



Caracterização geoambiental: efeitos das práticas de uso da terra na reflectância da água em reservatórios instalados nos Rios Claro e Corrente (GO)

Ana Karoline Ferreira dos Santos¹, João Batista Pereira Cabral²

Universidade Federal de Goiás, e-mail: karoljti.santos@gmail.com

Universidade Federal de Jataí, e-mail: jbcabral2000@yahoo.com.br (autor correspondente)

Artigo recebido em 17/10/2024 e aceito em 04/04/2025

RESUMO

O cerrado, com sua biodiversidade e paisagens distintas, enfrenta desafios na conservação dos recursos hídricos devido aos impactos das práticas de uso da terra. O objetivo deste estudo foi analisar como fatores geoambientais e práticas de uso da terra influenciam a reflectância bidirecional da água nos reservatórios das UHEs localizadas nas bacias dos rios Claro (Caçu, Barra dos Coqueiros e Foz do Rio Claro) e Corrente (Espora), na região sul de Goiás. A pesquisa utilizou técnicas de sensoriamento remoto para mapear as características físicas e de uso e ocupação da terra. A reflectância foi medida com um espectrorradiômetro FieldSpec® Hand Held (400-900 nm) nos reservatórios das UHEs Barra dos Coqueiros (40 pontos), Caçu (35 pontos) e Foz do Rio Claro (23 pontos) durante janeiro/fevereiro e julho/agosto de 2016 e 2017. Na UHE Espora, as amostras foram coletadas em 35 pontos durante agosto/novembro de 2017 e janeiro/abril de 2018. Os resultados evidenciam a complexidade geoambiental da região, resultante da interação entre fatores geológicos, pedológicos, pluviométricos, topográficos e práticas de uso da terra. A geologia é essencial na definição das geounidades, como as formações Marília (arenito conglomerático), Vale do Rio do Peixe (arenito) e Serra Geral (basalto). Essa diversidade geológica influencia a composição dos solos e declividades, que favorecem a agricultura e a pastagem. A conversão de áreas nativas para agropecuárias leva à perda de biodiversidade e ao aumento da erosão, com elevação da Concentração de Sólidos em Suspensão (CSS) e da Clorofila-a (Chl-a) na água, interferindo na reflectância bidirecional, especialmente nas bandas verdes e vermelhos do espectro eletromagnético. Portanto, a preservação das áreas nativas e o monitoramento da qualidade da água são essenciais para a integridade dos recursos hídricos e a sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Geologia, Solos; Geounidade; Comportamento espectral da água.

Geoenvironmental characterization: effects of land use practices on water reflectance in reservoirs installed on the Claro and Corrente rivers (GO)

ABSTRACT

The Cerrado, with its biodiversity and distinct landscapes, faces challenges in water resource conservation due to the impacts of land use practices. The aim of this study was to analyze how geoenvironmental factors and land use practices influence the bidirectional reflectance of water in the reservoirs of the UHEs located in the basins of the Claro (Caçu, Barra dos Coqueiros, and Foz do Rio Claro) and Corrente (Espora) rivers in the southern region of Goiás. The research used remote sensing techniques to map the physical characteristics and land use and occupation. Reflectance was measured with a FieldSpec® Hand Held spectroradiometer (400-900 nm) in the reservoirs of the UHEs Barra dos Coqueiros (40 points), Caçu (35 points), and Foz do Rio Claro (23 points) during January/February and July/August of 2016 and 2017. In the UHE Espora, samples were collected at 35 points during August/November of 2017 and January/April of 2018. The results highlight the geoenvironmental complexity of the region, resulting from the interaction of geological, pedological, pluviometric, topographic factors, and land use practices. Geology is essential in defining geounits, such as the Marília formations (conglomerate sandstone), Vale do Rio do Peixe (sandstone), and Serra Geral (basalt). This geological diversity influences soil composition and slopes, which favor agriculture and grazing. The conversion of native areas to agro-pastoral use leads to biodiversity loss and increased erosion, with higher Suspended Solids Concentration (SSC) and Chlorophyll-a (Chl-a) in the water, interfering with bidirectional reflectance, especially in the green and red bands of the electromagnetic spectrum. Therefore, the preservation of native areas and water quality

monitoring are essential for the integrity of water resources and environmental sustainability.

Keywords: Geology, Soils; Geounit; Spectral behavior of water

Introdução

A abordagem geoambiental envolve a análise integrada das interações entre elementos geológicos, geomorfológicos, climáticos, biológicos e padrões de uso da terra em ambientes específicos, como as bacias hidrográficas. Essa perspectiva investiga as características naturais do ambiente, bem como as atividades antrópicas que influenciam na qualidade da água, diversidade biológica e outros impactos ambientais.

No contexto dessas interações, a evapotranspiração emerge como um processo fundamental no ciclo da água, que envolve a conversão da água em vapor a partir da superfície do solo e das plantas, liberando-a para a atmosfera por meio da evaporação e transpiração. A modificação do uso da terra, que inclui o desmatamento e a conversão para a agricultura, impacta diretamente a evapotranspiração, padrões hidrológicos e resulta em alterações nas condições ambientais (Martins e Galvani, 2022).

A remoção da vegetação natural resultante das práticas de uso da terra tende a provocar o aumento do escoamento superficial e à alteração dos padrões de infiltração da água no solo. Esta modificação é particularmente evidenciada no estudo de Cabral et al. (2023) que destacou a associação das práticas de uso da terra no bioma do cerrado com a contaminação por metais tóxicos nos sedimentos do reservatório da Usina Hidrelétrica Foz do Rio Claro (GO). A pesquisa revelou que os sedimentos no reservatório são classificados como moderadamente a extremamente poluídos, o que evidencia a necessidade imediata de implementar técnicas eficazes de monitoramento do uso da terra e da água para reduzir a erosão e o transporte de sedimentos contaminados para os cursos d'água.

As técnicas de sensoriamento remoto são eficazes para monitorar a cobertura do solo em vastas extensões espaciais, e seus impactos na qualidade da água (Mashala et al. 2023). Além disso, o sensoriamento remoto é fundamental para avaliar cenários futuros das mudanças na cobertura da terra e contribui para a gestão sustentável dos recursos ambientais (Jovino et al. 2024).

Dessa forma, práticas como agricultura, urbanização e desmatamento afetam o comportamento espectral da água, sendo a reflectância bidirecional varia conforme a concentração de clorofila-a, sólidos em suspensão

e outras partículas na água. Pierzchała (2024) destaca que a presença de clorofila-a altera significativamente o espectro de reflectância, especialmente nas regiões verde e vermelha.

Nessa perspectiva, o objetivo deste estudo foi analisar como fatores geoambientais e práticas de uso da terra influenciam a reflectância bidirecional da água nos reservatórios das Usinas Hidrelétricas (UHES) localizadas nas bacias dos rios Claro (Caçu, Barra dos Coqueiros e Foz do Rio Claro) e Corrente (Espora), na região sul de Goiás.

As UHES instaladas no rio Claro encontram-se em uma região que enfrenta desafios significativos, devido ao avanço intensivo da agropecuária nas margens dos cursos hídricos.

Material e métodos

A área de estudo abrange as bacias hidrográficas influenciadas pelos reservatórios das usinas hidrelétricas localizadas nos rios Claro, incluindo as UHES Caçu, Barra dos Coqueiros e Foz do Rio Claro, e no rio Corrente, com a UHE Espora. A delimitação técnica de cada bacia hidrográfica foi realizada com base em dados de radar da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, [TOPODATA], 2024). O procedimento técnico utilizou o software ArcGIS 10.5®, licenciado para o Laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Jataí (UFJ).

Na bacia hidrográfica do rio Claro, é observado um arranjo de reservatórios sequenciais, conforme ilustrado na figura 1, com a UHE Caçu posicionada a montante, seguida pela UHE Barra dos Coqueiros e, a jusante, pela UHE Foz do rio Claro (GO). Já a UHE Espora está localizada no rio Corrente. Essa disposição geográfica permite um fluxo contínuo de água, que contribui para criar condições ideais para a otimização da geração de energia hidrelétrica. A Usina Hidrelétrica (UHE) Espora encontra-se no rio Corrente, entre os municípios de Aporé e Serranópolis, na divisa entre Goiás e Mato Grosso do Sul (Figura 1). O rio Corrente, conhecido pelo seu potencial energético, é formado pela confluência dos rios Formoso e Jacuba, cujas nascentes estão localizadas no Parque Nacional das Emas (PNE).

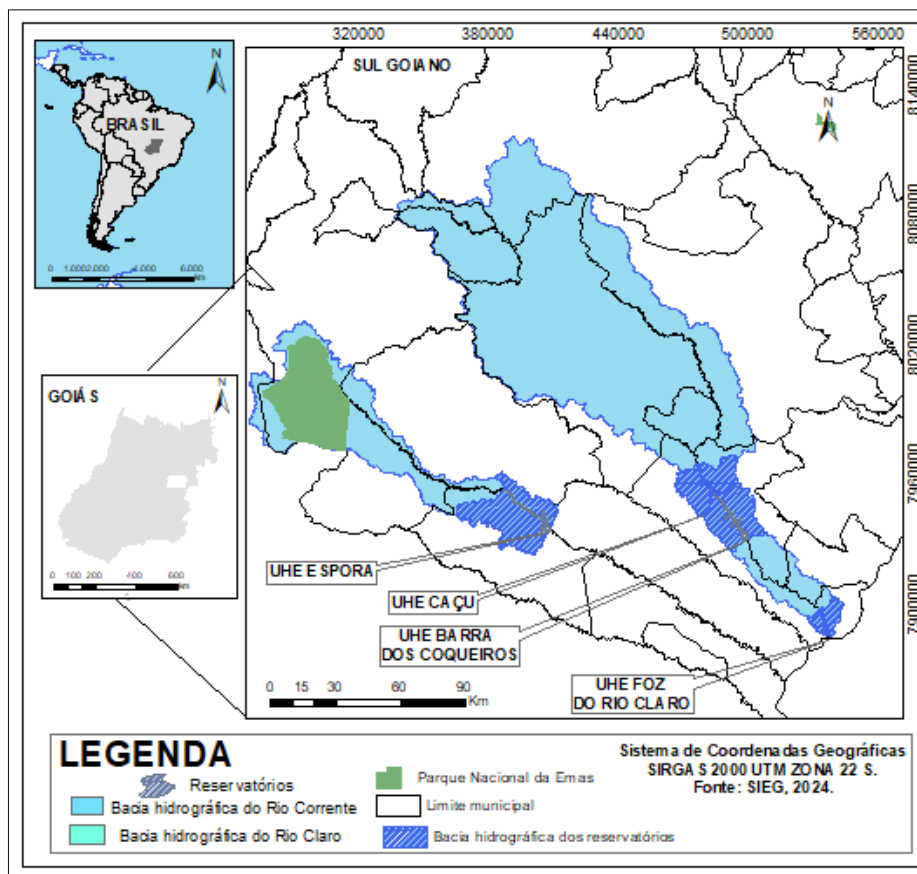


Figura 1. Mapa de localização das bacias hidrográficas das UHEs Caçu, Barra dos Coqueiros, Foz do rio Claro (Área do rio Claro/GO). E UHE Espora (Área do rio Corrente/GO).

As informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas foram obtidas de bases de dados no formato shapefile (shp), fornecidas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e pelo Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG). Essas bases de dados, com escala de 1:250.000, foram inicialmente projetadas usando o Datum WGS 1984 e o fuso 22 sul, e posteriormente convertidas para o sistema SIRGAS 2000 UTM Zona 22 S.

Para criar o mapa de declividade e o perfil topográfico foram utilizados dados da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), obtidos do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil - TOPODATA, com resolução de 30 metros.

A elaboração dos perfis foi através do software ArcGIS 10.5®, com o auxílio da extensão 3D Analyst. O arquivo em formato “Geotiff” foi processado através da ferramenta “Interpolate Line”, seguida pela criação de um transecto no modelo digital do terreno, ao longo da direção sudoeste para nordeste (SO-NE), em relação à montante do reservatório. Os perfis topográficos foram visualizados no “Profile Graph”, sendo destacado os pontos de cotas altimétricas juntamente com as distâncias e altitudes

correspondentes. Para a edição e análise detalhada do gráfico, foi utilizada a ferramenta “Advanced Properties”.

As unidades estruturais foram identificadas no software CorelDraw, e as características físicas foram sobrepostas, com a identificação das formações geológicas conforme a escala de tempo geológico. Em seguida, foram adicionadas as classes de solos e unidades geomorfológicas ao perfil estrutural. A apresentação final dos perfis topográficos incluiu uma seção transversal a montante e outra a jusante das UHEs Caçu, Barra dos Coqueiros e Foz do Rio Claro. Além disso, foram geradas uma seção vertical à direita e uma seção vertical à esquerda para a área da UHE Foz do Rio Claro.

O clima das áreas das bacias hidrográficas das UHEs Caçu, Barra dos Coqueiros, Foz do Rio Claro e Espora é classificado como tipo “Aw” no sistema de Köppen, característico de regiões tropicais, com temperaturas médias iguais ou superiores a 18°C e estação seca no inverno (Alvares, et al. 2013). A análise da distribuição pluviométrica utilizou dados médios mensais de 2008 a 2018 fornecidos pela ANA (Agência Nacional da Águas [ANA], 2018), com estações localizadas próximas às bacias dos rios Claro e Corrente, conforme Figura 2.

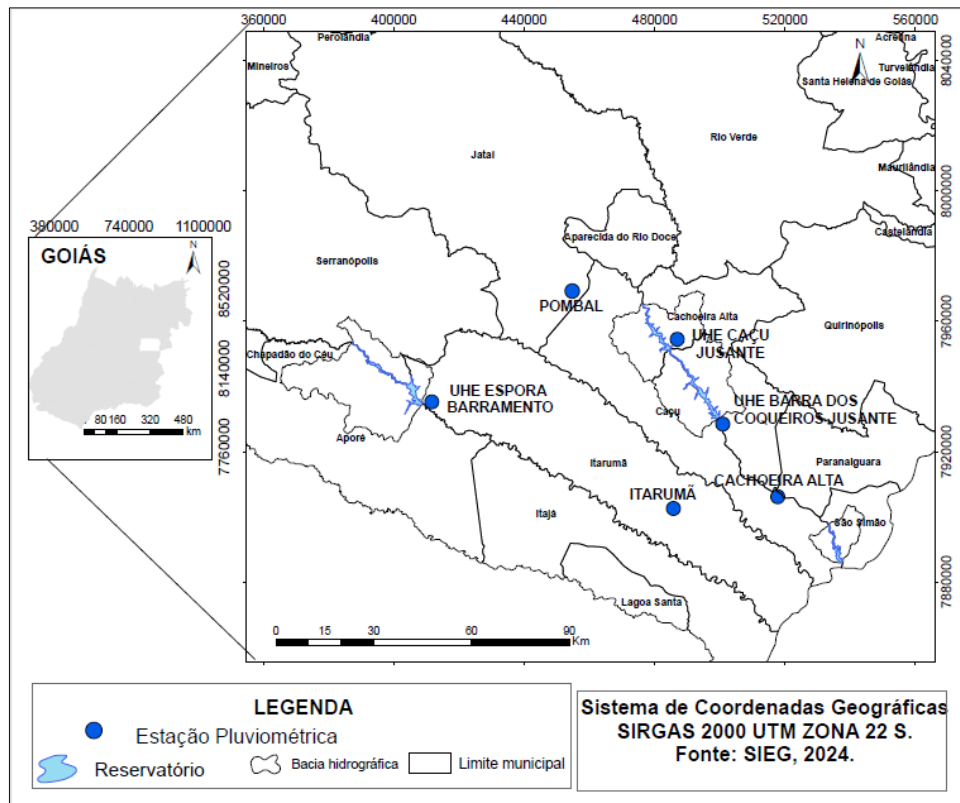


Figura 2. Estações pluviométricas instaladas na região hidrográfica do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, UHE Caçu, UHE Foz do Rio Clara e UHE Espora.

A análise de uso e ocupação da terra foi realizada com imagem do Sentinel-2 (10 m) de 10/10/2018, obtida gratuitamente via SIEG, que cobriu o Sudoeste Goiano e Quirinópolis. Os dados foram selecionados pela alta qualidade e baixa cobertura de nuvens. O mapa foi processado no ArcGIS 10.5® com a ferramenta "Composite Bands", com bandas NIR, RED e GREEN para compor o RGB. A classificação não supervisionada ("Iso Cluster Unsupervised") agrupou pixels em 300 classes espectrais, avaliadas visualmente com suporte do Google Earth.

As correções nos polígonos de incerteza foram feitas por meio da ferramenta "Field Calculator" para ajustar atributos e reclassificar as classes conforme necessário, seguindo o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2020).

Com base na caracterização geoambiental e nas práticas de uso da terra na área delimitada neste estudo, foram identificadas interferências nas propriedades ópticas, especialmente na reflectância bidirecional da água. A reflectância foi medida usando um espectrorradiômetro portátil de campo, modelo FieldSpec® Hand Held, na faixa espectral de 400 nm a 900 nm.

Na análise da influência da precipitação sobre as propriedades ópticas dos corpos d'água,

foram coletadas amostras de reflectância em diferentes UHEs (Barra dos Coqueiros, Caçu, Foz do Rio Claro e Espora) durante períodos de maior (janeiro/fevereiro) e menor (julho/agosto) precipitação pluviométrica no cerrado brasileiro entre 2016, 2017 e 2018. Os valores de reflectância analisados corresponderam aos máximos obtidos em cada reservatório, que foram associados as características físicas e antrópicas locais.

Resultados e discussão

As UHEs Barra dos Coqueiros e Foz do Rio Claro (rio Claro) abrangem formações geológicas como Vale do Rio Peixe, Serra Geral e Depósitos Aluvionares. No rio Corrente, destacam-se as formações Cobertura Detrítica Indiferenciada e Cachoeirinha. A Formação Vale do Rio Peixe, predominantemente no rio Claro, é composta por depósitos arenosos sobre os basaltos da Serra Geral (Figura 3).

As rochas da Formação Vale do Rio Peixe (figura 3), ricas em calcários, dissolvem-se facilmente em águas ácidas ou levemente ácidas. Segundo Brahane e Mekonen (2024), essa dissolução libera cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), aumentando a condutividade elétrica e impactando os parâmetros físico-químicos da água

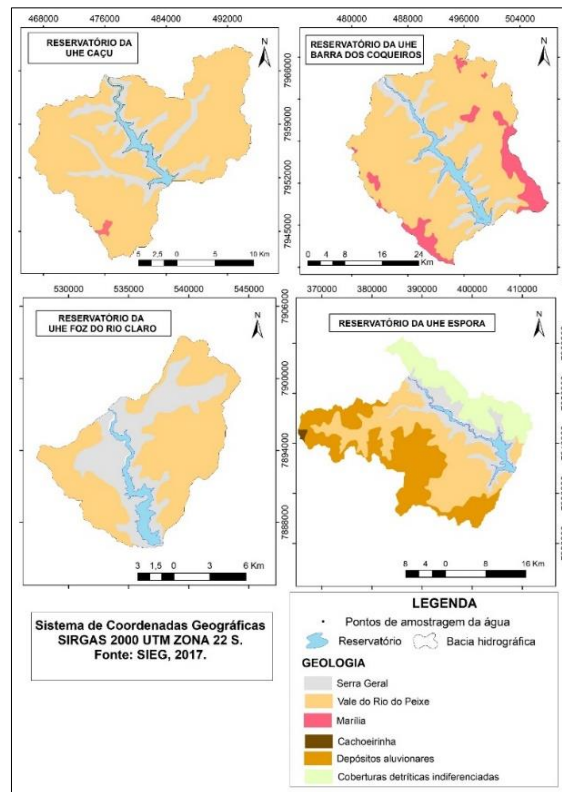


Figura 3. Geologia das bacias hidrográficas das UHEs: Caçu, Barra dos Coqueiros, Foz do rio Claro e Espora.

A Formação Serra Geral, composta por basaltos vulcânicos, influencia a textura e a fertilidade dos solos. Nessas bacias, predominam os Latossolos Vermelhos, profundos e ricos em ferro, mas com alta acidez, que exige correção com

calcário para melhorar a produtividade agrícola. Conforme a Figura 4, os solos Argissolos e Neossolos encontram-se na região em menores extensões, além disso, esses solos são adequados para a agricultura após correções específicas.

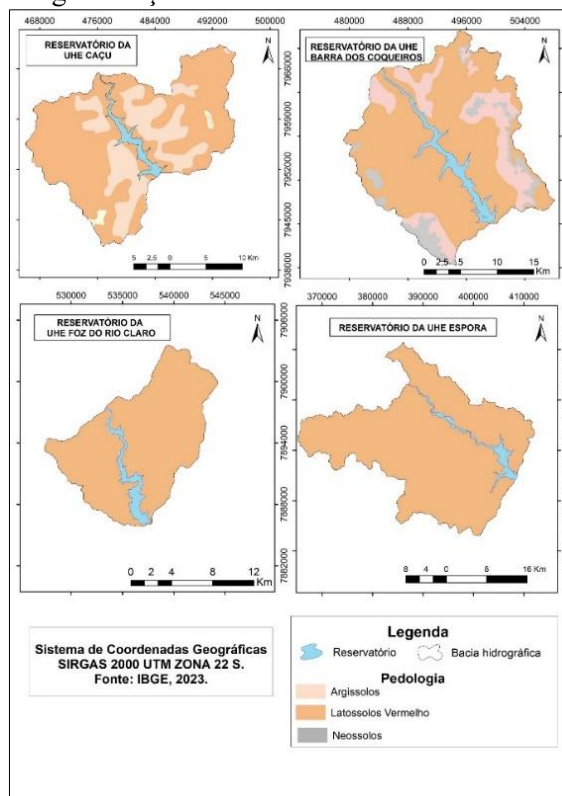


Figura 4. Pedologia das bacias hidrográficas das UHEs: Caçu, Barra dos Coqueiros, Foz do rio Claro e Espora.

Os reservatórios das UHEs Caçu, Barra dos Coqueiros, Foz do Rio Claro e Espora são marcados pelas Superfícies Regionais de Aplainamento (SRA). A SRA II predomina nas bordas das bacias de Caçu e Barra dos Coqueiros;

a SRA III, entre 550 e 850 m, associada às formações Serra Geral e Vale do Rio do Peixe; e a SRA IV está na bacia da UHE Foz do Rio Claro. A Zona de Erosão Recuante (ZER) ocorre de forma limitada na bacia da UHE Espora (Figura 5).

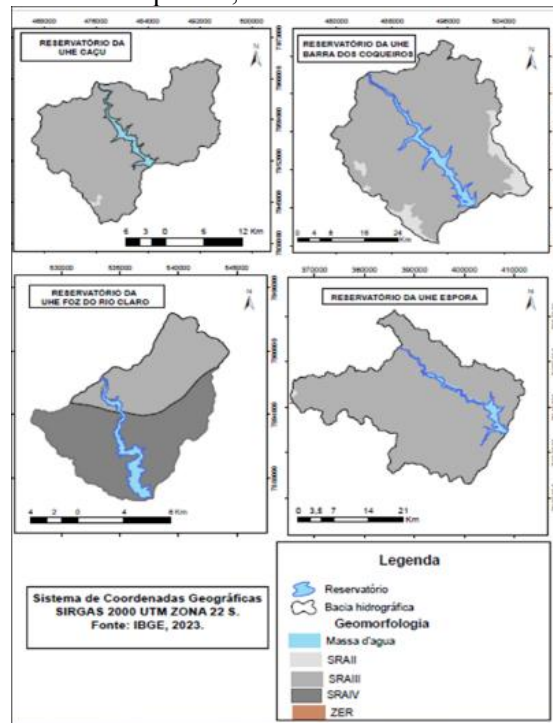


Figura 5. Geomorfologia das bacias hidrográficas das UHEs: Caçu, Barra dos Coqueiros, Foz do rio Claro e Espora.

O relevo plano e ondulado dos rios Claro e Corrente favorecendo a agricultura, como destaca Az Ab'Saber (2003). Neto et al. (2024) destacam que a expansão agrícola no Cerrado intensifica conflitos com a fauna, como a queixada, um

mamífero silvestre, que invade plantações de milho devido à perda de habitat. Essa dinâmica reforça a necessidade de manejo sustentável para equilibrar a conservação e a produção agrícola, especialmente nas bacias das UHEs (Figura 6).

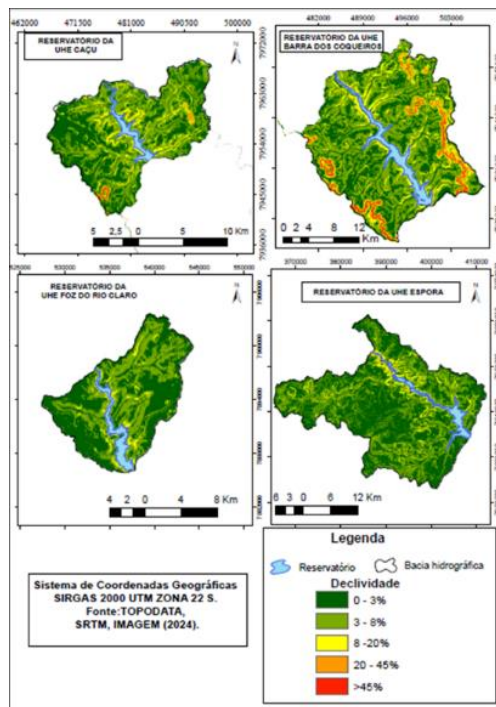


Figura 6. Declividade das bacias hidrográficas das UHEs: Caçu, Barra dos Coqueiros, Foz do rio Claro e Espora

A precipitação pluviométrica na região do cerrado segue um padrão tropical com sazonalidade bem definida. Conforme Figura 7, entre 2008 e 2018, na área de influência dos reservatórios das UHEs nos rios Claro e Corrente, o período de maior precipitação ocorreu no verão e na primavera, com valores superiores a 300 mm, que aumenta o risco

de erosão. No inverno, as chuvas diminuem consideravelmente, com mínimas próximas a 0 mm em algumas estações (ANA, 2018). Essa variação sazonal é importante para entender os impactos das práticas de uso da terra e seus efeitos no ambiente aquático, incluindo a reflectância da água.

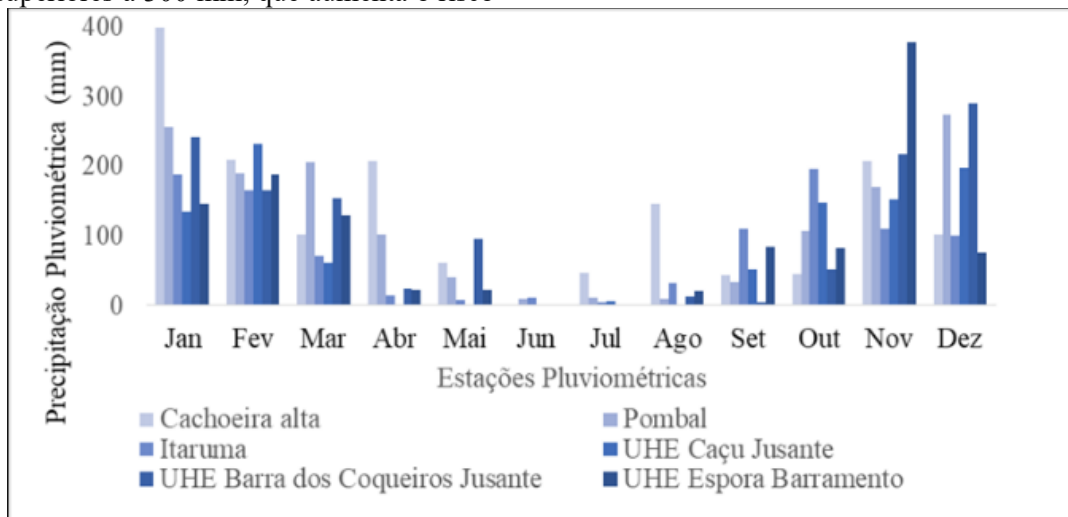


Figura 7. Variação da precipitação pluviométrica entre 2008-2018 adjacentes a UHE Caçu, Barra dos Coqueiros, Foz do rio Claro e Espora.

A análise da precipitação entre 2008 e 2018 revela padrões sazonais que influenciam o uso da terra. Hassan et al. (2023) destacam que as variações no uso da terra interferem na qualidade da água dos reservatórios, especialmente em períodos de maior precipitação pluviométrica.

A análise da influência da precipitação pluviométrica e do uso da terra na qualidade da

água exige a avaliação do perfil estrutural das bacias hidrográficas. Barcelos et al. (2024) ressaltam que, na UHE Espora, áreas de maior declividade e com pouca vegetação são mais vulneráveis à erosão.

Conforme ressaltado no Quadro 1, na região do rio Claro, as principais geonidades estão associadas às formações Marília e Serra Geral, além dos tipos de solo predominantes.

		oso.	
--	--	------	--

Quadro 1 - Integração das unidades geounidades dos perfis da paisagem na área de influência das UHEs Caçu, Barra dos Coqueiros e Foz do rio Claro.

Unidades	Formação Geológica	Solos:	Unidades
Geounidade 1	K2ma - Formação Marília (Arenito conglomerático).	Rld - Neossolo Litólico Distrófico.	SRAlII-B-RT (cotas entre 650 m e 750 m).
Geounidade 2	K2vp - Formação Vale do Rio do Peixe (Arenito).	LVd - Latossolo Vermelho Distrófico.	SRAlII-B-RT (cotas entre 800 m e 1000 m).
Geounidade 3	K1_delta_sg - Formação Serra Geral (Basalto).	LVdf - Latossolo Vermelho Distrófico Ferruginoso.	

O perfil a montante da UHE Caçu (Figura 6) apresenta altitudes de 480 a 750 m, com arenitos da Geounidade 2 da Formação Vale do Rio do Peixe. A jusante, a Geounidade 1, da Formação Marília (600 a 750 m), possui solos arenosos mais suscetíveis à erosão, aumentando sedimentos e fertilizantes no reservatório.

Zhang et al. (2023) apontam que a adição de arenito feldspático a solos arenosos pode melhorar suas propriedades físico-químicas e diminuir a dependência de fertilizantes industriais, e representa uma estratégia sustentável para a região do Rio Claro, vinculada à Geounidade 1.

No terceiro perfil, a montante da UHE Barra dos Coqueiros, predominam solos férteis da Formação Serra Geral, que, apesar de favoráveis à agricultura, requerem manejo adequado para evitar impactos negativos na qualidade hídrica. Skov et al. (2024) demonstraram que o uso de rocha basáltica triturada pode aumentar a fertilidade do solo e a produtividade agrícola, destacando a importância de práticas sustentáveis. No quarto perfil, a jusante da UHE Barra dos Coqueiros, prevalece a Formação Vale do Rio do Peixe (Figura 8).

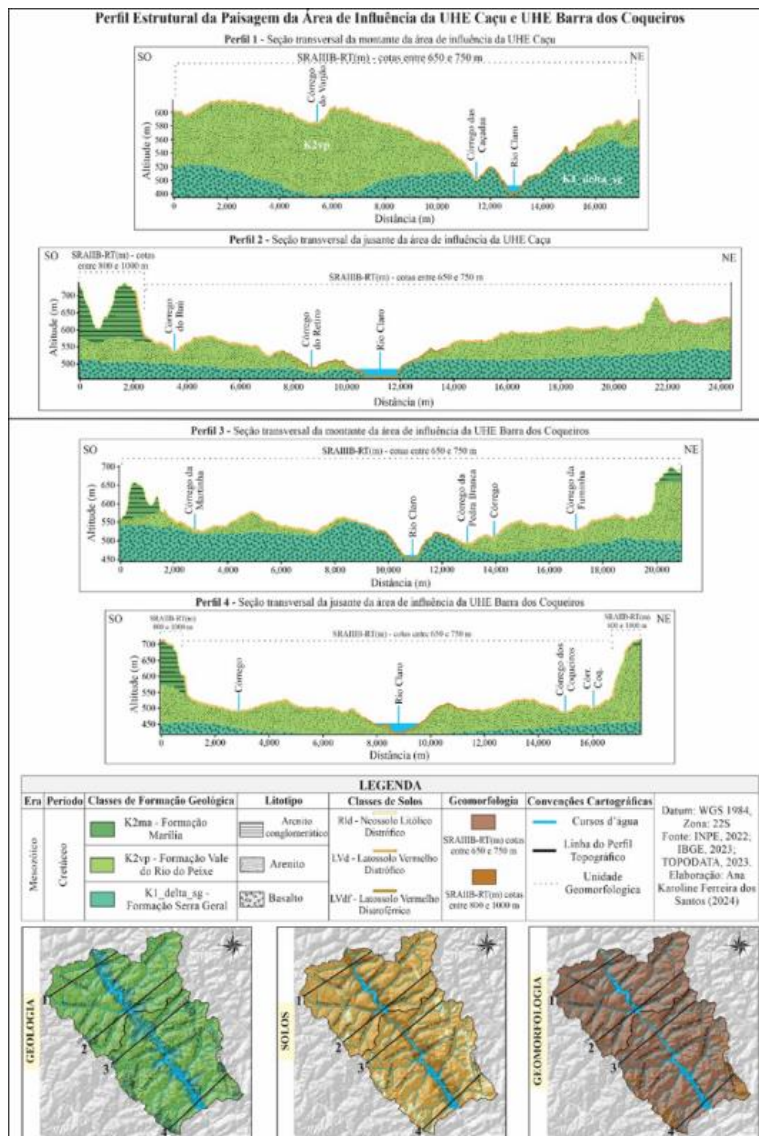


Figura 8. Perfil estrutural da paisagem da área de influência da UHE Caçu e UHE Barra do Coqueiros- Seção transversal a montante e jusante.

As características do perfil da paisagem a montante e jusante das UHEs Caçu e Barra dos Coqueiros podem influenciar a qualidade da água no reservatório da UHE Foz do Rio Claro, devido à similaridade das formações geológicas e tipos de solos. Na região do Rio Claro, a Formação Vale do Rio do Peixe (Geounidade 2) e a Formação Serra Geral (Geounidade 3) ocorrem com destaque. Os Latossolos Vermelhos, com arenito de baixa fertilidade e boa drenagem, são amplamente encontrados, enquanto o basalto, associado a solos ricos em nutrientes e altamente permeáveis, favorece a agricultura (Rodrigues et al. 2024).

A seção transversal a montante da UHE Foz

do Rio Claro (perfil 1, Figura 9) resalta altitudes entre 400 m e 550 m, com uma paisagem suavemente ondulada adequada para a agricultura. A jusante (perfil 2), as altitudes são semelhantes, com áreas planas favoráveis à agricultura e regiões inclinadas que favorecem o escoamento. A margem direita (perfil 3) apresenta variação topográfica entre 400 m e 550 m, enquanto a margem esquerda (perfil 4) tem inclinações mais acentuadas, entre 400 m e 750 m, indicando maior risco de erosão e impacto na qualidade da água. A Geounidade 2 predomina a montante, e a Geounidade 3, a jusante. (Figura 9).

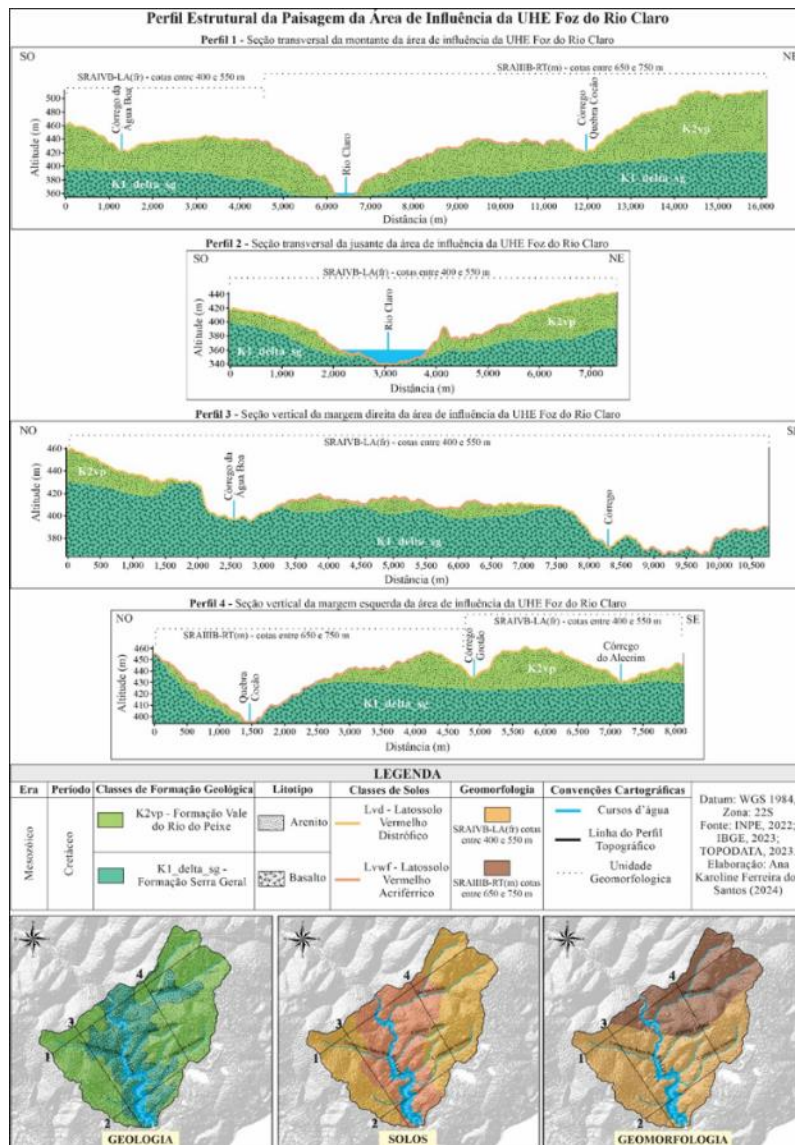


Figura 9. Perfil estrutural da área de influência da UHE Foz do rio Claro (transversal a montante e jusante, vertical a direita e esquerda).

Na região dos rios Claro e Corrente, o uso de fertilizantes químicos na agricultura pode afetar a refletância e transparência da água, que contribuem para a eutrofização. Cardozo et al. (2024) indicam que esses fertilizantes, frequentemente importados, podem ser substituídos por técnicas inovadoras, como a remineralização do solo, que melhora a fertilidade com menor impacto ambiental.

No estudo de Gentil et al. (2021), realizado na área do reservatório da UHE Caçu, constatou-se a predominância de pastagens voltadas à pecuária de leite e de corte, e as áreas de vegetação nativa do Cerrado estavam sendo progressivamente substituídas pela expansão agrícola.

Os efeitos do uso da terra, como pastagem e agricultura, na qualidade da água são significativos, especialmente na refletância bidirecional dos reservatórios das UHEs. As agrícolas intensivas e a expansão de pastagens

umentam a carga de sedimentos e nutrientes nos corpos d'água, alterando a refletância. Smith et al. (2022) e Johnson et al. (2023) destacam que o uso intensivo do solo afeta a refletância da água, devido à maior concentração de sedimentos e nutrientes.

Neste contexto, pontos de máxima refletância nos reservatórios das UHEs Caçu (CC), Barra dos Coqueiros (BC) e Foz do Rio Claro (Foz) foram observados em torno de 600 nm durante fevereiro e agosto de 2016, correspondendo à região vermelha do espectro visível. Mpakairi et al. (2024) enfatizam que as concentrações de clorofila-a frequentemente atingem o pico na faixa verde (500–600 nm). Conforme destacado na Figura 11, a refletância em fevereiro de 2016 foi significativamente maior do que em agosto de 2016.

4o

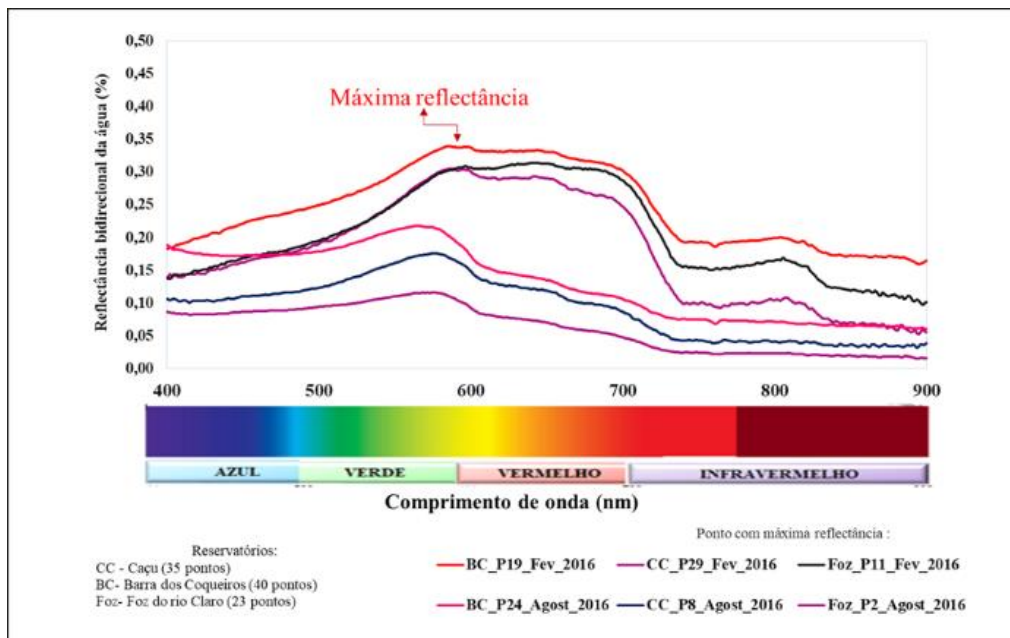


Figura 11. Espectro eletromagnético em relação ao ponto com máxima reflectância bidirecional da água dos reservatórios de UHEs instaladas no rio Claro (2016).

Nogueira e Cabral (2023) destacam que as características geológicas da bacia hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro influenciam a distribuição e deposição dos sedimentos. As áreas com menor velocidade de escoamento, devido à topografia e uso da terra, apresentam maior deposição de silte e argila. Esse acúmulo de sedimentos pode prejudicar os ecossistemas aquáticos, que torna essencial o manejo adequado das práticas agrícolas para reduzir a erosão, minimizar a sedimentação e preservar a qualidade da água.

A predominância de pastagem e agricultura nos reservatórios das UHEs Caçu, Barra dos Coqueiros e Foz do Rio Claro aumenta o risco de escoamento de nutrientes e sedimentos,

tornando essencial um monitoramento eficaz. Starling et al. (2024) sugerem o uso de sensoriamento remoto e análises avançadas para otimizar esse processo.

O uso da terra nos reservatórios dos rios Claro e Corrente exige fiscalização para garantir as faixas de proteção do Código Florestal, Lei n.º 12.651, (Brasil, 2012). Ma, Chen e Zhang (2024) ressaltam a importância da vegetação e o uso de sensores remotos para monitorar sua remoção. No reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, a reflectância da água foi maior em janeiro de 2017 (Figura 12), com menor variação em julho, influenciada por fatores ambientais e práticas como agricultura e urbanização.

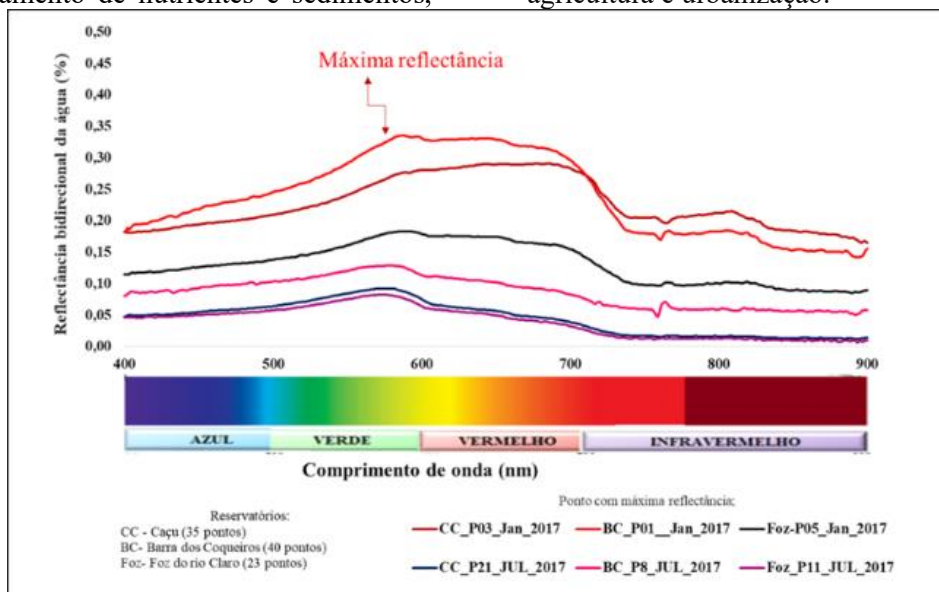


Figura 12. Espectro eletromagnético em relação ao ponto com máxima reflectância bidirecional da água dos reservatórios de UHEs instaladas no rio claro (2017)

Nos anos de 2017 e 2018, o uso da terra nas áreas de influência dos reservatórios dos rios Claro e Corrente revelou padrões semelhantes. As áreas de pastagem predominam, especialmente em Caçu, Barra dos Coqueiros e Foz do Rio Claro, que

variam entre 59% e 61,5% da área total. A agricultura também é relevante, especialmente na UHE Foz do Rio Claro (16%) e na UHE Espora (10%) em 2018 (Tabela 4).

Tabela 4- Síntese da área de uso e ocupação da terra na área de influência das bacias hidrográficas das UHEs: Caçu, Barra dos Coqueiros, Foz do rio Claro (2017) e Espora (2018).

Classes de Uso	2017									2018		
	Reservatórios (km ²)			Reservatórios (HA)			Reservatórios (%)			Espora		
	Caçu	Barra dos Coqueiros	Foz do rio claro	Caçu	Barra dos Coqueiros	Foz do rio claro	Caçu	Barra dos Coqueiros	Foz do rio claro			
	km ²	km ²	km ²	ha	ha	ha	%	%	%	km ²	ha	%
Agricultura	8	24	24	3810	846	2417	2	7	16	87	8710	10
Água	13	8	8	2389	1338	815	3	5	5	28	2810	3
Área Urbana	0	0	0	185	5	34	0	0,5	0	0	0	0
Pastagem	268	89	89	31587	26834	8905	61	61,5	59	390	39025	47
Solo-Exposto	66	17	17	5882	6556	1680	15	11	11	155	15504	19
Vegetação	81	13	13	7953	8124	1306	19	15	9	177	17713	21
Total	436	151	151	51806	43703	15157	100	100	100	837	83762	100

A análise das faixas do espectro eletromagnético para o ponto de máxima reflectância bidirecional da água no reservatório da UHE Espora revelou que, em novembro de 2017, a reflectância atingiu 0,18% no ponto 21, que indica uma maior presença de matéria orgânica ou sedimentos. Em contraste, agosto de 2017

apresentou menor reflectância, sugerindo menos material orgânico. Em janeiro e abril de 2018, os valores foram ainda mais baixos, indicando águas mais limpas. As práticas de uso da terra, como pastagem e agricultura, afetam diretamente a qualidade da água ao aumentar a carga de sedimentos e nutrientes, elevando a reflectância, conforme mostrado na Figura 14.

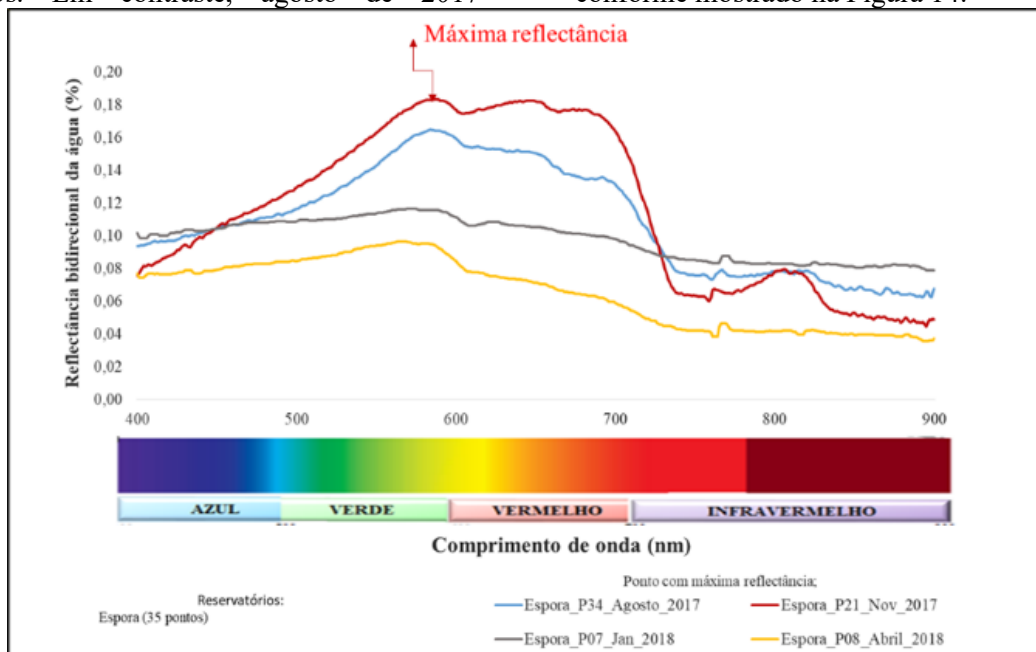


Figura 14. Espectro eletromagnético em relação ao ponto com máxima reflectância bidirecional da água do reservatório da UHE Espora (2017 e 2018)

Conforme a Figura 15, no ano de 2018, as margens dos reservatórios das UHEs Caçu, Barra

dos Coqueiros, Foz do Rio Claro e Espora foram ocupadas por pastagens, agricultura e solo exposto, com vegetação nativa nas Áreas de Preservação Permanente (APPs). A vegetação nas margens

contribui para a qualidade da água. A geologia molda a topografia e a fertilidade do solo, que influencia as práticas de uso da terra e,

consequentemente, a reflectância da água e outras propriedades ópticas dos cursos hídricos.

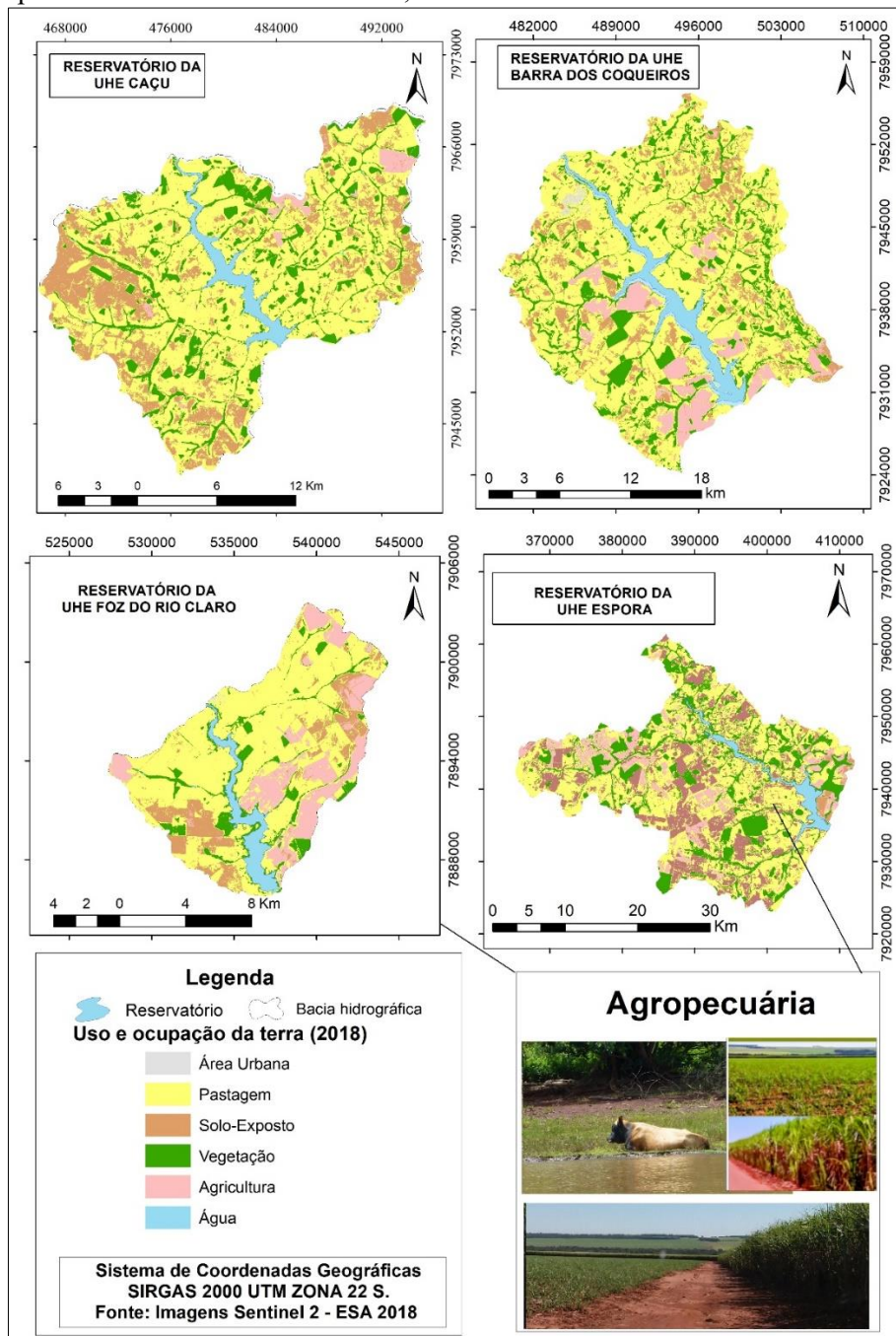


Figura 15. Uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica dos reservatórios de Caçu, Barra dos Coqueiros, Foz do Rio Claro e Espora (2018).

Ruddick et al. (2024) destacam a importância de tecnologias como redes de radiômetros hiperspectrais para monitorar a qualidade da água e os impactos do uso da terra, abrangendo faixas de 380–1020 nm para a água e até 2500 nm para o solo, oferecendo dados detalhados sobre os efeitos das práticas agrícolas em reservatórios de UHEs.

Portanto, é essencial que as atividades

agrícolas nas bacias hidrográficas das UHEs do rio Claro e Corrente sejam gerenciadas adequadamente para prevenir a erosão e sedimentação nos reservatórios.

Conclusões

A área de influência dos reservatórios das UHEs nos rios Claro e Corrente é complexa devido à combinação de fatores físicos, biológicos e antrópicos. A geologia, especialmente nas

Geounidades 1 (Formação Marília) e 2 (Formação Vale do Rio do Peixe), desempenha um papel crucial no transporte de sedimentos, que aumenta durante períodos de alta precipitação, impactando a qualidade da água e sua reflectância bidirecional. O arenito nessas formações contribui para a redução da transparência da água e afeta as bandas espectrais sensíveis, como o verde (500–600 nm) e o vermelho (600 nm–700 nm).

A presença de basalto na Geounidade 3, Formação Serra Geral, pode resultar em solos mais argilosos e menos propensos a processos erosivos em comparação com os arenitos. No entanto, a erosão superficial ainda pode ocorrer e resultar no aumento da turbidez, alterando as curvas do espectro de reflectância da água, principalmente nas bandas do vermelho (600 nm a 700 nm) e infravermelho (700 a 900 nm).

O basalto presente nas áreas dos reservatórios das UHEs no rio Claro e Espora contribui para a formação de solos latossolos vermelhos, favoráveis à agricultura. Esses solos, associados ao relevo plano e suavemente ondulado, influenciam os padrões de drenagem e as práticas de uso da terra, aumentando o escoamento de nutrientes e sedimentos para os corpos d'água, que interfere na qualidade da água e sua reflectância bidirecional.

As áreas urbanas próximas à UHE Caçu, com extensas áreas de pastagem e agricultura entre os reservatórios do rio Claro e do rio Corrente, intensificam a erosão e aumentam a carga de

poluentes nos rios. A proximidade e interconexão das bacias hidrográficas significam que a degradação ambiental em uma dessas bacias pode rapidamente afetar a qualidade da água em toda a região. As diferenças de reflectância entre os períodos indicam variações sazonais na qualidade da água, possivelmente influenciadas por fatores como precipitação, uso da terra e escoamento de nutrientes e sedimentos. Conforme a análise, os menores valores para reflectância bidirecional ocorrem em coletas de julho/agosto e os maiores entre novembro/janeiro/fevereiro dos anos de 2016 e 2017 para o rio Claro e 2017/2018 para Espora, sendo a variação da precipitação uma provável explicação.

A complexidade geoambiental dos reservatórios das UHEs nos rios Claro e Corrente decorre da interação entre fatores geológicos, tipos de solos, características topográficas e práticas de uso da terra. Esses elementos criam um cenário dinâmico e desafiador para a gestão e preservação sustentável dos recursos hídricos na região.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — Capes/Brasil, pelo financiamento dos materiais e análise deste estudo, conforme o Edital Capes 071/2013, processo n.º 88881.068465/2014–01

Referências

- Alvares, Clayton A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 711-728, 2013. Disponível em: DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Acesso em: 16 nov. 2024.
- ANA. Agência Nacional das Águas. Estações Pluviométricas/Hidroweb. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Barbosa Gentil, et al. Diagnóstico batimétrico do reservatório da Usina Hidrelétrica de Caçu-GO. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 14, n. 3, p. 1541–1558, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.3.p1541-1558>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Barcelos, Assunção, et al. Environmental impacts due to the behavior of limnological variables in water reservoirs of hydroelectric power plants. *Environmental Earth Sciences*, v. 83, p. 1-15, 2024. Disponível em:
- <https://doi.org/10.1007/s12665-024-11624-z>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- BRASIL. Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e das Áreas de Preservação Permanente (APP). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 25 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2012/112651. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Brhane, G.K.; Mekonen, H.S. Identifying controlling factors for the evolution of shallow groundwater chemistry of Ellala catchment, northern Ethiopia. *Sustain. Water Resour. Manag.* v. 10, n. 62, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40899-024-01034-1>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Cabral, J. B. P. et al. Harmful Effects of Potentially Toxic Elements in Soils of Cerrado Biomes. *Water Air Soil Pollut*, v.334, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06344-2>. Acesso em: 16 nov. 2024.

- Cardozo, E. et al. Sustainable agricultural practices: Volcanic rock potential for soil remineralization. *Journal of Cleaner Production*, v. 466, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142876>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Hassan, S, et al. Investigating the Effects of Climate and Land Use Changes on Rawal Dam Reservoir Operations and Hydrological Behavior. *Water*, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w15122246>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 jul. 2024.
- Jovino, Estefânia Silva et al. Dinâmica multitemporal das mudanças de uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v. 1, 2024. Disponível em: [10.5281/zenodo.11331416](https://zenodo.org/record/11331416). Acesso em: 24 nov. 2024.
- Ma, Y., Chen, X., e Zhang, Y. Vegetation extraction in riparian zones based on UAV visible light images and marked watershed algorithm. *Frontiers in Earth Science*, v. 12, 2024. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1363571>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Martins, A. P; Galvani, E. Estimativa de evapotranspiração real em bacias hidrográficas do cerrado brasileiro. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 42, 2022. Disponível em://doi: [10.5216/bgg.v42.62402](https://doi.org/10.5216/bgg.v42.62402). Acesso em: 16 nov. 2024.
- Mashala, Makgabo Johanna et al. A Systematic Review on Advancements in Remote Sensing for Assessing and Monitoring Land Use and Land Cover Changes Impacts on Surface Water Resources in Semi-Arid Tropical Environments. *Remote Sensing*, v. 15, n. 16, p. 3926, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs15163926>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- eto, E. et al. Agroindustrial landscapes and white-lipped peccary habitat use in the Brazilian Cerrado. *Journal for Nature Conservation*, v. 77, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126540>. Acesso em: 18 jul. 2024.
- Pierzchała, Łukasz. Mesocosm Experiment to Evaluate Relations between Chlorophyll-a Concentration and Water Surface Reflectance in an Anthropogenic Reservoir. *Water*, v. 16, n. 13, p. 1926, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w16131926>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Rodrigues, Marlon et al. Araná basin basalt powder: A multinutrient soil amendment for enhancing soil chemistry and microbiology. *Journal of South American Earth Sciences*, v.141, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2024.104957>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Ruddick, K, G, et al. Hypernets: A network of automated hyperspectral radiometers to validate water and land surface reflectance (380–1680 nm) from all satellite missions. v 5, 2024. *Frontiers in Remote Sensing*. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frsen.2024.1372085>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Skov, Kirstine et al. Initial agronomic benefits of enhanced weathering using basalt: A study of spring oat in a temperate climate. *PLOS ONE*, v. 19, n. 3, p. e0295031, 27 mar. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295031>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Smith, J. A. et al. Environmental Impacts of Agricultural Intensification. *Environmental Science Research*, v. 12, n. 3, p. 234-250, 2022. Disponível em: https://iaes.cgiar.org/sites/default/files/pdf/Environmental%20Impacts%20of%20Ag%20Intensification%20TN9_July2020.pdf. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Starling, M. C. V. M., et al. Monitoring network optimization and impact of fish farming upon water quality in the Três Marias Hydroelectric Reservoir, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, v 31, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-31761-5>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- TOPODATA –Banco de dados geomorfométrico do Brasil. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Zhang, Yao et al. Different Response of Soil Microbial Carbon Use Efficiency in Compound of Feldspathic Sandstone and Sand. *Agricultura*, v. 13, n. 1, Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture13010058>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Nogueira, P. F; Cabral, J. B. P. Caracterização hidrossedimentológica do reservatório da UHE Foz do Rio Claro (GO). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 5, p. 2782-2797, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.5.p2782-2797>. Acesso em: 16 nov. 2024.

Mpakairi, K. S. et al. Chlorophyll-a unveiled: unlocking reservoir insights through remote sensing in a subtropical reservoir.

Environmental Monitoring and Assessment, v. 196, p. 401, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12554-w>. Acesso em: 27 jul. 2024.