

## MAPEAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA EM ESCALA DE SEMIDETALHE PARA O ENTORNO DE RESERVATÓRIOS DE USINAS HIDRELÉTRICAS (UHES): estudo de caso para UHE Batalha e Itumbiara (2022)<sup>1</sup>

Izaias de Souza Silva<sup>2</sup>  
Diego Tarley Ferreira Nascimento<sup>3</sup>

### Resumo:

Mapeamentos da cobertura e uso da terra são indispensáveis à compreensão das formas de apropriação, alteração e dinâmica do espaço geográfico, constituindo, assim, em importantes insumos à gestão e ao ordenamento territorial. O presente estudo de caso se volta às bacias hidrográficas situadas no entorno de reservatórios de Usinas Hidrelétricas, por apresentarem modificações intrínsecas na apropriação e uso dos recursos naturais por conta de tais empreendimentos. O objetivo deste estudo foi prover o mapeamento da cobertura e uso da terra, em escala de semidetalhe (1:25.000), para o entorno dos reservatórios das UHES Batalha e Itumbiara, referente ao ano de 2022. Para tanto, foi empregada a abordagem de *machine learning*, mediante acesso e processamento digital de imagens do satélite Sentinel 2, a partir da plataforma *Google Earth Engine* (GEE). De modo a melhor discriminar os diferentes tipos de cobertura e uso da terra, foram implementados índices espectrais que foram associados às bandas multiespectrais e consideradas pelo algoritmo classificador *Random Forest*. Os resultados demonstram predomínio de uso antrópico em ambas áreas em estudo, com maior presença de agricultura no entorno do reservatório da UHE Batalha e de pastagem para o caso do reservatório da UHE Itumbiara. As condições de uso da terra indicam potencial capacidade de aporte de sedimentos aos reservatórios, capaz de acentuar o assoreamento e, por conseguinte, diminuir a geração de energia e a vida útil de tais empreendimentos. Em termos de coberturas vegetais naturais, identificou-se o predomínio de áreas revestidas por Formações Savânicas no entorno de ambos reservatórios.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto, Classificação de Imagens, *Machine Learning*.

### Abstract:

Land use and land cover mapping is use is indispensable for understanding the ways in which geographical space is appropriated, altered and dynamic, and is therefore an important input for land management and planning. This case study focuses on watersheds located around

<sup>1</sup> Este trabalho faz parte do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, intitulado “Modelagem em Diversas Escalas da Geração de Sedimentos em Erosões e o Aporte em Reservatórios de UHES” - PD-0394-1705/2017, regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, desenvolvido pela Eletrobras FURNAS e pela Universidade Federal de Goiás.

<sup>2</sup> Doutorando em Geografia, no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás. E-mail para contato: [izaias@discente.ufg.br](mailto:izaias@discente.ufg.br).

<sup>3</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal de Goiás, Professor Permanente do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás e Colaborador do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual de Goiás – Campus Cora Coralina. E-mail para contato: [diego\\_nascimento@ufg.br](mailto:diego_nascimento@ufg.br).

hydroelectric plant reservoirs, as they present intrinsic changes in the appropriation and use of natural resources as a result of these projects. The aim of this study was to map land cover and land use, on a semi-detailed scale (1:25,000), for the area around the Batalha and Itumbiara HPP reservoirs, for the year 2022. To this end, a machine learning approach was used, by accessing and digitally processing Sentinel 2 satellite images from the Google Earth Engine (GEE) platform. In order to better discriminate between the different types of land cover and land use, spectral indices were implemented which were associated with the multispectral bands and considered by the Random Forest classifier algorithm. The results show a predominance of anthropic use in both study areas, with a greater presence of agriculture around the Batalha HPP reservoir and pasture in the case of the Itumbiara HPP reservoir. The conditions of land use indicate a potential capacity for sediment to enter the reservoirs, capable of accentuating siltation and, consequently, reducing energy generation and the useful life of these projects. In terms of natural vegetation cover, we identified a predominance of areas covered by savannah formations around both reservoirs.

**Kew words:** Remote Sensing, Image Classification, Machine Learning.

## INTRODUÇÃO

As mudanças na cobertura e uso da terra constituem um dos principais *drivers* responsáveis pelas alterações funcionais e estruturais que ocorrem nas paisagens em todo o mundo, intervindo diretamente sobre os processos ambientais e os serviços ecossistêmicos em diferentes intensidades e escalas (ELLIS e PONTIUS, 2007). Decorre disso que, analisá-las torna-se uma atividade crucial à compreensão de suas reais implicações, desde ambientais, às econômicas e sociais, demandando assim, o levantamento de dados e informações cada vez mais confiáveis, detalhadas e atuais (MORAIN, 1998).

As imagens de satélite constituem uma fonte de dados abrangente sobre a superfície terrestre, contribuindo diretamente na compreensão dos processos que atuam no sentido de estrutura de ecossistemas e da esculturação das paisagens (FOLEY *et al.*, 2005). Assim sendo, a utilização de dados provenientes de Sensoriamento Remoto, sob o aporte de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), de técnicas de Geoprocessamento, e mais recentemente, *Machine Learning* e *Deep Learning*, tem se destacado e contribuído de forma relevante na elucidação das intervenções humanas sobre o meio, subsidiando informações e produtos capazes de auxiliar o planejamento ambiental, a gestão e o ordenamento territorial (SOUZA *et al.*, 2014).

Consoante a Mather (1999), os dados de Sensoriamento Remoto têm se tornado indispensáveis ao mapeamento e à descrição das características da cobertura e uso da terra, considerando os diferentes recortes espaciais e temporais, e as distintas escalas de análise (NOVO, 2010). Em síntese, os mapeamentos da cobertura e uso da terra descrevem o ambiente

forrestre em termos de coberturas naturais e de usos relacionados às atividades humanas, respectivamente (CIHLAR e JANSEN, 2001). Nesse sentido, a expressão “cobertura da terra” refere-se mais diretamente ao revestimento da superfície, enquanto o termo “uso da terra” denota seu uso cultural, isto é, as atividades que nela são desenvolvidas pelos seres humanos (NOVO, 2010).

Diante desses aspectos, no presente estudo de caso chama-se a atenção para as bacias hidrográficas situadas no entorno de reservatórios de usinas hidrelétricas (UHE), que compreendem ambientes onde percebem-se modificações intrínsecas na cobertura e uso da terra (CAMAPUM DE CARVALHO et al. 2015; NASCIMENTO et al., 2017). Isso porque mudanças na cobertura e uso da terra são evidenciadas desde o momento da implantação do empreendimento, tendo em vista o enchimento do reservatório e a inundação da área à montante do barramento. Ainda, observa-se alterações à posteriori, mediante a incorporação de outras atividades, citando o exemplo das atividades agropecuárias e as construções de infraestruturas, para atividades de lazer e turismo, como estradas, casas, sítios e condomínios (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

O objetivo deste estudo foi o de prover o mapeamento da cobertura e uso da terra em escala de semidetalhe (1:25.000) para o entorno dos reservatórios das UHEs Batalha e Itumbiara. Para tanto, o trabalho baseia-se no Processamento Digital de Imagens (PDI) de satélite de alta resolução espacial (MSI-Sentinel-2) com a utilização de algoritmo de *machine learning* (*Random Forest*) para classificação digital. Além disso, faz uso da abordagem *Space-First*, um conceito de classificação de imagens de satélite que considera a escolha de imagens individuais de datas específicas para realização do mapeamento (SIMÕES et al., 2021).

O presente estudo tem sua justificativa pautada em dois aspectos. O primeiro refere-se à premissa de que a dinâmica de ocupação e as diferentes formas uso da terra no entorno dos reservatórios de UHEs refletem o grau de desagregação, transporte e deposição de sedimentos no interior dos reservatórios, causando o assoreamento que, por sua vez, tendem a reduzir a eficiência e a vida útil dos empreendimentos. O segundo aspecto diz respeito à assertiva de que mapeamentos da cobertura e uso da terra detalhados, atualizados e consistentes são indispensáveis à compreensão das diferentes alterações paisagísticas no entorno dos reservatórios, assim como as potencialidades, as restrições e as incongruências quanto às diversas formas de uso dos recursos, constituindo assim um insumo indispensável à gestão e ao ordenamento territorial.



Destaca-se que este estudo resulta de um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico firmado e regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, desenvolvido pela Eletrobras FURNAS e a Universidade Federal de Goiás, com colaboração da Universidade Estadual de Goiás, voltado à modelagem em diversas escalas da geração de sedimentos em erosão e o aporte em reservatórios de UHE. O presente trabalho representa, a segunda etapa do mapeamento da cobertura e uso da terra em detalhamento progressivo para entorno de reservatórios de UHEs, demonstrada por Silva *et al.*, (2023), que compreende subsequentes etapas, que se complementam, considerando diferentes dados, escalas e recortes espaciais para o contexto dos reservatórios das UHES.

## **METODOLOGIA**

### **Áreas em estudo**

As áreas em estudo dizem respeito aos Limites das Bacias de Contribuição Direta (LBCD) dos reservatórios das Usinas Hidrelétricas (UHE) Batalha e Itumbiara, isto é, as bacias que contribuem diretamente com os respectivos reservatórios, excetuando-se aquelas com barramentos dos cursos d'água existentes à montante. Os LBCD das UHEs Batalha e Itumbiara estão situados, respectivamente, na porção leste e sudeste do estado de Goiás, na divisa com o estado de Minas Gerais.

A UHE Batalha teve sua construção iniciada em meados do ano de 2008, passando a entrar em efetiva operação somente no dia 17 de maio do ano 2014, isto é, seis (6) anos depois, quando o seu reservatório, formado a partir do represamento do rio São Marcos, teve o seu enchimento finalizado (FURNAS, 2021). A UHE Itumbiara, por sua vez, é significativamente mais antiga, tendo sido construída entre novembro de 1974 e início do ano 1980, com operação iniciada a partir do dia 24 de abril de 1980, portanto, há mais de 40 anos. Localizado no rio Paranaíba, o reservatório da UHE Itumbiara tem importante contribuição dos rios Corumbá e São Marcos.

Assim, no presente estudo trata-se de uma Usina Hidrelétrica relativamente recente (Batalha) e outra antiga (Itumbiara). Destaca-se que a definição do contexto das duas UHES como áreas em estudo tem sua justificativa na premissa de que o fator tempo, mais especificamente, a idade dos reservatórios, tem influenciado de forma distinta na dinâmica do entorno dos mesmos (CAMAPUM DE CARVALHO *et al.*, 2015; SILVA, 2022). Sendo assim, toma-se a especificidade do contraste temporal de funcionamento das UHES em apreço, com a

UHE Batalha com pouco mais de seis (6), e a UHE Itumbiara com mais de quarenta (40) anos em atividade (Figura 1).

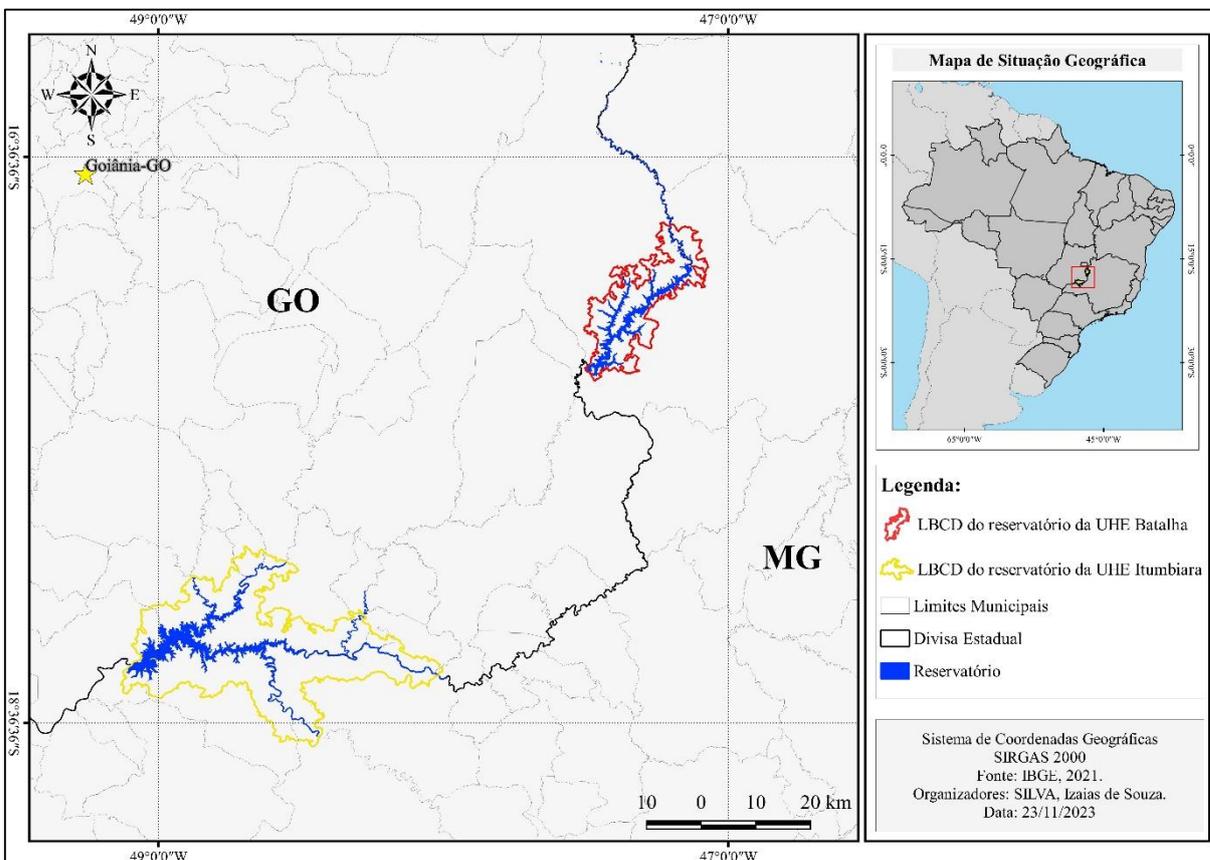


Figura 1 – Mapa de localização das áreas em estudo. Org.: os autores.

### Percuso metodológico

A metodologia deste estudo baseou-se na revisão bibliográfica e no Processamento Digital de Imagens (PDI) de satélite de alta resolução espacial. Especificamente, foram utilizados *Analysis Ready Data* provenientes do sistema de sensores MSI (*Multispectral Instrument*), a bordo do satélite Sentinel-2 (Level-2A), disponibilizados no âmbito do *Copernicus Earth Observation Program*, da *European Space Agency* (ESA). O acesso aos dados e, na sequência, as rotinas de PDI mediante a utilização de algoritmo de *machine learning*, foram implementadas na plataforma *Google Earth Engine* (GEE).

A propriedade de resolução espacial dos dados utilizados é de 10 metros, sendo realizado o computo da mediana das imagens com percentual de cobertura de nuvens menor que 10% no mês de julho de 2022. O mês de julho foi considerado no recorte temporal tendo em vista representar o período de estiagem, portanto, compreendendo menor (ou nenhuma) presença de cobertura de nuvens.

No intuito de melhor identificar e mapear os diferentes tipos de cobertura e uso da terra, foram aplicados cinco Índices Espectrais (IE): *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Normalized Difference Water Index* (NDWI), *Normalized Difference Water Index* (NDWI-Gao), *Soil-Adjusted Vegetation Index* (SAVI); propostos, respectivamente, por Liu e Huete (1995), Rouse et. al. (1974), McFeeters (1996), Gao (1996), Huete (1988). Cada índice passou a compor, individualmente, uma banda que, juntamente com os valores de reflectância das bandas multiespectrais do Sentinel 2, também foi considerada pelo algoritmo classificador no processo de classificação.

Os procedimentos subsequentes compreenderam a definição das classes temáticas e a coleta de amostras para treinamento do algoritmo classificador, a implementação da classificação, a avaliação de acurácia e, por fim, a exportação da imagem referente à classificação para ambiente SIG “*QGIS 3.22 Biatowieza*”, para quantificação das áreas e elaboração das representações cartográficas. Especificamente, foram definidas oito (8) classes temáticas de mapeamento, sendo elas: Formações Florestais, Formações Savânicas, Formações Campestres, Agricultura, Silvicultura, Pastagem, Solo Exposto e Corpos D’Água. A classe temática referente Áreas Construídas, devido ao seu comportamento espectral muito semelhante às áreas de solo exposto foram mapeadas manualmente a partir das próprias imagens Sentinel-2, mantendo-se a escala de visualização de 1:25.000.

A partir da interpretação visual das imagens, foram coletadas 1.476 amostras para o contexto da LBCD do reservatório da UHE Batalha e 1.891 amostras para o contexto da BCD do reservatório da UHE Itumbiara. Deste quantitativo, o algoritmo classificador foi treinado considerando 1.184 amostras (LBCD do reservatório da UHE Batalha) e 1.331 amostras (contexto da LBCD do reservatório da UHE Itumbiara). Cerca de 20% (292) do total das amostras coletadas para a LBCD do reservatório da UHE Batalha e de 30% (560) do total das amostras coletadas na LBCD do reservatório da UHE Itumbiara foram reservadas (aleatoriamente) para acurácia do algoritmo classificador. A acurácia geral foi de 0,96 e 0,95, e os Índices *Kappa* foram 0,95 e 0,94, respectivamente, para o LBCD das UHEs Batalha e Itumbiara, o que significa um ótimo desempenho.

No que diz respeito ao algoritmo classificador, utilizou-se o algoritmo *Random Forest*. Baseado na abordagem de *machine learning*, este algoritmo tem sido amplamente aplicado na classificação digital de imagens de sensoriamento remoto orbital (PHAN et al., 2020). Mediante conjuntos de modelos de árvores de decisões, este algoritmo possui ótimo desempenho em classificações que consideram diferentes variáveis de importância (VAN BEIJMA, 2014).

A partir do mapeamento da cobertura e uso da terra para o contexto do LBCD do reservatório da UHE Batalha (Figura 2), observa-se que prevalece usos antrópicos (53,3%), com significativa presença áreas agrícolas (30,3%) e de solo exposto (15,9%). É relevante destacar que as áreas de solo exposto, em sua maior parte, compreendem áreas em pousio, isto é, áreas onde a colheita das culturas já foi efetivada e as terras estão sendo preparadas para novo plantio, portanto, áreas de uso agrícola que podem sofrer acentuadas mudanças interanuais.

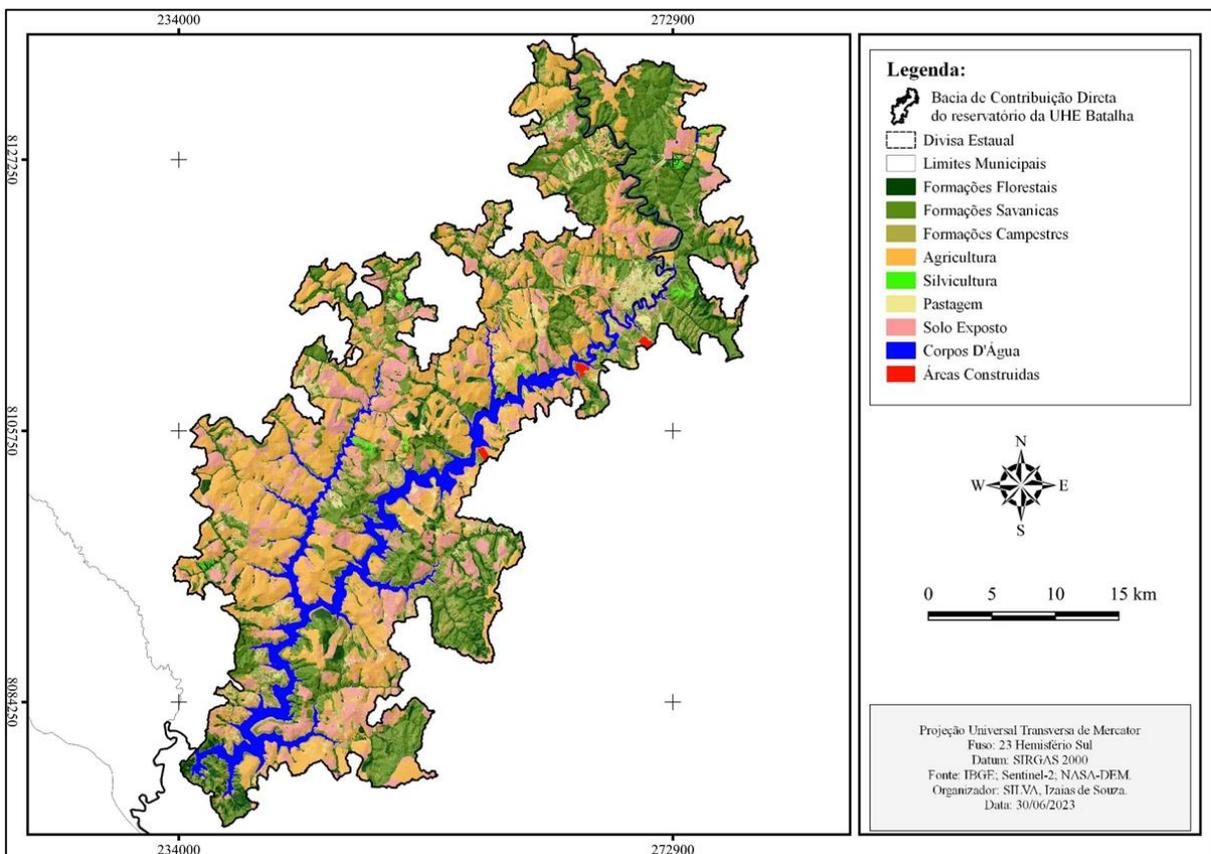


Figura 2 – Mapa da cobertura e uso da terra no LBCD do reservatório da UHE Batalha.  
Org.: os autores.

Uma segunda observação importante em relação às condições de uso da terra, é que parte significativa das áreas agrícolas empregam a técnica de irrigação por pivô central. Isso se deve ao fato desta ser uma das principais características da agricultura desenvolvida mais recentemente nos municípios onde está situado o reservatório da respectiva UHE, a saber, a agricultura de uso intensivo (PEREIRA JÚNIOR, 2015; SILVA, 2022). Em relação às condições de cobertura vegetal, observa-se que menos da metade do LBCD é revestida por coberturas vegetais naturais (46,7%), estando estas áreas revestidas, predominantemente, por Formações Savânicas (25,9%).

Para o contexto do LBCD do reservatório da UHE Itumbiara (Figura 3), identificou-se que o predomínio é também de usos relacionados às atividades antrópicas (51,8%). Todavia, diferentemente do entorno do reservatório da UHE Batalha, em que a principal atividade antrópica é a agricultura (30,3%), no caso da UHE Itumbiara o uso predominante é de pastagens (39,3%), áreas de solo exposto (6,7%) e áreas de atividades agrícolas (5,6%). Semelhante ao observado na UHE Batalha, o entorno do reservatório da UHE Itumbiara apresenta menos da metade da área protegida por coberturas vegetais naturais (48,2%), prevalecendo Formações Savânicas (19,5%), Florestais (17,4%), e Campestres (2%), respectivamente.

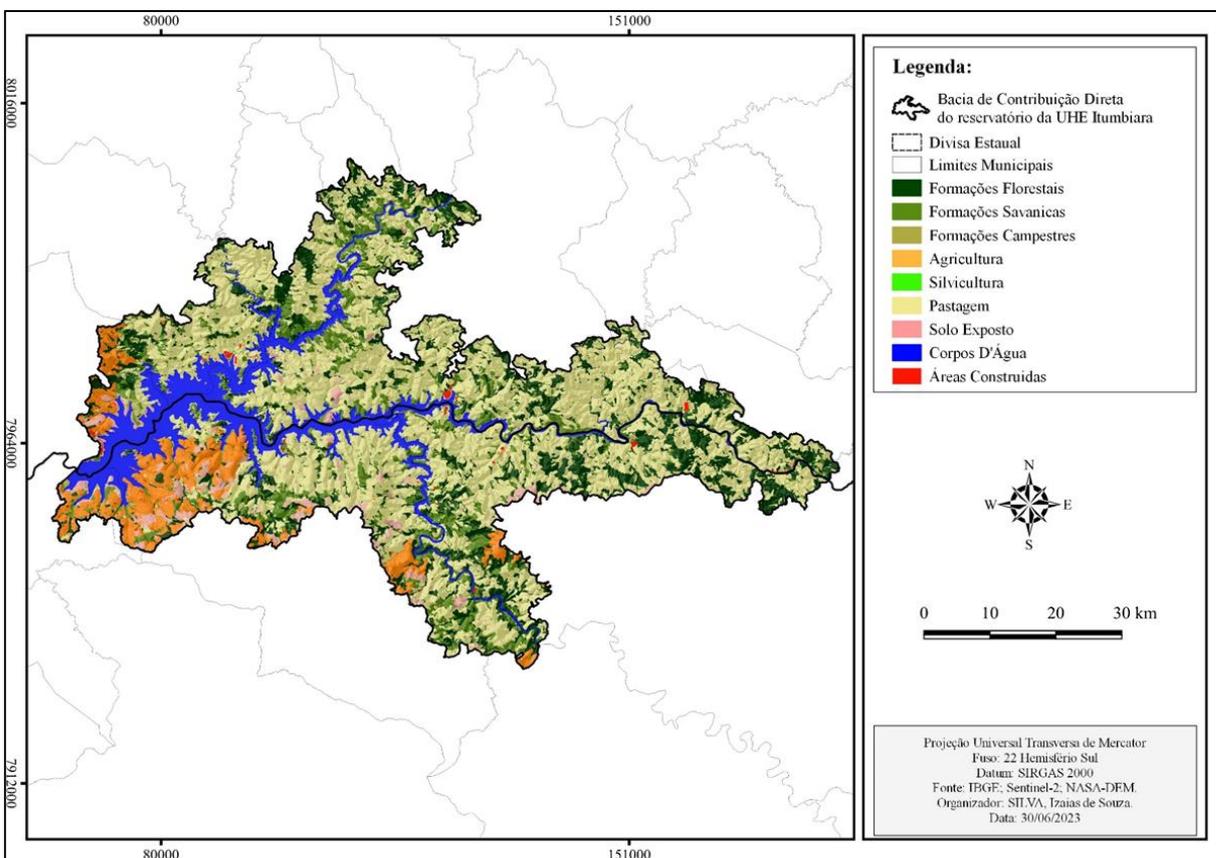


Figura 3 – Mapa da cobertura e uso da terra no LBCD do reservatório da UHE Itumbiara.  
Org.: os autores.

Assim como observado no contexto do LBCD do reservatório da UHE Batalha, as áreas de solo exposto no contexto do LBCD do reservatório da UHE Itumbiara estão ligeiramente associadas a áreas agrícolas em estágio de preparo do solo para novo plantio. Estas áreas mostram-se associadas, principalmente, às áreas de uso da terra por pastagens no entorno do reservatório, assim como às suas bordas imediatas, onde há oscilação do nível do espelho d'água e a exposição dos taludes, em casos específicos, favorecendo a ocorrência de espécies gramíneas e leguminosas, especialmente pelas condições de umidade do solo nessas áreas.

Considerando o mapeamento da cobertura e uso da terra no contexto do LBCD de ambos reservatórios, pode-se observar um padrão espacial em relação às áreas revestidas por coberturas vegetais naturais. Elas compreendem machas descontínuas de vegetação, em sua maior parte, adensadas à montante do barramento. Nas proximidades do reservatório, nota-se que a cobertura vegetal natural está associada sobretudo às Áreas de Preservação Permanente (APP), que, legalmente, devem ser preservadas, uma vez que auxiliam diretamente na estabilidade do talude, na proteção do solo, na manutenção da própria vegetação e, conseqüentemente, da biodiversidade.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No contexto do entorno das UHEs Batalha e Itumbiara, delimitado a partir do Limite das Bacias de Contribuição Direta (LBCD), percebe-se o predomínio de uso antrópico, com maior presença de agricultura no primeiro reservatório e de pastagem no segundo. Em termos de coberturas vegetais naturais, identificou-se principalmente as Formações Savânicas. Isto indica a potencial capacidade de aporte de sedimentos aos reservatórios, podendo acentuar o assoreamento e, por conseguinte, diminuir a geração de energia e a vida útil de tais empreendimentos.

O uso das imagens de alta resolução espacial e do algoritmo de *machine learning* (*Random Forest*) subsidiou o mapeamento das condições de cobertura e uso da terra no entorno dos reservatórios das UHEs Batalha e Itumbiara, na escala de semidetalhe (1:25.000). Dessa forma, a abordagem tem o potencial de fornecer um importante insumo ao diagnóstico e prognóstico ambiental. Como continuidade e complementação, sugere-se a realização de atividades de campo para reconhecimento da área e validação do mapeamento, e a incorporação de dados com propriedade de alta resolução espacial, a fim de refinar a classificação e o conseguinte mapeamento da cobertura e uso da terra no Limite das Bordas Imediatas (LBI) dos reservatórios.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Eletrobras Furnas e a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) pela coordenação técnica e financiamento, no âmbito do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) intitulado “Modelagem em Diversas Escalas da Geração de Sedimentos em Erosões e o Aporte em Reservatórios de UHEs”, P&D ANEEL Sedimentos, código ANEEL PD.0394-1705/2017”.



## REFERÊNCIAS

- CAMAPUM DE CARVALHO, J.; LELIS, A. C.; SALES, M. M.; MASCARENHA, M. M. D. A.; ANGELIM, R. R.; PEREIRA, L. M. **Erosão de borda de reservatório**". GECOM/UFG, Goiânia-GO, vol. 1, 2015, 53p.
- CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Org.) **Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro**. 1ª ed. Goiânia: Gráfica UFG, 2006. 499p.
- CIHLAR, J; JANSEN, L. J. M. From Land Cover to Land Use: A Methodology for Efficient Land Use Mapping over Large Areas. **Professional Geographer**, v. 53, n. 2, p. 275-289, 2001. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/0033-0124.00285>. Acesso em: 01 Jan. 2020.
- ELLIS, E.; PONTIUS, R. Land-use and land-cover change. In: **Encyclopedia of Earth**. Cutler J. Cleveland (Washington, D. C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment), 2007.
- FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; COLIN PRENTICE, I.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global Consequences of Land Use. **Science**, v.309, n.1, p.570–574, 2005. Disponível em: DOI: 10.1126/science.1111772. Acesso em: 11 Ago. 2023.
- FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS (FURNAS). **Linha do tempo**, 2021. Disponível em: <https://www.furnas.com.br/subsecao/253/linha-do-tempo?culture=pt>. Acesso em: 14 Ago. 2023.
- GAO, B. C. NDWI – A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v. 58, p. 257-266, 1996.
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n.3, p. 295-309, 1988.
- LIU, H. Q.; HUETE, A. A feedback based modification of NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. v. 33, n. 2, p. 457-465, 1995.
- MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. 2ª ed. Great Britain: John Wiley e Sons, 1999. 352p.
- McFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of water features. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 17, p.1425-1432, 1996.
- MORAIN, S. A. A Brief History of Remote Sensing Applications, with Emphases on Landsat. In: LIVERMAN, D; MORAN E. F; RINDFUSS, R. R; STERN, P. C. **People and Pixels:**

**Linking Remote Sensing and Social Science..** Washington, D.C., Nacional Academy Press: 1998. p. 70-93.

NASCIMENTO, D. T. F.; ROMÃO, P. de A.; SALES, M. M.; ALMEIDA, F. de P. Mapeamento da cobertura do solo em bordas de reservatório e processos erosivos associados. In: SALES, M. M.; CARVALHO, J. C.; MASCARENHA, M. M. A. (org.). **Erosão em Borda de Reservatório**. 1ª ed. Goiânia: Gráfica UFG, 2017. 584p. Cap 15, p. 323-344.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4ª Edição. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2010. 388p.

PEREIRA JÚNIOR, L. C.; FERREIRA, N. C.; MIZIARA, F. A expansão da irrigação por pivôs centrais no estado de Goiás (1984-2015). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 37, n. 2, p. 323-341, 2015.

PHAN, T. N.; KUCH, V.; LEHNERT, L. W. Land Cover Classification using Google Earth Engine e Random Forest Classifier – The Role of image Composition. **Remote Sensing**, v. 12, n. 15, p. 2-22, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/15/2411/htm>. Acesso em: 19 Jul. 2023.

ROUSE J. R. W.; HASS R. H.; SCHELL, J. A. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. Deering DW, NASA: 1974.

SILVA, I. S. **Proposta de mapeamento de cobertura e uso da terra a partir do método de detalhamento progressivo**: estudo de caso para o entorno dos reservatórios das UHEs Batalha e Itumbiara. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Goiás, Goiás-GO, p. 113.p. 2022.

SILVA, I. S.; NASCIMENTO, D. T. F.; ROMÃO, P. A.; SILVA, G. F. N.; SALES, M. M.; LUZ, M. P. Proposition of LULC mapping in progressive detailing for the surroundings of hydroelectric powerplant reservoirs: Case study for the Batalha (Brazil). **International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation**. n. 118, p. 1-10, 2023.

SIMÕES, R.; CAMARA, G.; QUEIROZ, G.; SOUZA, F.; ANDRADE, P. R.; SANTOS, L.; CARVALHO, A.; FERREIRA, F. Satellite Image Time Series Analysis for Big Earth Observation Data. **Remote Sensing**, 13, p. 2428, 2021.

SOUZA, Silvo Braz de; FERREIRA, Laerte Guimarães. Mapeamento da cobertura e uso da terra: uma abordagem utilizando dados de sensoriamento remoto óptico multitemporais e provenientes de múltiplas plataformas. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 66, n. 2, p. 321-336, 2014.

VAN BEIJMA, S.; COMBER, A.; LAMB, A. Random forest classification of salt marsh vegetation habitats using quad-polarimetric airborne SAR, elevation and optical RS data. **Remote Sensing Environment**. v.149, n.1, p.118-129, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.04.010>. Acesso em: 12 Jul. 2023.