

EFICIÊNCIA DE RETENÇÃO DE SEDIMENTOS NO RESERVATÓRIO DA UHE BELO MONTE (PA)

Ana Lia Warcheski ¹; Michael Mannich ²; Bruna Arcie Polli ³ & Aline Guidolin da Luz ⁴

Palavras-Chave – Eficiência de retenção de sedimentos, transporte de sólido, descarga sólida total.

INTRODUÇÃO

A sedimentação é um processo natural decorrente do transporte de partículas sólidas oriundas da erosão e do uso do solo nas bacias hidrográficas (CARVALHO, 2008) que pode comprometer a capacidade de armazenamento e a eficiência operacional das usinas hidrelétricas, sendo influenciadas principalmente pela carga a montante (FAGUNDES, 2023). Dentre os métodos utilizados para estimar a retenção de sedimentos, destaca-se o modelo empírico proposto por Brune (1953), que relaciona a eficiência de retenção à razão entre o volume do reservatório e a vazão média anual (C/I). No Brasil, a Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 127/2022 estabelece diretrizes para o monitoramento hidrossedimentométrico e a atualização das curvas cota-área-volume. Alinhado a essa norma, este estudo foi desenvolvido no âmbito do PROPDI “*Sistema de tomada de decisão para atualização de curva cota-área-volume em reservatórios*” da Norte Energia S.A., regulado pela ANEEL e executado pelo LACTEC, buscando modernizar os métodos de estimativa de assoreamento e contribuir para uma operação mais eficiente e sustentável dos reservatórios hidrelétricos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Usina Hidrelétrica de Belo Monte, situada na Volta Grande do rio Xingu (PA), iniciou suas operações em 01/01/2016 e é a maior usina inteiramente brasileira, com uma área de drenagem de aproximadamente 483.000 km². Os dados utilizados neste estudo foram fornecidos pela Norte Energia S.A. e abrangem o período de novembro de 2011 a outubro de 2023. A análise considerou informações de três estações hidrossedimentológicas posicionadas ao longo do rio Xingu.

Com os dados medidos, foram geradas as curvas-chave e as curvas de descarga sólida total de cada estação. A partir de uma série diária de cotas, foi gerada uma série diária de vazões líquidas e, através do método de Colby (1957), foi estimada a descarga sólida total. A eficiência de retenção de sedimentos foi estimada, através do método de Brune (1953), por dois métodos diferentes: pelo balanço de massa (estações 1-2 e 1-3) e pela comparação dos dados da estação 1 com o método de seções transversais do estudo realizado pelo Lactec (2024). As análises cobriram dois períodos distintos: 2016–2022 para os balanços de massa e 2011–2018 para as seções transversais.

RESULTADOS

Os resultados do estudo indicaram uma eficiência de retenção de sedimentos de 70,92% entre as Estações 1 e 2 e de 31,82% pela razão capacidade/fluxo (C/I) entre as Estações 1 e 3, no período de 2016 a 2022. Embora o método de Brune (1953) não tenha como objetivo a análise anual da eficiência, foi possível observar a variabilidade desse parâmetro a cada ano, conforme mostra a Figura 1. A média da eficiência de retenção para o período de análise apresentou boa concordância com a

1) Graduanda em Engenharia Ambiental UFPR e Bolsista Lactec. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, nº 100, Curitiba – PR. (lia@ufpr.br)

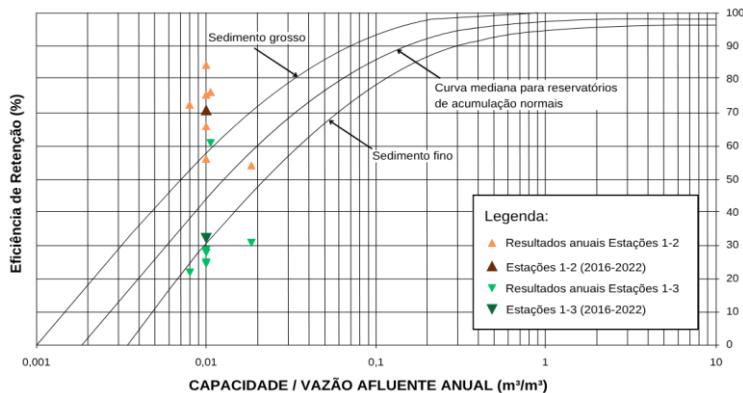
2) Professor UFPR. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, nº 100, Curitiba – PR. (mannich@ufpr.br)

3) Pesquisadora Lactec. Av. Comendador Franco, nº 1341, Curitiba – PR. (bruna.polli@lactec.com.br)

4) Pesquisadora Lactec. Av. Comendador Franco, nº 1341, Curitiba – PR. (aline.luz@lactec.com.br)

curva empírica original, mesmo considerando a complexidade e o porte da UHE Belo Monte. Essa abordagem mostrou-se mais coerente do que o uso da razão capacidade/área de drenagem (C/W), em conformidade com os achados de Fagundes (2023).

Figura 1 – Resultados da eficiência de retenção através da razão C/I



O estudo também estimou a eficiência de retenção com base na perda de volume obtida a partir do método de seções transversais no estudo desenvolvido pelo Lactec (2024). Foram utilizados três valores de peso específico dos sedimentos, resultando em eficiências superiores a 100%, o que é fisicamente incoerente e indica limitações nos dados ou no método de cálculo adotado.

CONCLUSÕES

Este estudo ressalta a importância do monitoramento da sedimentação em reservatórios, com foco na UHE Belo Monte, diante dos impactos que o acúmulo de sedimentos pode causar na operação e sustentabilidade do sistema. A partir da razão entre a capacidade do reservatório e a vazão afluente anual (C/I), utilizando o método de Brune, foi estimada uma eficiência média de retenção de 70,92% entre 2016 e 2022, com resultados consistentes com o modelo empírico, mesmo considerando a complexidade e o porte do empreendimento. Paralelamente, a análise de seções transversais revelou eficiências superiores a 100% para diferentes pesos específicos de sedimento, o que aponta limitações nos parâmetros físicos adotados e reforça a necessidade de ajustes metodológicos para avaliações mais precisas.

AGRADECIMENTOS

Projeto financiado pela Norte Energia S. A. no âmbito do Programa de PDI da ANEEL, “Sistema de tomada de decisão para atualização de curva cota-área-volume em reservatórios” (PD-007427-0423/2023). Estendo meus agradecimentos ao LACTEC pela concessão da bolsa no âmbito do projeto, que foi fundamental para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- BRUNE, G. M. (1953). *Trap efficiency of reservoirs*. Eos, Transactions American Geophysical Union, v. 34, n. 3, p. 407-418.
- CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro. Interciência, 599 p.
- COLBY, B. R. (1957). *Relationship of unmeasured sediment discharge to mean velocity*. Eos, Transactions American Geophysical Union, Wiley Online Library, v. 38, n. 5, p. 708–717.
- FAGUNDES, H. O. et al. (2023). *Uma análise dos principais elementos envolvidos na deposição de sedimentos em reservatórios na América do Sul*. XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- LACTEC. (2024). “Sistema de tomada de decisão para atualização de curva cota-área-volume em reservatórios” - Relatório Técnico Etapa 3.