

Qualidade das águas, uso e cobertura da terra: subsídios para a gestão de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Pindaré, Maranhão – Brasil

Water quality, land use and land cover: subsidies for water resources management in the Pindaré river watershed, Maranhão - Brazil

Rafael Brugnolli Medeiros

Universidade Federal da Grande Dourados
Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil
rafael_bmedeiros@hotmail.com

 ORCID: 0000-0003-0419-655X

Luiz Carlos Araujo dos Santos

Universidade Estadual do Maranhão
São Luís, Maranhão, Brasil
luizcarlos.uema@gmail.com

 ORCID: 0000-0001-5713-0269

Información del artículo

Recibido: 4/04/2023

Revisado: 11/09/2023

Aceptado: 21/11/2023

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/at.24.7864

 CC-BY

© Universidad de Jaén (España).
Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMO

No presente estudo serão suscitadas discussões voltadas à qualidade das águas superficiais, através de uma análise da bacia hidrográfica do rio Pindaré, localizada na Amazônia maranhense. Para tanto, foram avaliados dados de qualidade de água ao longo de 13 pontos de coleta e sua correlação ao uso da terra. As águas apresentaram condições aceitáveis nos parâmetros aferidos, com exceção de alguns pontos que mostraram alta turbidez, considerável condutividade e diminuição do oxigênio dissolvido em áreas localizadas contíguas a centros urbanos, nas quais há um aumento no despejo de resíduos sólidos e esgotos *in natura* lançados no manancial. Nesta investigação são propostas discussões para melhoria e/ou manutenção da qualidade das águas, identificando os principais usos diante do contato primário e secundário com a população.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade das Águas, Amazônia, Bacia Hidrográfica, Recursos Hídricos.

ABSTRACT

This study will discuss surface water quality through an analysis of the Pindaré river basin, located in the Amazon region of Maranhão. To this end, water quality data was assessed at 13 collection points and correlated with land use. The water showed acceptable conditions in the parameters measured, with the exception of some points which showed high turbidity, considerable conductivity and a decrease in dissolved oxygen in areas located adjacent to urban centers, where there is an increase in the dumping of solid waste and *in natura* sewage into the spring. This research proposes discussions for improving and/or maintaining water quality, identifying the main uses in the face of primary and secondary contact with the population.

KEYWORDS: Water Quality, Amazon, Watershed, Water Resources.

Calidad de las aguas, uso y cobertura de la tierra: subsidios para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Pindaré, Maranhão - Brasil

RESUMEN

En este estudio se abordará la calidad de las aguas superficiales mediante el análisis de la cuenca del río Pindaré, situado en la región amazónica de Maranhão. Para ello, se analizaron los datos de calidad del agua en 13 puntos de captación y se correlacionaron con el uso del suelo. El agua presentó condiciones aceptables en los parámetros medidos, con excepción de algunos puntos que presentaron turbidez elevada, conductividad considerable y disminución del oxígeno disuelto en las áreas adyacentes a los centros urbanos, donde hay un aumento del vertido de residuos sólidos y de aguas residuales naturales en el manantial. Esta investigación propone discusiones para mejorar y/o mantener la calidad del agua, identificando los principales usos frente al contacto primario y secundario con la población.

PALABRAS CLAVE: Calidad del agua, Amazonia, Cuenca hidrográfica, Recursos hídricos.

Qualité de l'eau, utilisation des terres et couverture des terres: subventions pour la gestion des ressources en eau dans le bassin du fleuve Pindaré, Maranhão - Brésil

RÉSUMÉ

Cette étude aborde la qualité des eaux de surface en analysant le bassin du fleuve Pindaré, situé dans la région amazonienne du Maranhão. À cette fin, les données relatives à la qualité de l'eau ont été analysées en 13 points de collecte et mises en corrélation avec l'utilisation des terres. L'eau

a montré des conditions acceptables pour les paramètres mesurés, à l'exception de certains points qui ont montré une turbidité élevée, une conductivité considérable et une diminution de l'oxygène dissous dans les zones situées à proximité des centres urbains, où il y a une augmentation du déversement des déchets solides et des eaux usées in natura dans la source. Cette recherche propose des discussions pour améliorer et/ou maintenir la qualité de l'eau, en identifiant les principaux usages face au contact primaire et secondaire avec la population.

MOTS-CLÉ: Qualité de l'eau, Amazonie, Bassin fluvial, Ressources en eau.

Qualità dell'acqua, uso del territorio e copertura del territorio: sussidi per la gestione delle risorse idriche nel bacino del fiume Pindaré, Maranhão - Brasile

SOMMARIO

Questo studio tratterà la qualità delle acque superficiali analizzando nel bacino del fiume Pindaré, situato nella regione amazzonica del Maranhão. A tal fine, sono stati analizzati i dati sulla qualità dell'acqua in 13 punti di raccolta e sono stati messi in relazione con l'uso del suolo. L'acqua ha mostrato condizioni accettabili nei parametri misurati, ad eccezione di alcuni punti che hanno mostrato un'elevata torbidità, una notevole conducibilità e una diminuzione dell'ossigeno disciolto nelle aree adiacenti ai centri urbani, dove si registra un aumento dello scarico di rifiuti solidi e di acque reflue naturali nella sorgente. Questa ricerca propone discussioni per migliorare e/o mantenere la qualità dell'acqua, identificando gli usi principali a fronte del contatto primario e secondario con la popolazione.

PAROLE CHIAVE: Qualità dell'acqua, Amazonia, Bacino fluviale, Risorse idriche.

Introdução

Os recursos hídricos são elementos basilares para o desenvolvimento social, econômico e cultural, mas seu dinamismo e complexidade são notoriamente relegados a segundo plano, visto que o modelo econômico vigente na Amazônia e no estado do Maranhão vincula-se ao avanço das monoculturas de soja e de eucalipto e à pecuária. Compreender essa relação e seus impactos em parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas é papel da limnologia, essencial no processo de análise e diagnóstico ambiental em bacias hidrográficas.

Segundo Antonio Cezar Leal:

“as águas podem constituir recursos limitantes ou indutores do processo desenvolvimento econômicas social de determinada área e sua gestão pode interferir no uso e ocupação do solo. Assim, se as intervenções antrópicas na bacia hidrográfica têm influência direta na disponibilidade e qualidade de água, de maneira semelhante à gestão de recursos hídricos afeta os usos da água e, consequentemente, interfere nos usos do solo na bacia hidrográfica, como, por exemplo, com a implementação dos instrumentos de gestão e enquadramento dos corpos d'água, planos de bacias hidrográficas e cobrança pelo uso das águas”¹.

A partir do pressuposto de que sua gestão deve proporcionar os usos múltiplos das águas e buscar garantir um desenvolvimento equilibrado entre os recursos hídricos e as atividades antrópicas, é assegurada, na teoria, uma disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequada para todos seus usuários, promovendo o desenvolvimento sustentável e minimizando eventos críticos que possam oferecer riscos à saúde e à segurança pública ou prejuízos econômicos e sociais².

Quando se discute a Amazônia brasileira e, mais precisamente, a Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré (BHRP), muitos são os desafios que perpassam questões políticas, culturais e a pujança pelo desenvolvimento econômico e social, e a falsa ideia de que a abundância de recursos hídricos viabiliza seu uso desordenado. Daniella Maimoni Figueiredo e Antonio Augusto Rossotto Ioris adentram a essa discussão diante do inegável progresso, porém, com inefetiva implementação de uma governança da água, diante do histórico de uso do solo

e modelo econômico neoliberal que se instaurou sobre esse “território hidrossocial” da Amazônia³.

Antonio Augusto Rossotto Ioris afirma que a região amazônica é uma das fronteiras mais ativas de expansão de infraestruturas, extração de recursos e exploração socioecológica no mundo atualmente, em uma ideia contraditória de modernidade, com uma base estreita de uma racionalidade tecnocrática e reducionista prevalecente⁴.

As águas da Amazônia, em especial da região maranhense, estão sujeitas aos variados impactos ambientais: agronegócio, mineração legal e ilegal, turismo, navegação, irrigação, despejo de resíduos sólidos, esgoto lançado in natura, despejo de efluentes, aquicultura, entre outras várias formas que alteram o ciclo natural das águas e influenciam em seus parâmetros. O estado do Maranhão é uma área de transição entre biomas, ecossistemas, este apresenta uma grande geodiversidade, que tem sido modificado pelo crescimento populacional e aumento de monoculturas, ao passo que há uma falta e/ou ineficácia do abastecimento de água, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. O oeste do estado apresenta índices de desenvolvimento humano baixo⁵, com municípios que, segundo Assunção et al.⁶, tem no rio Pindaré sua principal fonte de riqueza e de qualidade de vida do povo “pindarense”

O fato de a BHRP abranger trinta e sete municípios dificulta a gestão dos recursos naturais, sobretudo pela região ter um contexto ambiental e socioeconômico diverso, o que torna necessária a análise do contexto histórico, social e econômico dos municípios, de modo a facilitar que ações mais concretas sejam implantadas no espaço físico-territorial.

É importante ressaltar que, segundo Sit et al.⁷, quando se trata de recursos hídricos, há um volume global de dados com grande variedade de temáticas disponíveis na rede mundial de computadores, entretanto, esses dados requerem conhecimento prático para realmente se transformarem em informação consumida pela sociedade em geral. Seu uso em tabelas, com numerações que dificultam a compreensão sobre como “se comportam” esses números na realidade, é um grande desafio para quem os estuda.

A BHRP (Mapa 1) encontra-se a oeste do estado do Maranhão, em uma área de transição entre os biomas

³ Figueiredo; Ioris, 2021.

⁴ Ioris, 2021.

⁵ IBGE, 2010.

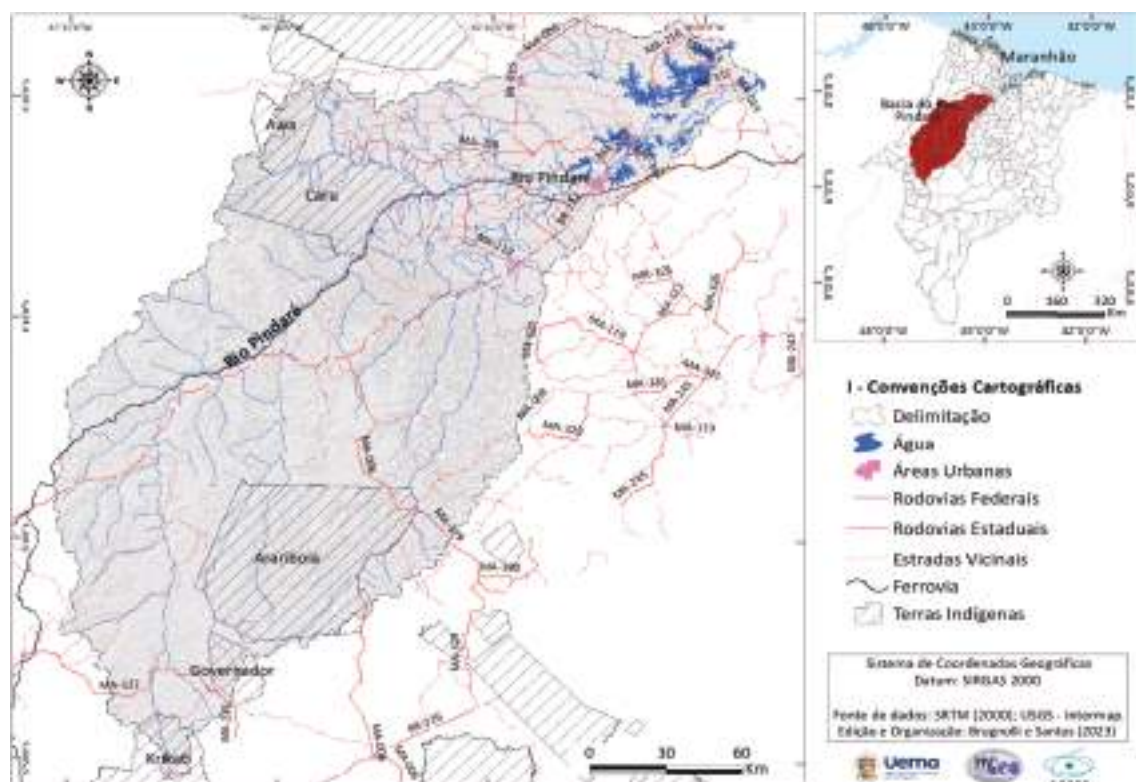
⁶ Assunção et al., 2016.

⁷ Sit et al., 2020.

¹ Antonio Cezar Leal, 2000, 36.

² Brasil et al., 2017.

Mapa 1. Localização da BHRP, Maranhão/MA



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

do Cerrado e da Amazônia, compondo um ecótono com uma extensa geodiversidade, que traz importantes contrastes ambientais, sociais e econômicos. O rio Pindaré tem suas nascentes nas áreas elevadas dos planaltos tabulares com características de cerrado; perpassa um médio curso amazônico, com vegetação ombrófila densa, igarapés e monoculturas; e tem seu baixo curso em uma área de depressão, influenciada pela zona costeira, com pastagens em meio a igarapés, a lagos, a lagoas e aos rios meandrantos.

Metodologia

Os procedimentos metodológicos consistiram, a priori, em levantar dados da Rede Hidrometeorológica Nacional, pertencente ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), conhecida como Portal HidroWeb v3.2.7. Uma ferramenta que reúne, segundo a Agência Nacional das Águas (ANA)⁸, dados de níveis fluviais, de vazões, de chuvas, de qualidade da água e de sedimentos suspensos nos mananciais. Trata-se de estações fluviais e pluviométricas espalhadas ao longo de todo o

território nacional, servindo de base para estudos científicos, setores econômicos, geração de energia elétrica, agricultura, entre outros.

O Portal HidroWeb apresentou, no caso desta pesquisa, informações fundamentais para avaliar a qualidade das águas do rio Pindaré e de um de seus afluentes, o rio Zutiua. Assim, foram coletadas amostragens de água em 13 pontos distintos (Tabela 1), sendo que o Portal apresentava várias outras estações que não foram utilizadas, pois mostraram distinções nas datas de amostragem das águas, o que seria incorreto no processo de análise. Portanto, as estações escolhidas foram aquelas presentes na bacia e que tiveram a mesma data entre si ou datas próximas, validando a influência dos períodos chuvoso e seco dentro do período da análise.

Tais registros são feitos em campo pelos técnicos em hidrologia e engenheiros hidrólogos e correspondem aos dados coletados pelos estados que aderiram ao programa coordenado pela ANA, denominado Qualiágua, que fomenta o monitoramento da qualidade da água.

Portanto, em posse desses dados das estações supracitadas e diante das datas estabelecidas para análise, buscou-se parâmetros que se apresentavam consistentes em todas as estações. Sendo analisados: temperatura da água, potencial hidrogeniônico (pH), turbidez,

⁸ ANA, s.d.

Tabela 1. Estações Fluviais utilizadas na pesquisa

Ponto atribuído	Número da Estação	Município	Rio analisado	Coordenadas
1	33076000	Alto Alegre do Pindaré	Rio Pindaré	52°0'16,631"O - 3°41'53,734"S
2	33077000	Alto Alegre do Pindaré	Rio Pindaré	51°54'59,191"O - 3°41'28,948"S
3	33079000	Alto Alegre do Pindaré	Rio Pindaré	51°52'56,6"O - 3°39'29,264"S
4	33080001	Alto Alegre do Pindaré	Rio Pindaré	51°50'34,726"O - 3°39'51,114"S
5	33170900	Tufilândia	Rio Pindaré	45°37'30,013"O - 3°38'14,952"S
6	33161000	Tufilândia	Rio Zutuia	45°33'51,905"O - 3°43'27,611"S
7	33180001	Pindaré-Mirim	Rio Pindaré	45°29'42,574"O - 3°41'36,947"S
8	33190000	Pindaré-Mirim	Rio Pindaré	45°28'1,911"O - 3°39'32,806"S
9	33195000	Pindaré-Mirim	Rio Pindaré	45°18'48,148"O - 3°35'44,448"S
10	33196000	Monção	Rio Pindaré	45°15'39,915"O - 3°29'40,614"S
11	33198000	Monção	Rio Pindaré	45°12'42,32"O - 3°28'8,982"S
12	33198900	Cajari	Rio Pindaré	45°3'27,783"O - 3°24'36,729"S
13	33198990	Cajari	Rio Pindaré	44°59'41,7"O - 3°21'36,373"S

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

oxigênio dissolvido (OD), sólidos suspensos, alcalinidade e condutividade elétrica (CE). Para tornar esses dados consistentes, inseriu-se na pesquisa a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A Resolução no 357 do CONAMA, publicada em 18 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos recursos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, que é um conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. O enquadramento é um instrumento da Política Brasileira do Meio Ambiente que busca classificar os recursos hídricos em relação ao uso antrópico e a relação entre o bem-estar humano e o equilíbrio do meio aquoso. Sendo que a sociedade não deve ser afetada pela deterioração da qualidade das águas, bem como, corresponde à classe em que um manancial se encontra não apenas em seu estado atual, mas também nos níveis necessários para que seja compatível com os usos mais exigentes a que são destinados⁹.

O CONAMA mostra diretrizes e parâmetros para o enquadramento das águas doces, salobras e salinas. Nesta pesquisa, trabalhou-se com as águas doces superficiais e os próprios parâmetros citados anteriormente, enquadrando-os ao longo das cinco classes: Classe Especial, Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV; cada uma com suas preconizações e limitações de uso das águas (Tabela 2).

Estabelecidas tais bases, partiu-se para os mapeamentos desenvolvidos pelo MapBiomias no que diz respeito ao uso e à cobertura da terra, utilizando-se dos anos de 2019 e 2021, sobretudo devido às datas da análise da água. Tais bases são disponibilizadas gratuitamente pelo MapBiomias, em sua Coleção 7 e contaram com uma metodologia ligada à classificação da imagem de satélite LandSat 8/OLI supervisionada pixel a pixel.

A partir dessa classificação prévia foi realizada investigação *in loco* em setembro de 2021 para validação dos dados e ajustes necessários que foram identificados. Para os ajustes contou-se com o manuseio dos dados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica QGIS e ArcGIS 10, além do uso de Sistema de Posicionamento Global e um Drone DJI Mavic, realizando a interpretação por meio da aerofotogrametria.

Resultados

Nesse contexto, é interessante compreender que, em alguns países, o planejamento e a gerência do território, dito aqui sob o papel da bacia hidrográfica, ignoram a perspectiva sistêmica como instrumento de análise. Logo, a gestão de recursos hídricos deve ser vista como uma parcela do processo de planejamento e ordenamento do território, que deve ser acompanhada do controle do uso da terra.

Dessa forma, nota-se que o processo de uso do território no Maranhão tem um modelo econômico muito

⁹ Brugnolli et al., 2022.

Tabela 2. Classes de Enquadramento das águas doces superficiais e suas preconizações de uso

Parâmetros para o Enquadramento das Águas					
Classes	Oxigênio Dissolvido	pH	Turbidez (Unidade Nefelométrica de Turbidez - NTU)	Condutividade Elétrica (micro-Siemens por centímetro - $\mu\text{S/cm}$)	Principais Preconizações para a utilização das Águas Superficiais
Classe Especial	> 10,0 mg/L	6,0 a 9,0	0 a 20 NTU	0 a 50 $\mu\text{S/cm}$	Recomenda-se ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe I	10 a 6 mg/L	6,0 a 9,0	20 a 40 NTU	50 a 75 $\mu\text{S/cm}$	Recomenda-se ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe II	6 a 5 mg/L	6,0 a 9,0	40 a 70 NTU	75 até 100 $\mu\text{S/cm}$	Recomenda-se ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; à aquicultura e a atividade de pesca.
Classe III	5 a 4 mg/L	6,0 a 9,0	70 a 100 NTU	100 a 150 $\mu\text{S/cm}$	Recomenda-se ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; à dessedentação de animais.
Classe IV	< 4 mg/L	6,0 a 9,0	> 100 NTU	+150 $\mu\text{S/cm}$	Recomenda-se à navegação; à harmonia paisagística.

Fonte: Adaptação da resolução CONAMA 357/2005.

Org.: Elaborado pelos autores.

voltado às grandes propriedades rurais, com pastagens que avançam sobre áreas preservadas. Somado a isso, a agricultura vem ganhando terreno no estado e, sobretudo, a oeste já vem pressionando recursos hídricos e fragmentando a paisagem (Mapa 2) no chamado “Arco do Desmatamento”, área que abrange os estados do Maranhão (Nordeste do Brasil), do Pará, de Rondônia (ambas no Norte do Brasil) e do Mato Grosso (Centro-Oeste do Brasil). Essa pressão já se expressa nos resultados dos parâmetros físicos e químicos encontrados nos recursos hídricos (Tabela 3), tornando propícias discussões a partir do impacto já exercido do uso da terra, o que torna ainda mais complexa a realização de propostas de reabilitação para o sistema aquático.

Ainda no que se refere à BHRP, o uso e a cobertura vegetal da terra são, respectivamente, compostos por pastagens e por vegetação nativa, ligadas às Terras Indígenas do Caru, Arariboia, Krikati, Governador e Rio Pindaré. Tais terras são responsáveis por manter o equilíbrio da BHRP diante de uma “espécie” de corredor ecológico que auxilia na recarga e no abastecimento de importantes nascentes da região, como os rios Caru,

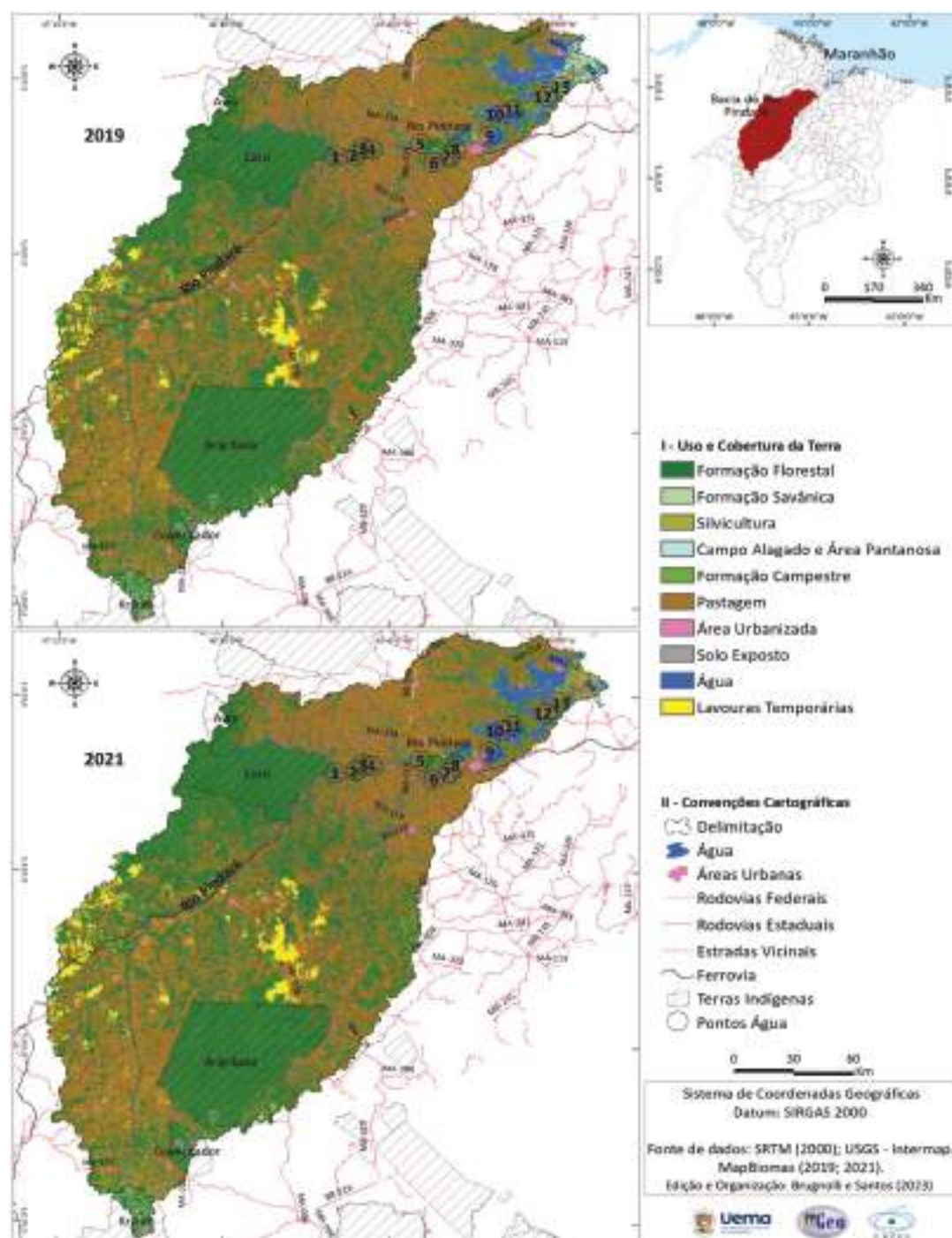
Buriticupu e Zutua, além do próprio rio Pindaré, que tem suas nascentes na Terra Indígena Krikati.

De modo geral, a bacia do rio Pindaré apresenta significativa degradação ambiental com algumas áreas de preservação permanente ainda intactas, o que minimiza a atuação das matas nativas das zonas ripárias como um filtro natural. A exemplo disso, há a entrada de sedimentos nos sólidos suspensos, bem como a turbidez encontrada, especialmente pelo fato do médio curso possuir rampas dissecadas e vales encaixados que se somam aos processos erosivos e aos indícios de assoreamento nas margens dos mananciais que abastecem o rio Pindaré, o que retroalimenta o turvamento e no aumento dos sedimentos suspensos. Kobiyama et al.¹⁰ destacam que o ecossistema ripário tem a capacidade de regular o regime hidrológico e aumentar a resistência do solo através das raízes.

Iniciando pelo OD, aquele que mais exhibe importância para os ecossistemas aquáticos, é dependente, de forma natural, da temperatura e da velocidade de

¹⁰ Kobiyama et al., 2020.

Mapa 2. Uso e cobertura da terra e os pontos de monitoramento das águas na BHRP, Maranhão/Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

fluxo das águas. Enquanto a temperatura mais elevada vai atuar na diminuição do grau de solubilidade do oxigênio na água, a alta velocidade provoca o turbilhonamento e sua consequente oxigenação. Mananciais mais lânticos tendem a apresentar OD mais reduzido. O rio Pindaré, à medida que se aproxima da foz torna-se mais meandrante, com redução da velocidade e espriamento, sofrendo influência de uma série de lagoas e de lagos

do baixo curso, situações que reduzem o OD conforme o transpassar do rio até sua foz.

Outra questão importante é que ao passo que se aproxima de sedes municipais do médio e baixo curso, foi possível notar uma grande quantidade de despejo de resíduos sólidos e falta de saneamento básico nas cidades, sobretudo em Santa Inês e Pindaré-Mirim. A inserção de resíduos, de esgotos *in natura* e de

Tabela 3. Parâmetros de qualidade das águas da BHRP

Parâme-tros	Pon-tos	Rio Pindaré				Rio Zutiua				Rio Pindaré				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tempe-ratura da Água		28,83	28,64	29,10	28,92	29,56	29,20	29,18	30,80	30,39	30,19	30,15	30,18	30,34
		29,25	26,54	27,52	27,41	28,52	30,74	28,98	28,87	30,02	29,55	29,77	30,25	29,98
		28,95	28,78	29,70	29,92	30,77	31,50	30,95	30,65	29,05	30,96	30,72	30,45	29,60
		28,66	28,79	29,52	29,81	30,84	30,65	30,84	30,78	30,08	31,38	30,83	30,93	31,17
pH		7,02	7,10	6,93	7,04	6,78	6,70	6,54	6,76	6,16	6,83	6,60	6,60	6,59
		6,68	6,54	6,31	6,44	6,05	5,99	5,91	6,20	6,25	6,56	6,61	6,65	6,31
		6,47	6,47	6,68	6,56	6,69	6,70	6,69	6,90	6,11	6,78	7,65	6,66	7,74
		6,95	6,95	6,90	6,93	7,24	7,00	7,30	7,21	6,94	6,48	7,09	6,79	7,05
Turbi-dez		46,79	48,39	55,78	44,89	49,59	22,32	39,54	30,31	32,22	23,52	29,92	18,56	23,39
		99,95	139,14	99,01	125,35	140,35	142,41	320,13	104,17	150,10	82,15	80,90	160,55	152,98
		194,15	59,30	44,50	55,40	62,18	64,55	74,50	89,50	465,15	73,11	56,50	49,25	959,15
		37,20	41,45	42,72	36,70	48,50	58,99	48,99	58,50	43,41	58,57	60,76	66,06	95,05
OD		6,80	6,66	6,65	6,64	6,08	3,41	4,73	5,80	4,40	4,33	3,92	3,32	3,42
		7,13	5,62	6,44	6,51	6,51	5,94	6,47	6,48	7,35	6,26	6,30	6,12	5,99
		7,39	6,95	7,32	7,27	7,06	6,40	7,22	7,17	7,36	6,10	6,53	6,11	5,40
		7,39	7,27	7,50	7,61	8,03	7,05	7,96	8,06	6,95	6,41	6,12	5,64	5,77
Sólidos Sus-pensos		14,00	12,80	20,00	16,00	10,00	5,60	4,40	8,00	10,40	1,60	20,40	6,80	12,80
		51,00	69,00	52,00	109,00	116,00	98,00	150,00	58,00	75,00	49,00	52,00	52,00	13,00
		37,20	56,40	58,40	42,40	57,20	71,60	118,00	37,60	495,28	45,60	45,60	45,20	151,80
		80,50	45,00	27,50	25,50	26,00	35,50	15,50	53,00	10,00	37,37	19,73	25,00	70,50
Alcali-nidade		22,00	24,00	22,00	8,00	20,00	24,00	4,00	14,00	18,00	10,00	6,00	22,00	20,00
		18,00	12,00	12,00	22,00	16,00	10,00	8,00	12,00	14,00	20,00	8,00	16,00	20,00
		4,00	12,00	20,00	24,00	8,00	8,00	18,00	10,00	36,00	16,00	24,00	10,00	26,00
		12,00	40,00	14,00	22,00	22,00	20,00	12,00	26,00	12,00	58,00	22,00	20,00	22,00
Condu-tividade de Elétrica		231,78	186,30	196,60	198,70	174,10	183,60	171,90	160,70	145,60	147,40	143,80	134,70	104,60
		233,40	138,60	214,40	211,40	205,30	330,20	240,40	242,50	239,40	282,70	281,70	286,70	293,30
		327,10	256,00	289,40	283,80	256,80	360,30	288,00	285,90	136,30	273,00	282,00	292,10	763,00
		314,50	275,40	294,00	294,60	282,60	406,50	306,20	304,10	299,70	292,20	292,40	292,80	299,80

Legenda

Maio/Junho de 2021
Dezembro de 2020
Novembro/Dezembro de 2019
Setembro/Octubro de 2019

Fonte: os autores

sais, a proliferação bacteriana, substâncias orgânicas biodegradáveis, como esgoto doméstico, vinhoto e certos resíduos industriais, a quantidade de reações químicas e a decomposição da matéria orgânica, consomem oxigênio e reduzem seus índices até valores não recomendados pelo CONAMA.

O OD, vale destacar, aparece em muitas pesquisas — Pereira, Oliveira e Pinto, Pinto et al. e Ragassi, Américo-Pinheiro e Silva Junior¹¹ — como o principal parâme-

¹¹ Pereira; Oliveira; Pinto, 2010. Pinto et al., 2014. Ragassi; Américo-Pinheiro; Silva Junior. 2017.

tro da qualidade da água, servindo de base para avaliar possíveis impactos sobre os mananciais. É um elemento essencial para a vida aquática e sua avaliação trará informações fundamentais para a gestão de recursos hídricos. Percebe-se que o OD chegou a níveis fora do recomendado pelo CONAMA, com índices beirando o 3mg/L, já enquadrado na classe IV. A partir do ponto 6, nota-se um arrefecimento significativo do OD em relação aos pontos a montante, preconizando seu uso apenas para navegação e harmonia paisagística.

Ao tomar como base o uso e cobertura da terra a partir da investigação *in loco* realizada, nota-se o arrefecimento do OD em relação à proximidade da foz se dá mediante alguns fatores: 1) as pastagens avançam em muitos locais até as margens dos mananciais, reduzindo e/ou até eliminando a vegetação ripária; 2) inúmeras culturas de arroz e, consigo, agroquímicos; 3) esgotos *in natura* lançados pelas áreas urbanas do baixo curso; 4) ambiente atrelado à influência das lagoas e lagos da Baixada Maranhense. Fatos que consolidam a importância do planejamento e gestão de recursos hídricos dessa bacia, pois os residentes são altamente dependentes das águas do rio Pindaré, seja para navegação, para a pesca e para o lazer.

A temperatura da água é importante para avaliar sua ação junto às reações químicas existentes, regulando as características físicas e bióticas dos corpos hídricos. Além disso, reduz a solubilidade dos gases à medida em que está mais quente, acentuando ainda, a sensação de odor, como visto em alguns pontos do rio Pindaré, sobretudo no ponto ligado à sede urbana de Pindaré-Mirim (Ponto 9). Nota-se, portanto, que a alteração da temperatura das águas naturais decorre principalmente da insolação e da ação antrópica, como despejos industriais e águas de refrigeração de máquinas e caldeiras¹².

Desse modo, a temperatura mostrou-se alta por ser uma bacia localizada em regiões equatoriais com grande incidência solar, chegando acima dos 30°C em alguns pontos, como no caso do rio Zutiua, em que o manancial apresenta maior lâmina d'água, porém é raso e, assim, sofre maior influência da radiação. Assim, ao tomar como base a Resolução 357 do CONAMA, a mesma não estabelece intervalos para a temperatura, porém, esta atua em conjunto com os demais parâmetros.

Em pesquisas feitas na Amazônia recentemente, Andrade et al.¹³ e Silva et al.¹⁴ do mesmo modo encontraram pouca variação da temperatura, justificada pela baixa

amplitude térmica dessa região geográfica. Porém, Andrade et al.¹⁵ observaram que mesmo com pouca variação na temperatura, foram encontradas variações na concentração microbiana, que esteve relacionada ao pH e ao crescimento de microrganismos, sendo alguns considerados patogênicos.

O parâmetro pH mostrou-se altamente influenciado pelas concentrações de íons no corpo hídrico, isto é, condições ácidas e básicas que interferem no metabolismo de espécies aquáticas. As concentrações devem estar próximas da neutralidade (6 a 9) pela resolução do CONAMA e valores que fogem dessa variação devem ser enquadradas na classe IV, a mais restritiva da legislação.

O pH encontrado na área em estudo teve grande variação, com indícios pontuais de alteração negativa em dezembro de 2020. Valores que podem ser justificados por precipitações anteriores à coleta, bem como aumento da turbidez. A entrada de sedimentos e de resíduos externos são os fatores que mais influenciam no processo. Alves, Silva e Brugnolli¹⁶ identificaram a influência geológica nos valores elevados (alcalinidade) de pH, sobretudo em rochas basálticas, contudo, os arenitos dessa região maranhense atuam de modo inverso diante dos sedimentos ricos em argila, que elevam a turbidez e, conseqüentemente, reduzem o pH.

É possível notar que, de modo geral, os rios Pindaré e Zutiua apresentam nesses pontos de análise padrões dentro do recomendado pelo CONAMA. Amorim et al.¹⁷ destacam que a maioria dos corpos hídricos continentais do Maranhão são ácidos devido à presença de ácidos orgânicos dissolvidos carregados durante o período de chuvas. Essa bacia é um importante contraponto, pois apesar de apresentar solos ácidos (argissolo e plintossolo), arenitos e possuir uma grande influência das chuvas amazônicas, seu pH permaneceu estável ao longo dos períodos de análise.

A turbidez é uma variável profundamente relacionada à temperatura pois, devido à dispersão e à absorção da luz no corpo hídrico, há alteração da temperatura da água e do pH pela composição química, física e mineralógica dos sedimentos suspensos. Logo, entende-se a turbidez pela capacidade de penetração da radiação solar na água, dando uma aparência salobra quando há muitos sedimentos em suspensão.

A BHRP conta com grandes e extensos bancos de areia e com escassa vegetação ripária, sujeita a processos de

¹² Libânio; Chernicharo; Nascimento, 2005.

¹³ Andrade et al., 2016.

¹⁴ Silva et al., 2017.

¹⁵ Andrade et al., 2016.

¹⁶ Alves; Silva; Brugnolli, 2022.

¹⁷ Amorim et al., 2017.

assoreamento. Brugnolli et al.¹⁸ em seu trabalho sobre o rio Buriticupu (médio curso do rio Pindaré), mostraram vulnerabilidades ambientais importantes nas planícies dos rios, sobretudo pela alta capacidade de perda de solo das lavouras de soja e de eucalipto, localizadas nos planaltos do médio curso do Pindaré. Toda essa sedimentação é depositada e transportada pelos rios e o resultado disso é demonstrado pelas análises dos pontos de coleta das águas.

A alta turbidez vai afetar a preservação dos ecossistemas aquáticos, reduzir reações químicas e interferir nos níveis de oxigênio dissolvido (principal parâmetro de análise da água). Índices elevados ainda podem ser vinculados ao despejo de resíduos industriais, mesmo que não seja o caso do rio Pindaré. Seu principal problema vincula-se ao carreamento de sedimentos de lavouras e pastagens com inexistência ou ineficácia de seus sistemas de manejo das terras.

A turbidez apontou para classes preocupantes com valores que alcançaram —pelo menos em um dos períodos de análise— a classe IV em dez dos 13 pontos de

coleta. Dados que permitem afirmar que a preconização de seu uso é apenas para navegação e harmonia paisagística, sendo restritiva para fins recreacionais e/ou pesca. O ponto 13, por exemplo, apresentou 959,15 NTU durante o período de novembro/dezembro de 2019, o que poderia ser explicado pelo início do período chuvoso, entretanto, há uma influência marcante das marés nesse ponto e a intrusão marinha mostra-se presente pelo desequilíbrio ambiental e grau de assoreamento nas proximidades da foz do rio Pindaré. Essa salinização da água doce já afeta muitos pescadores da região e impacta negativamente na vegetação ciliar dos lagos, das lagoas, dos igarapés e dos meandros dos rios da Baixada Maranhense.

Destaca-se ainda que na Baixada Maranhense existem muitas mineradoras legais e ilegais; há plantio de arroz às margens dos mananciais, o que também influi negativamente a turbidez dos rios, diante da quantidade de drenos e agroquímicos utilizados e a total falta de vegetação ciliar, que atuaria como um importante filtro aos sedimentos, caso estivesse preservada (Figura 1).

Figura 1. Médio e baixo curso do rio Pindaré, locais com alta turbidez e falta de vegetação nativa



1: meandro do rio Pindaré sem cobertura vegetal; 2: avanço da área urbana sobre o manancial; 3: canal afluente do rio Pindaré e a falta de cobertura vegetal; 4D: área úmida e falta de cobertura vegetal, com o avanço urbano sobre as margens.

Fonte: Os autores (2023).

¹⁸ Brugnolli et al., 2023.

Essa correlação entre a vegetação nativa ripária e a qualidade das águas vai resultar na quantidade de sólidos suspensos e, mesmo sendo um parâmetro que não apresenta índices no CONAMA, é importante para identificar o assoreamento dos mananciais, pois seu aumento causa uma degradação ecológica das comunidades aquáticas. Alta quantidade de sólidos implicará na turbidez elevada, na alteração do pH e do OD, entre outros parâmetros. Segundo Roque Passos Piveli¹⁹, Igo Fernando Lepsch²⁰ e a Fundação Nacional de Saúde²¹, os sólidos correspondem ao material que permanece como resíduo após a evaporação, a secagem e a calcinação, estando profundamente relacionados ao solo desagregado que é carregado pela ação da precipitação em locais degradados e/ou sem cobertura vegetal que proteja o solo.

Portanto, os maiores índices encontrados ficaram nos pontos 9 e 13 (novembro/dezembro de 2019), o que mostra um aumento gradativo dos sólidos suspensos à medida em que se aproxima da foz, bem como após a passagem pelas áreas urbanas, mostrando em várias delas problemas de ocupações irregulares, resíduos lançados, esgoto *in natura*, entre outros problemas enfrentados no transpassar das águas do rio Pindaré.

No que diz respeito à CE, esta é um importante indicador ambiental das águas superficiais, visto que seus índices permitem obter uma estimativa de sólidos contidos na amostra de água. Isso possibilita avaliar que existem substâncias dissolvidas na água e que, inúmeras vezes, são contaminantes que transmitem corrente elétrica. Segundo Von Sperling²², as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mas em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais, os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

É importante destacar que a análise da CE deve ser cuidadosa, pois concentrações altas podem estar vinculadas a fatores naturais, como apontados em estudos de Brugnolli et al.²³, nos quais se constata que rochas ricas em cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos induzem a eletricidade do corpo aquoso. Outra questão é que Esteves²⁴ discute a condutividade como uma forma de avaliar a

concentração de nutrientes na água, não necessariamente é um indicador alarmante, porém deve ser investigado.

Diante disso, nota-se que nas análises as altas condutividades apresentaram-se acima do permitido pelo CONAMA, enquadrando esse parâmetro na classe IV na grande maioria dos pontos analisados. O período com exceção foi maio/junho de 2021, que pode ser explicado pela maior capacidade de diluição de possíveis contaminantes nos mananciais por conta do período chuvoso, que na região vai de janeiro a junho.

Os demais períodos tiveram altos valores, lembrando que esses índices podem estar atrelados à turbidez, aos dejetos químicos, às fezes de animais e à entrada de contaminantes de lavouras, ademais altos valores podem indicar características corrosivas da água em um ambiente impactado. Os valores encontrados, em maioria, acima de 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ chamam a atenção para que ocorra um contínuo monitoramento desse parâmetro.

Nesse contexto, é importante destacar que segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, o IBGE²⁵ e o Atlas Esgotos²⁶, dos municípios que abrangem a BHRP, apenas Matinha, Penalva e Santa Inês possuem uma Política Municipal de Saneamento Básico enquanto os demais sinalizam com alguns projetos em elaboração, porém ainda em estágios embrionários.

Discussões

É possível constatar que no estado do Maranhão há um déficit de estudos que se vinculam à qualidade da água. Não apenas em termos de comparação de parâmetros, mas também diante das múltiplas características ambientais, sociais, econômicas e políticas de um estado extenso e complexo. Afinal, o Maranhão é o maior potencial hídrico do Nordeste e o fato de ser um ecótono também o coloca no cerne de discussões no contexto do avanço do desmatamento sobre a Amazônia e suas pressões nos recursos hídricos. De fato, essa é uma máxima que precisa ser combatida e que estudos científicos como esse tornar-se-ão base para o avanço nas políticas de gestão das águas no estado.

O Maranhão avançou só após a promulgação da Lei Estadual n° 5.405/92 que buscou, através da preservação e conservação, recuperar e melhorar o meio ambiente diante da qualidade ambiental para assegurar

¹⁹ Piveli, 1996.

²⁰ Lepsch, 2011.

²¹ FUNASA, 2014.

²² Von Sperling, 2005.

²³ Brugnolli et al., 2022.

²⁴ Esteves, 1998.

²⁵ IBGE, 2010.

²⁶ ANA, 2013.

condições de desenvolvimento do estado. A finalidade é manter o equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente protegido, além de estabelecer critérios e padrões de qualidade ambiental e de uso e manejo dos recursos naturais²⁷.

A Lei Estadual nº. 8.149 de 15 de junho de 2004²⁸ foi um importante marco para a gestão dos recursos hídricos no estado diante da implantação de um arcabouço jurídico legal, institucional, ao mesmo tempo em que foram elaborados estudos sobre recursos hídricos superficiais e subterrâneos, com destaque para a delimitação das bacias hidrográficas realizada pelo Núcleo Geoambiental. A partir daí o poder público e a sociedade civil organizada adquirem maior capacidade para formular políticas devidamente ajustadas com o planejamento e com a gestão territorial²⁹.

O estado do Maranhão dispõe, atualmente, de dois Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH), que são o CBH do rio Munim e o CBH do rio Mearim, outorgados pelas Leis Estaduais nº 9.956 e nº 9.957, respectivamente³⁰. Contudo, o Mearim, por exemplo, exibe cerca de 100 mil km², o que dificulta sua gestão. Mesmo a bacia do rio Pindaré – como parte componente da CBH do Mearim – apresenta características que diferem completamente do Mearim, situação corroborada quando os próprios moradores, em audiências e contando com a participação da sociedade no contexto da CBH, discutem o sentimento de não pertencimento ao Mearim, e sim ao Pindaré, dada sua importância social, econômica e ambiental para a região, naquilo que Figueiredo e Ioris³¹ discutem como território hidrossocial.

O CBH do rio Pindaré está em vias de ser implantada, porém, ainda conta com procedimentos necessários e normas para a real fundação e agregação de recursos humanos para integrar o comitê. A missão de preservar o rio Pindaré é fundamental não apenas para os residentes da bacia hidrográfica, mas para debater e minimizar impactos ambientais que padecem sobre o rio, como o assoreamento, a retirada de vegetação nativa, a perda da sua biodiversidade e os impactos sobre o ecossistema aquático.

Propor, de fato, o CBH do rio Pindaré, é a alternativa mais viável para adequar as políticas de gestão a esse território fundamental para o estado do Maranhão.

É uma das bacias hidrográficas genuinamente maranhenses e a “porta de entrada” da Amazônia. O Maranhão sempre enfrentou essa dificuldade de implantação e até desinteresse em promulgar uma política de gestão hídrica, ficando nítido essa demora em legislar sobre os rios de seus domínios³². Mesmo diante dos avanços nesse século, Aichely Rodrigues da Silva e Alessandra Larissa D’Oliveira Fonseca³³ e Gomes et al.³⁴ discutem que o Maranhão ainda está bastante atrasado em relação ao restante do país, sobretudo pela demora em propor uma política estadual de recursos hídricos, inclusive, essa demora se reflete até nos dados ambientais e socioeconômicos disponíveis do estado.

Apesar de haver toda uma estrutura legislativa para a governabilidade das águas brasileiras, torna-se desafiador preservar as nascentes e os recursos hídricos, visto que há ineficácia para a aplicação da lei por conta da burocracia que é fragmentada, setorizada e sistematizada —pelo Sistema Nacional e Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos—, dificultando a aplicação da legislação vigente e retardando as negociações para a gestão das águas entre os envolvidos, ou seja, os usuários, a sociedade civil e o poder público. Mesmo que exista uma tendência à descentralização da gestão, tal diretriz ainda é conduzida de forma lenta no Maranhão.

A falta de padronização das legislações é um dos principais entraves. O fato da importância das resoluções do CONAMA e dos impactos positivos que este trouxe ao Brasil não garantem sua real aplicação no âmbito social, ambiental, econômico, de saúde pública e político, tanto que muitos trabalhos passaram a aplicar o Índice de Qualidade de Água e o Índice de Estado Trófico como formas de atuar, até em conjunto, com as resoluções do CONAMA, por sua aplicabilidade estar ligada às preconizações para uso humano.

Assim, é importante salientar o papel da ANA, através do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos e do HidroWeb, pois são dados que, por vezes, passam por desconhecimento do público em geral, mesmo diante da quantidade de informações que trazem para as pesquisas científicas, qualidade da água, vazão, pluviometria, geometria hidráulica de rios, entre outras que são fundamentais para o desenvolvimento e aplicação de uma política de gestão das águas no estado.

²⁷ Maranhão, 1992.

²⁸ Maranhão, 2004.

²⁹ NUGEO/UEMA, 2016.

³⁰ Maranhão, 2013a; 2013b.

³¹ Figueiredo; Ioris, 2021.

³² Brasil et al., 2017.

³³ Silva; Fonseca, 2018.

³⁴ Gomes et al., 2023.

Considerações finais

Nesta pesquisa buscou-se analisar a qualidade das águas através da identificação de problemas e avanços reconhecidamente alcançados pelo estado do Maranhão. Os dados da ANA foram fundamentais para alcançar o objetivo deste trabalho e, assim, tornam-se um texto que possa auxiliar no processo de entendimento sobre a bacia hidrográfica do rio Pindaré, inclusive servindo de dados para o CBH.

Sua importância não é refutada, mas o rio carece de estudos mais aplicados aos recursos hídricos, mesmo que o fator econômico e desenvolvimentista “fale mais alto” nos órgãos públicos. Portanto, promover a melhoria da capacidade de recuperação dos rios é fundamental, e isso, em certa medida, passa pelo papel dos órgãos gestores e da secretaria do estado. A ocupação antrópica, como visto neste trabalho, é uma tendência ao aumento das pastagens e, sobretudo, das lavouras de soja e de eucalipto, que avançam no centro do Maranhão e seguem em direção à Amazônia.

Isso se reflete nas pressões sobre os recursos hídricos, que alcançaram níveis que destoam do aceitável pelo CONAMA, com muitos parâmetros enquadrados na classe IV, que preconiza seu uso apenas para navegação e harmonia paisagística, impossibilitando o consumo humano e o contato primário e secundário com a população. Se fosse seguir efetivamente o que é recomendado pelo CONAMA, a população iria ser profundamente afetada. A pesca, a recreação, a irrigação, que são atividades realizadas através das águas do rio Pindaré e seus afluentes, deveriam ser cessadas, e, conseqüentemente, seus impactos sociais e econômicos se ampliariam entre os residentes.

A revitalização das matas ciliares, a manutenção das terras indígenas, a aplicação da legislação com relação aos desmates ilegais de vegetação nativa, a manutenção das nascentes dos principais rios são algumas sugestões para preservar os recursos hídricos. Implantar uma política de gestão da água e promover o CBH do rio Pindaré é passo capital para recuperar este rio e seus afluentes para condições que favorecem seu uso sustentável para todas as pessoas sem distinção.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de Pós-Doutorado Estratégico, que possi-

bilitou o desenvolvimento dessa pesquisa. Agradecem também ao Projeto de Pesquisa - Integração e Consolidação dos Programas de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde e o Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão.

Referências

- Alves, Lorrane Barbosa; Silva, Charlei Aparecido da; Brugnolli, Rafael Medeiros.** 2022: “Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do córrego Laranja Doce, Mato Grosso do Sul”. *Revista da ANPEGE*, 18(35). <https://doi.org/10.5418/ra2022.v18i35.13822>
- Amorim, Diranneide Gomes; Cavalcante, Paulo Roberto Saraiva; Soares, Leonardo Silva; Amorim, Patrycia Elen Costa.** 2017: “Enquadramento e avaliação do índice de qualidade da água dos igarapés Rabo de Porco e Precuá, localizados na área da Refinaria Premium I, município de Bacabeira (MA)”. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22, 251-259. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016131212>
- ANA, Agência Nacional das Águas.** 2013: *Atlas Esgotos*. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Consultado em 20/03/2022.
- ANA, Agência Nacional das Águas.** s.d.: *HIDROWEB v3.2.7*. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Consultado em 30/05/2021.
- Andrade, Franciane Silva de; Silva, Adailton Moreira da; Aride, Paulo Henrique Rocha; Oliveira, Adriano Teixeira de.** 2016: “Análise Físico-química e da Microbiota da Água do Lago Macurany, Parintins, Amazonas”. *Biota Amazônia Open Journal System*, 6, 132-134. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n2p132-134>
- Assunção, Milena Mária; Barreto, Larissa Nascimento; Addum, Felipe Moraes; Feitosa, Antonio Cordeiro; Rodrigues, Zulimar Márta Ribeiro.** 2016: “Diagnóstico socioambiental de uma população ribeirinha urbana do rio Pindaré, estado do Maranhão”. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, São Luís, 2(7), 96-114. <https://doi.org/10.18764/2446-6549.v2n7p96-114>
- Brasil, Gabrielle Vieira da Silva; Bezerra, Denilson da Silva, Jansen, Tayssa Rauanny Silva, Silva, Tatiane de Deus, Mendes, Karina Coqueiro.** 2017: “Análise da evolução legal da proteção dos recursos hídricos no estado do Maranhão”. *Revista Uningá, Maringá*, 51(3). <https://doi.org/10.46311/2318-0579.51.eUJ1364>
- Brugnolli, Rafael Medeiros; Berezuk, André Geraldo; Pinto, André Luiz; Silva, Charlei Aparecido da.** 2022: “Calidad de las aguas superficiales en sistemas kársticos. Un estudio de la

- cuenca hidrográfica del río Formoso, Bonito, Mato Grosso do Sul - Brasil". *Investigaciones Geográficas*, Alicante, 78, 107-129. <https://doi.org/10.14198/INGEO.20241>
- Brugnolli, Rafael Medeiros; Santos, Luiz Carlos Araujo dos; Bezerra, José Fernando Rodrigues; Silva Quesia Duarte da; Melo, Silas Nogueira de.** 2023: "Vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Buriticupu, Maranhão - Brasil: o relevo como elemento chave". *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 35(1). <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-66679>
- Conselho Nacional do Meio Ambiente.** *Resolução 357/2005.* Dispõe sobre a classificação dos recursos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília. Publicada no DOU n 92, de 17 de março de 2005, Seção 1, 89p.
- Esteves, Francisco de Assis.** 1998: *Fundamentos de Limnologia.* Rio de Janeiro: Interciências.
- Figueiredo, D. M.; Ioris, A. A. R.** 2021: *Water Governance and the Hydrosocial Territory of the Teles Pires River Basin in the Brazilian Amazon.* In: Ioris, A. A. R. (Org.). *Environment and Development.* Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55416-3_16
- FUNASA, Fundação Nacional de Saúde.** 2014: *Dados Abertos.* Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/>. Consultado em 15/09/2021.
- Gomes, Marco Antonio Ferreira; Pereira, Lauro Charlet; Silva, Antonio Kledson Leal; Pereira, Anderson Soares; Tôsto, Sérgio Gomes; Sousa Junior, Pedro Moreira de.** 2023: Aspectos qualitativos da água do Rio Pindaré na Amazônia Maranhense. *Revista Terceira Margem Amazônia*, 8(19) 253-269. <http://doi.org/10.36882/2525-4812.2023v8i19.p253-269>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** 2010: *Censo demográfico do Brasil de 2010.* Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques>. Consultado em 05/04/2021.
- Ioris, Antonio Augusto Rossotto.** 2021: *Political Economy of Amazon Development and Hydropower Construction.* In: Ioris, A.A.R. (Org.). *Environment and Development.* Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55416-3_15
- Kobiyama, Masato; Vanelli, Franciele Maria; Oliveira, Hannah Uruga; Vasconcellos, Sofia Melo; Campagnolo, Karla; Brito, Mariana Madruga de; Moreira, Luana Lavagnoli.** 2020: Uso da bacia-escola na redução do risco de desastres: uma abordagem socio-hidrológica" In: Magnoni Junior, Lourenço; Freitas, Carlos Machado de; Lopes, Eymar Silva Sampaio; Castro, Gláucia Rachel Branco; Barbosa, Humberto Alves; Londe, Luciana Resende; Magnoni, Maria da Graça Mello; Silva, Rosicler Sasso; Teixeira, Tabita; Figueiredo, Wellington dos Santos (Orgs.). *Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano.* 2. ed. São Paulo: CPS, 560-583.
- Leal, Antonio Cezar.** 2000: *Gestão das Águas no Pontal do Paranapanema - São Paulo.* 2000, 300 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Lepsch, Igo Fernando.** 2011: *19 Lições de Pedologia.* São Paulo: Oficina de Textos.
- Libânio, Paulo Augusto Cunha; Chernicharo, Carlos Augusto de Lemos; Nascimento, Nilo de Oliveira.** 2005. "A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública". *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 10(3), 219-228. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522005000300006>
- Maranhão.** Lei Estadual 9.956, de 21 de novembro de 2013a. Dispõe sobre a instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Munim, de acordo com art. 43, V, da Constituição do Estado do Maranhão, c/c art. 29, III, da Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei 8.149, de 15 de junho de 2004. *Diário Oficial do Estado do Maranhão*, São Luís - MA, 21 de novembro de 2013.
- Maranhão.** Lei Estadual 9.957, de 21 de novembro de 2013b. Dispõe sobre a instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, de acordo com art. 43, V, da Constituição do Estado do Maranhão, c/c art. 29, III, da Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei 8.149, de 15 de junho de 2004. *Diário Oficial do Estado do Maranhão*, São Luís - MA, 21 de novembro de 2013.
- Maranhão.** Lei nº 5.405 de 08 de abril de 1992. Institui o Código de Proteção do Meio Ambiente e dispõe sobre o Sistema Estadual do Meio Ambiente e o uso adequado dos recursos naturais do Estado do Maranhão. Maranhão, 1992. *Diário Oficial do Estado do Maranhão*, São Luís - MA, 21 de novembro de 2013.
- Maranhão.** Lei nº 8.149 de 15 de julho de 2004. Dispõe sobre a política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos hídricos, e dá outras providências. Maranhão, 2004. *Diário Oficial do Estado do Maranhão*, São Luís - MA, 15 de julho de 2004.
- NUGEO/UEMA, Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão.** 2016: *Bacias Hidrográficas e Climatologia no Maranhão.* Universidade Estadual do Maranhão: São Luís.
- Pereira, Gabrielle Alberta; Oliveira, Gustavo Henrique.** Pinto, André Luiz. 2010: "Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS". *Revista Geomae*, 1(1).
- Pinto, André Luiz; Brugnolli, Rafael Medeiros; Oliveira, Gustavo Henrique; Miguel, Angélica Estigarribia São; Souza, Luzilene de Oliveira.** 2014: "Eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do Córrego Moeda, Três Lagoas/MS". *Geografia (Rio Claro. Impresso)*, 39, 541-551.
- Piveli, Roque Passos.** 1996: *Qualidade das águas.* São Paulo: FSP.

- Ragassi, Bruna; Américo-Pinheiro, Juliana Heloisa Pinê; Silva Junior, Osmar Pereira da. 2017: "Monitoramento do oxigênio dissolvido no Córrego das Marrecas – SP como principal parâmetro de qualidade da água". *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, Tupã, 13(5). <https://doi.org/10.17271/1980082713520171704>
- Silva, Aichely Rodrigues da; Fonseca, Alessandra Larissa D'Oliveira. 2018: "Panorama da qualidade das águas brasileiras: uma abordagem do estado do Maranhão". In: Santos, Luiz Carlos Araújo; Seabra, Giovanni de Farias; Castro, Claudio Eduardo de Geografia (Org.). *Trabalho, Sociedade e Meio Ambiente*. São Luís: Eduema, 30 - 47.
- Silva, Maria Raimunda Chagas; Silva, Leonilde Vatanabe da; Barreto, Larissa Nascimento; Rodrigues, Eduardo Henrique Costa; Miranda, Rita de Cássia Mendonça de; Bezerra, Denilson Silva; Pereira, Dagolberto Calazans Araujo. 2017: "Qualidade da Água da Bacia do Rio Pindaré, nos trechos correspondentes aos Municípios de Pindaré- Mirim, Tufilândia e Alto Alegre no Estado do Maranhão". *Águas Subterrâneas*, 31(4), 347-354. <https://doi.org/10.14295/ras.v31i4.28929>
- Sit, Muhammed; Demiray, Bekir; Xiang, Zhongrun; Ewing, Gregory; Sermet, Yusuf; Demir, Ibrahim. 2020: "A comprehensive review of deep learning applications in hydrology and water resources". *Water Sci. Technol*, 82, 2635–2670. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.369>
- Von Sperling, Marcos. 2005: *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.