



## Avanço do desenvolvimento e da regularização urbana de ocupações consolidadas na margem de um reservatório artificial por meio de índices espectrais

*Advancement of urban development and regularization of consolidated occupations on the margin of an artificial reservoir through spectral indexes*

 **Letícia Lemos de Souza<sup>1</sup>** and  **Claudionor Ribeiro da Silva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Mestre. Universidade Federal de Uberlândia (PPGMQ/ICIAG/UFU). Analista em Desenvolvimento Urbano – Arquiteta no Núcleo de Cartografia da Diretoria de Informações Geográficas da Secretaria de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Uberlândia (DIG/SEPLAN/PMU). Uberlândia, MG –

Brasil.  [leticia.lemos@ufu.br](mailto:leticia.lemos@ufu.br)

<sup>2</sup> Doutor em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e pós-doutor pela Universidade do Porto (UP). Professor na Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Uberlândia, MG –

Brasil.  [crs@ufu.br](mailto:crs@ufu.br)

### Notas dos autores

Os autores não têm conflitos de interesse a declarar.

A correspondência relacionada a este artigo deve ser encaminhada para Letícia Lemos de Souza

*Cite as - American Psychological Association (APA)*

Souza, L. L., & Silva, C. R. (2024). Advancement of urban development and regularization of consolidated occupations on the margin of an artificial reservoir through spectral indexes. *Revista de Gestão Ambiental e Sociedade - GeAS*, 13(1), 1-31, e25592. <https://doi.org/10.5585/2024.25592>





## Resumo

**Objetivo:** A proposta deste estudo é mensurar a urbanização e a consequente supressão de vegetação nativa às margens do reservatório artificial da Usina Hidrelétrica (UHE) de Miranda, no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, oriundas da disseminação de loteamentos clandestinos e irregulares.

**Método/Abordagem:** Pesquisa de caráter quantitativa, com a aplicação de técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), dos índices de áreas verdes (NDVI) e construídas (NDBI) às margens da UHE Miranda no município de Uberlândia.

**Resultados e Conclusão:** Os resultados confirmaram a urbanização do parcelamento do solo (regular ou irregular) para fins habitacionais e registraram a evolução na perda de áreas com vigor vegetativo (natural, de agricultura ou pastagens). O NDVI confirmou a acurácia como metodologia para análises ambientais, enquanto NDBI demonstrou falhas para diferenciar as respostas espectrais da antropização.

**Implicações da pesquisa:** A urbanização de áreas rurais por meio da regularização de ocupações consolidadas promove o espraiamento urbano, a especulação imobiliária e elevados custos para a gestão urbana.

**Originalidade/valor:** Às margens de UHEs, a urbanização transforma paulatinamente o uso do solo em áreas rurais com o parcelamento do solo o que contribui para o aumento de impactos ambientais. A aplicação de técnicas de PDI e dos índices NDVI e NDBI confirmou a eficácia como ferramentas de baixo custo na gestão pública e monitoramento dos impactos ambientais.

*Palavras-chave:* urbanização, áreas rurais, reservatórios artificiais, geotecnologias.

### Advancement of urban development and regularization of consolidated occupations on the margin of an artificial reservoir through spectral indexes

#### Abstract

**Objective:** The purpose of this study is to measure urbanization and consequent suppression of native vegetation on the banks of artificial reservoir of Miranda Hydroelectric Power Plant (HPP) in Uberlândia, Minas Gerais (MG), Brazil, resulting from the spread of clandestine and irregular subdivisions.

**Method/Approach:** Quantitative research, with the application of Digital Image Processing (DIP) techniques, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) on the banks of Miranda HPP.

**Results and Conclusion:** The results confirmed the urbanization of land division (regular or irregular) for housing purposes and recorded the evolution in the loss of areas with vegetative vigor (natural, agricultural or pasture). NDVI established the accuracy as a methodology for environmental analysis, while NDBI demonstrated failures to differentiate the spectral responses of anthropization.

**Research implications:** The urbanization of rural areas through the regularization of consolidated occupations promotes urban sprawl, real estate speculation and high cost for urban management.

**Originality/value:** On the banks of HPPs, urbanization gradually transforms land use in rural areas with land division, which contributes to an increase in environmental impacts. The application of DIP techniques and NDVI and NDBI indexes confirmed their effectiveness as low-cost tools in public management and monitoring of environmental impacts.

*Keywords:* urbanization, rural areas, artificial reservoirs, geotechnologies.





## Avance del desarrollo urbano y regularización de ocupaciones consolidadas al margen de un embalse artificial mediante índices espectrales

### Resumen

**Objetivo:** La propuesta de este estudio es medir la urbanización y la consiguiente supresión de la vegetación nativa en las márgenes del embalse artificial de la Usina Hidroeléctrica (UHE) Miranda en el municipio de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, resultante de la expansión de fraccionamientos clandestinos e irregulares.

**Método/Enfoque:** Investigación cuantitativa, mediante la aplicación de técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes (PDI), los índices de área verde (NDVI) y construida (NDBI) en las márgenes de la UHE Miranda en municipio de Uberlândia.

**Resultados y Conclusión:** Los resultados confirmaron la urbanización de la división del suelo (regular o irregular) para fines habitacionales y registraron la evolución en la pérdida de áreas de vigor vegetativo (natural, agrícola o de pastoreo). NDVI confirmó su precisión como metodología para el análisis ambiental, mientras que NDBI demostró fallas para diferenciar las respuestas espectrales de la antropización.

**Implicaciones para la investigación:** La urbanización de las zonas rurales mediante la regularización de ocupaciones consolidadas promueve la expansión urbana, la especulación inmobiliaria y los altos costos de gestión urbana.

**Originalidad/valor:** A orillas de UHEs, la urbanización transforma gradualmente el uso del suelo en las zonas rurales a través de la división del suelo, lo que contribuye a un aumento de los impactos ambientales. La aplicación de las técnicas PDI y de los índices NDVI y NDBI confirmaron su efectividad como herramientas de bajo costo en la gestión pública y el monitoreo de impactos ambientales.

*Palabras clave:* urbanización, zonas rurales, embalses artificiales, geotecnologías.

### Introdução

A conscientização acerca das pressões sofridas pelo meio ambiente tem sido discutida há décadas por estudiosos e governantes em encontros e conferências mundiais, desde Estocolmo em 1972 e, mais recentemente, na 26ª Conferência das Partes (COP26) da Organização das Nações Unidas (ONU). Segundo o Relatório de Análise de Emissões de Gases Estufa e suas implicações, desenvolvido pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (2023), com a iniciativa do Observatório do Clima, os dados coletados de 1970 a 2021 mostram que as mudanças de uso da terra responderam por 49% das emissões brutas de gases estufa no país em 2021, em comparação aos 46% de 2020.

Dados atualizados pelo MapBiomass Brasil (2020), iniciativa multi-institucional que envolve universidades, Organizações não Governamentais (ONGs) e empresas de tecnologia focadas em monitorar as transformações na cobertura e no uso da terra no



Brasil, mostram perdas de 87,2 Milhões de hectares (Mha) nas áreas de vegetação nativa, de 1985 a 2019, o que equivale a 10,25% do território nacional. Dentre os seis biomas brasileiros – Amazônia, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal, Caatinga e Cerrado –, o último foi o mais afetado, com 28,5 Mha a menos, o que representa 21,3% das perdas totais atinentes a alterações no uso da terra para atividades agropecuárias entre pastagens e lavouras temporárias e perenes. Cumpre afirmar que 66,8% do país é coberto por vegetação nativa, sem indicar a preservação propriamente dita; e 9,3% são secundárias, com áreas desmatadas e convertidas para uso antrópico ao menos uma vez.

A alta denota tanto um aumento no desmatamento como evidência de que, apesar do Brasil ter cumprido a meta numérica estabelecida na Política Nacional sobre Mudança do Clima, sua trajetória de emissões tampouco o perfil de poluição pelo desmatamento fora alterado (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, 2023). Ainda segundo o Relatório Anual de Desmatamento (RAD) do *website* MapBiomas, a área desmatada no Brasil cresceu 22,3% em 2022, enquanto 90% do desmatamento que ocorre no país acontecem nos biomas Amazônia e Cerrado e são provenientes da ilegalidade (MapBiomas Brasil, 2023), referentes principalmente a atividades agrícolas, extrativistas ou pecuárias, o que reforça a importância da preservação do patrimônio natural para a manutenção do equilíbrio entre o quanto é depredado e subtraído do meio ambiente. Todavia, a disseminação do parcelamento do solo seja para fins residenciais ou não, tais como loteamentos convencionais (modalidade comumente verificada em zonas urbanas) muitas vezes próximos a Áreas de Preservação Permanente (APP), também tem contribuído para remoção da vegetação nativa em áreas rurais, executados em padrões inadequados de ocupação sem respeitar a legislação urbanística e ambiental, pois são implantados e comercializados clandestinamente.

Nas áreas rurais do município de Uberlândia (MG), onde antes se verificava um mosaico de fazendas em áreas maiores (glebas) ou menores (módulos rurais) que possuíam atividades voltadas ao primeiro e segundo setor da sociedade (agropastoris e industriais), na última década se observam a divisão do solo e a alienação de lotes com características urbanas, ou seja, em pequenas parcelas (lotes). Isso ocorre, em especial,



por meio dos contratos de compra e venda em cartórios notariais em frações ideais, modalidade de alienação da terra coibida apenas nos últimos anos, com a interferência do Ministério Público.

De acordo com informações obtidas no portal da Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU) (2023), existem atualmente 17 loteamentos na zona urbana e 146, na rural, em situação de irregularidade – destes últimos, 38% estão localizados às margens da represa da Usina Hidrelétrica (UHE) de Miranda. Com o advento da Lei Federal (LF) n. 13.765 (2017), que regularizou os núcleos urbanos informais, Uberlândia (MG) transformou uma faixa de 1,5 km às margens do reservatório artificial da represa da Usina Hidrelétrica de Miranda, denominada Zona de Urbanização Específica 5 (ZUE 5), às margens do Rio Uberabinha e do Rio Araguari, de área rural para área urbana, o que possibilitou a regularização de diversos loteamentos clandestinos que haviam sido implantados na região.

A urbanização de áreas rurais, em especial às margens de UHEs, ocasiona a perda de biodiversidade, a impermeabilização do solo, a geração e o carreamento de resíduos sólidos para a represa, entre outros.

Nesse contexto, a pesquisa propõe, a partir de um recorte temporal delimitado por normativas que estabeleçam faixas mínimas obrigatórias de preservação ambiental entre 2000 e 2019 e a partir de um recorte geográfico – trecho da ZUE 5 compreendido entre a cota a montante (divisa entre Uberaba e Uberlândia) e a cota a jusante (vertedouros) da UHE Miranda – para através de técnicas de PDI (Processo Digital de Imagens), mais especificamente os índices espectrais, no diagnóstico da supressão de vegetação nativa dentro e fora da APP.

O levantamento do uso e da cobertura do solo por técnicas tradicionais seria moroso e oneroso, dadas as dimensões da área; porém, imagens de satélite e técnicas de PDI têm sido amplamente utilizadas, em especial por cobrir grandes áreas com menor custo na etapa de levantamento.

Dentre as técnicas de PDI, o Índice de Diferença Normalizada de Áreas Construídas (*Normalized Difference Built-up Index* – NDBI) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) se sobressaem pela variedade de aplicações em estudos de uso e cobertura do solo, cujos interesses



se referem, respectivamente, à área com construções e áreas com vegetação. Diante disso, na presente pesquisa mapeou-se a evolução da supressão de vegetação nativa por meio do NDVI e o acréscimo de área construída pelo NDBI, registrando o avanço da antropização na ZUE 5 e o aumento do parcelamento do solo (regular e irregular) para fins habitacionais. Para tanto, foram utilizadas rotinas computacionais específicas para tais índices, implementadas com os softwares ENVI e QGIS.

### Referencial teórico

Sob o ponto de vista do uso do solo ou das atividades econômicas que caracterizam a cidade, Souza (2005) a define como um espaço da produção, do comércio e dos serviços. Nesse íterim, a busca crescente pela satisfação das necessidades humanas básicas e (i)materiais impulsionam sua dinâmica, ao se materializar conforme os anseios de seus diversos atores e das forças dominantes que moldam o tecido urbano segundo seus interesses, no qual a relação do ser humano está dissociada com a natureza como faz pressão sobre ela.

No que concerne às dinâmicas e pressões existentes sobre as cidades, Gonçalves (2010) cita a criação de uma demanda atendida pelo capital especulador sem nenhuma responsabilidade ou preocupação com espaços que podem contribuir para uma melhor qualidade de vida da cidade. Essa dinâmica sutil que passa despercebida no dia a dia, gerida pela força daqueles que detém os recursos como a propriedade da terra ou investimentos para empreendê-la, assistidos pelos órgãos fiscalizadores ou legisladores que somente veem a cidade e sua expansão sob a perspectiva da legislação e do “agora”.

Magalhães (2006) enfatiza que, no discurso estabelecido dos projetos urbanos, a temática ambiental não se insere no cerne das preocupações. Em concordância, Jacobs (2003) aponta que tal atenção é considerada sob o ponto de vista do provimento de áreas livres nos espaços urbanos. Com o desejo de qualidade de vida e ambiental, o expandir das cidades deveria prever sustentabilidade e equidade na forma como os espaços são produzidos e apropriados.

O risco de degradação ambiental está relacionado ao impacto antrópico e nesse sentido a urbanização desde o momento da apresentação de um anteprojeto urbanístico



deveria apresentar soluções que prevejam os riscos pois ao empreender loteamentos e expandir as cidades se propõe um modo de ocupação do território, um modo de relações sociais e conseqüentemente impactos ambientais (Farr, 2013). Jacobi (2004) acrescenta que a maior parte das decisões que envolvem riscos ambientais urbanos está na esfera de competência municipal, pois esse ente público estabelece normativas referentes ao uso e à ocupação do solo que impactam no modo de apropriação e, conseqüentemente, na preservação ambiental.

Em se tratando da importância de normativas, Mello (2005) explica que as margens de corpos d'água protegidas pelas APPs são um mecanismo legal criado para respaldar áreas ambientalmente vulneráveis, nos quais se insere o princípio da intangibilidade, com a proibição de qualquer forma de uso e ocupação. No caso do recorte geográfico proposto para a pesquisa, a APP que circunda as margens de um reservatório artificial é palco e objeto de ambigüidades e de dualidades, por ser local atrativo para diversos usos e atividades de lazer e recreativas, e, ao mesmo tempo, constitui um lugar de preservação ambiental.

Sob o ponto de vista ambiental, a preservação de vegetação nativa (ou as faixas de APP), dentre outros objetivos, protege(m) os cursos d'água e a fauna, evita(m) processos de assoreamento, contaminação e eutrofização de mananciais, garante(m) a retenção e absorção eficiente de águas pluviais pelo solo e otimiza(m) a qualidade do ar (Pessoa, 2014). Enquanto isso, os impactos ocasionados pela implantação de uma UHE são o alagamento das áreas de produção de alimentos e das florestas, as alterações do clima e a interferência na imigração de espécies da fauna e na reprodução da ictiofauna (Silva, 2011).

A expansão urbana em áreas rurais, a exemplo deste objeto de estudo, produz impactos negativos em florestas, pastagens e áreas agrícolas. Cidades compactas e densas se contrapõem à expansão urbana e a vetores de desenvolvimento econômico, o que resulta na modificação do uso de áreas não urbanizadas anteriormente que poderiam fornecer um "habitat natural". A propósito, áreas urbanizadas possuem um custo *per capita* alto sobre sistemas e habitats naturais por meio das melhorias urbanas de impermeabilização do solo, seja com construções ou vias asfaltadas, no aumento do uso da água e na demanda de energia (Farr, 2013).





Devido às dificuldades do poder público em fiscalizar as vastas dimensões de um município, o sensoriamento remoto se torna uma ferramenta com excelente custo-benefício no monitoramento ambiental e de ocupações urbanas consolidadas. Segundo Menezes e Fernandes (2013), as geotecnologias são determinadas pelo conjunto de programas, produtos e técnicas, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), sensoriamento remoto, Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS), modelos numéricos do terreno e organização de banco de dados.

Teixeira e Rizzatti (2022) afirmam que a aplicação de geotecnologias em dados espaciais possibilita o monitoramento e a quantificação de áreas, objetos e/ou fenômenos de interesse. A junção de dados coletados por meio do sensoriamento remoto, sob a forma de imagens, com a aplicação de técnicas de PDI, permite quantificar e analisar episódios ambientais, ao gerar resultados que norteiam ações futuras ou resolução de conflitos ambientais, para reavaliar as decisões tomadas para o planejamento urbano e ambiental de cidades (Morandi et al., 2018).

Dentre os índices espectrais, NDVI e NDBI são utilizados para estudos que envolvem temáticas ambientais e urbanas e fornecem dados a custos relativamente baixos e em pouco tempo, o que permite fazer diagnósticos precisos ou adaptar estratégias de desenvolvimento econômico, de proteção do meio ambiente ou de gestão de cidades. Pesquisas sobre APPs no cerrado brasileiro demonstram que imagens de satélites e ferramentas computacionais podem ser empregadas para monitorar padrões de mudança na biodiversidade, provocadas por ações antrópicas, o que facilita as tomadas de decisão e auxilia em estratégias de gerenciamento, prevenção e ordenamento territorial (Moreira et al., 2015; Oliveira, Borges & Acerbi Júnior, 2018).

Em variadas técnicas de PDI utilizadas no processo de extração de informações, os índices espectrais NDVI e NDBI têm sido utilizados para investigações temáticas ambientais e urbanas e fornecem dados a custos relativamente baixos e em pouco tempo, o que permite a realização de diagnósticos mais precisos ou a adaptação de estratégias de desenvolvimento econômico, proteção do meio ambiente ou gestão de cidades. Proposto por Rouse *et al.* (1973), o NDVI tem sido empregado em comparações de mudanças na cobertura vegetal, ao longo do tempo, pois é menos influenciado por variações das condições atmosféricas; e o NDBI, criado por Zha, Gao e Ni (2003), possui



grande aplicabilidade na identificação de áreas urbanas e no monitoramento da distribuição espacial e da expansão urbana.

De acordo com Saraiva et al. (2012), o NDVI explora as diferenças entre as respostas espectrais no Infravermelho Próximo (*Near Infrared* – NIR) e no do comportamento espectral da vegetação. Por sua vez, o NDBI, também conhecido pela expressão *built-up* (“urbanizado”, em tradução literal), explora as diferenças das respostas espectrais de áreas urbanas e não urbanas entre Infravermelho Médio (*Medium Infrared* – MIR) e NIR.

### Material e métodos

Esta pesquisa se refere ao entorno do represamento do Rio Araguari, formado com a implantação da UHE de Miranda, confrontada com os municípios de Indianópolis e Uberlândia (MG), como parte integrante de uma série de usinas, como Nova Ponte, Amador Aguiar I e Amador Aguiar II. A metodologia foi aplicada nas margens da represa, em Uberlândia (MG).

### Contextualização e caracterização do objeto de estudo

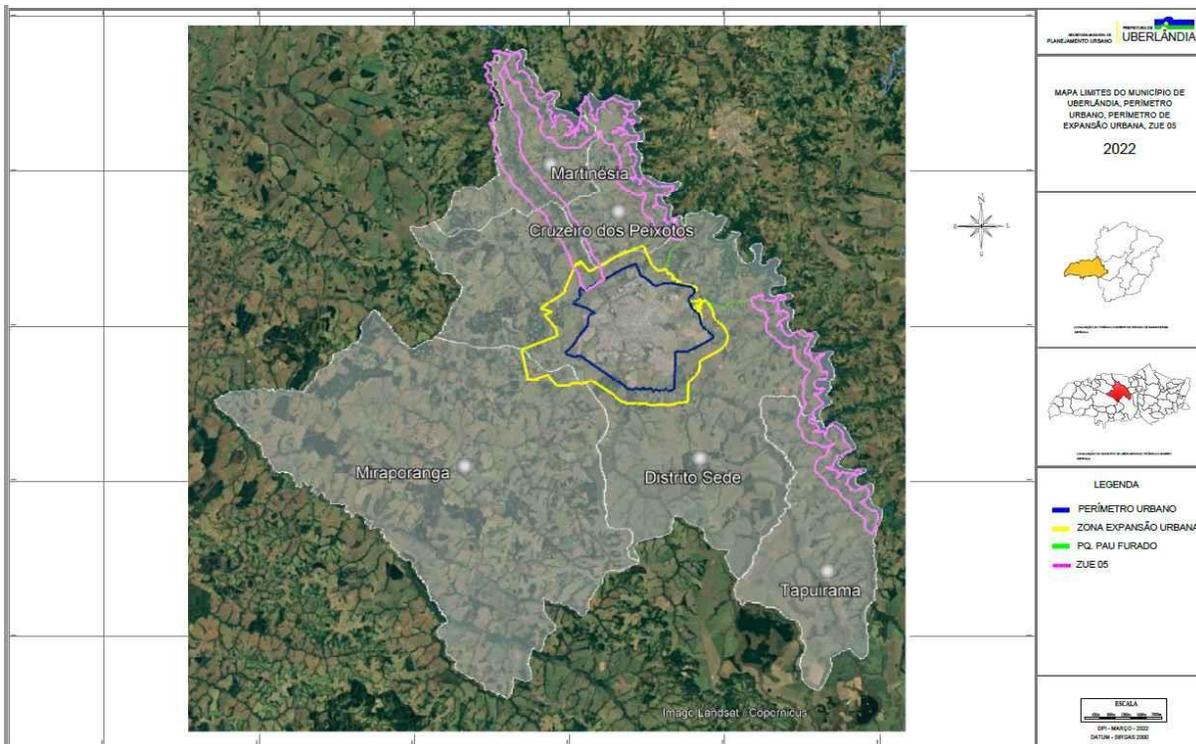
O reservatório artificial formado com a implantação da UHE Miranda se inicia nas coordenadas 19°02'57" S / 47°59'38" W a montante, na divisa entre Uberaba e Uberlândia (MG); e 18°54'44" S / 48°02'12" W a jusante, onde ficam localizados os vertedouros. A geração líquida em é da ordem de, aproximadamente, 105,8 Gigawatt/hora (GWh) no período de chuvas e de 76,5 GWh no período de estiagem.

Dessa forma, a UHE Miranda encontra-se oficialmente domiciliada em Indianópolis (MG), localizada no fuso 23°. Porém, no desenvolvimento da pesquisa, será utilizado o fuso 22°, por se restringir à margem da UHE Miranda inserida em Uberlândia (MG). Utilizou-se o sistema de referência SIRGAS 2000, com projeção do sistema de coordenadas da Universal Transversal de Mercator (UTM) de fuso 22° S. O recorte geográfico definido para aplicar a metodologia escolhida foi delimitado no trecho da área represada do Rio Araguari, desde o limite entre Uberaba e Uberlândia (MG) a montante até os vertedouros da represa a jusante (Figura 1).



## Figura 1

### Localização da ZUE 5 no Município de Uberlândia



Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia (2023).

A LF n. 13.465 (2017) possibilitou a regularização fundiária de loteamentos irregulares e clandestinos nas zonas urbana e rural, com duas categorias distintas de classificação desses imóveis passíveis de regularização em imóveis com características de população de baixa renda e, portanto, de interesse social (REURB-S) e com imóveis de características específicas, sem ser classificados como de interesse social (REURB-E). Cumpre afirmar que a regularização dos loteamentos clandestinos às margens da UHE Miranda é classificada como Reurb-E.

Nesse entremeio, a Lei Complementar (LC) n. 671 (2019) foi implementada em Uberlândia (MG) para modificar a categoria das terras no entorno da UHE Miranda de rural para urbano em uma faixa de 1,50 km a partir da cota de inundação ao longo do Rio Uberabinha e em toda a margem do Rio Araguari, à exceção d Parque do Pau Furado e da Zona de Amortecimento do Pau Furado, até o extremo sudeste do município (ZUE



5), região denominada como “Complexo Turístico Interlagos”.

## Materiais

Os materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa foram: 1) imagens de satélites, obtidas gratuitamente no *website* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); 2) arquivos vetoriais da UHE Miranda fornecidos pela empresa Engie, do levantamento planimétrico da margem em Uberlândia (MG), no reservatório de Miranda. Foi definido um recorte geográfico dentro da faixa de 1,50 km estabelecido pela LC n. 671 (2019), que definiu a ZUE 5 no referido município, mais especificamente as margens da UHE Miranda.

Normativas selecionadas para obtenção das faixas relativas a APPs e à ZUE 5 para definição dos polígonos a serem trabalhados nos mapas foram obtidas em portais de leis federais<sup>1</sup> e municipais<sup>2</sup> na internet. O polígono da faixa de 1,50 km estabelecido pela ZUE 5 foi conseguido junto à Diretoria de Informações Geográficas da Secretaria de Planejamento Urbano (DIG/SEPLAN) da PMU, e o polígono da APP, para o caso da represa, à empresa concessionária Engie Brasil.

## Métodos

Para o recorte temporal, foram escolhidos os anos 2000 (início da operação da UHE Miranda), 2008 (ano estabelecido pelo Código Florestal – CF, na qual a faixa da APP para reservatórios artificiais licenciados até 2008 se inseriu entre a cota máxima operativa normal e a cota máxima *maximorum*), 22 de dezembro de 2016 (data de corte estabelecida pela LF 13.675 (2017) para os núcleos urbanos consolidados serem beneficiados e regularizados) e 2019 (criação da Lei no. 671 (2019), que estabelece a ZUE 5 na qual o solo antes rural passou a ser urbano com mudança nos parâmetros urbanos e admitiu nessa região, além do parcelamento do solo para fins habitacionais, usos comerciais, de serviços e industriais).

Em cada período escolhido como recorte temporal, foram delimitados polígonos

---

<sup>1</sup> Recuperado de <https://www4.planalto.gov.br/legislacao>

<sup>2</sup> Recuperado de <https://leismunicipais.com.br/prefeitura/mg/uberlandia>





que convergem com as normativas passadas e atuais para quantificar o vigor vegetativo nos respectivos anos sobrepostos na faixa de 1,50 km estabelecida pela ZUE 5. Os polígonos das faixas de APP na ZUE 5 foram estabelecidos conforme normativa vigente em cada ano, tendo sido escolhidas duas datas anteriores ao atual CF – LF n. 12.651 (2012) – e outras duas posteriores a esse documento: a) 2000 e 2008 – polígonos do antigo CF (1965), com faixa de 100 metros para áreas rurais; b) 2016 – polígonos da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) n. 302 (2002), para áreas rurais (faixa de 100 metros) e CF (2012), com faixa de 30 metros; c) 2019 – polígonos da Resolução Conama n. 302 (2002), para áreas urbanas com faixa de 30 metros e CF (2012), com faixa de 30 metros. A partir do CF atual (2012), a faixa de APP seria somente a faixa compreendida entre a cota operativa normal (+676,00) e a cota máxima *maximorum* (+676,95), no entorno da represa da UHE Miranda.

As imagens de satélites selecionadas e processadas para gerar os mapas NDVI e NDBI compreendem o período de estiagem de julho a setembro, com base em *Landsat 5*, sensor TM (Tabela 1), de 2000 a 2008, e do *Landsat 8*, sensor OLI (Tabela 2), de 2016 a 2019. Mais especificamente, foram utilizadas as bandas do Vermelho, Infravermelho Próximo e Infravermelho Médio, com resolução espacial de 30 metros e radiométrica de oito e 16 bits, respectivamente. O processamento das imagens de satélite foi realizado pelo *software ENVI 5.2 Classic* – versão 64 bits, no Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geografia (IG) na UFU. Mapas gerados foram sobrepostos com o *software* de uso livre *QGIS*, instalado no mesmo laboratório, para desenvolvimento dos mapas nas datas escolhidas.

### **Definição das bandas para aplicação do NDVI e das classes de avaliação**

Para o cálculo do NDVI, foram utilizadas as bandas 3 e 4, referentes ao período de 2000 a 2008, do sensor TM (*Landsat 5*) e, de 2016 a 2019, as bandas 4 e 5, do sensor OLI (*Landsat 8*). Conforme as imagens, foram extraídos os seguintes valores do índice NDVI, com o intuito de obter as classes de interesse, processadas no *software* livre *QGIS*: i) vegetação densa:  $NDVI \geq 0,5$ ; ii) vegetação em crescimento:  $0,2 \leq NDVI < 0,5$ ; iii) solo exposto/zona antropizada:  $-0,2 \leq NDVI < 0,2$ ; iv) outros:  $NDVI < -0,2$ .

Após o resultado do processamento dado em tons de cinza, propriedades da



imagem foram alteradas para a banda simples falsa-cor, ainda no QGIS. Demonstrem-se as cores expressas em cada classe divididas em duas classes/cores – “vegetação densa” e “vegetação em crescimento: forração/pasto/cultivo”. Para a classe “solo exposto”, adotou-se a vegetação foi removida e, portanto, é uma área antropizada inclusa na mesma classe.

### **Definição das bandas para aplicação do NDBI e das classes de avaliação**

O cálculo do NDBI foi realizado com as bandas 4 e 5 do sensor TM (*Landsat 5*), que corresponde ao Infravermelho Próximo (NIR) e Infravermelho Médio (MIR), respectivamente, por meio das imagens capturadas de 2000 a 2008. Entretanto, devido à falha no sensor TM em 2013, em se tratando do período de 2016 a 2019, foram usadas as bandas espectrais 5 (NIR) e 6 (MIR) capturadas pelo sensor OLI (*Landsat 8*) para calcular o NDBI.

Como o método de segmentação de cada área pode variar de acordo com a predominância do material empregado na construção civil, foi realizada a calibração do método com base na área urbana de Uberlândia (MG), que norteou a definição da qualidade da classificação realizada. Dessa forma, as classes foram ajustadas até obter com nitidez as áreas de possíveis loteamentos presentes na região estudada, a saber: i) área antropizada =  $\geq 0,5$ ; ii) área não antropizada =  $< 0,5$ .

### **Resultados e discussão**

Os resultados alcançados refletem a realidade no local e registram a evolução da perda de áreas vegetadas e no avanço da urbanização, em virtude da existência de loteamentos clandestinos a serem regularizados em virtude de fatos somados cronologicamente: 1) em virtude da diminuição da largura da faixa de preservação disposta no CF (2012), instituiu-se que a faixa de APP às margens de represas artificiais se resumiriam a projeção horizontal entre a cota máxima operativa normal e a cota máxima maximorum; 2) o advento da LF de Regularização Fundiária n. 13.465 (2017); 3) em virtude da criação da LC n. 671 (2019), que instituiu a ZUE 5 e transformou o solo rural em urbano ao longo de uma faixa de 1,50 km.

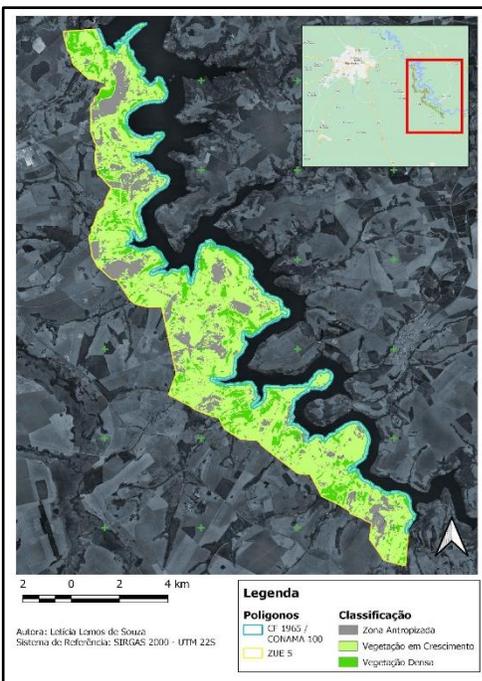
## NDVI

A quantidade de áreas antropizadas na zona antropizada em relação ao antigo CF (1965) – Polígono Conama 100 corresponde a apenas 1,20% da área de estudo. De 2000 a 2008, ao contrário do esperado, houve uma redução na área antropizada, de 1,20% para 1,03%.

No que tange à vegetação em crescimento, ela corresponde a uma média de 5,90% da área total. Assim como o comportamento da zona antropizada, a área referente à vegetação em crescimento apresentou certa diminuição, a qual está diretamente associada ao aspecto da vegetação densa (Figuras 2 e 3).

### Figura 2

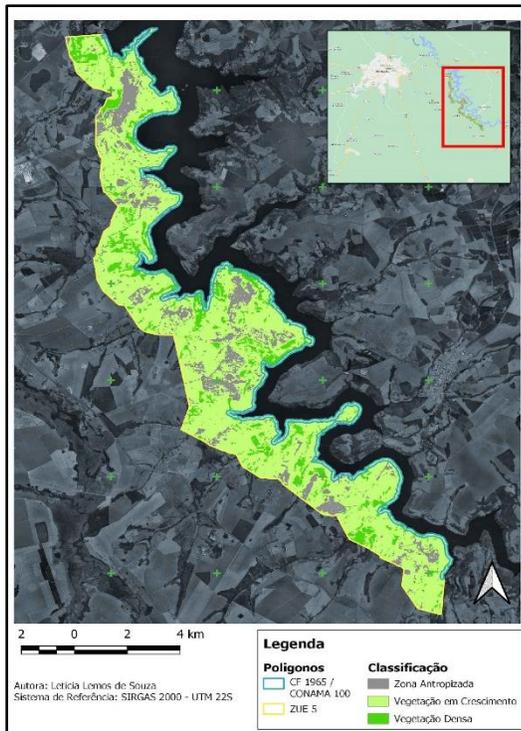
#### Classificação NDVI – 2000



Fonte: Dados da autora (2023).

### Figura 3

#### Classificação NDVI – 2008



Fonte: Dados da autora (2023).

A vegetação densa, que corresponde a apenas 1,78% em 2000 e 1,95% em 2008, representa a vegetação em maior densidade, seja com vegetação de baixo porte em grande volume e/ou presença de vegetação de grande porte com significativa densidade.

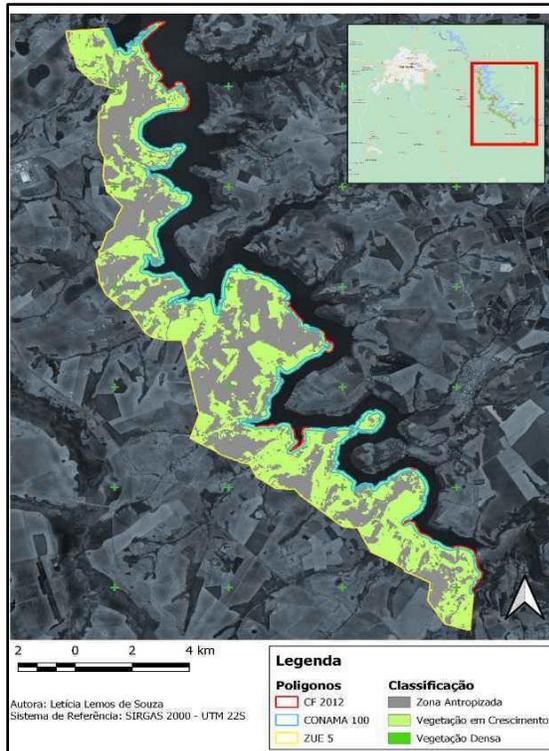
Esta, por sua vez, obteve um relativo aumento de 2000 para 2008, o que indica um sinal relevante, tendo em vista que a vegetação local provavelmente se recompôs de modo natural. Os resultados indicam uma razoável estabilidade entre a remoção de vegetação e sua recuperação, com um efeito geral de melhoras na qualidade ambiental da região.

Nesse íterim, a área correspondente ao CF (2012), o qual compreende a menor parcela em relação à área analisada, equivalente a apenas 0,19% dela, cuja zona é destinada à proteção integral da flora e fauna da região. Por ser uma área menor, espera-se que ela se apresenta em um estado de preservação consideravelmente maior, quando se coloca em paralelo com as demais áreas.

Em observância aos percentuais de zona antropizada, é possível identificar um relativo aumento desses valores. O aumento foi baixo, de 0,053% em 2016 para 0,56% em 2019, provavelmente derivado de algumas intervenções pontuais na área do CF (2012) (Figuras 4 e 5).

### Figura 4

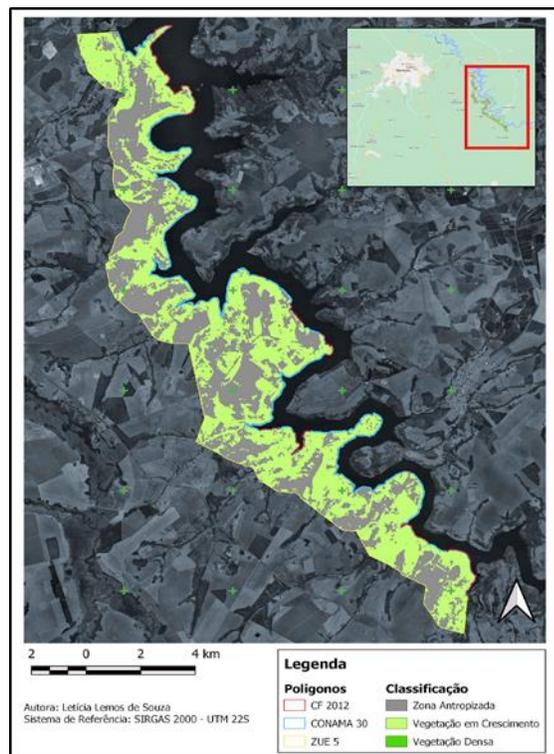
Classificação NDVI – 2016



Fonte: Dados da autora (2023).

## Figura 5

### Classificação NDVI – 2019



Fonte: Dados da autora (2023).

A vegetação em crescimento foi de 0,156% para 0,153%. Essa movimentação indica uma relação direta de compensação da área de vegetação suprimida para a realização das intervenções antrópicas na área analisada. Conforme indicado anteriormente, não se identificou a região de vegetação densa nas análises realizadas para tais períodos – por esse motivo, elas não serão citadas nas verificações correspondentes.

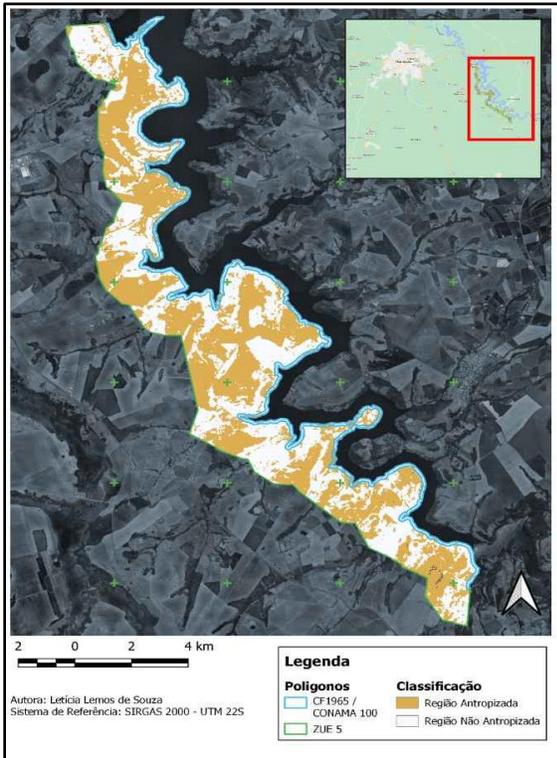
## NDBI

O NDBI não é um método seletivo no que se refere à identificação como zona antropizada; logo, regiões com vegetação seca, dentre outros locais com respostas espectrais semelhantes, são comumente identificadas com um retorno espectral semelhante ao de casas e edifícios. Essas regiões ainda são antropizadas; entretanto, a generalização do método garante pouca precisão ao produto gerado, o que é associado

a baixa resolução da imagem de base e possibilita apenas um produto de consulta, mas sem aproveitamento para uma discussão aprofundada.

### Figura 6

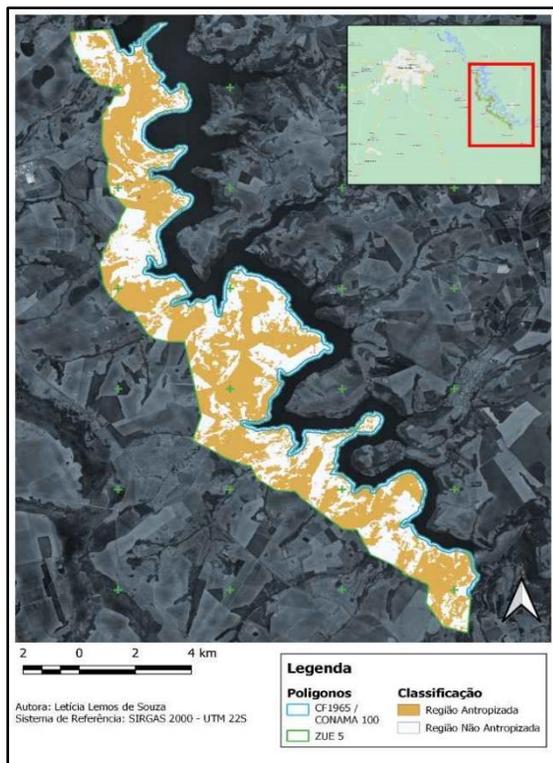
#### Classificação NDBI – 2000



Fonte: Dados da autora (2023).

## Figura 7

### Classificação NDBI – 2008



Fonte: Dados da autora (2023).

Houve redução da área não antropizada em relação à área total da AOE, que foi de 5,55% em 2000 para 5,34% em 2008, ao indicar intervenção antrópica nos valores de 3,37% em 2000 para 3,51% em 2008. Tais índices podem parecer pequenos, de fato, se considerar a proporção da área de estudo; entretanto, a área do CF 1965/polígono Conama 100 se trata de uma região de preservação que não deveria sofrer com intervenções antrópicas. Essa variação *per se* indica a existência de uma atividade que não deveria acontecer na região.

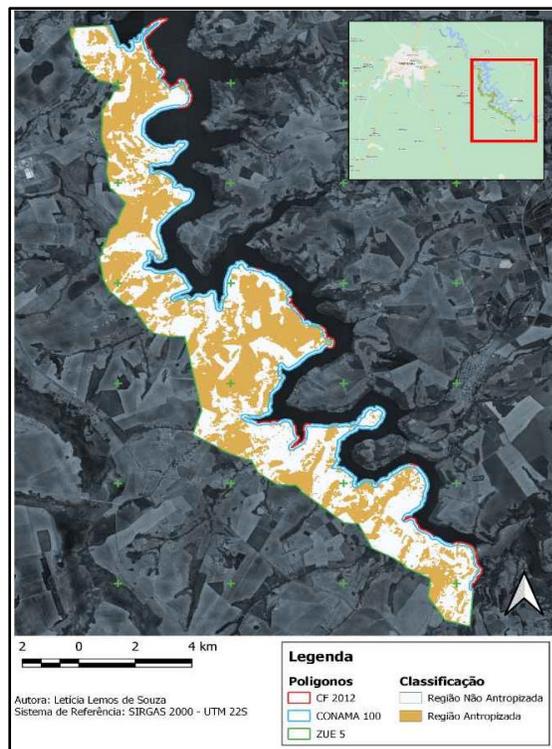
Com essa hipótese, contrapõe-se a análise NDVI desenvolvida para a mesma área, pois, no mesmo período, houve uma redução dos valores de zona antropizada para a região, ao passo que se aumentaram os índices de vegetação densa. Essa contradição pode ser derivada de um potencial interpretação de parte da vegetação em crescimento passar a ser classificada como zona antropizada no método de classificação do NDBIs, pois, por mais que haja o desenvolvimento da vegetação densa, ela não se mostrou

suficientemente impactante para ampliar a área de zona não antropizada; e parte da vegetação em crescimento passou a ser classificada como antropizada.

Outro ponto importante é o método de classificação NDBI com algumas regiões de pastagem e plantações como zonas antropizadas (Figuras 8 e 9).

### Figura 8

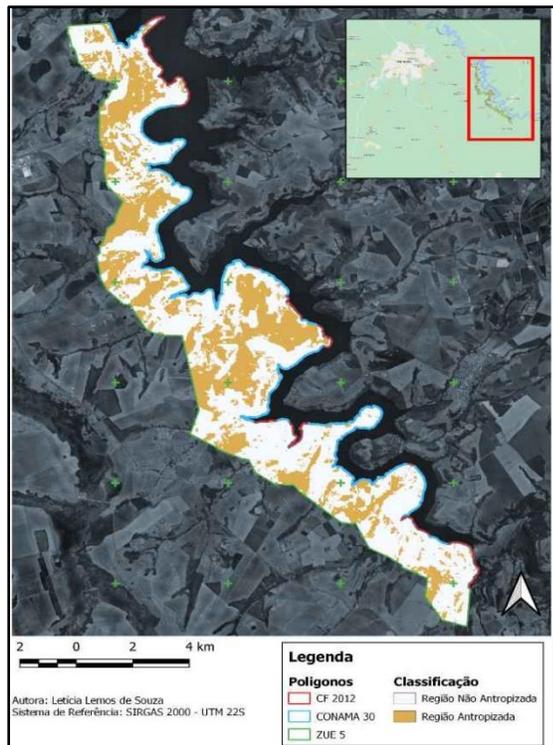
Classificação NDBI – 2016



Fonte: Dados da autora (2023).

## Figura 9

### Classificação NDBI – 2019



Fonte: Dados da autora (2023).

Os valores referentes à área não antropizada passaram de 0,20% em 2016 para 0,21% em 2019. O crescimento por si não se mostra significativo, mas é um bom indicativo, ainda mais em relação aos percentuais equivalentes em zona antropizada na região, de 0,011% em 2016 para 0,002% em 2019, isto é, se apresenta próximo de zero, algo imprescindível à qualidade ambiental da região.

Com relação à área do polígono Conama 30, ela manteve a tendência de crescimento da zona não antropizada, de 2,20% da área total em 2016 para 2,39% em 2019. Também não pode ser interpretado como um crescimento significativo, sem assumir um crescimento maior que 1%; entretanto, é um indicativo satisfatório para a qualidade da área.

## NDVI e NDBI gerais

Ao levantar um comparativo entre as classificações de 2000, existe uma diferença elevada entre os valores de zona antropizada e os da não antropizada. A distinção entre

ambas as classes demonstra que a não antropizada corresponde a menos da metade da área total no NDBI (equivalente 47,21%), ao passo que esta mesma classe compõe 83,03% do total.

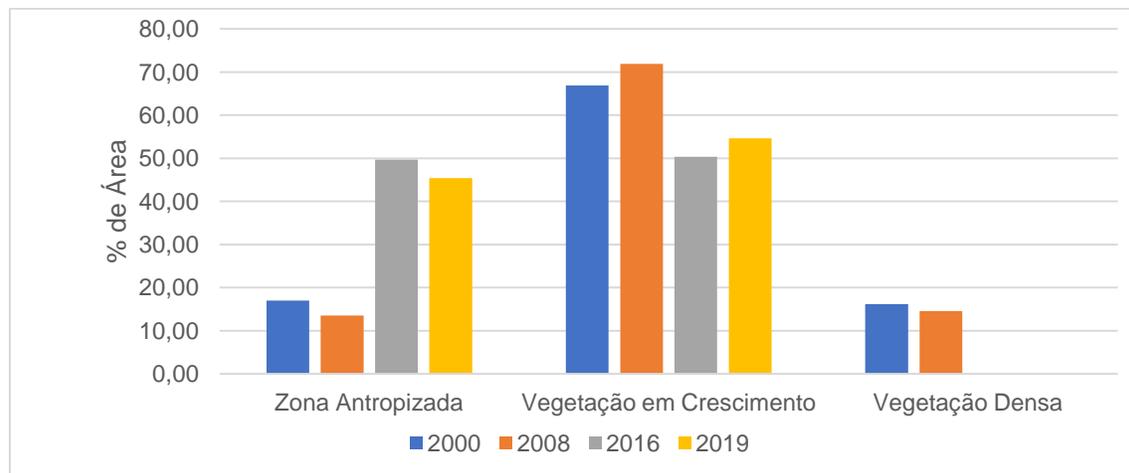
Tais resultados estão diretamente em acordo com a proposta do método de classificação, tendo em vista que o NDVI desativa uma busca mais especializada no tocante à vegetação, cujos limites de classificação mais bem definidos, ao passo que a classificação NDBI tem um foco voltado à busca de construção civil.

A construção civil é uma modalidade de classe que abarca um índice espectral amplo, por ser vasta a composição das construções.

Dessa forma, ao definir um índice próprio para a classificação, como indicado na metodologia, parte da vegetação poderia não ser classificada como zona antropizada, mas é possível apresentar tal característica, em especial em regiões com vegetação seca, em virtude da responsividade distinta.

### Figura 10

*NDVI – distribuição de área em % (área total) – 2000, 2008, 2016 e 2019*



Fonte: Dados da autora (2023).

Sob esse viés, as imagens de 2008 mantiveram o padrão daquelas obtidas em 2000. Mesmo com relativa discrepância dos percentuais absolutos, os quais são esperados em função da diferença de métodos, nota-se que as escalas são próximas: o valor de zona antropizada na classificação NDBI foi de 42,86% enquanto a mesma classe



no NDVI apresentou 86,46%.

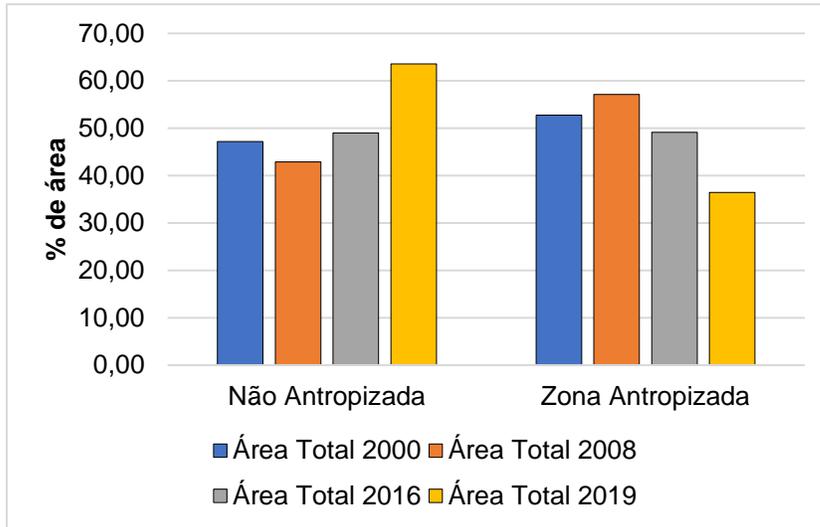
Evidentemente, ainda há uma diferença marcante em termos de valores absolutos, mas, como ambas as imagens foram retiradas do mesmo satélite, o padrão se torna um indicativo satisfatório nesse contexto. Em 2016, os percentuais das classificações se mostraram próximos: enquanto as zonas antropizadas do NDBI foram de 50,87%, o valor da mesma classe no NDVI correspondeu a 50,33%. É, pois, um bom indicativo de concordância entre as classificações aplicadas, pois, mesmo com uma diferença no valor, é pouco significativa em contraste com a magnitude da área total. No que concerne às áreas não antropizadas, é possível afirmar que seguem o padrão supracitado.

Essa relação se deve ao fato das imagens utilizadas para a classificação passaram a ser coletadas com o satélite Sentinel 2, e não mais com *Landsat 5* ou *8*. Com um sistema atualizado e somado a tecnologias modernas, potencializa a aquisição de imagens com melhor qualidade e menor interferência de ruídos no resultado da classificação. Diferentemente de 2016, o ano de 2019 voltou a apresentar maior disparidade entre os valores obtidos das classificações, com 63,56% de área não antropizada no NDBI e área de apenas 54,62% na classificação do NDVI.

Apesar de certa disparidade entre os valores, a distinção entre eles é relativamente menor em comparação aos dados dos anos de 2000 e 2008, o que remete a uma real melhora na compatibilidade dos métodos com o aperfeiçoamento dos recursos de imageamento. Assim, houve uma relação de semelhança no comportamento dos dados no tocante aos satélites aplicados no período, o que remete a uma elevada possibilidade de identificação do satélite utilizado ou, de forma mais específica, dos sensores implementados para o imageamento, como principal fator de impacto na qualidade da classificação e na proximidade de relação entre as classificações NDBI e NDVI.

### Figura 11

*NDBI – distribuição de área em % (área total) – 2000, 2008, 2016 e 2019*



Fonte: Dados da autora (2023).

Em 2000 e 2008, o percentual de zona antropizada se mostrou em uma relação inversa nos anos analisados: ao passo que o NDVI indicava maior presença de vegetação, o NDBI mostrou uma incidência elevada de zona antropizada. Por seu turno, em 2016 e 2019, o comportamento das classificações demonstrou uma relação positiva: NDVI salientava a zona antropizada, e NDBI também apresentava valores maiores na mesma zona, padrão igualmente repetido em 2019.

### Considerações finais

Os resultados evidenciaram que as áreas de vigor vegetativo diminuíram nas APPs e fora delas desde 2000 até 2016, ao perpassarem o antigo CF (1965) até o vigente (2012) e conforme a faixa de APP exigida no Conama. Houve períodos em que a vegetação aumentou, mas não impactam na conclusão em relação nos impactos promovidos pela urbanização às margens da represa da UHE Miranda. A velocidade de recuperação da vegetação após ser depredada espontaneamente é menor que a rapidez na antropização.

Por um lado, se notou a eficácia do índice NDVI como ferramenta para análises ambientais e de grande acurácia. A mesma afirmação não pode ser feita com relação ao



NDBI, que demonstrou a contaminação de dados e dificuldades em definir o intervalo para áreas sem vegetação confundidas com áreas de solo exposto, mas também com água e asfalto, por exemplo. Os resultados imprecisos da aplicação do NDBI, provavelmente, estão relacionados a imagens de satélite gratuitas de baixa resolução para aplicar um método que representou índices pouco expressivos em localidades onde há interferência humana, seja por habitações ou atividades empreendidas, ausência de vegetação de grande porte ou vigor vegetativo e presença de corpos d'água.

Por outro lado, Saraiva et al. (2012), no estudo com índices espectrais, verificaram que NDVI e NDBI são utilizados para aferir as temperaturas da superfície terrestre que continha vegetação e em áreas urbanas consolidadas de Campinas, São Paulo (SP), em três datas diferentes ao longo de 15 anos. Eles registraram como as mudanças no padrão de ocupação e do uso do solo afetaram a temperatura, com uma relação negativa entre NDVI e a temperatura da superfície; e positiva do NDBI com a referida temperatura. Isso corroborou a máxima de que áreas ou bairros com mais alto índice de cobertura vegetal apresentam temperaturas mais amenas, enquanto a grande quantidade de inércia térmica produz o fenômeno de “ilhas de calor” e, conseqüentemente, temperaturas mais elevadas.

Costa, Augusto e Seabra (2017) realizaram um estudo para analisar a expressiva urbanização do litoral do Rio de Janeiro (RJ), em específico na Região dos Lagos, por meio do mapeamento de uso e cobertura da terra produzido por um dos laboratórios de pesquisa da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). Utilizou-se o NDBI para classificar áreas urbanas em pontos aleatórios, em que 86% das áreas analisadas apresentaram compatibilidade das classes de uso do urbano com as imagens verificadas. Os resultados obtidos para medir a eficiência na aplicação do índice spectral foram satisfatórios e com desempenho adequado para determinar o que era urbano (ou não), mesmo diante de aproximadamente 8% de erros com os conflitos de classes da similaridade da resposta spectral de algumas superfícies, da classificação e dos descritores utilizados.

Por meio do NDVI e do NDBI em Eunápolis, Bahia (BA), Oliveira, Cerqueira Neto e Silva (2021) notaram a redução da vegetação de elevado vigor vegetativo na maior parte do município. Todavia, em outras localidades, a vegetação nativa em estágio inicial,



médio e avançado aumentou de 1996 a 2018, devido a práticas de reflorestamento em áreas degradadas. Estima-se que, para uma aplicação exata do NDBI, seria necessária a obtenção da resposta espectral de materiais como asfalto, variados tipos de telhas de edificações e água em laboratório, além da aquisição de imagens de satélites com melhor resolução.

A perda ou depredação de áreas com vigor vegetativo é consequência esperada e oriunda da ausência de fiscalização, da expansão urbana ou de urbanização de áreas antes legalmente protegidas. Não se trata de uma realidade local, como também mundial; porém, o adensamento populacional esperado em breve pode acarretar a perda de equilíbrio ambiental e elevados custos para a gestão urbana com a criação de vazios urbanos que estimula a especulação imobiliária e contraria os objetivos de sustentabilidade.

Zonas rurais são transformadas em zonas urbanas, mas continuam a possuir características anteriores e talvez carregam soluções de desenho urbano, mobilidade e infraestrutura que exigirão investimentos para se adequar a adensamentos futuros. Flauzino (2014) demonstrou que o grau de eutrofização encontrado nos reservatórios das UHEs de Nova Ponte e Miranda em 2014, é responsabilidade do parcelamento do solo para fins habitacionais ou por atividades de lazer e turismo naquela região. Isso tem correlação (in)direta com a qualidade da água e dos sedimentos de ambos os reservatórios, como resultado da influência do uso e da ocupação da terra; logo, os recursos hídricos da área em questão estão bastante vulneráveis à interferência humana (in)direta.

Destarte, a criação da ZUE 5 por tabela valorizou as terras entre a região da represa de Miranda (rural e urbana) e a zona urbana de Uberlândia (MG), por meio de um grande vazio urbano. A forma como se dará sua ocupação é uma página em branco, passível de intervenções e regulamentações que alcancem ideais de sustentabilidade e os imprimam nos seus traçados, no modo como os espaços públicos serão tratados e a biodiversidade da flora e da fauna poderá ser adequadamente tratada.



## Referências

Brazilian National Environmental Council Resolution no. 302 (2002). Brasília: Conama.

Retrieved from <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98315>

Complementary Law no. 671 (2019). Uberlândia. Retrieved from

<https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/2019/68/671/lei-complementar-n-671-2019-institui-e-delimita-a-zona-de-urbanizacao-especifica-5-zue-5-complexo-turistico-interlagos-altera-a-lei-complementar-n-525-de-14-de-abril-de-2011-e-suas-alteracoes-que-dispoe-sobre-o-zoneamento-do-uso-e-ocupacao-do-solo-do-municipio-de-uberl-ndia-e-revoga-a-lei-complementar-n-245-de-30-de-novembro-de-2000-e-suas-alteracoes-posteriores-e-da-outras-providencias>

Costa, E. de C. P., Augusto, R. C., & Seabra, V. da S. (2017). Análise da eficiência dos índices Built-up e NDBI para classificação de áreas urbanas em imagens

Landsat 8 OLI. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento

Remoto. *Proceedings...* Campinas. Retrieved from

<https://proceedings.science/sbsr/trabalhos/analise-da-eficiencia-dos-indices-built-up-e-ndbi-para-classificacao-de-areas-ur?lang=pt-br#>

Farr, D. (2013). *Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza* (A. Salvaterra, Trad.). Porto Alegre: Bookman.

Federal Law no. 4.771 (1965). Forest Code. Retrieved from

[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm#:~:text=%C3%89%20proibido%20o%20uso%20de,e%20estabelecendo%20normas%20de%20precau%C3%A7%C3%A3o.](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm#:~:text=%C3%89%20proibido%20o%20uso%20de,e%20estabelecendo%20normas%20de%20precau%C3%A7%C3%A3o.)



Federal Law no. 12.651 (2012). Brasília. Retrieved from

[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)

Federal Law no. 13.765 (2017). Brasília. Retrieved from

[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13765.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2013.765%2C%20DE%2017,para%20os%20fins%20que%20especifica)

[2018/2018/lei/l13765.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2013.765%2C%20DE%2017,para%20os%20fins%20que%20especifica](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13765.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2013.765%2C%20DE%2017,para%20os%20fins%20que%20especifica)

Flauzino, F. S. (2014). *Qualidade da água e dos sedimentos nos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda – MG*. Tese de doutorado.

Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil. Retrieved from

<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15995>.

Gonçalves, T. M. (2010). A cidade como palco da urbanidade. In T. Gonçalves & R.

Santos (orgs.). *Cidade e meio ambiente: estudos interdisciplinares* (pp. 17-31).

Criciúma: Unesc.

Greenhouse Gas Emissions and Removals Estimation System (2023). *Emissões totais*.

São Paulo. Retrieved from [https://plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission](https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission)

Magalhães, R. A. M. (2006). A construção da sustentabilidade urbana: obstáculos e

perspectivas. In *III Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e*

*Pesquisa em Ambiente e Sociedade*, Universidade de Brasília, Brasília.

Retrieved from

[http://www.anppas.org.br/encontro\\_anual/encontro3/arquivos/TA542-06042006-000548.PDF](http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro3/arquivos/TA542-06042006-000548.PDF)



- MapBiomias Brazil (2020). *Brasil perdeu área de vegetação nativa equivalente a 10% do território nacional entre 1985 a 2019*. São Paulo. Retrieved from <https://brasil.mapbiomas.org/2020/08/28/o-brasil-perdeu-area-de-vegetacao-nativa-equivalente-a-10-do-territorio-nacional-entre-1985-e-2019/>
- MapBiomias Brazil (2023). *Desmatamento nos biomas do Brasil cresceu 22,3% em 2022*. São Paulo. Retrieved from <https://brasil.mapbiomas.org/2023/06/12/desmatamento-nos-biomas-do-brasil-cresceu-223-em-2022>
- Mello, S. S. (2005). As funções ambientais e as funções de urbanidade das margens de cursos d'água. *Ocullum Ensaios*, 4, 48-61. Retrieved from <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/oculum/article/view/785>
- Menezes, P. M. L., & Fernandes, M. D. C. (2013). *Roteiro de cartografia*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Morandi, D. T., Menezes, E. S., França, L. C. J., Mucida, D. P., Silveira, L. P., & Silva, M. D. (2018). Diagnóstico da antropização em Área de Preservação Permanente em segmento do Rio Jequitinhonha (MG). *Biofix Scientific Journal*, 3(2), 252-259. <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v3i2.60177>
- Moreira, T. R., Santos, A. R., Dalfi, R. L., Campos, R. F., Santos, G. M. A. D. A., & Eugenio, F. C. (2015). Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no município de Muqui, ES. *Floresta e Ambiente*, 22(2), 141-152. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.019012>



- Oliveira, C. D. C., Borges, L. A. C., & Acerbi Júnior, F. W. (2018). Land use in permanent preservation areas of Grande River (MG). *Floresta e Ambiente, Seropédica*, 25(2), 1-11, 2018. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.023015>
- Oliveira, J. L. M., Cerqueira Neto, S. P. G., & Silva, J. B. L. (2021). Evaluation of changes in soil use in the city of Eunápolis-BA through analysis of the efficiency of spectrally indices of NDVI, NDBI and Built-Up. *Brazilian Journal of Development*, 7(9), 87529-87544. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n9-084>
- Pessoa, M. L. (2014). *Ocupação irregular e regularização fundiária de interesse social em áreas de proteção ambiental: o caso da Ilha Grande de Marinheiros*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. Retrieved from <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/97880>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In *Earth Resources Technology Satellite – I Symposium*. Nasa (pp. 309-317). Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>
- Saraiva, L. P., Conceição, A. F., Jesus, N., & Furtado, A. L. S. (2012). Caracterização Temporal do Município de Campinas usando NDVI, NDBI e Temperatura de Superfície. In *VI Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica*. Retrieved from <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65860/1/RE12504.pdf>
- Silva, G. J. A. O urbanismo sustentável no Brasil: a revisão de conceitos urbanos para o século XXI (parte 1) (2011). *Arquitextos*, 11(128.03), [n.p.]. Retrieved from <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.128/3724>



Souza, M. L. (2005). *ABC do desenvolvimento urbano*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Teixeira, A. C., & Rizzatti, M. (2022). Geotecnologias para avaliação de conflitos ambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim. *Ciência e Natura*, 44, e8. <https://doi.org/10.5902/2179460X66982>

Uberlândia City Hall (2023). *Planejamento urbano*. Uberlândia: UCH. Retrieved from <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/>

Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583-594. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160304987#.U-MFePIdVWY>