

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

MODELAGENS DE HIDRODINÂMICA E DE TEMPOS DE RESIDÊNCIA COMO FERRAMENTA PARA INDICAÇÃO DE MELHORES ÁREAS PARA PISCICULTURA EM RESERVATÓRIOS – APLICAÇÃO AO RESERVATÓRIO AMADOR AGUIAR I

Diana Maria Cancelli¹, Cynara de Lourdes da Nóbrega Cunha², Helder Rafael Nocko³, André Luciano Malheiros⁴, Nayara Teodoro Mota⁵ & Hygor Evangelista Siqueira⁶

Abstract: The present study aims to determine the water residence times in the Amador Aguiar I (Capim Branco I) reservoir, located in the Paranaíba River basin (MG), with a view to indicating suitable areas for the implementation of fish farming in net cages. For this purpose, hydrodynamic modeling was performed using the SisBaHiA® modeling system. The model was calibrated based on water level data measured in the reservoir; three scenarios were simulated, one for calibration, one considering minimum flows and another considering average flows. The results showed circulation patterns: higher velocities in areas of shallower depth and near the reservoir inlet, especially during flood periods, and reduced velocities in recesses and banks. Residence times vary spatially and are higher in regions of low circulation, suggesting a greater propensity for nutrient accumulation. The analysis allowed us to identify the areas with the shortest residence time, and consequently more suitable for the implementation of net cages, contributing to the organization of fish farming in order to minimize impacts on water quality and eutrophication. It is understood that the study reinforces the importance of modeling integrated with environmental monitoring as a tool to support the sustainable management of water resources in reservoirs used for multiple purposes.

Resumo: O presente estudo tem como objetivo determinar os tempos de residência da água no reservatório Amador Aguiar I (Capim Branco I), situado na bacia do rio Paranaíba (MG), com vistas à indicação de áreas adequadas para implantação de piscicultura em tanques-rede. Para tanto, foram realizadas modelagens hidrodinâmicas utilizando o sistema de modelos SisBaHiA®. O modelo foi calibrado com base em dados de nível d'água medidos no reservatório; foram simulados três cenários, sendo um de calibração, um considerando vazões mínimas e outro considerando vazões médias. Os resultados mostraram os padrões de circulação: velocidades maiores em áreas de menor profundidade e próximo à entrada do reservatório, especialmente em períodos de cheia, e velocidades reduzidas em reentrâncias e margens. Os tempos de residência variam espacialmente, e são mais elevados em regiões de baixa circulação, sugerindo maior propensão ao acúmulo de nutrientes. A análise permitiu identificar as zonas que possuem menor tempo de residência, consequentemente mais adequadas à implantação de tanques-rede, contribuindo para o ordenamento da piscicultura de forma a minimizar impactos sobre a qualidade da água e a eutrofização. Entende-se que o estudo reforça a importância da modelagem integrada ao monitoramento ambiental como ferramenta de suporte à gestão sustentável dos recursos hídricos em reservatórios utilizados para múltiplos fins.

Palavras-Chave – Tempo de residência, piscicultura, modelagem hidrodinâmica.

1) EnvEx Engenharia e Consultoria – diana.cancelli@envexengenharia.com.br

2) Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná – cynaracunha@gmail.com

3) EnvEx Engenharia e Consultoria – helder@envexengenharia.com.br

4) EnvEx Engenharia e Consultoria – andre@envexengenharia.com.br

5) ABHA Gestão de Águas – nayara.mota@agenciaabha.com.br

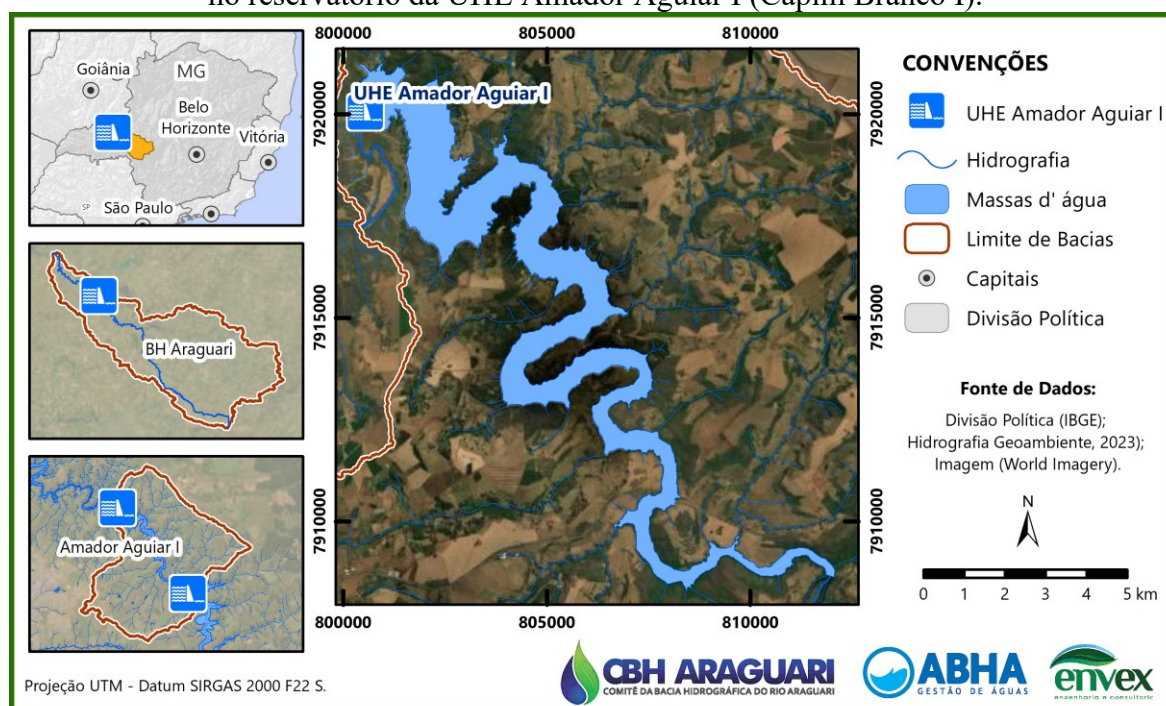
6) ABHA Gestão de Águas – hygor.siqueira@agenciaabha.com.br

INTRODUÇÃO

As atividades de piscicultura em reservatórios de usinas hidrelétricas têm se expandido significativamente no Brasil, sendo reconhecida como uma alternativa eficiente para o aumento da produção de pescado em ambientes controlados (FAO, 2022; MPA, 2020). Essa atividade pode exercer pressão sobre os ecossistemas aquáticos, principalmente em função da presença de nutrientes (nitrogênio e fósforo) que podem comprometer a qualidade da água e favorecer processos de eutrofização (Torres et al., 2016; ANA, 2021). Nesse contexto, conhecer o tempo de residência da água no reservatório é fundamental, uma vez que pode fornecer informações sobre a taxa de renovação e o transporte de uma determinada substância (Chapra, 2008; Thomann & Mueller, 1987): reservatórios com tempos de residência elevados tendem a reter cargas por períodos mais longos, elevando as concentrações de nutrientes e, conseqüentemente, aumentando o risco eutrofização, enquanto tempos de residência baixos favorecem a troca de massa d'água.

A modelagem hidrodinâmica (eventualmente associada à modelagem de qualidade da água) tem se mostrado indispensável para prever os impactos da piscicultura e para subsidiar a tomada de decisão quanto ao seu ordenamento espacial (CETESB, 2018; Martins et al., 2020). Ademais, a integração entre monitoramento e modelagem ambiental é essencial para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável, que considerem tanto a capacidade de suporte do ecossistema quanto os múltiplos usos dos recursos hídricos. Considerando o exposto acima, este trabalho apresenta os resultados das modelagens hidrodinâmicas e de transporte, enfatizando o tempo de residência, realizadas para o reservatório da UHE Amador Aguiar I (também conhecido como Capim Branco I) no âmbito do Estudo de Capacidade de Suporte realizado para o Comitê da Bacia Hidrográfica (CBH) do Rio Araguari e Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas (ABHA). O reservatório Amador Aguiar I (Figura 1) – localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (BHP), no sudoeste de Minas Gerais – é um dos quatro reservatórios da cascata localizada no eixo do Rio Araguari que, de montante para jusante são: UHE Miranda, UHE Amador Aguiar I, UHE Amador Aguiar II e UHE Nova Ponte.

Figura 1 – Localização das seções topobatimétricas e pontos de topografia das margens levantados no reservatório da UHE Amador Aguiar I (Capim Branco I).



A área de influência/incremental do reservatório Amador Aguiar I, cujo eixo se encontra nas coordenadas 18°47'25"S e 48°08'50"W, se estende pelos municípios de Uberlândia, Araguari e Indianópolis. Dentre os usos da água identificados da sua área estão o abastecimento humano, lançamento de efluentes, irrigação, dessedentação de animais, e atividades de piscicultura em tanques-rede. Desse modo, este artigo tem como objetivo apresentar os tempos de residência do reservatório, obtidos por meio de modelagens hidrodinâmicas e de transporte, com base nos resultados obtidos, indicar quais seriam as áreas mais adequadas para implantação de tanques-rede.

Nas próximas seções são apresentados a metodologia utilizada, os principais dados utilizados, detalhes sobre a implementação do modelo, resultados e considerações finais.

METODOLOGIA

Por meio da caracterização da circulação hidrodinâmica é possível identificar as áreas de maior ou menor velocidade, e consequentemente menor ou maior tempo de residência das águas, as quais indicam as zonas mais ou menos favoráveis ao acúmulo de nutrientes; além disso, a hidrodinâmica condiciona o fluxo e influencia os processos de advecção e dispersão das substâncias.

Nesse contexto, considerando as características do reservatório, as modelagens hidrodinâmicas do reservatório foram conduzidas com o módulo hidrodinâmico do sistema de modelos SisBaHiA®⁷ – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental, o qual tem como principal resultado o padrão de circulação hidrodinâmica (campos de velocidade, níveis e vazões), e permite por meio do seu módulo de transporte Lagrangeano, obter os tempos de residência associados a diferentes condições operacionais.

Em termos de dados, foram utilizados dados de batimetria e rugosidade do fundo, dados hidrológicos referentes aos níveis d'água do reservatório, vazões afluentes (rio principal ou defluência da UHE Miranda, contribuições das bacias adjacentes, lançamento de efluentes) e vazões defluentes (captações de água e defluência para o reservatório da UHE Amador Aguiar II). Dados de velocidade e direção do vento foram incorporados como forçantes. O SisBaHiA® usa Elementos Finitos na sua discretização espacial; o domínio de modelagem é discretizado por meio da construção de uma grade numérica, seguida da inserção dos dados de batimetria, sobre os quais os cálculos são realizados; os pontos de cálculo são denominados nós.

A etapa de calibração do modelo hidrodinâmico tem como objetivo verificar se o modelo representa adequadamente as variações de nível d'água medidas no reservatório. Esse processo exige a correta representação da geometria do reservatório por meio da batimetria, da malha de discretização, demais dados de entrada, além do ajuste dos parâmetros de calibração do modelo. A comparação entre os resultados da simulação e os dados observados em campo indica a qualidade da calibração, e depende diretamente da disponibilidade e da boa distribuição espacial e temporal dos dados observacionais. O processo envolve diversas iterações até que as diferenças entre os valores simulados e medidos sejam minimizadas, o que geralmente acontece após muitas tentativas de ajuste dos parâmetros; quando essa minimização acontece, obtém-se o que se considera o conjunto de parâmetros de calibração do modelo.

Um modelo devidamente calibrado pode ser utilizado para simular cenários prognósticos, que consideram situações que se deseja avaliar. Os resultados obtidos com as simulações realizadas

⁷ O SisBaHiA® é um sistema de modelos computacionais registrado pela Fundação COPPETEC, órgão gestor de convênios e contratos de pesquisa do COPPE/UFRJ - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Desde 1987 é continuamente ampliado e aperfeiçoado. É um modelo do tipo 2DH em que são consideradas variações nas duas direções horizontais, mantendo os valores constantes (promediados) na vertical, o que permite observar variações espaciais nos resultados, tornando a resolução do problema menos complexa e fornecendo resultados de boa qualidade. Maiores informações sobre o SisBaHiA® podem ser encontradas em <http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/>

permitem a análise espacial e temporal da circulação hidrodinâmica bem como da estimativa dos tempos de residência (TR).

Os tempos de residência indicam as diferenças encontradas em relação à capacidade de troca nos diversos compartimentos ou trechos do reservatório. Eles permitem observar as variações espaciais e temporais em resposta aos forçantes (vazões de entrada e vento, principalmente) e a sua morfologia (batimetria). De modo simplificado, TR é dado pela razão entre o volume do reservatório e a soma das vazões afluentes, pode ser obtido por meio de modelos Lagrangeanos (como o do modelo SisBaHiA[®]) – uma forma de fugir do conceito tradicional e definir esse tempo como uma função local variando no espaço, e gerar resultados como mapas de isolinhas de tempos de residência para diferentes condições hidrodinâmicas.

Dados utilizados

O conjunto de dados necessários para realizar as simulações compreende, de modo geral, o seguinte: dados (topo)batimétricos, vazões de entrada e saída de água do reservatório, nível d'água do reservatório, intensidade e direção do vento. A Tabela 1 descreve os dados utilizados – alguns foram gerados e/ou processados especificamente para este estudo (caso da batimetria e das vazões dos rios afluentes ao reservatório), enquanto outros provém de fontes públicas, como INMET e SAR – Sistema de Acompanhamento de Reservatórios, da ANA – Agência Nacional de Águas.

Tabela 1 – Dados utilizados nas simulações matemáticas.

Tipo do dado	Descrição	Fonte
Topobatimetria	Levantamento de 51 seções batimétricas e de pontos de topografia das margens, processados e interpolados com ferramentas de geoprocessamento	Este estudo
Nível d'água do reservatório	Nível médio diário no barramento do reservatório Amador Aguiar I, considerando o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2022	*SAR/ ANA
Vazão afluente - Rio Araguari	Séries diárias das vazões defluentes características (Q_{MLT} e $Q_{7,10}$) do reservatório Miranda, considerando o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2022	*SAR/ ANA
Vazão defluente - Rio Araguari	Séries diárias das vazões defluentes características (Q_{MLT} e $Q_{7,10}$) do reservatório Amador Aguiar I, considerando o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2022	*SAR/ ANA
Vazões afluentes por meio das sub-bacias adjacentes	modelo chuva-vazão desenvolvido para à área adjacente ao reservatório, devidamente calibrado	Este estudo
Vazões de lançamento de efluentes	Licenças ambientais	SEMAD
Vazões de captação de água	Outorga de uso de recursos hídricos	IDE-SISEMA, CNARH-ANA
Velocidade e direção do vento	Dados da estação Araxá (INMET A505), frequência horária, período de 24/11/2023 a 04/12/2024	INMET

Os dados de vazão dos reservatórios, obtidos no SAR, foram processados de modo a se obter curvas de permanência e vazões características. O reservatório opera a fio d'água, com variações pequenas das cotas (nível médio de 623,61 m e amplitude anual de cerca de 0,70 m). A vazão média histórica de defluência da UHE Miranda (afluente ao Amador Aguiar I) é de cerca de 284 m³/s enquanto a vazão defluente da UHE Amador Aguiar I é de cerca de 302 m³/s. Já a velocidade média do vento é da ordem de 2,3 m/s com direção predominantemente de leste. As figuras a seguir mostram

as séries de dados utilizados nas simulações. Para a calibração foram consideradas as vazões e níveis d'água para o período de 24/11/2024 a 12/12/2024.

Figura 2 – Vazões diárias Q_{MLT} e $Q_{7,10}$, e médias mensais de afluência (Miranda) e defluência (Amador Aguiar I), à esquerda. Nível de água (cota) no barramento (Amador Aguiar I), à direita.

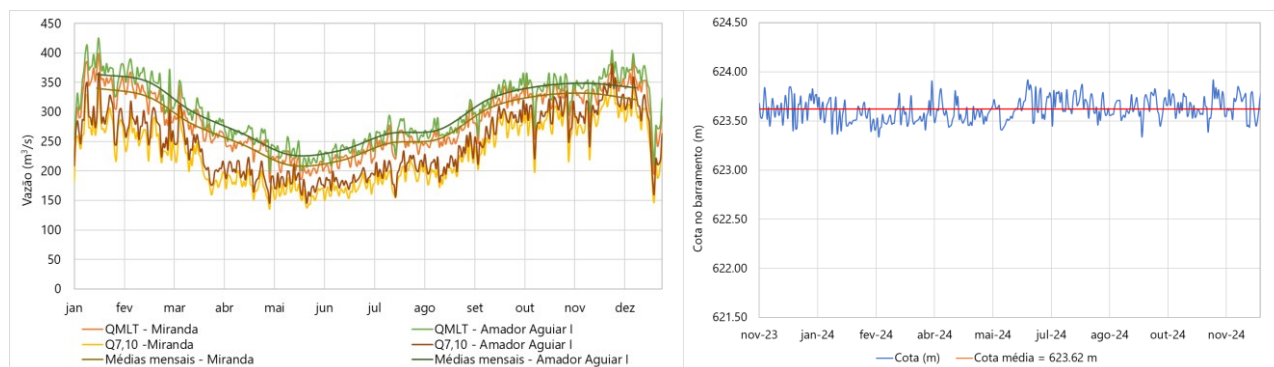
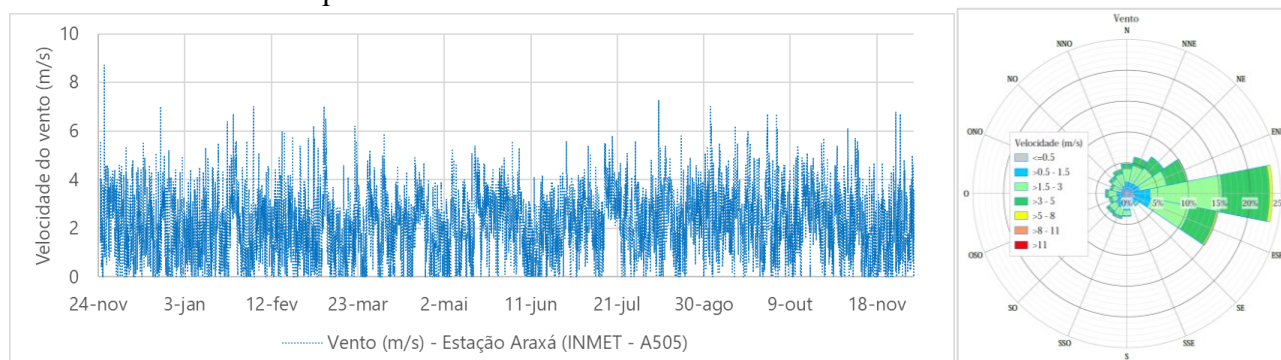


Figura 3 – Série de velocidades e rosa dos ventos medida na estação Araxá (INMET – A505) no período de novembro de 2023 a dezembro de 2024.



MODELAGENS HIDRODINÂMICAS

Para as modelagens de circulação hidrodinâmica, conforme descrito anteriormente, o primeiro passo é a construção da grade numérica, que segue os contornos da superfície do reservatório (Figura 4), e neste caso possui 1002 elementos e 4561 nós, geometria complexa, e presença de diversas reentrâncias ao longo do seu domínio. Uma vez construída a malha, é inserida a batimetria (Figura 4). Outro parâmetro importante é a amplitude de rugosidade equivalente do fundo do corpo hídrico, que no SisBaHiA® é definida a partir da composição e da distribuição de sedimentos no fundo. Neste estudo foram considerados uniformes, com valores iguais a 0,02 m, que corresponde à rugosidade equivalente de fundo composto por areia média (ROSMAN, 2025).

Na sequência são inseridos os dados de intensidade e direção do vento, as vazões dos rios das sub-bacias adjacentes ao reservatório, as vazões captadas e de lançamento de efluentes. As vazões do rio Araguari e o nível d'água dependem do cenário a ser simulado. Considerando os objetivos do estudo, foram simulados 3 cenários (incluindo o cenário de calibração), cujas características que os diferenciam são apresentadas na Tabela 2.

As simulações de circulação hidrodinâmica foram executadas com passo de tempo de 10 segundos, que corresponde a um número de Courant médio igual a 3,0. O modelo teve um período de aquecimento de 10 dias com o objetivo de minimizar as influências das condições iniciais em relação aos resultados obtidos.

Figura 4 – Malha de elementos finitos utilizada para as simulações (esquerda). Mapa batimétrico gerado a partir dos levantamentos realizados (direita).

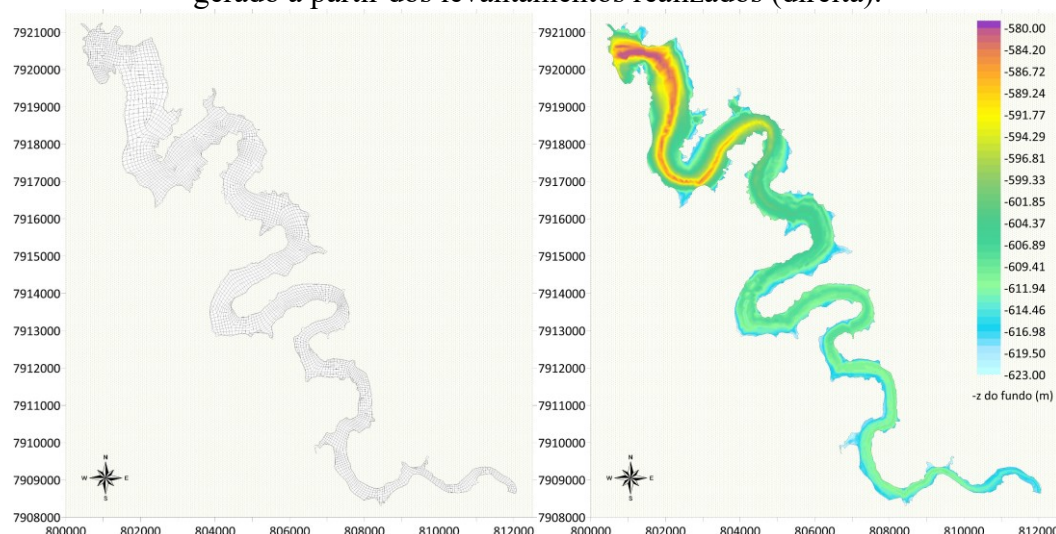
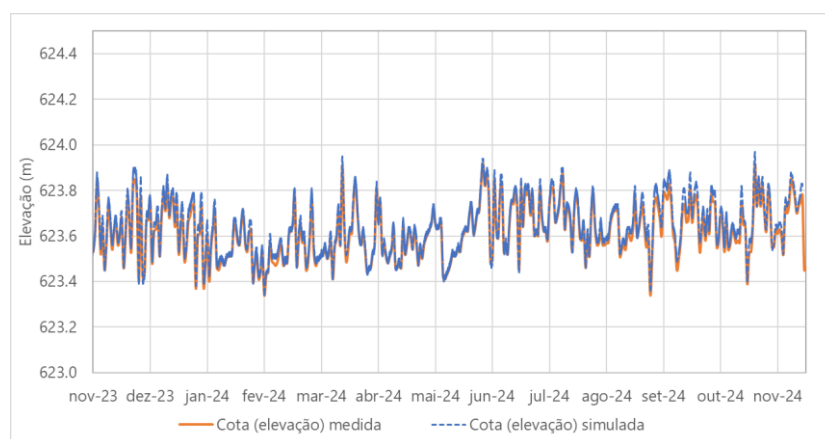


Tabela 2 – Cenários de hidrodinâmica considerados nas modelagens matemáticas.

Cenário	Descrição geral	Níveis e vazões do rio Araguari
C0	Cenário para calibração	Níveis e vazões do período de 24/11/2024 a 12/12/2024
C1	Cenário de vazões mínimas	Nível médio e série diária de vazões mínimas $Q_{7,10}$
C2	Cenário de vazões médias	Nível médio e série diária de vazões média Q_{MLP}

A calibração do modelo, representada pelo cenário C0, se deu por meio do procedimento descrito na seção de metodologia. Para tanto, foram realizadas diversas rodadas que permitiram comparar os dados de nível simulados para a região da barragem com os dados medidos no barramento do reservatório, conforme mostra a Figura 5, se observa que o modelo reproduz os valores medidos de forma adequada. As pequenas diferenças se devem, certamente, a problemas na definição da geometria, da batimetria e da rugosidade de fundo (que dificilmente são representados de maneira perfeita, ou seja, contém incertezas). Por isso, quanto mais precisos forem os dados utilizados, mais acurados serão os resultados obtidos pelo modelo.

Figura 5 – Valores de nível d'água obtidos numericamente pelo SisBaHiA® e valores medidos durante o período de novembro/2023 a dezembro/2024.

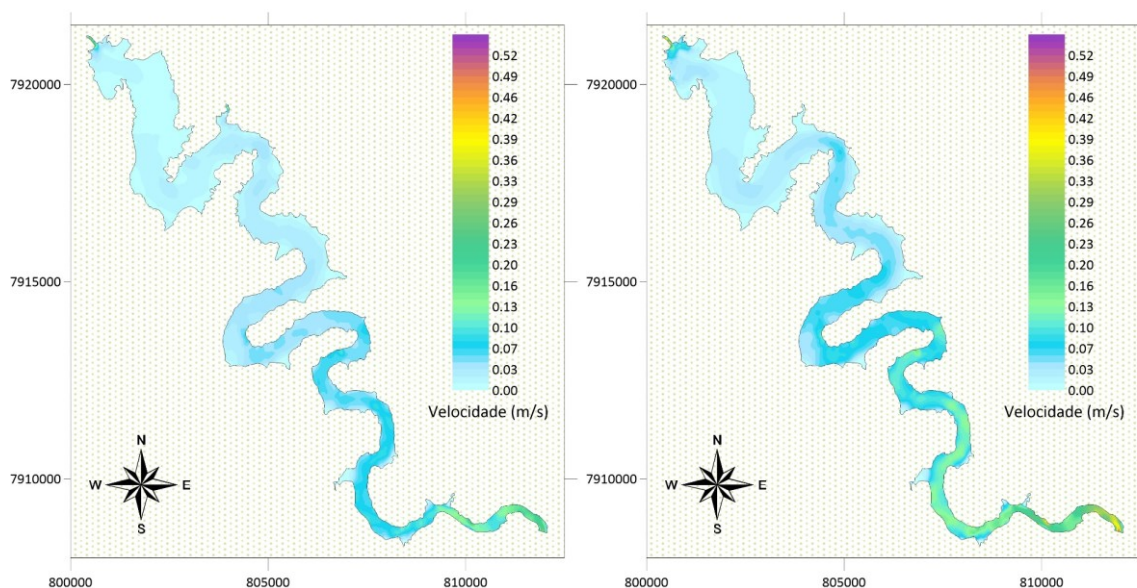


A partir do modelo calibrado foram simulados os cenários C1 e C2, que se diferenciam pelas vazões de entrada e de saída do rio Araguari. Com os resultados das simulações de circulação hidrodinâmica foram realizadas as simulações de tempo de residência, utilizando o modelo de transporte Lagrangeano. Os resultados obtidos são apresentados na próxima seção.

RESULTADOS

As simulações hidrodinâmicas têm como principal resultado as magnitudes e direções das velocidades de corrente. Para ilustrar os resultados, foram escolhidos os momentos de menor vazão (14/04/2024) e maior vazão (08/11/2024) – apresentados na Figura 6, onde a escala de cores indica a magnitude das correntes, onde se observa que as velocidades diminuem de montante para jusante, tendem a ser menores nas áreas próximas às margens e reentrâncias do reservatório, e em situações de maior vazão (cheia) tendem a ser maiores do que em situações de menor vazão (estiagem). Há uma forte relação com a batimetria local: próximo à entrada do reservatório (menores profundidades) há uma intensificação das velocidades de corrente, principalmente no período de cheia/menor vazão. A comparação entre os instantes de extremos de cheia e de estiagem mostra que não ocorre alteração no padrão geral de circulação hidrodinâmica, apenas intensificação dos valores de velocidades.

Figura 6 – Distribuição espacial de velocidades de corrente correspondente ao dia menor vazão observada (14/04/2024), cenário C0 (esquerda). Distribuição espacial de velocidades de corrente correspondente ao dia de maior vazão (08/11/2024), cenário C0 (direita).



Por sua vez, a Figura 7 e a Figura 8 apresentam as isolinhas de ocorrência (persistência) de velocidades de corrente abaixo de 0,01 m/s: o reservatório apresenta velocidades menores que 0,01 m/s na metade jusante reservatório, e na maioria das reentrâncias, as velocidades de corrente menores do que 0,01 m/s apresentam persistência próxima a 100%, ou seja, essas regiões apresentam uma maior propensão ao acúmulo de substâncias e uma menor circulação de água. Ainda, situações de menor vazão resultam em menores velocidades, caso do cenário C1. Nesse sentido, regiões de recirculação e de baixa intensidade de correntes têm menor renovação de água e tempos de residência mais longos, como será observado na próxima seção. De modo ilustrativo, a Figura 8 também mostra as isolinhas de ocorrência de velocidades maiores do que 0,1 m/s para o cenário C0, as quais tendem a ocorrer na metade montante do reservatório.

Figura 7 – Isolinhas de persistência de velocidades de corrente menor de 0,01 m/s – Cenário C1, Q7,10 (esquerda). Isolinhas de persistência de velocidades de corrente menor de 0,01 m/s – Cenário C2, QMLP (esquerda).

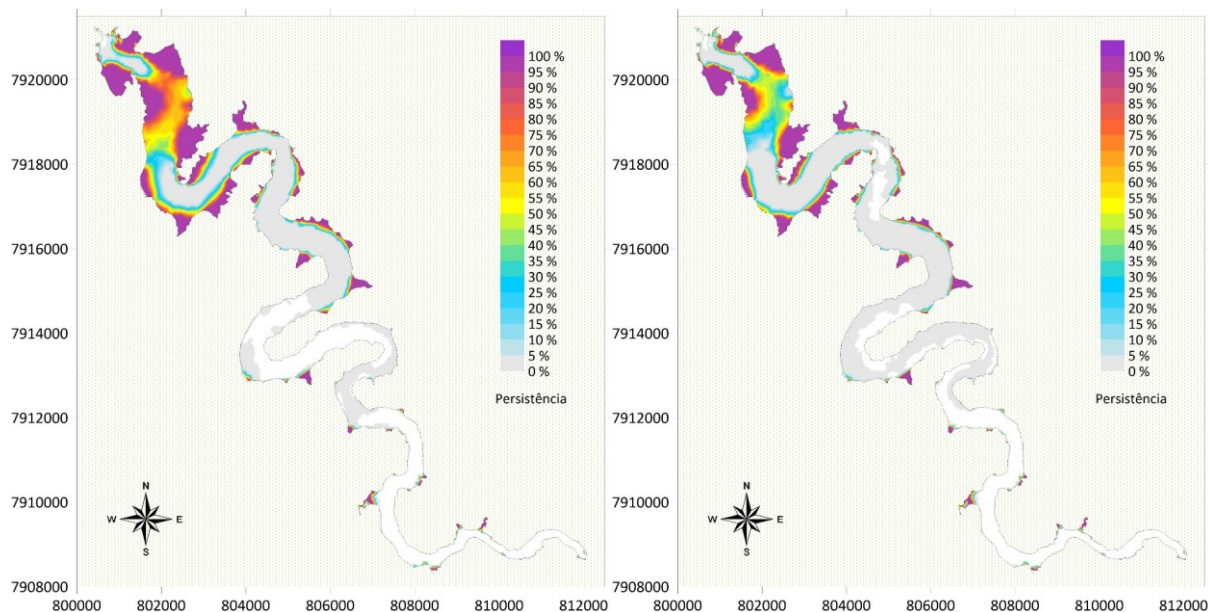
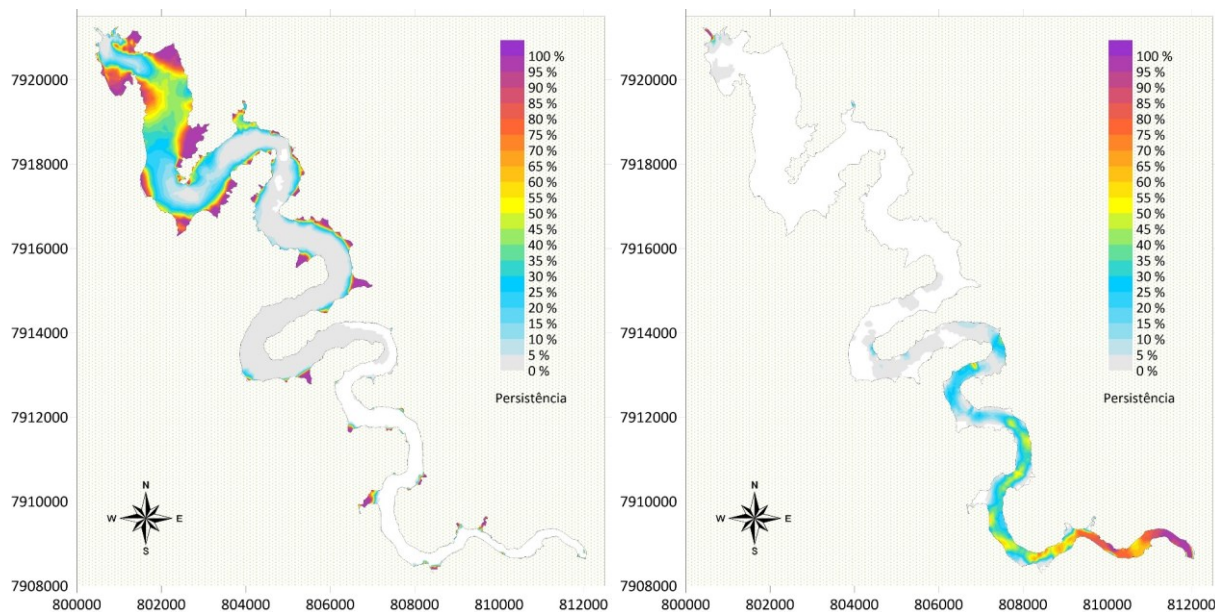


Figura 8 – Isolinhas de persistência de velocidades de corrente menor de 0,01 m/s – Cenário C0, calibração (esquerda). Isolinhas de persistência de velocidades de corrente maior de 0,1 m/s – Cenário C0, calibração (direita).

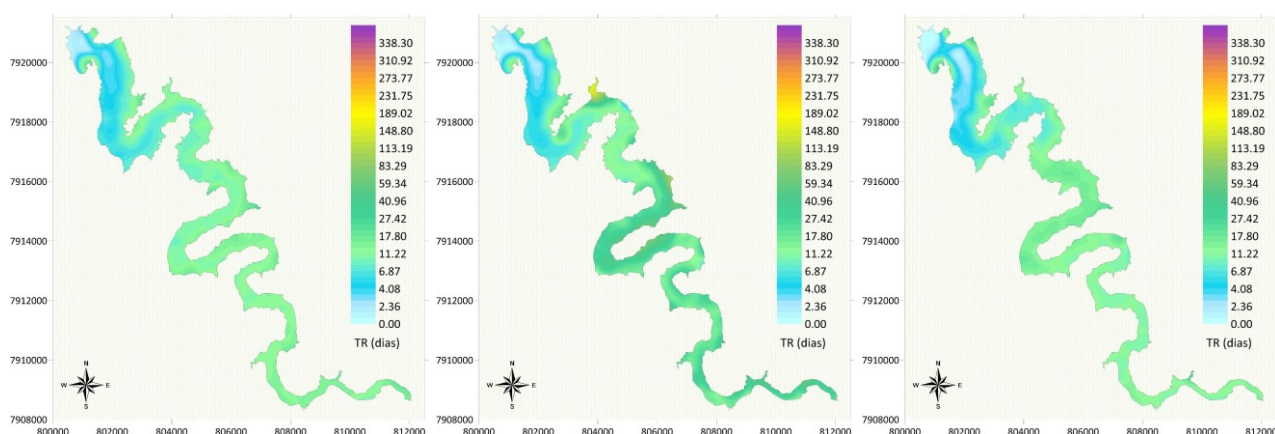


Tempo de residência

No reservatório da UHE Amador Aguiar I, o principal forçante é a vazão afluente por meio do Rio Araguari. Desse modo, considerando os três cenários simulados, os tempos de residência são diferentes para cada um deles, e, portanto, foram simulados, no modelo SisBaHiA[®], para os três cenários – C0 (calibração, vazões de 25/11/2023 a 03/12/2024), C1 (vazões médias diárias Q_{7,10}), e C2 (vazões médias diárias Q_{MLP}).

As distribuições espaciais dos tempos de residência são apresentadas na Figura 9; em termos médios, os tempos de residência calculados a partir dos resultados obtidos para todo o domínio do reservatório, considerando os períodos de simulação de cada um dos cenários (pouco mais de um ano para o cenário C0, e 365 dias para os cenários C1 e C2), são de 9,84 dias (C0), 14,04 dias (C1) e 14,79 dias (C2). A observação das figuras permite concluir que os menores tempo de residência estão localizados na região da barragem. Já na região de montante e nas reentrâncias do reservatório, os tempos de residência, em geral, são maiores. Considerando as vazões do cenário C0, os tempos de residência são menores que nos cenários C2 e C3. Neste sentido, é possível afirmar que as variações das vazões de entrada por meio do rio principal (Araguari) têm um papel importante para garantir a renovação da água no reservatório. Os resultados também indicam as melhores regiões para a instalação de tanques-rede. Neste sentido, as regiões com menores tempo de residência, no eixo principal do reservatório, seriam adequadas para instalação dos dispositivos. Certamente, estudos mais aprofundados sobre os processos de deposição e ressuspensão de substâncias lançadas durante o processo de cultivo de peixes via tanque-rede devem ser considerados.

Figura 9 –Tempo de residência para o cenário C0, com vazões do período entre 25 de novembro de 2023 e 03 de dezembro de 2024 (esquerda). Tempo de residência para o cenário C1, com vazões médias diárias Q7,10 (centro). Tempo de residência para o cenário C2, com vazões médias diárias QMLP (direita).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das modelagens matemáticas mostraram, como padrão de circulação, velocidades maiores em áreas de menor profundidade e próximo à entrada do reservatório, especialmente em períodos de cheia, e velocidades reduzidas em reentrâncias e margens. Os tempos de residência variam espacialmente, e são mais elevados em regiões de baixa circulação, sugerindo maior propensão ao acúmulo de nutrientes indicando que essas áreas não são adequadas para implantação de tanques-rede. Por outro lado, as áreas com menor tempo de residência, e menor propensão ao acúmulo de nutrientes, são as mais indicadas para implantação de tanques-rede. Desse modo, entende-se que as modelagens matemáticas são uma importante ferramenta no contexto do ordenamento da piscicultura de forma a minimizar impactos da atividade sobre a qualidade da água e a eutrofização.

Cabe observar que, no âmbito de reservatórios, a modelagem matemática é uma ferramenta de apoio à gestão dos recursos hídricos, que pode subsidiar decisões de gerenciamento e tomadas de decisão. Quando calibrados, os modelos permitem realizar simulações de cenários prognósticos com o intuito de entender o comportamento do corpo hídrico em diferentes situações, o que é útil para a gestão ambiental e dos recursos hídricos e para a operação dos empreendimentos. Por fim, o estudo

reforça a importância da modelagem integrada ao monitoramento ambiental como ferramenta de suporte à gestão sustentável de corpos hídricos utilizados para múltiplos fins.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Atlas da piscicultura em reservatórios de hidrelétricas*. Brasília: ANA, 2021.

ASSOCIAÇÃO MULTISSETORIAL DE USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS (ABHA). *Estudo da capacidade de suporte do reservatório artificial e área de influência da Usina Hidrelétrica Amador Aguiar I (Capim Branco I)*. Araguari: ABHA, 2024.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo*. São Paulo: CETESB, 2018.

CHAPRA, Steven C. *Surface water-quality modeling*. Long Grove: Waveland Press, 2008.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The state of world fisheries and aquaculture 2022: Towards Blue Transformation*. Rome: FAO, 2022.

MARTINS, G. O. et al. *Modelagem hidrodinâmica e de qualidade da água aplicada à piscicultura em reservatórios tropicais*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 25, e36, 2020.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). *Plano estratégico da aquicultura brasileira 2020–2030*. Brasília: MPA, 2020.

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. *Principles of surface water quality modeling and control*. New York: Harper & Row, 1987.

TORRES, R. R. et al. *Efeitos da piscicultura em tanques-rede sobre a qualidade da água em reservatórios tropicais*. Ambi-Agua, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 122–137, 2016.

AGRADECIMENTOS

As modelagens apresentadas neste artigo são parte integrante do estudo denominado "Monitoramento fluviométrico, batimetria, diagnóstico de qualidade da água e estudo da capacidade de suporte do reservatório artificial e área de influência da Usina Hidrelétrica Amador Aguiar I (Capim Branco I)" desenvolvido pela EnvEx Engenharia e Consultoria Ltda. por meio do Contrato ABHA 007/2023, em conformidade com o Ato Convocatório 002/2023. As despesas e obrigações foram suportadas por parte da parcela dos recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, previstas no Plano Plurianual de Aplicação – PPA. Assim, agradecemos ao CBH Araguari e à ABHA pela revisão e por permitirem a publicação de parte do conteúdo desenvolvido do referido estudo.