



O REGIME HIDROSSEDIMENTAR DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BALBINA (AMAZONAS)

Rogério Ribeiro Marinho
Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil
rogeo@ufam.edu.br

Daniele Santos Silva
Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil
danielesantossilva9908@gmail.com

RESUMO: Este estudo analisou a dinâmica de produção e transporte de sedimento suspenso no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Uatumã, controlada pela Usina Hidrelétrica de Balbina (UHE), no Estado do Amazonas. Utilizando um conjunto de dados hidrométricos e de concentração de sedimentos suspensos coletados entre 2019 e 2021, em diferentes períodos hidrológicos, os resultados revelaram uma concentração média de $41,86 \text{ mg.L}^{-1}$, com variações significativas entre os rios da região. A presença da represa resulta na redução média de 35% nos aportes de sedimentos a jusante. As estações hidrométricas monitoradas representaram 30% da descarga líquida e 44% do fluxo de sedimentos suspensos na área de estudo. Estimou-se um fluxo médio anual de 690 toneladas de sedimentos por ano para o Rio Uatumã a jusante da UHE. As conclusões apontam que, na área de estudo, a dinâmica de uso e cobertura do solo têm pouca influência no transporte de sedimento suspenso, atribuído à presença significativa de áreas protegidas e baixa ocupação humana no entorno. Esses resultados fornecem informações para a gestão sustentável de regiões impactadas por grandes projetos de infraestrutura na Amazônia, como a UHE de Balbina.

Palavras-chave: Sedimentos em suspensão; Reservatório; Rio Uatumã.

THE HYDROSEDIMENTARY REGIME OF THE BALBINA (AMAZON) HYDROELECTRIC PLANT RESERVOIR

ABSTRACT: This study analyzed the dynamics of production and transport of suspended sediment in the upper reaches of the Uatumã River watershed, controlled by the Balbina Hydroelectric Power Plant (UHE), in the State of Amazonas. Using a set of hydrometric data and concentrations of suspended sediments collected between 2019 and 2021, during different hydrological periods, the results revealed an average concentration of 41.86 mg.L^{-1} , with significant variations among the rivers in the region. The presence of the reservoir results in an average reduction of 35% in sediment inputs downstream. The monitored hydrometric stations represented 30% of the net discharge and 44% of the suspended sediment flow in the study area. An average annual flow of 690 tons year of sediment was estimated for the Uatumã River downstream of the hydropower plant. The conclusions indicate that, in the study area, the dynamics of land use and cover have little influence on the transport of suspended sediment, attributed to the significant presence of protected areas and low human occupation in the surroundings. These results provide information for the sustainable management of regions impacted by large infrastructure projects in the Amazon, such as the Balbina hydropower plant.

Keywords: Suspended sediments; Reservoir; Uatumã River.

INTRODUÇÃO

A região amazônica é uma das mais importantes do mundo em termos de biodiversidade e recursos naturais. Durante muitos anos a construção de usinas hidrelétricas na Amazônia foi considerada uma alternativa viável para a geração de energia elétrica de menor custo e com baixo impacto ambiental. A Usina Hidrelétrica de Balbina (UHE de Balbina), localizada no estado do Amazonas, foi uma das primeiras construídas na região, prevista inicialmente para ter uma capacidade para gerar 250 MW de energia elétrica, atualmente essa usina opera com a capacidade de geração média de 127 MW (ONS, 2023). Embora houvesse críticas ao projeto proposto em Balbina (SCHWADE, 1985), a criação de seu reservatório gerou impactos negativos significativos para além das mudanças nos padrões de vazão de água, com grande destruição de habitats e, principalmente, sobre os povos indígenas (FEARNSIDE, 1989; FÉLIX; ALBUQUERQUE, 2017). Diversos autores consideram Balbina um exemplo emblemático de intervenções de engenharia cujos impactos socioambientais superam os benefícios gerados, especialmente porque, após a sua instalação, a usina apresenta uma capacidade relativamente limitada de atender à demanda energética da região.

A construção de usinas hidrelétricas em bacias hidrográficas produz impactos significativos no ambiente, especialmente no que diz respeito ao balanço hidrossedimentar (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). A alteração da vazão de um rio pela construção de barragens e a abertura das comportas podem afetar a qualidade da água, a erosão do solo e a dinâmica do transporte de sedimentos (MORAIS; MONTANHER, 2022). Estudos anteriores mostram que a construção da barragem para a geração de energia interrompe o fluxo natural da água e altera significativamente o regime hidrológico em diferentes rios da Amazônia (FINER; JENKINS, 2012; FORSBERG *et al.*, 2017; LATRUBESSE *et al.*, 2017). Com isso, a vazão do rio pode ser reduzida ou aumentada em determinados períodos do ano. Esse controle do regime fluvial afeta a dinâmica de erosão do solo e o transporte de sedimentos na bacia, e no caso da UHE Balbina, produziu impactos na vegetação de igapó por centenas de quilômetros a jusante, conforme dados observados no Rio Uatumã (ASSAHIRA *et al.*, 2017; SCHÖNGART *et al.*, 2021).

O transporte de sedimento suspenso por rios é um importante indicador da qualidade da água, pois está associado a diversos processos naturais e antropogênicos. Muitas vezes, concentrações elevadas de sedimento suspenso oriundos de atividades antrópicas relacionadas às mudanças no uso e na cobertura da terra podem causar problemas ambientais, como a redução da penetração da luz solar na água, o aumento da proliferação de algas, mudanças na cadeia trófica e a redução da disponibilidade de oxigênio para os organismos aquáticos (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017; TUNDISI; TUNDISI, 2011).

A operação de uma UHE provoca alterações significativas no balanço hidrossedimentar da bacia hidrográfica, que podem afetar a disponibilidade de água para abastecimento humano e animal, a erosão do solo, a qualidade da água e a biodiversidade da região a montante e a jusante do reservatório. Portanto, estudos detalhados em diferentes escalas temporais são importantes para avaliar os impactos ambientais da construção de usinas hidrelétricas em bacias hidrográficas.

O objetivo deste artigo é analisar a dinâmica de produção e o transporte de sedimento suspenso na bacia hidrográfica do Rio Uatumã, controlada pela UHE de Balbina. A construção de usinas hidrelétricas na Amazônia tem um impacto significativo no balanço hidrossedimentar das bacias hidrográficas. Esses impactos podem ter consequências ambientais importantes, como a alteração da dinâmica fluvial, o aumento da erosão e o assoreamento de rios e reservatórios. O presente estudo contribui para ampliar o conhecimento dos impactos ambientais de usinas hidrelétricas na Amazônia, bem como oferecer subsídios para a tomada de decisões sobre o uso da água na região.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Rio Uatumã possui uma área de 67.209 km² e seu canal principal uma extensão de, aproximadamente, 492 km, com foz situada na margem esquerda do rio Amazonas. A elevação nesta bacia varia de 10 a 950 metros acima do nível médio do mar (Figura 1). A descarga líquida média do Rio Uatumã próximo de sua foz é da ordem de 1870 m³.s⁻¹ (FRASSON *et al.*, 2019). Os principais tributários da bacia são os rios Pitinga, Tucumari, Abacate e Jatapú. Os dois últimos não são represados pela UHE de Balbina. A bacia do Rio Uatumã está localizada sobre rochas antigas (Pré-cambriano) do Escudo das Guianas. A região é coberta por uma densa floresta tropical (Figura 2), com a presença de campinaranas, um tipo de vegetação não florestal que se desenvolve em solos podzólicos de areia branca (SCHÖNGART *et al.*, 2021).

Figura 1. Localização da Bacia do Uatumã (a). Localização das seções analisadas (b).

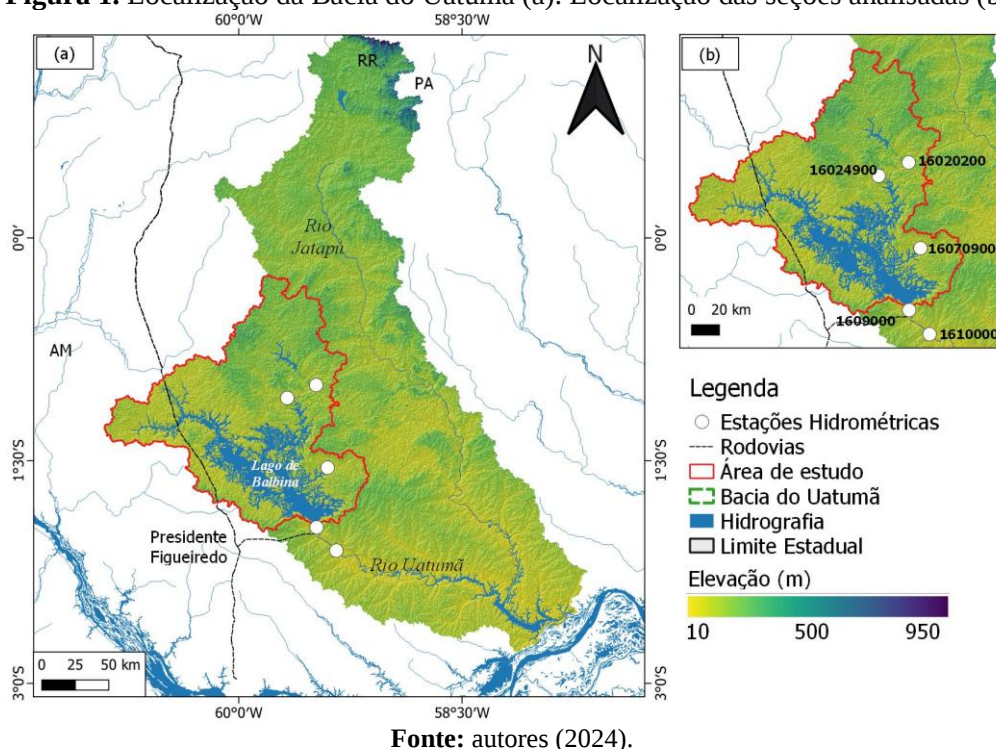


Figura 2. (a) Relevo com densa vegetação florestal a montante da UHE. (b) Afloramento de rochas no Rio Uatumã a jusante da UHE.



A precipitação média anual na região é da ordem de 2287 mm (período de 1981 a 2020), com estação de chuvas predominantemente ocorrendo de dezembro a maio. A temperatura média anual mantém-se em torno de 27 °C. No trecho superior do curso do rio Uatumã, o regime hidrológico é influenciado pela operação da Usina Hidrelétrica de Balbina. Os períodos de cheia se estendem de maio a outubro, e os períodos de seca ocorrem de novembro a abril. Quanto à qualidade da água no rio Uatumã, os níveis de pH (5,3) e condutividade elétrica (7,8 $\mu\text{s.cm}^{-1}$) são consistentemente baixos, com uma ausência significativa de carga suspensa. A água apresenta uma carência de nutrientes, porém é rica em material húmico (LOPES *et al.*, 2020).

O reservatório da UHE de Balbina possui uma área de 2360 km², fica localizado no município de Presidente Figueiredo, estado do Amazonas. A variação do nível do reservatório de Balbina é baixa, mantendo-se dentro de um intervalo de 3 metros entre os períodos de cheia e seca. Isso se deve à regulação do fluxo do canal fluvial pela Usina Hidrelétrica de Balbina, que tem como objetivo manter o nível do reservatório em condições ideais para a produção de energia.

METODOLOGIA

Este estudo analisou um conjunto de dados de descarga líquida e concentração de sedimentos em suspensão (CSS) obtidos nas estações operadas pela empresa Amazonas Geração e Transmissão de Energia S.A., encarregada de monitorar o fluxo hídrico do Rio Uatumã e tributários na área de influência da Usina Hidrelétrica de Balbina (Tabela 1). A coleta desses dados foi realizada pela empresa Amazonas Geração e Transmissão de Energia S/A (Amazonas GT) no período compreendido entre os anos de 2019 e 2021. O acesso aos dados brutos foi realizado através dos relatórios de monitoramento hidrossedimentar que a empresa Amazonas GT apresenta trimestralmente para a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Os dados brutos foram consistidos para corrigir hiatos e erros de registros.

Tabela 1. Estações hidrométricas analisadas. Ver localização na Figura 1.

Código	Nome	Área Drenada (km²)
16020200	Rio Pitinga	4070
16024900	Rio Pitinginha	1080
16070900	Rio Tucumari	560
16090000	UHE Balbina Jusante	14.949
16100000	Cachoeira Morena	20.400

Fonte: dados da pesquisa (2024).

A medição da descarga líquida e a determinação da CSS utilizou o método de igual incremento de largura, que corresponde à coleta de amostras em intervalos uniformes ao longo da vertical do corpo d'água (CARVALHO *et al.*, 2000). Essa abordagem assegura que as amostras coletadas representem de maneira apropriada a distribuição dos sedimentos em suspensão ao longo da coluna d'água. O procedimento analítico utilizado para a determinação da CSS englobou as seguintes etapas: homogeneização da amostra, retirada de alíquota, pesagem inicial, evaporação e pesagem final.

Para cada estação hidrométrica da Tabela 1 foram analisados dados de descarga líquida média mensal (Q em $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$), concentração do sedimento suspenso (CSS em mg.L^{-1}), descarga líquida específica (Q_{sp} na equação 1), descarga sólida diária (Q_s na equação 2), descarga sólida média anual (Q_{sa} na equação 3) e a descarga sólida específica (Q_{ss} na equação 4):

$$Q_{sp} = \frac{Q}{\text{Área da bacia}} \text{ (equação 1)}$$

$$Q_s = Q \times CSS \times 0,0864 \text{ (equação 2)}$$

$$Q_{sa} = Q_s \times 365 \text{ (equação 3)}$$

$$Q_{ss} = \frac{Q_{sa}}{\text{Área da bacia}} \text{ (equação 4).}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho analisou um total de 76 medições de CSS coletados na área de estudo entre 2019 e 2021. A concentração média foi da ordem de 41,86 mg.L⁻¹, com mínimo de 5,25 mg.L⁻¹ no Rio Pitinginha e máximo de 124,88 mg.L⁻¹ no Rio Pitinga. As estações localizadas a montante da UHE de Balbina apresentaram uma concentração média de 45,89 mg.L⁻¹, enquanto as estações localizadas a jusante da UHE, no Rio Uatumã, apresentaram uma concentração média de 29,77 mg.L⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios da concentração de sedimento suspenso (CSS) e descarga líquida (Q).

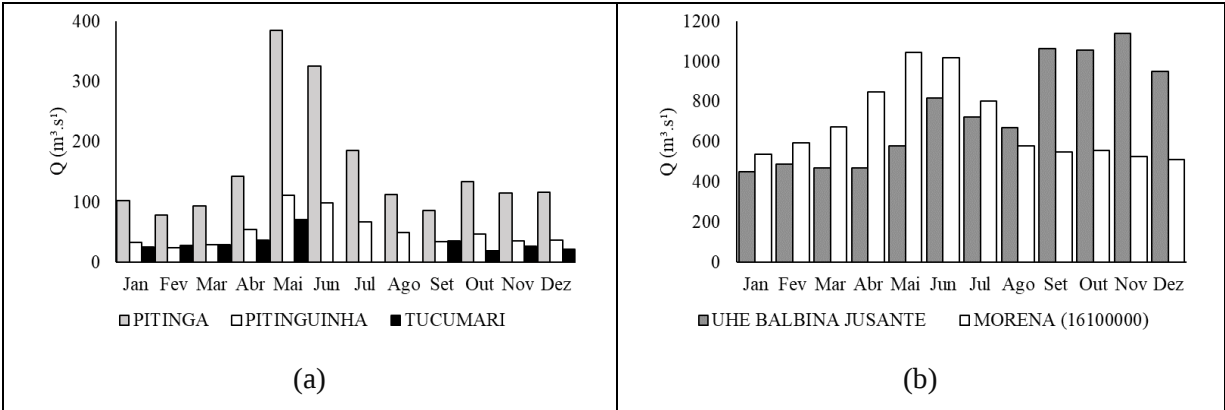
Estação	CSS (mg.L ⁻¹)	Q (m³.s ⁻¹)	Qsp (m³.s ⁻¹ .km²)
Rio Pitinga	43,27	152,63	0,04
Rio Pitinginha	41,33	43,77	0,04
Rio Tucumari	53,06	22,15	0,04
UHE Balbina Jusante	29,77	735,86	0,05

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Os resultados da Tabela 2 indicam que a CSS na área de estudo tem pouca variação espacial, e com concentrações mais elevadas no Rio Tucumari, um pequeno afluente que nasce no interior da Reserva Biológica do Uatumã. Como esperado, a concentração média da CSS é menor a jusante da UHE de Balbina, comportamento atribuído à retenção do sedimento suspenso pela operação da represa. Considerando um valor médio da CSS de 45,89 mg.L⁻¹ nas estações a montante da UHE de Balbina, foi observado uma redução média de 35% no transporte do sedimento suspenso observado no Rio Uatumã a jusante da UHE de Balbina. A concentração média de sedimento suspenso no Rio Uatumã, verificada a jusante da Usina Hidrelétrica (UHE), apresentou-se superior aos valores típicos dos rios amazônicos de águas pretas, com média de CSS inferiores a 15 mg.L⁻¹ (MARINHO; FILIZOLA JUNIOR; CREMON, 2020). No entanto, é importante salientar que essa disparidade está associada às diferentes metodologias de amostragem e ao período analisado.

Na área sob influência da UHE, a descarga líquida média variou de 22,15 m³.s⁻¹ no Rio Tucumari a 152,63 m³.s⁻¹ no Rio Pitinga. A descarga líquida média anual do Rio Uatumã a jusante da UHE de Balbina foi de 735,86 m³.s⁻¹, com maiores valores no mês de novembro e menor em janeiro (Figura 3). Nota-se na Figura 3a um regime fluvial do tipo monomodal nos Rios Pitinga, Pitinginha e Tucumari, com máximo de descarga líquida em maio. Por outro lado, na Figura 3b observa-se na estação UHE Balbina Jusante regime bimodal, com um primeiro pico de descarga líquida no primeiro semestre (junho) e outro entre os meses de setembro e dezembro, comportamento relacionado à operação de geração de energia da barragem. Destaca-se a grande variação da ordem de 60% na descarga líquida média do Rio Uatumã a jusante da UHE de Balbina entre o máximo de novembro e mínimo em janeiro.

Figura 3. (a) Descarga líquida média mensal dos rios Pitinga, Pitinginha e Tucumari. (b) Descarga líquida média mensal do rio Uatumã a jusante da UHE de Balbina e na estação Cachoeira Morena.



Fonte: autores (2024).

Na estação Cachoeira Morena, situada 30 km a jusante da UHE de Balbina, o regime de descarga líquida do Rio Uatumã apresenta um padrão monomodal, com pico de vazão próximo do meio do ano, semelhante ao observado nas estações da Figura 3a. A descarga líquida específica é uma medida da produtividade hídrica de uma bacia. As estações a montante da UHE apresentaram uma descarga líquida específica média de 0,04 m³.s⁻¹.km², enquanto a estação a jusante apresentou um valor médio de 0,05 m³.s⁻¹.km². Esses valores indicam que para cada km² são produzidos cerca de 40 a 50 litros de água por segundo.

A Tabela 3 apresenta os valores médios de descarga sólida anual e a produção específica de sedimentos para as seções analisadas. Os valores de descarga sólida anual na área a montante da UHE variam de 37.064 a 208.273 toneladas por ano, enquanto a jusante da UHE foi de 690.845 toneladas por ano. Já a produção específica de sedimentos a montante da UHE apresentou menor variação, com valores de 51 a 66 ton.km².ano⁻¹. A produção específica de sedimentos a jusante da UHE foi de 46 ton.km².ano⁻¹.

Tabela 3. Valores médios da descarga sólida anual (Qsa) e produção específica de sedimento (Qss).

Estação	Qsa (ton.ano ⁻¹)	Qss (ton.km².ano ⁻¹)
Rio Pitinga	208.273	51,17
Rio Pitinginha	57.049	52,82
Rio Tucumari	37.064	66,18
UHE Balbina Jusante	690.845	46,21

Fonte: dados da pesquisa (2024).

A produção específica de sedimentos é uma medida da quantidade de sedimentos gerados por unidade de área da bacia, representando a quantidade de sedimentos transportados pelos rios da bacia. Os resultados do estudo mostram que a produção específica de sedimentos a montante da UHE foi relativamente constante e a produção específica de sedimentos a jusante da UHE foi ligeiramente menor. A diferença entre os valores de produção específica de sedimentos a montante e a jusante pode ser explicada pela presença da UHE, que impede que parte dos sedimentos produzidos sejam transportados para jusante, o que resulta em um acúmulo de sedimentos no reservatório da UHE.

Os resultados apresentados anteriormente revelam uma dinâmica peculiar entre as estações localizadas a montante e a estação localizada a jusante da Usina Hidrelétrica de Balbina. Estas três estações a montante representam aproximadamente 38% da área drenada em comparação com a estação posicionada a jusante do barramento. Isto indica que, apesar da menor extensão da área drenada nas estações situadas a montante, esta região exerce uma considerável influência na descarga líquida e na produção de sedimentos na bacia. Coletivamente, as descargas líquidas médias anuais nas três estações a montante equivalem a aproximadamente 30% da descarga total observada a jusante do barramento. Essa constatação sugere que a área drenada pelo Rio Uatumã pode ser responsável por fornecer cerca de 517 m³/s, considerando que a descarga líquida média anual seja de 736 m³.s⁻¹, conforme dados observados a jusante.

A análise das concentrações médias de sedimentos suspensos nas três estações a montante revelou um valor de 46 mg.L⁻¹, enquanto a estação a jusante registrou 30 mg.L⁻¹. Tal diferença indica que a concentração de sedimentos a jusante é aproximadamente 35% menor do que a encontrada a montante. O somatório da produção anual de sedimentos das três estações a montante, verifica-se que corresponde a 44% do fluxo de sedimentos observados a jusante. Este dado evidencia que os sedimentos provenientes dos rios Pitinga, Pitinginha e Tucumari, que representam cerca de 30% da descarga líquida e menos de 40% da área de drenagem, são responsáveis por quase metade do fluxo total de sedimentos no alto curso da bacia hidrográfica do Uatumã.

Os resultados deste estudo indicam que a concentração de sedimento suspenso na área de estudo possui variabilidade espacial, com concentrações mais elevadas nos rios Pitinga e Tucumari. Destaca-se que na região do Rio Pitinga ocorre a mineração de estanho pela empresa Mineração Taboca, que teve seu projeto de lavra iniciado e implantado em 1982. Já a região do Rio Tucumari situa-se no interior da Reserva Biológica do Uatumã, uma unidade de conservação criada em 1990 para compensar parte dos impactos ambientais negativos da construção e da operação da Hidrelétrica de Balbina. Dados da Plataforma MapBiomas (2020) indicam que mais de 83% da área de estudo possui coberturas naturais, 16% são áreas alagadas e cerca de 1% da área foram afetadas por algum uso antrópico (pastagens e mineração). Esses resultados indicam que na área de estudo, a dinâmica de mudanças no uso e na cobertura do solo possui pouca influência sobre o transporte de sedimento suspenso, muito em virtude da grande quantidade de áreas protegidas e a pouca ocupação humana.

A redução na concentração média do sedimento suspenso no Rio Uatumã, decorrente da implementação do reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, é um impacto negativo significativo no regime hidrossedimentar semelhante ao observado em diversos outros projetos de Usinas Hidrelétricas, aqui exemplificados pela diminuição da turbidez no Rio Tietê, em São Paulo (BLAUDT LIMA DA SILVA; MONTANHER, 2022), e pela redução da concentração de sedimentos suspensos no Rio Paraná, após a conclusão do reservatório de Porto Primavera (MONTANHER; FILHO, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma análise inicial da dinâmica de produção e transporte de sedimento suspenso no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Uatumã, controlada pela Usina Hidrelétrica (UHE) de Balbina. Os resultados revelaram uma concentração média de 41,86 mg.L⁻¹ de sedimento suspenso, com variações significativas entre as estações a montante e a jusante da UHE. Destaca-se a redução média de 35% no aporte de sedimentos a jusante, resultado da operação desta represa. A descarga líquida anual mostrou variações sazonais, com pico em novembro e mínimo em janeiro. As estações a montante contribuem com cerca de 30% da descarga líquida total observada a jusante. A concentração de sedimentos nas estações analisadas representa 44% do fluxo total de sedimentos na área de estudo.

A influência de áreas protegidas, como a Terra Indígena Waimiri-Atroari e a Reserva Biológica do Uatumã, mostrou-se notável no controle da produção de sedimentos por mudanças na cobertura da terra. A região de mineração no rio Pitinga também se destacou, indicando uma possível conexão direta desta atividade antrópica e a dinâmica de transporte de sedimentos. Este estudo apresentou contribuições iniciais para a compreensão da dinâmica de produção e transporte de sedimentos na bacia do Rio Uatumã, evidenciando a influência da UHE de Balbina.

A nossa análise destaca o papel importante de áreas protegidas, para a manutenção da produção de sedimento devido ao elevado grau de preservação dessas áreas. Por outro lado, a identificação da influência da região de mineração no rio Pitinga destaca a necessidade de considerar o monitoramento das atividades humanas ao avaliar os impactos ambientais em bacias hidrográficas. Futuras pesquisas nesta temática devem ser realizadas e se concentrarem em uma análise mais aprofundada dos impactos locais, especialmente nas regiões de mineração, para entender melhor as interações entre atividades antrópicas e dinâmica fluvial.

A implementação de um programa de monitoramento contínuo, como o desenvolvido pela empresa Amazonas Geração e Transmissão de Energia S/A (Amazonas GT), titular da concessão da UHE Balbina, pode fornecer informações valiosas sobre as mudanças sazonais e a evolução ao longo do tempo na produção e no transporte de sedimentos na bacia do Rio Uatumã.

Por fim, a integração de dados de campo com dados de sensoriamento remoto pode enriquecer as análises, permitindo uma compreensão mais abrangente, em termos espaciais e temporais, das relações entre o uso e a cobertura da terra e a dinâmica hidrossedimentológica. Em síntese, este estudo contribui para o entendimento dos impactos ambientais da construção de usinas hidrelétricas sobre a Geomorfologia Fluvial Amazônica, oferecendo subsídios para gestão de áreas impactadas por grandes obras de infraestrutura, como a UHE de Balbina.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi realizada com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas – FAPEAM (Projeto AQUATUMÃ – Avaliação da qualidade d’água na Rebio Uatumã e Lago de Balbina por sensoriamento remoto, Edital nº 007/2021 – BIODIVERSA/FAPEAM). A segunda autora agradece a FAPEAM pela bolsa de Iniciação Científica e Tecnológica recebida. Agradecemos a equipe gestora da Reserva Biológica do Uatumã em Balbina pelo apoio logístico (SISBIO 81540-1) e o apoio da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, pela disponibilidade dos dados usados nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ASSAHIRA, C. *et al.* *Tree mortality of a flood-adapted species in response of hydrographic changes caused by an Amazonian river dam.* Forest Ecology and Management, v. 396, p. 113-123, jul. 2017.
- BLAUDT LIMA DA SILVA, R.; MONTANHER, O. C. *Efeitos dos barramentos e de mudanças de uso do solo na turbidez do Rio Tietê (1984-2011): análise em escala de bacia.* RAEGA – O Espaço Geográfico em Análise, v. 55, p. 58, 16 nov. 2022.
- CARVALHO, N. DE O. *et al.* *Guia de práticas sedimentométricas.* Brasília: ANEEL, 2000.
- FEARNSIDE, P. M. *Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the Pharaohs in Amazonia.* Environmental Management, v. 13, n. 4, p. 401-423, 1 jul. 1989.
- FÉLIX, R. D. O.; ALBUQUERQUE, A. R. C. *Do “desconstruir” para construir: transformações socioambientais no entorno da UHE de Balbina – Presidente Figueiredo, AM, Brasil.* REVISTA GEONORTE, v. 8, n. 30, p. 16-42, 22 dez. 2017.
- FINER, M.; JENKINS, C. N. *Proliferation of Hydroelectric Dams in the Andean Amazon and Implications for Andes-Amazon Connectivity.* PLoS ONE, v. 7, n. 4, p. e35126, 18 abr. 2012.

- FORSBERG, B. R. *et al.* *The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems*. PLOS ONE, v. 12, n. 8, p. e0182254, 23 ago. 2017.
- FRASSON, R. P. DE M. *et al.* *Global Relationships Between River Width, Slope, Catchment Area, Meander Wavelength, Sinuosity, and Discharge*. Geophysical Research Letters, v. 46, n. 6, p. 3252-3262, 28 mar. 2019.
- LATRUBESSE, E. M. *et al.* *Damming the rivers of the Amazon basin*. Nature, v. 546, n. 7658, p. 363-369, 15 jun. 2017.
- LOPES, A. *et al.* *Herbáceas Aquáticas em Igapós de Água Preta Dentro e Fora de Unidades de Conservação no Estado do Amazonas*. Biodiversidade Brasileira - BioBrasil, n. 2, p. 45-62, 5 ago. 2020.
- MARINHO, R. R.; FILIZOLA JUNIOR, N. P.; CREMON, É. H. *Analysis of Suspended Sediment in the Anavilhanas Archipelago, Rio Negro, Amazon Basin*. Water, v. 12, n. 4, p. 1073, 9 abr. 2020.
- MONTANHER, O. C.; FILHO, E. E. DE S. *Estimating the suspended sediment concentration in the upper Paraná river using Landsat 5 data: data retrieval on a large temporal scale and analysis of the effects of damming*. GEOGRAFIA, v. 40, n. 1, p. 159-176, 4 ago. 2015.
- MORAIS, E.; MONTANHER, O. *Ajustamento fluvial à agropecuária, urbanização e reservatório e análise cientométrica do impacto dessas atividades nos rios brasileiros*. In: Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira. [s.l.] Osmar Abílio de Carvalho Júnior; Maria Carolina Villaça Gomes; Renato Fontes Guimarães; Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, 2022.
- ONS. *Resultados da Operação - Geração de Energia*. Disponível em: https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx. Acesso em: 26 abr. 2023.
- SCHÖNGART, J. *et al.* *The shadow of the Balbina dam: A synthesis of over 35 years of downstream impacts on floodplain forests in Central Amazonia*. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 31, n. 5, p. 1117-1135, maio 2021.
- SCHWADE, E. *Hidrelétrica de Balbina contra índios e lavradores*. Revista de Cultura Vozes, v. 79, 1985.
- STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. *Recursos hídricos no século XXI*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.