



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Caracterização hidrossedimentológica do reservatório da usina hidrelétrica foz do Rio Claro - GO

Pollyanna Faria Nogueira¹, João Batista Pereira Cabral²

¹ UFJ - Universidade Federal de Jataí, e-mail: pollyannafnogueira@gmail.com (correspondente)

² UFJ - Universidade Federal de Jataí, e-mail: jbcabral2000@yahoo.com.br

Artigo recebido em 24/03/2023 e aceito em 22/05/2023

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar os modelos deposicionais e compreender o processo de sedimentação no reservatório da UHE Foz do Rio Claro, devido à sua importância para a região como fonte de abastecimento público e geração de energia elétrica. Foram coletados testemunhos verticais em 23 pontos do reservatório, em dois períodos distintos, e a análise dos sedimentos depositados foi realizada por meio da análise de fácies e análise textural. Os resultados mostraram que o material arenoso está depositado na área inicial do reservatório, enquanto o material silte-argiloso é predominante próximo ao barramento. O modelo deposicional de leito é caracterizado pelas fácies silto-argilosas. Esses resultados indicam mudanças na dinâmica fluvial e ocorrência de assoreamento no reservatório. Conclui-se que a compreensão desses processos é fundamental para a gestão adequada do reservatório e a adoção de medidas de manejo para mitigar os efeitos do assoreamento.

Palavras-chave: Hydrosedimentology, sedimentation, reservoir.

Hydrosedimentological characterization of the foz do Rio Claro hydroelectric power plant reservoir - GO

ABSTRACT

This study aimed to assess depositional models and understand the sedimentation process in the reservoir of the Foz do Rio Claro Hydroelectric Power Plant, due to its significance as a source of public water supply and electricity generation in the region. Vertical cores were collected at 23 points within the reservoir during two distinct periods, and the analysis of deposited sediments was conducted through facies analysis and textural analysis. The results revealed that sandy material is deposited in the initial area of the reservoir, while silty-clayey material predominates near the dam. The bed depositional model is characterized by silty-clayey facies. These findings indicate changes in fluvial dynamics and siltation occurrence in the reservoir. It is concluded that understanding these processes is crucial for effective reservoir management and the implementation of management measures to mitigate the effects of siltation..

Keywords: Sedimentation, facies, reservoir.

Introdução

Segundo dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA), no território nacional são contabilizados mais de 174.000 lagos artificiais (ANA 2022).

A principal fonte de eletricidade no Brasil é a hidroelétrica. Em 2017, o Brasil possuía 1.335 empreendimentos hidrelétricos em operação, sendo 682 centrais de geração hidrelétrica (CGH), 432 pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e 221 usinas

hidrelétricas (UHE). A energia hidrelétrica ainda é a espinha dorsal do setor de geração de eletricidade brasileiro (Pes *et al.*, 2017., Bondarik, Pilatti, Horst, 2018., ANEEL, 2022).

Um reservatório é criado ao construir uma represa em um rio, oferecendo um espaço dedicado ao armazenamento de água doce. No contexto do desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos, o reservatório pode ser visto como um valioso recurso natural que permite armazenar água doce para uma variedade de finalidades, incluindo

irrigação, abastecimento de água, geração de energia, atividades recreativas e controle de enchentes. Essa capacidade de armazenamento não apenas otimiza o uso dos recursos hídricos, mas também promove a conservação e a gestão eficiente desses recursos para atender às necessidades presentes e futuras. (Daus, M. *et al*, 2021., Lee, F.-Z.; Lai, J.-S.; Sumi, T, 2021)

Toda essa dependência dos recursos ambientais gera diferentes formas de pressão e impactos nos recursos hídricos brasileiros. Atualmente, o Brasil se tornou um dos principais construtores de usinas hidrelétricas no mundo, e possui, hoje, quase 70% de sua matriz energética proveniente de usinas hidrelétricas (ANEEL – 2002; MME, 2017; ANA, 2018).

Os reservatórios proporcionam alterações na dinâmica do ambiente aquático, modificam a velocidade de escoamento da água e o processo de sedimentação por transformação do ambiente lótico para lântico (Mamede *et al.*, 2018; Obialor *et al.*, 2019; Teixeira, *et al*, 2020). Com base no pressuposto Gentil *et al* (2021) destacam que os empreendimentos hidrelétricos tendem a provocar diversos impactos ambientais, dentre esses perda da qualidade da água, bem como erosão e depósito de sedimentos, alteração na qualidade da água.

Com a redução da velocidade de escoamento das águas, os sedimentos que eram transportados até os deltas dos rios, passam a se acumular no reservatório, ocasionando gradativamente o assoreamento, diminuindo o seu tempo de sua vida útil, contaminando o ambiente e causando efeitos adversos a biota. (Schleiss *et al.*, 2016., Erena *et al.*, 2019; Icold & Cigb, 2019., Cabral *et al.*, 2021).

O transporte de sedimentos em um curso d'água, é consequência de uma série de fatores, por este motivo a compreensão dos elementos geográficos (Relevo, Rocha, Solos, Declividade, Chuva), o modelo de uso da terra e cobertura vegetal, são essenciais para a compreensão do processo de sedimentação (Ferreira e Araújo, 2014., Queiroz *et al*, 2015., Schleiss *et al*, 2016., Oliveira, Sá e Leite, 2016).

A sedimentação afeta a sustentabilidade das operações e projetos estabelecidos no reservatório ou projetos de fluxo do rio. Ao longo do tempo, os sedimentos se acumulam nos reservatórios e deslocam o volume de armazenamento utilizável, o que, por sua vez, afeta negativamente a geração de energia hidrelétrica (Parfait e Erion, 2021)

No Brasil, os estudos relacionados ao processo de compreensão da sedimentação em

reservatórios, ganha destaque a partir da década de 80 do século XX, por meio dos trabalhos desenvolvidos por Ponçano *et al.* (1981); Gimenez *et al.* (1981); Carlstron Filho *et al.* (1981) e Carvalho (2008).

Segundo Oliveira (2018) um dos fatores para determinar a qualidade de corpos d'água, inclusive sedimentológica, é o uso da terra nas bacias. Destaca que o que vai influenciar o processo de assoreamento de um reservatório começa na fonte de origem, da erosão, processo em que as partículas são desagregadas, transportadas e depositadas nas áreas mais baixas do curso hídrico, sendo possível destacar, ainda, as características do ambiente lântico, favorecem ainda mais esse processo, devido ao tempo de escoamento da água.

Na tentativa de explicar os depósitos que estão ocorrendo em reservatórios, diversas pesquisas passaram a utilizar diferentes ferramentas e métodos para explicar o processo de sedimentação, sendo levado em consideração os processos hidrossedimentológicos, a topografia de fundo dos reservatórios e as classes texturais (Mathlouthi e Lebdi, 2018; Lopes e Araujo, 2019; Sotiri, Hilgert e Fuchs, 2019; Gentil *et al*, 2020).

No entanto, a maior parte dos métodos concentram-se em estudar a morfometria dos reservatórios (Collischonn, Clarke, 2016; Rocha *et al*, 2017; Kamagate *et al*, 2020), deixando em segundo plano a descrição dos sedimentos por meio da análise de fácies que é de grande importância para a compreensão dos modelos deposicionais vigentes (Braga, 2017; Oliveira, *et al*, 2018)

Com base nessas propostas e considerando a ausência de trabalhos voltados a esse tipo de investigação em reservatórios do Cerrado Brasileiro, Cabral *et al* (2010) propuseram um modelo de análise da sedimentação por meio da classificação de fácies, adaptando as propostas de Miall (1977; 1978), Morris e Fan (1993) e Stevaux (1993). Assim, nessa perspectiva, torna-se imprescindível investigar os processos sedimentológicos que ocorrem a partir da implantação de empreendimentos hidrelétricos.

A partir do pressuposto, e com base na realidade do Centro – Oeste Goiano com a crescente implementação de empreendimentos hidrelétricos, e possíveis impactos consequentes da magnitude desse tipo de construção, o presente trabalho teve como proposta verificar e analisar se e como ocorre o processo de sedimentação e verificar quais são os modelos deposicionais vigentes no reservatório da UHE Foz do Rio Claro (GO).

Espera-se a partir dessa análise caracterizar o comportamento sedimentológico e identificar os processos deposicionais predominantes, servindo de embasamento para os estudos de empreendimento hidráulicos.

A escolha do reservatório da UHE Foz do rio Claro para o desenvolvimento desta pesquisa, deve-se ao fato deste está inserido em uma área extremamente antropizada. Na qual em sua área de influência direta, verificam-se atividades agropastoris e atividades urbanas, e suas águas encontraram-se eutrofizadas e seus sedimentos contaminadas por metais potencialmente tóxicos (Nogueira et al, 2015; Nogueira et al, 2021, Cabral et al, 2021).

Foi constatado que essas atividades têm impacto significativo no aumento do escoamento superficial de sedimentos em direção aos cursos d'água, levando à transformação da dinâmica do ambiente de fluxo contínuo para um ambiente de fluxo mais lento, bem como à degradação do ecossistema aquático (Barcelos et al., 2019., Birro, Ross e Cabral, 2019., Gomes et al, 2022.,)

Localização e caracterização da área da pesquisa

O reservatório da UHE Foz do Rio Claro área da presente pesquisa (Figura 1) encontra-se entre os municípios de São Simão e Caçu, no Estado de Goiás, com uma área de influência direta de aproximadamente 151,5 Km², ao Sul da área do

distrito de Itaguaçu (GO), na microrregião de Quirinópolis (GO).

Situa-se, geologicamente, na Bacia Sedimentar do Paraná e apresenta dois grandes grupos litoestratigráficos, os basaltos da Formação Serra Geral do Grupo São Bento e pelos arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe do Grupo Bauru (SIEG, 2011). com predominância de Latossolos Vermelho distroférrico, Latossolos Vermelho distrófico e neossolos, com declividades que vão de plana a suave ondulada (Consilium Meio Ambiente e Projetos, 2007, Nogueira, 2020).

O clima da região é característico do Cerrado brasileiro com a ocorrência de um período chuvoso que se estende de outubro a abril, com maior concentração de chuvas, que variam entre 80 a 500 mm mensais e um período menos chuvoso de maio a setembro, classificado como Awa, tropical de savana, mesotérmico. A média anual da precipitação varia de 1400 a 1750 mm (Lopes e Mariano, 2018).

O uso da terra na área da pesquisa tem como principal atividade a pecuária e a agricultura, que vem se modificando com a implantação da cultura da cana de açúcar (Cabral et al, 2021). Conforme foi verificado nos trabalhos de campo, já ocupa as margens esquerda e direita nas bordas da bacia.

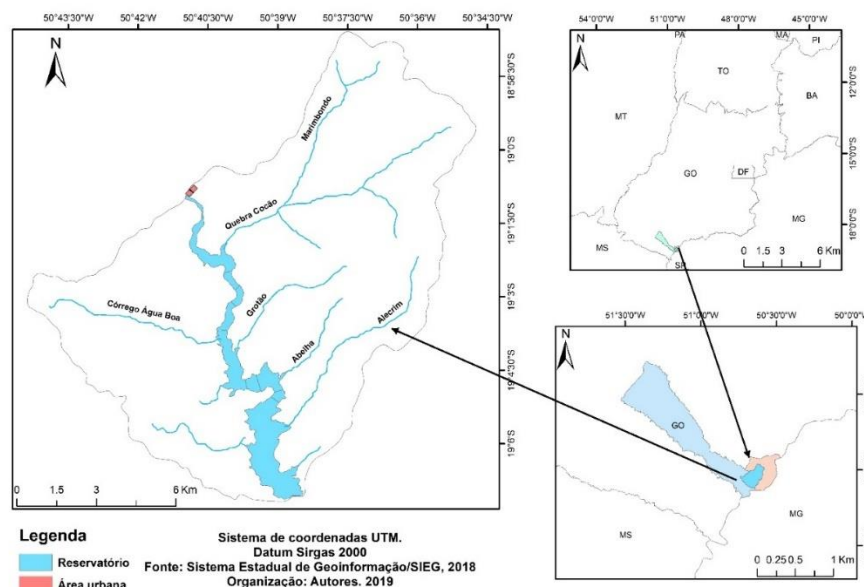


Figura 1 – Localização do reservatório da UHE Foz do Rio Claro e dos pontos de coleta de sedimentos

Procedimentos Metodológicos

Foram estabelecidos 23 pontos de coletas (Figura 2), previamente determinados de forma a

abranger os compartimentos aquáticos rio, transição e lago, conforme a proposta de Kimmel, Lind e Paulson (1993).

Com base na proposta de Kimmel, Lind e Paulson (1993), para o reservatório de Foz do Rio Claro foi identificado que entre os pontos de amostragem 1 e 9 ocorre a área designada como setor rio, entre os pontos 10 e 15 área de transição, e de 16 a 23 o setor lago.

As coletas de sedimentos foram realizadas em agosto de 2016 (Período menos chuvoso) e janeiro de 2019 (período chuvoso).

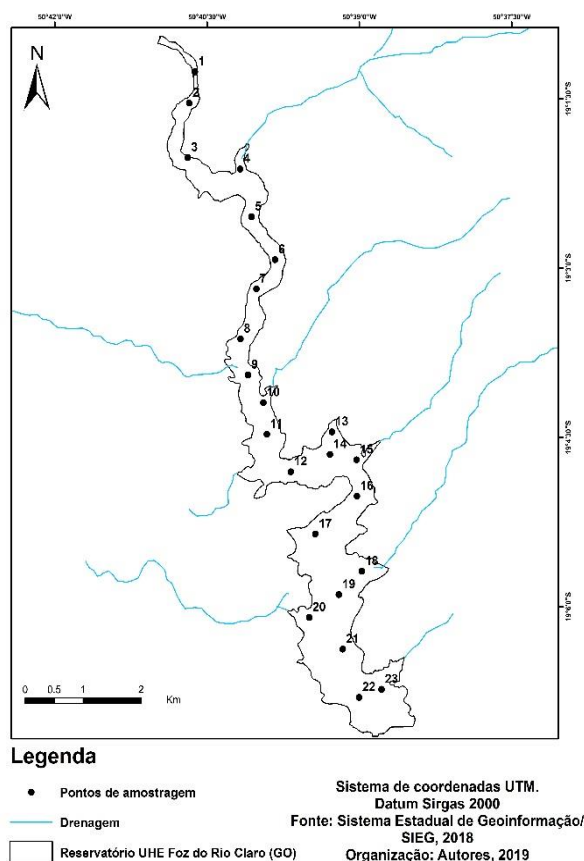


Figura 2 – Localização dos pontos de coleta de sedimentos no reservatório da UHE Foz do Rio Claro.

No estudo, para coletar amostras de sedimentos, foi utilizado um coletor de sedimentos chamado KAJAC. Esse equipamento é especialmente projetado para a obtenção de testemunhos verticais de sedimentos em corpos d'água. O coletor KAJAC permite a coleta de amostras sedimentares em diferentes profundidades do leito do corpo d'água.

O uso do coletor de sedimentos KAJAC é descrito por Braga (2017), as amostras coletadas são apresentadas conforme verifica-se na (Figura 3ª e B). Por meio desse coletor, foi possível obter amostras sedimentares em diferentes camadas

verticais do reservatório, permitindo uma análise mais detalhada das características e propriedades dos sedimentos depositados ao longo do tempo.

Essas amostras de testemunhos verticais são importantes para entender a composição, a estratificação e a distribuição dos sedimentos depositados no reservatório. Além disso, elas podem fornecer informações valiosas sobre a história da sedimentação, as mudanças nas condições ambientais e os processos de deposição que ocorreram no local ao longo do tempo.



Figura 3A – Amostrador KAJAC



Figura 3B – Amostras de testemunhos verticais coletadas com amostrador KAJAC

Na metodologia apresentada, foi utilizada uma abordagem para a classificação da classe textural dos sedimentos. Para isso, foi empregado o software livre SysGran, que está disponível em www.cem.ufpr.br/sysgran. Esse software é utilizado especificamente para a análise granulométrica de sedimentos.

O SysGran é um software de código aberto que permite a análise e classificação da granulometria dos sedimentos. Ele é distribuído sob a licença GNU, o que significa que é completamente gratuito e pode ser modificado e aperfeiçoado pelos usuários. Essa característica do software possibilitou a criação de um diagrama triangular simplificado, que auxilia na visualização

e interpretação dos resultados da análise granulométrica.

Ao utilizar o SysGran, foi possível determinar a classe textural dos sedimentos amostrados, ou seja, identificar a distribuição das partículas de diferentes tamanhos presentes nas amostras. Essa informação é relevante para compreender a composição e as propriedades físicas dos sedimentos, além de auxiliar na interpretação dos processos de transporte e deposição ocorridos no ambiente estudado.

A utilização desse software livre proporcionou uma ferramenta acessível e flexível para a análise granulométrica, permitindo aos pesquisadores obter resultados precisos e facilitando a compreensão das características dos sedimentos estudados.

Para caracterizar os modelos deposicionais vigentes no reservatório e a descrição das fácies dos testemunhos seguiu a proposta de Cabral *et al.* (2010).

As amostras de sedimentos dos testemunhos foram descritas segundo os seguintes parâmetros: cor, textura, seleção, composição mineralógica e gradação.

Para designar as fácies existentes nos testemunhos, foram elaborados códigos de letras, conforme se verifica do Quadro 1.

Quadro 1 - Siglas utilizadas para identificação textural e estrutural dos sedimentos, adaptado por Miall (1996) e Cabral *et al.* (2010)

Siglas	Classificação Granulométrica	Natureza da informação
S(m)	Areia Média	Granulometria
S(F)	Areia Fina	
S(f)	Areia Muito Fina	
F	Argila/ Silte	

Organização: autores, 2020.

Os modelos deposicionais vigentes no reservatório foram classificados conforme a proposta de Cabral *et al.* (2010), em que:

- Depósito de Leito: O material depósitos no ambiente é predominantemente argiloso/siltoso. Pode ocorrer a presença de estratos de areia muito fina;
- Depósito de Delta: os modelos deposicionais de delta são compostos pelo material de argilas-siltes e pela fração areia, sendo os mesmos depositados de maneira intercalada.;
- Depósito de Corrente: o material é composto predominantemente por areia, podendo apresentar lentes de argila e silte.

Análise granulométrica da camada superficial dos testemunhos verticais foi realizada de acordo com a proposta da Embrapa (1997). A areia foi separada por peneiramento. A fração argila total (diâmetro menor que 0,002 mm) foi determinada por pipetagem, respeitando a Lei de Stokes, e a fração silte (diâmetro entre 0,05 a 0,002 mm) foi calculada pela diferença entre a soma das frações areia e argila total.

Resultados e discussão

O empreendimento hidrelétrico de Foz do Rio Claro foi construído sobre o antigo leito do rio claro, o qual se constitui de rochas basálticas da Formação Serra Geral, enquanto as suas margens hoje inundadas encontram-se sob a influência das rochas sedimentares da Formação Vale do rio do Peixe.

O Rio Claro, segundo Casseti (2005), nasce na Serra do Caiapó, na periferia da bacia sedimentar do Alto Paraná, cuja nascente corre, basicamente sobre sedimentos arenosos dos Períodos permocarboníferos.

Foram utilizadas imagens disponíveis no Google Earth para realizar uma análise visual do curso do rio e entender as mudanças antes e após a construção do reservatório. (Figuras 4A e 4B).

Figuras 4A e 4B – Rio Claro antes e depois da construção do reservatório



Figura 4A – Trecho do rio Claro antes da construção do reservatório da UHE Foz do Rio Claro 2009



Figura 4B – Trecho do rio Claro após a construção do reservatório da UHE Foz do Rio Claro 2017

Fonte: Google Earth (2018).

O ambiente do empreendimento hidrelétrico antes da inundação era caracterizado por uma alta velocidade de vazão de água capaz de realizar o transporte de sedimentos dos níveis mais altos para os mais baixos, propriedade que se alterou com a construção da barragem. A mudança de ambiente lótico para lântico alterou a forma de transporte dos sedimentos, favorecendo maior deposição em relação ao seu transporte.

Esse acúmulo de sedimentos acarreta problemas de sedimentação, frequentemente resultando na perda de espaço de armazenamento ou capacidade do reservatório. A sedimentação progressiva reduz a quantidade de água que o reservatório pode armazenar efetivamente, limitando sua capacidade de fornecer água doce para múltiplos usos, como abastecimento, irrigação e geração de energia. Além disso, a sedimentação pode afetar negativamente a vida aquática, a qualidade da água e a estabilidade dos ecossistemas nos arredores do reservatório. (Lee, F.-Z.; Lai, J.-S.; Sumi, T, 2021

Com base nos dados granulometricamente obtidos da análise de textura, pôde-se comprovar que na camada superficial dos sedimentos no fundo do reservatório predomina a classe silte, seguida de areia e argila em menor proporção.

Verificou-se nos testemunhos coletados que o material predominante para o reservatório é silte-argiloso, dos quais foram selecionados três tipos, considerados mais relevantes, que apresentam as classificações para as fácies, cujos perfis foram relacionados com os tipos de depósitos verificados no reservatório, conforme o Quadro 02:

Segundo Bartoszek, L et al (2022) os sedimentos do fundo dos pequenos reservatórios como é verificado na área de estudo é influenciado com base na estrutura geológica da bacia hidrográfica, apresentaram diferenças na distribuição do tamanho dos grãos.

Quadro 02 - Fácies e tipos de depósitos para o reservatório analisado

Pontos	Material	Comprimento Período seco	Comprimento Período úmido	Tipo de depósito
02	(m) – Areia média,	Aproximadamente 2,0 cm	8 cm	Corrente
04	(F), (f), F – Areia Fina, Areia muito fina, Silte e Argila	22 cm;	28 cm	Delta
20	F – Argila e Silte	9 cm.	13 cm	Leito

Organização: autores (2022).

Após a construção do barramento, foram observadas áreas com depósito de sedimentos de granulometrias mais elevadas, como nos pontos de amostragem 1, 2 e 3, apresentando uma concentração significativa de areia e formando fácies arenosas. Essa condição foi constatada nos anos de 2016 e 2019 (Figura 5-A, campo de agosto de 2016, e 5B, campo de janeiro de 2019).

Essa característica também foi identificada por Kamagate et al. (2020) no Lago Nafoun, na Costa do Marfim, onde os sedimentos descrevem uma facies logarítmica. Nesse caso, os sedimentos foram depositados devido a um excesso de carga após uma diminuição progressiva da energia da água. Isso indica que grãos de maior granulometria tendem a ser transportados por distâncias menores.

A presença de areia nesse ponto de amostragem é justificada pela geologia da área, uma vez que a bacia está sob a influência da Formação Vale do Rio do Peixe, composta por rochas areníticas.

Esses levantamentos contínuos acerca da sedimentação a partir da implementação do reservatório com estudo da perda de capacidade de armazenamento do reservatório e a taxa de sedimentação periódica segundo Iradukunda et al., (2020) são uma importante ferramenta para se obter uma estimativa da perda de capacidade de água ao longo do tempo devido à deposição de sedimentos.

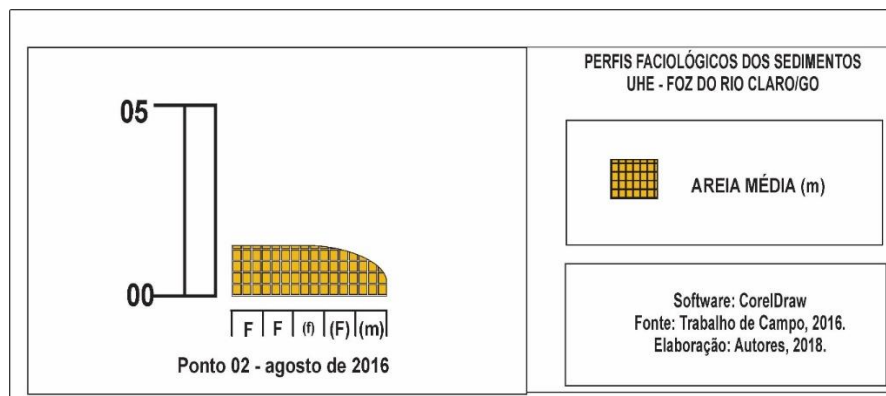


Figura 5-A – testemunho vertical – ponto de amostragem 02, campo de agosto de 2016

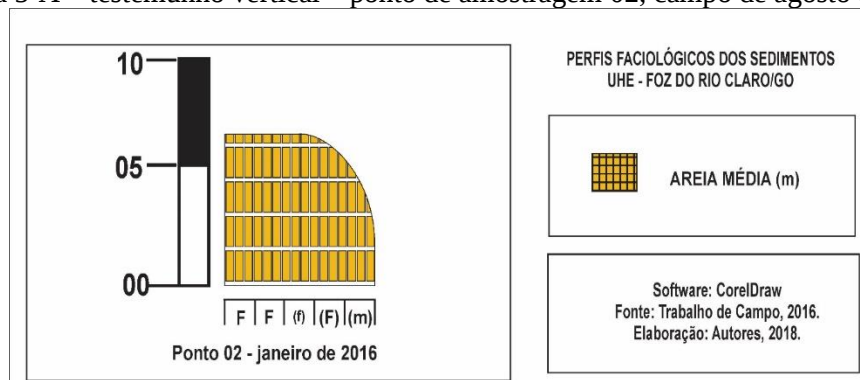


Figura 5-B – testemunho vertical – ponto de amostragem 02, campo de janeiro de 2019

Organização: Os autores, 2020

Nos pontos de amostragem onde foram observadas as fácies arenosas, o ambiente apresenta uma alta velocidade de escoamento superficial, o que resulta no transporte de materiais de textura mais fina em suspensão e na deposição dos materiais de textura mais grossa, como as areias.

De acordo com os estudos de compartimentação hidrossedimentológica realizados por Cabral et al. (2013), Nogueira et al. (2015) e Nogueira (2020) para o reservatório de Foz do Rio Claro, a área influenciada por esses três pontos de amostragem apresenta características de



Figura 6A – Perfil inconsolidado ponto 02 - período seco

A deposição desses sedimentos nos pontos mencionados é resultado de uma alteração na dinâmica da água no ambiente, o que afetou a capacidade de transporte e deposição de sedimentos de maior granulometria.

Nas áreas influenciadas pelos pontos de amostragem 4, 10, 13, 14, 15, 18 e 19, ocorre a deposição de material silto-argiloso intercalado com uma menor quantidade de material arenoso. Essa ocorrência indica que esses locais são áreas de transição, ou seja, a velocidade de escoamento da água é maior em comparação com os pontos de amostragem localizados na área lacustre, mas menor em relação à área fluvial, de acordo com a compartimentação aquática do reservatório descrita por Nogueira (2020).

Conforme verificado no testemunho vertical 4 (Figura 7A e 7B) ocorreram mudanças ao longo dos anos no ambiente. No testemunho

um ambiente fluvial, conforme proposto por Kimmel, Lind e Paulson (1993).

Nessa região, a velocidade de escoamento da água é mais alta, as margens são estreitas e a profundidade é menor em comparação com outras áreas. Com base na análise da fácies para os pontos 1, 2 (Figura 6A e 6B), este setor do reservatório foi classificado como depósito de corrente, pois o material de granulometria mais fina (argilas) é mantido em suspensão pela velocidade de escoamento, enquanto o transporte do material de fundo (areais) é realizado ao longo do leito por rolamento ou saltação, Suguio (1985), Bigarella (2001), Cabral (2006).



Figura 6B – Perfil ponto 02 - período úmido

coletado em 2016, da base para o topo, foi detectado a presença de fácies arenosas, sendo posteriormente intercalada com fácies argilosa-siltosa. No período seco de 2019, ocorreu a presença de fácies argilosa-siltosa.

O material verificado para os pontos supracitados tem coloração avermelhada, que são oriundos do material erodido na bacia, influenciado pelo Latossolos vermelhos distroférico, que ocorrem na área de influência do ponto analisado.

Parfait e Erion (2021) constataram que as atividades antropogênicas na bacia hidrográfica provocam a erosão do solo, o que contribui de maneira significativa para a sedimentação do reservatório. Os sedimentos resultantes são transportados pelos rios e acabam por se depositar nos reservatórios.

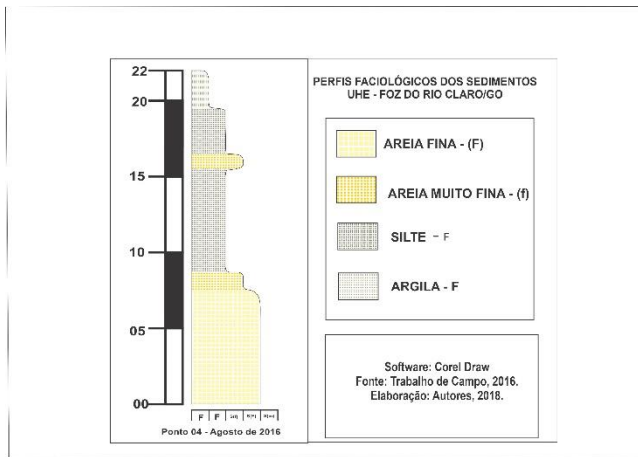


Figura 7 A– testemunho vertical – ponto de amostragem 04, campo de agosto de 2016

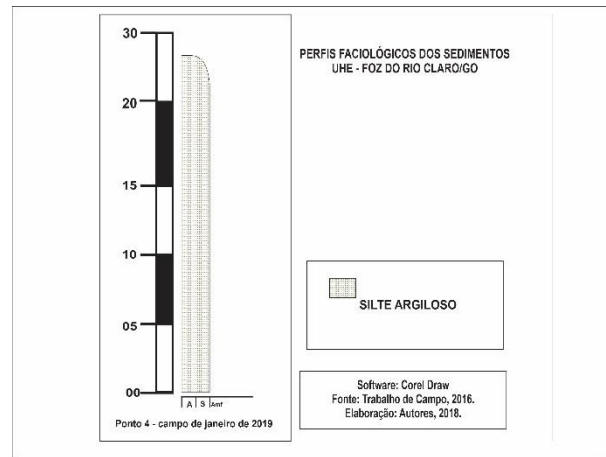


Figura 7 B– testemunho vertical – ponto de amostragem 04, campo de janeiro de 2019.

O ponto 4 se localiza sob a influência do afluente córrego Água Boa, o qual transporta sedimentos oriundos da Formação Vale do Rio do Peixe e Serra Geral. A análise faciológica deste ponto também identificou uma variação granulométrica de granodecrescência, o que pode ser resultado das áreas fontes de sedimentos, como também nas alterações da velocidade de escoamento do curso d'água ocasionado pela sazonalidade pluviométrica e vazão do curso d'água.

Outro ponto de destaque é o 19, que está sob influência do afluente Córrego Alecrim situado na margem esquerda do reservatório, área por onde vem ocorrendo a entrada de material erodido para o curso d'água. Este afluente está passando por um processo erosivo ocasionado pelo livre acesso do gado para dessedentação ao longo de seu curso. (figura 8A e 8B).

Silva et al (2021) verificaram para sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas, que os principais produtores de sedimentos suspensos são áreas sem vegetação e com presença de gado, e sugerem que nestas áreas é necessário o reflorestamento e a melhoria das ações de manejo de pastagens sejam considerados para reduzir a erosão do solo e suas consequências.

A influência antrópica em ambientes de reservatórios também foi objeto de estudo por Parfait e Erion (2021). Suas pesquisas revelaram que as atividades humanas na bacia hidrográfica de Murera, no Quênia, tiveram efeitos significativos na capacidade de armazenamento e na qualidade da água do reservatório de Murera, resultando em impactos negativos nos ecossistemas aquáticos presentes.



Figura 8A – Erosão na margem do córrego Alecrim



Foto 8B – Pisoteio do gado nas margens do afluente.

No decorrer do percurso, conforme maior distanciamento entre as margens, diminuição da velocidade de escoamento e maior tempo de

residência das águas no reservatório, passa a ocorrer a deposição de material argilosos e siltosos.

Nos pontos 05, 06, 07, 08, 09, 11, 12, 16, 17, 20, 21, 22 e 23, ocorre a deposição de material de fácies argiloso-siltoso. A análise das fácies nesses pontos está relacionada às pesquisas desenvolvidas por Cabral et al. (2013) e Nogueira et al. (2015), que identificaram menores concentrações de materiais em suspensão e maior transparência da água nesses locais. Isso favorece a decantação dos materiais de menor granulometria, caracterizando um ambiente lacustre.

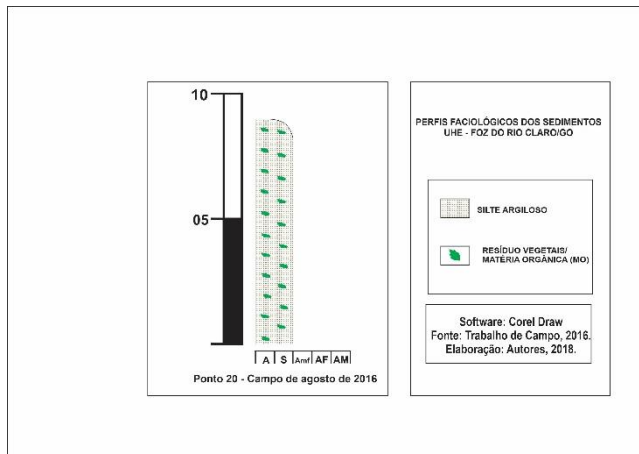


Figura 9 A – testemunho vertical – ponto de amostragem 02, campo de agosto de 2016

Com base nos dados obtidos a partir da análise textural quanto à granulometria, foi possível verificar que, na camada superficial dos sedimentos de fundo do reservatório, predomina a classe de silte, seguida de areia, e argila em menor proporção

Ao se analisar espacialmente os testemunhos verticais e as fácies existentes (Figura 10 A e B), verifica-se que o material sedimentado no reservatório consiste predominantemente de argila e silte com deposição de material arenosas em áreas com alta velocidade de fluxo, demonstrando que a sedimentação diminui no sentido de montante para jusante, sendo as menores profundidades próximas ao remanso e nas áreas de influência dos afluentes sobre o reservatório fato este também verificado por Cabral et al (2010) no reservatório de Cachoeira Dourada (GO); Sotiri, Hilgert e Fuchs (2019) no reservatório de Passauna (PR) e Gentil et al 2021 no reservatório de Caçu (GO).

A maior concentração de areia ocorre na entrada do reservatório, o que se justifica pelo fato da velocidade do escoamento da água ser elevada, apresentar canal mais estreito o que favorece a formação de modelo deposicionais de corrente pois

Entre os testemunhos coletados nos pontos mencionados, destaca-se o ponto 20. Na análise faciológica, observou-se a presença de material argiloso-siltoso e matéria orgânica (Figura 9). Antes da construção do reservatório, esse ponto era uma planície de inundação durante os períodos de cheia, mas após a formação do reservatório, transformou-se em um ambiente lântico, com baixa velocidade de escoamento da água.

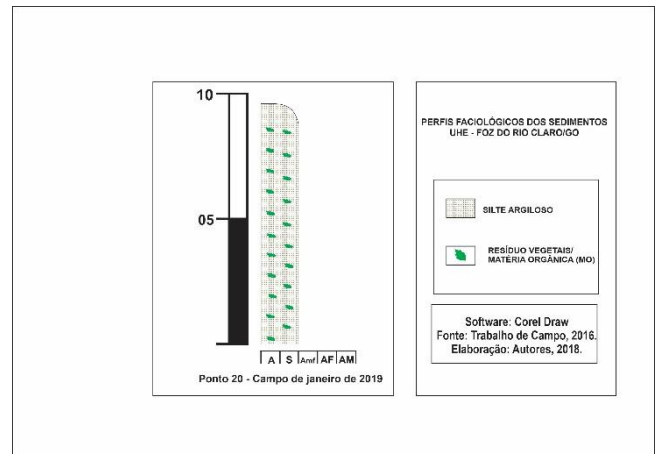


Figura 9 B – testemunho vertical – ponto de amostragem 02, campo de janeiro de 2019

o reservatório mantém características de ambiente lântico, com a deposição de materiais de maiores granulometrias, como areia (Kimmel, Lind e Paulson 1990; Cabral *et al* 2010).

O processo de sedimentação pode resultar na perda da capacidade de armazenamento dos reservatórios, o que, por sua vez, reduz a vida útil dessas estruturas e pode acarretar diversos danos e impactos ambientais. Segundo uma pesquisa conduzida por Perera, D.; Williams, S.; Smakhtin, V. (2023), que analisou a sedimentação de reservatórios em todo o mundo, constatou-se que o Brasil é o segundo país com o maior número de grandes barragens nas Américas, logo atrás dos Estados Unidos. Estima-se que o Brasil perderá 23% de sua capacidade de armazenamento inicial, que é de 600 bilhões de m³, até o ano de 2050. Durante o período de 2022 a 2050, espera-se que o país veja uma redução de 59 bilhões de m³ em seu armazenamento, o que corresponde a aproximadamente 0,35% do armazenamento inicial anualmente.

Os modelos deposicionais de leito compostos por fácies argilosas-siltosas foram verificadas em ambientes com baixa velocidade de escoamento, apresentou canal largo, profundo e e

maior residência da água (Nogueira, 2020). Estas características também foram observadas por Santos e Cunha (2015) e Gentil et al (2021) demonstrando que partículas com os menores diâmetros são sedimentadas nas proximidades da barragem, enquanto as de maiores granulometrias são as primeiras a se depositar na entrada do reservatório.

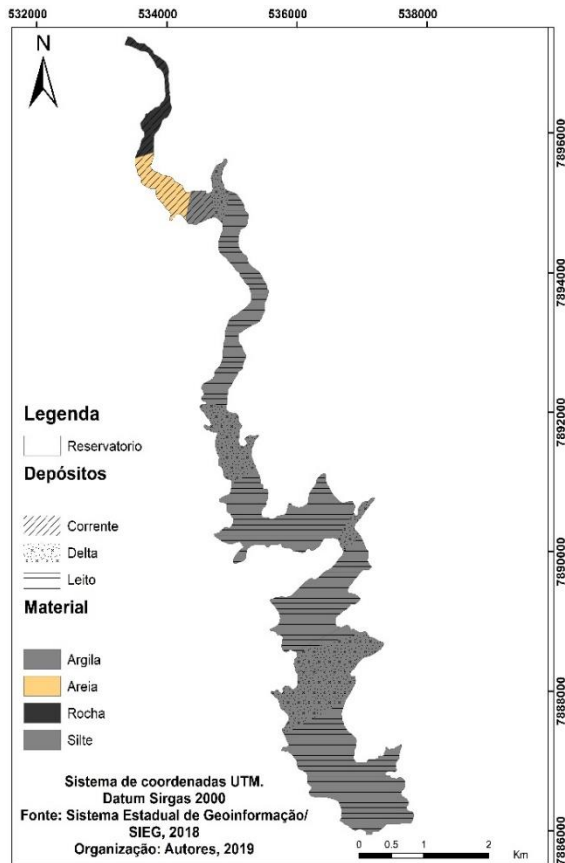


Figura 10A – Distribuição dos tipos de depósitos e fácies do reservatório de Foz do Rio Claro, campo de agosto de 2016.

Os modelos deposicionais de Delta foram verificados nas desembocaduras dos afluentes do reservatório, com presença alternada de sedimentos, com materiais silte-argilosos e arenosos. A deposição dos sedimentos nas áreas de deltas reduz gradualmente o volume útil do reservatório, enquanto que os depósitos de leitos proporcionam o assoreamento do volume morto (Carvalho, 2008, Bábek *et al.*, 2020).

A análise dos testemunhos verticais do reservatório de Foz do rio Claro, demonstraram que a fácies predominante é a F, que representa uma área com depósito de leito com materiais de textura que varia de argila a silte.

Segundo Cabral et al (2013), Schillereff (2015) e Gentil et al (2021), os materiais

depositados em reservatórios são compostos conforme as características geológicas e pedológicas da bacia hidrográfica, sendo as partículas suspensas (silte e argilas) depositadas nas áreas onde ocorre a menor velocidade de escoamento da água, maior largura, transparência e profundidade.

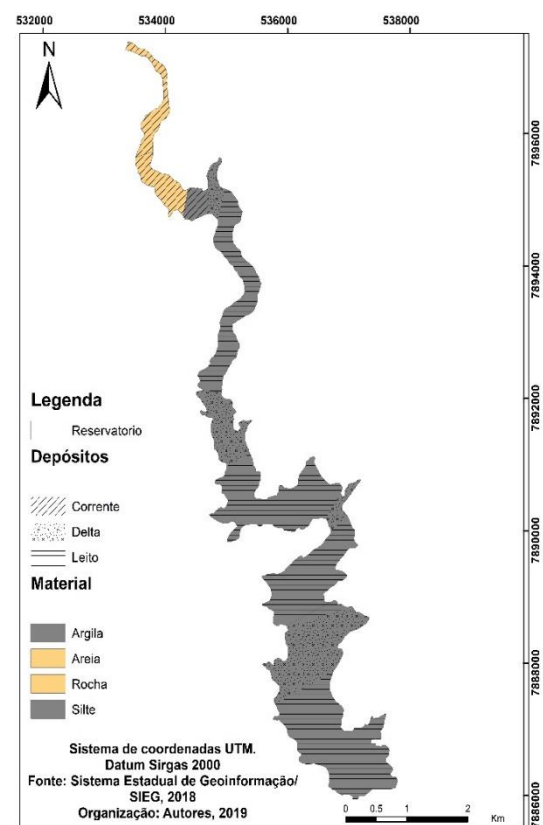


Figura 10B – Distribuição dos tipos de depósitos e fácies do reservatório de Foz do Rio Claro, campo de Janeiro de 2019.

O padrão faciológico e distribuição textural para o reservatório Foz do rio Claro, demonstra um modelo de distribuição dos sedimentos, no qual se verificou materiais de maiores granulometrias nas regiões a jusante (ambiente lótico), e conforme se aproxima da barragem, ocorre o depósito de material de silte e argila tendem.

Por meio da caracterização dos testemunhos verticais e análise faciológica é possível destacar que a deposição dos sedimentos em reservatório está condicionada a circulação e velocidade de escoamento das águas, o qual geralmente é multidimensional e não uniforme, havendo circulações periódicas e permanentes conforme a influência da precipitação, fato este também constatado em pesquisas desenvolvidas

por Yang, Simões (2006), Zanin, Bonumá e Franco (2017).

Conclusão

Com base nos resultados obtidos durante a análise deposicional do reservatório, foi possível identificar e caracterizar os principais depósitos presentes na área. O depósito de corrente foi observado na região de entrada do reservatório, onde a velocidade do fluxo de água é mais intensa. Nessa área, houve uma concentração de sedimentos com texturas granulométricas mais elevadas, indicando a presença de materiais transportados pela corrente.

O depósito de delta foi identificado nas desembocaduras dos afluentes, onde ocorreu a deposição de materiais com uma variação de texturas, desde granulometrias mais elevadas, como areias, até texturas menores, como silte e argila. Essa variação ocorre à medida que a velocidade da água diminui nessa região.

Por outro lado, o depósito de leito foi característico de ambientes lênticos, onde ocorreu a deposição de materiais com texturas menores. A elevada visibilidade da água nessa área indica que a taxa de deposição é maior do que o transporte de sedimentos.

A distribuição granulométrica dos sedimentos no reservatório foi predominantemente silto-arenosa e silte/argilosa, com uma tendência à redução do tamanho das partículas à medida que se aproxima da área de barragem.

Essas conclusões estão em linha com os objetivos do estudo, que visavam investigar os processos sedimentológicos em reservatórios do Cerrado Brasileiro. O modelo de análise da sedimentação proposto por Cabral et al. (2010), adaptado de outras referências, foi fundamental para a classificação das fácies e compreensão dos processos ocorridos no reservatório.

Essa abordagem metodológica permitiu avançar no entendimento dos processos sedimentológicos associados à implantação de empreendimentos hidrelétricos na região, preenchendo uma lacuna de conhecimento existente em relação a esse tipo de investigação em reservatórios do Cerrado Brasileiro.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio do Projeto da Chamada Pública 7/2017 - BOLSAS DE FORMAÇÃO MESTRADO E DOUTORADO CAPES/FAPEG. E com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

Referencias

- ANA. Agência Nacional de Águas. (2018). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe anual. Brasília.
- ANA. Agência Nacional de Águas. (2019). Hidroweb. Recuperado em 07 de abril de 2019, de www.ana.gov.br
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. (2008). Energia hidráulica. In: _____. Atlas da energia elétrica no Brasil (3ª ed., cap. 3, pp. 49-61). Brasília. Recuperado de http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_p_ar2_cap3.pdf
- Bábek, O., Kielar, O., Lend'áková, Z., Mandlíková, K., Sedláček, J., Tolaszová, J. (2020). Reservoir deltas and their role in pollutant distribution in valley-type dam reservoirs: Les Království Dam, Elbe River, Czech Republic. Catena, 184. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816219303935>
- Barcelos, A. A., Ramalho, F. L., Gomes, P. S., Cabral, J. B. P., Camara, M. A. B. (2019). Avaliação da concentração de fósforo e clorofila-a nas águas do reservatório de espora. In R. G. Morato, F. S. Kawakubo, E. Galvani, J. L. S. Ross (Orgs.), Análise Integrada em bacias hidrográficas: estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo (pp. 549-568). São Paulo: Editora FFLCH/USP.
- Bartoszek, L., Gruca-Rokosz, R., Pękala, A., Czarnota, J. (2022). Heavy Metal Accumulation in Sediments of Small Retention Reservoirs—Ecological Risk and the Impact of Humic Substances Distribution. Resources, 11, 113. <https://doi.org/10.3390/resources11120113>
- Bigarella, J. J. (1946-2001). Contribuição ao Estudo da Planície Litorânea do Estado do Paraná. Brazilian. Archives of Biology and Technology an International Journal, Jubilee, 1, 75-111. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S1516-89132001000500005>
- Birro, S. O. G., Ross, J. L. S., Cabral, J. B. P. (2019). Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Corrente/GO, Brasil. In R. G. Morato, F. S. Kawakubo, E. Galvani, J. L. S. Ross (Orgs.), Análise integrada em bacias hidrográficas: estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo (pp. 213-23). São Paulo: Editora FFLCH/USP.

- Bondarik, R., Pilatti, L. A., & Horst, D. J. (2018). Uma Visão Geral Sobre O Potencial Renováveis No Brasil. *Interciencia*, 43(October), 680–688.
- Braga, C. C., 2017. Análise espaço-temporal dos processos hidrossedimentológicos e sedimentação no reservatório da UHE Caçu. Goiânia: *Tese de Doutorado* (Geografia) -Universidade Federal de Goiás –Instituto de Estudos Socioambientais UFG/IESA.
- Braga, C. C. (2017). Análise espaço-temporal dos processos hidrossedimentológicos e sedimentação no reservatório da UHE Caçu. (Tese de Doutorado, Geografia). Universidade Federal de Goiás – Instituto de Estudos Socioambientais UFG/IESA, Goiânia.
- Braga, C. C., Cabral, J. B. P., Lopes, S. M. F., Oliveira, S. F., Rocha, I. R. (2018). Qualidade dos sedimentos em relação à presença de metais pesados no reservatório da usina hidrelétrica de Caçu - GO. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 11, 959-972. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.3.p959-972>
- Cabral, J. B. P., Nogueira, P. F., Becegato, V. A., Becegato, V. R., & Paulino, A. T. (2021). Environmental assessment and toxic metal-contamination level in surface sediment of a water reservoir in the Brazilian Cerrado. *Water* (Switzerland), 13(8). <https://doi.org/10.3390/w13081044>
- Cabral, J. B. P., Wachholz, F., Becegato, V. A., Nascimento, E. S. (2013). Diagnóstico hidrossedimentológico do reservatório da UHE Caçu-GO. *GeoFocus* (informes y aplicaciones), 13(1), 25-37. ISSN: 1578-5157.
- Cabral, J. B. P., Fernandes, L. A., Becegato, V. A., Silva, S. A. da. (2010). Caracterização sedimentológica dos modelos deposicionais do reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG. *Geosul*, 25(50), 175-198. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2010v26n50p175>
- Cabral, J. B. P. (2006). Análise da sedimentação e aplicação de métodos de previsão para tomada de medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento no reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Paraná – Setor de Ciências da Terra, Curitiba.
- Carlstron Filho, C., Gimenez, A. F., Pires Neto, A. G., Pradini, L. F., Melo, M. S., Fulfaro, V. J., Ponçano, W. L. (1981). Metodologia para estudos de assoreamento de reservatórios (II): reservatórios de Passo Real e Ernestina, RS. In *Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*, 1981, Itapema. *Anais do III Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia* (2, 143-161). São Paulo: ABGE.
- Carvalho, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia prática*. Interciência.
- Carvalho, N. O., Júnior, N. P. F., Santos, P. M. C., Lima, J. E. F. W. (2000). *Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios da Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL*. Brasília: ANEEL. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia_ava_port.pdf
- Collischonn, B., Clarke, R. T. (2016). Estimativa e incerteza de curvas cota-volume por meio de sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 21(4), 719-727. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011616022>
- Consilium Meio Ambiente e Projeto. (2007). *Relatório Semestral Do Pacuera da Usina Hidrelétrica Foz do Rio Claro. Plano Ambiental De Controle e Uso do Entorno de Reservatórios Artificiais UHE Foz do Rio Claro*.
- Daus, M., Koberger, K., Koca, K., Beckers, F., Encinas Fernández, J., Weisbrod, B., Dietrich, D., Gerbersdorf, S. U., Glaser, R., Haun, S. (2021). *Interdisciplinary Reservoir Management—A Tool for Sustainable Water Resources Management*. *Sustainability*, 13, 4498. <https://doi.org/10.3390/su13084498>
- Erena, M., Atenza, J. F., García-Galiano, S., Domínguez, J. A., & Bernabé, J. M. (2019). Use of drones for the topo-bathymetric monitoring of the reservoirs of the Segura River Basin. *Water* (Switzerland), 11(3). <https://doi.org/10.3390/w11030445>
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1997). *Manual de métodos de análises de solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
- Ferreira, C. W., Araújo, M. do S. B. de. (2015). Influência do Uso do Solo e da Drenagem no Transporte de Sedimentos para um Reservatório de Água no Semiárido de Pernambuco [Influence of Land Use and Drainage on Sediment Transport for a Water Reservoir in Pernambuco Semiarid]. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7(6), 1229-1243. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v7.6.p1229-1243>
- Gentil, B. W., Ramalho, F. L., Braga, C. C., Barcelos, A. A. De., Cabral, J. B. P. (2021). Diagnóstico Batimétrico do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Caçu-GO. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(3), 1541-1558.

- <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.3.p1541-1558>
- Gomes, P. S., Cabral, J. B., Barcelos, A. A. de., Ramalho, F. L. M., Rocha, I. R. da., Filho, W. P. (2022). Avaliação espaço-temporal de constituintes opticamente ativos e caracterização espectral das águas de um reservatório no cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(5), 2654-2670.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2654-2670>
- ICOLD, & CIGB. (2019). *Sediment Management In Reservoirs: National Regulations and Case Studies - Draft*. February.
- Iradukunda, P., Sang, J. K., Nyadawa, M. O., Maina, C. W. (2020). Sedimentation Effect on the Storage Capacity in Lake Nakuru, Kenya. *Journal of Sustainable Research in Engineering*, 51, 149–158. Retrieved from <https://jsre1.jkuat.ac.ke/index.php/jsre/article/view/97>
- Kamagate, A., Koffi, Y., Ahoussi, K., Kouassi, M., Ehui, H., Yao, K., Diallo, S. (2020). Sedimentary Inputs and Morphology Characterization of the Bottom Agropastoral Lake of Nafoun (North Ivory Coast). *Journal of Water Resource and Protection*, 12, 389-400. doi:10.4236/jwarp.2020.125023
- Kimmel, B. L., Lind, O. T., Paulson, L. J. (1990). Reservoir primary production. In: Thornton, K. W., Kimmel, B. L., Payne, F. E. (Eds.). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York: John Wiley & Sons, 133-193.
- Klajdi, S., Stephan, H., Stephan, F. (2019). Sediment classification in a Brazilian reservoir: Pros and cons of parametric low frequencies. *Advances in Oceanography and Limnology*, 10, 1-14. <https://doi.org/10.4081/aiol.2019.7953>
- Lee, F.-Z., Lai, J.-S., & Sumi, T. (2022). Reservoir Sediment Management and Downstream River Impacts for Sustainable Water Resources—Case Study of Shihmen Reservoir. *Water*, 14(3), 479. <https://doi.org/10.3390/w14030479>
- Lopes, R. M., & Mariano, Z. De F. (2018). Análise dos Episódios de Verão e Inverno na Área de Influência dos Reservatórios Caçu e Barra dos Coqueiros-GO. *Geoambiente Online Revista Eletrônica Do Curso De Geografia - UFG/REJ*. Retrieved from <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/52925>
- Lopes, J. W. B., & de Araújo, J. C. (2019). Simplified Method for the Assessment of Siltation in Semiarid Reservoirs Using Satellite Imagery. *Water*, 11(5), 998. <http://dx.doi.org/10.3390/w11050998>
- Mathlouthi, M., & Lebdi, F. (2018). Estimation of sediment deposits in the Ghézala reservoir in northern Tunisia. *Proc. IAHS*, 377, 35–40. <https://doi.org/10.5194/piahs-377-35-2018>
- Mamede, G. L., Guentner, A., Medeiros, P. H. A., de Araújo, J. C., & Bronstert, A. (2018). Modeling the Effect of Multiple Reservoirs on Water and Sediment Dynamics in a Semiarid Catchment in Brazil. *Journal of Hydrologic Engineering*, 23(12), 1–13
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)he.1943-5584.0001701](https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0001701)
- Miall, A. D. (1977). A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Science Reviews*, 13, 1-62. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(77\)90055-1](https://doi.org/10.1016/0012-8252(77)90055-1)
- Miall, A. D. (1988). Fluvial sedimentology: An historical review. In D. Miall (Ed.), *Fluvial sedimentology* (pp. 1-47). Canadian Society of Petroleum Geologists.
- Ministério do Meio Ambiente. (2017). Renováveis devem manter participação de 43% na matriz energética de 2017. MME, Brasília. Retrieved from http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/
- Morris, G. L., & Fan, J. (1997). *Reservoir sedimentation handbook: Design and management of dams, reservoirs, and watersheds for sustainable use*. New York: McGraw-Hill.
- Nogueira, P. F., Cabral, J. P. B., Oliveira, S. F., & Rocha, I. R. (2015). Eutrofização No Reservatório Da UHE Foz Do Rio Claro (Go). *Revista do Departamento de Geografia – USP*.
- Nogueira, P. F., Cabral, J. B. P., & Câmara, M. A. B. (2021). Avaliação qualitativa do risco de poluição por metais potencialmente tóxicos nos sedimentos do empreendimento hidrelétrico de Foz do Rio Claro. *Revista Do Departamento de Geografia – USP*, 41(1). <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.172916>
- Obialor, C. A., Okeke, O. C., Onunkwo, A. A., Fagorite, V. I., & Ehujuo, N. N. (2019). Reservoir Sedimentation: Causes, Effects, And Mitigation. *International Journal of Advanced Academic Research Sciences, Technology and Engineering*, 5(10).
- Oliveira, W. F. de, Sá, R. A., & Leite, M. E. (2016). Dinâmica do uso e ocupação do solo na área de drenagem do reservatório de abastecimento do

- sistema Juramento/MG. Caminhos de Geografia, 17(57), 92–106. <https://doi.org/10.14393/RCG175706>
- Oliveira, S. F., Cabral, J. B. P., Braga, C. C., Barcelos, A. A., & Nogueira, P. F. (2018). Análise textural e classificação dos modelos deposicionais em reservatório de empreendimento hidrelétrico. In R. G. Morato, F. S. Kawakubo, E. Galvani, & J. L. S. Ross (Eds.), *Análise integrada em Bacias hidrográficas: Estudos comparativos em distintos uso e ocupação* (Vol. 1, pp. 385-408). São Paulo - SP: USP.
- Oliveira, S. F., Cabral, J. B. P., Braga, C. C., & Nogueira, P. F. (2018). Aplicação do modelo de fragilidade ambiental na área de influência do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (GO). In S. M. Benini & J. A. R. de G. Rosin (Eds.), *A questão ambiental em debate* (2nd ed., pp. ??). Tupã - SP: ANAP.
- Iradukunda, P., & Bwambale, E. (2021). Reservoir sedimentation and its effect on storage capacity – A case study of Murera reservoir, Kenya. *Cogent Engineering*, 8(1), 1917329. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1917329>
- Perera, D., Williams, S., & Smakhtin, V. (2023). Present and future losses of storage in large reservoirs due to sedimentation: A country-wise global assessment. *Sustainability*, 15, 219. <https://doi.org/10.3390/su15010219>
- Pes, M. P., Pereira, E. B., Marengo, J. A., Martins, F. R., Heineman, D., & Schmidt, M. (2017). Climate trends on the extreme winds in Brazil. *Renewable Energy*, 109(C), 110-120.
- Poçano, W. L., Gimenes, A. F., Leite, A. A. G., Carlstron Filho, C., Pradini, F. L., & Melo, M. S. de. (1981). Metodologia para estudo de assoreamento de reservatório (III): Roteiro para estudo de reservatórios no sul e sudeste brasileiro. In CBGE, 3, Itapema (SC), anais, São Paulo, ABGE (2, pp. 331-353).
- Queiroz, W. D., Oliveira, A. M. S., Rossi, M., Saad, A. R., & Andrade, M. R. M. (2015). Análise Geoambiental da Bacia do Guarapiranga, Região Metropolitana de São Paulo, para uma Avaliação da Produção de Sedimentos e Assoreamento do Reservatório Correspondente Paulo: Produção de Sedimentos e Assoreamento do Reservatório. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 16(1), 89-105. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v16i1.605>
- Rocha, G. A., Ianniruberto, M., Baptista, G. M. De M., & Carneiro, K. B. R. (2017). Identificação de Feições Geológicas, Geomorfologicas e Antrópicas do Reservatório de São Simão Utilizando Batimetria Multifeixe. *Revista Brasileira de Cartografia*, 69(2), 401-409. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44026>
- Santos, E., & Cunha, A. (2015). Análise de Cenários Hidrossedimentométricos para Estimar taxas de assoreamento e vida útil do reservatório da UHE Cachoeira Caldeirão no Rio Araguari/AP-Brasil. *Biota Amazônia*, 5(3), 88–97. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n3p88-97>
- Schillereff, D. N. (2015). A review of in situ measurement techniques for investigating suspended sediment dynamics in lakes. *Geomorphological Techniques*. Chap. 3, Sec. 7.1. ISSN 2047-0371.
- Schleiss, A. J., Franca, M. J., Juez, C., & Cesare, G. De. (2016). Reservoir sedimentation. October 2017. <https://doi.org/10.1080/00221686.2016.1225320>
- SIEG. Sistema Estadual de Estatísticas Informações Geografias de Goiás. (n.d.). Recuperado de <http://www.sieg.go.gov.br>
- Silva, M. S., Cavalcane, R. L., Martins, P. W. S. F., Junior, R. O. S., Pontes, R. D., & Rocha, E. J. P. (2021). Comparison of sediment rating curves and sediment yield in subbasins of the Itacaiúnas River Watershed, Eastern Amazon. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 26, 1-20. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.2621202100009>
- Silvestre, D. Da C., Fambrin, G. L., & Costa, I. C. (2020). Análise Faciológica, Sistemas Depositionais e Estratigrafia de Sequências da Formação. *Anuário do Instituto de Geociencias*. Disponível em: https://doi.org/10.11137/2020_4_34_47
- Simões, F. J. M., & Yang, C. T. (2006). Sedimentation Modeling for Rivers and Reservoirs. In *Erosion and Sedimentation Manual*. U. S. Department of the Interior - Bureau of Reclamation, 34–59.
- Sotiri, K., Hilgert, S., & Fuchs, S. (2019). Sediment classification in a Brazilian reservoir: Prons and cons of parametric low frequencies: Parametric echo sounders for sediment classification. *Advances in Oceanography and Limnology*, 10(1), 14. Disponível em: <https://doi.org/10.4081/aiol.2019.7953>
- Stevaux, J. C. (1993). O Rio Paraná: Geomorfogênese, sedimentação e evolução

- quaternária do seu curso superior (Região de Porto Rico, PR). São Paulo. Tese de Doutorado. USP - Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências.
- Suguio, K., Martins, L., Bittencourt, A. C. S. P., Dominguez, J. M. L., Flexor, J. M., & Azevedo, A. E. G. de. (1985). Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15(4), 273-286.
- Teixeira, E. K. C., Rincon, A. V., Coelho, M. M. L. P., Saliba, A. P. M., Pinto, E. J. A., & Furtado, L. M. (2020). Methodology for physical modeling of reservoir sedimentation. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25, e27, 1-11. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190093>
- Tolmasquim, M. T. (2005). *Geração de Energia Elétrica no Brasil*. Interciência: CENERGIA.
- Zanin, P. R., Bonumà, N. B., & Franco, D. (2017). Comportamento hidrossedimentológico de bacia hidrográfica com reservatório. *Geociências*, 36(1), 185-203.