amorim Martins

e-mail: rubenilson.martins@ifma.edu.br

autor: Caio Brito Lourenço

e-mail: caio.lourenco@ifma.edu.br

autor: Leonardo Silva Soares

e-mail: leonardo.soares@ufma.br

Manuscrito aprovado para publicação em: 02/12/2025