

# CAPÍTULO 14

## ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL UTILIZANDO O ÍNDICE (NDVI) PARA A ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO TAPAJÓS NO ESTADO DO PARÁ



<https://doi.org/10.22533/at.ed.9611125180314>

*Data de aceite: 09/07/2025*

**Raíssa Vitória Moreira da Silva**  
Engenheira Cartógrafa e Agrimensora

**João Rafael do Vale Barbosa**  
Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor

**Beatriz Lobato Mendes**  
Discente de Engenharia Cartográfica  
e de Agrimensura, UFRA

**Danielle do Socorro Nunes Campinas**  
Docente, UFRA

**Vanessa Mayara Souza Pamplona**  
Docente, UFRA

**Joyse Tatiane Souza dos Santos**  
Geógrafa, CNPQ

**Alessandra Epifanio Rodrigues**  
Docente, UFRA

5 (2008) e Landsat 8 (2022). De acordo com a análise, as mudanças de vegetação concentram-se na região sudoeste e noroeste da APA do Tapajós. Observou-se que a APA possui uma extensa área de cobertura vegetal e por isso torna-se prioritária para a concessão atendendo a demanda de extração madeireira do município de Novo Progresso e do Distrito de Moraes de Almeida.

**Palavras-chave** — NDVI, Unidades de Conservação, APA do Tapajós, Sensoriamento Remoto.

TEMPORAL ANALYSIS OF  
VEGETATION COVER USING THE  
INDEX (NDVI) FOR THE TAPAJÓS  
ENVIRONMENTAL PROTECTION  
AREA IN THE STATE OF PARÁ

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi apresentar a análise temporal de mudança da vegetação da Unidade de Conservação da Área de Proteção Ambiental do Tapajós, localizada no estado do Pará, no município de Itaituba. Para analisar a qualidade e variação da vegetação na área da UC, aplicou-se o índice espectral Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), para isso, foram utilizadas imagens do Landsat

**ABSTRACT:** The objective of this study was to present a temporal analysis of vegetation change in the Tapajós Environmental Protection Area (APA), located in the state of Pará, in the municipality of Itaituba. To analyze the quality and variation of vegetation in the UC area, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) spectral index was applied. For this, images from Landsat 5 (2008) and Landsat 8 (2022) were used. According to the analysis,

vegetation changes are concentrated in the southwest and northwest regions of the Tapajós APA. It was observed that the APA has an extensive area of vegetation cover and, therefore, becomes a priority for granting concessions to meet the demand for timber extraction from the municipality of Novo Progresso and the Moraes de Almeida District.

**KEY WORDS:** NDVI, Conservation Units, Tapajós Environmental Protection Area, Remote Sensing.

## INTRODUÇÃO

O desmatamento tem se configurado como um dos principais problemas ambientais. No âmbito nacional, o Estado do Pará perdeu 0,18% da sua vegetação nativa, este percentual é equivalente a 465.074 hectares (ha) de área desmatada no ano de 2022 [1]. O Pará está incluído no bioma amazônico e é um dos nove estados que compõem a Amazônia Legal. Em 2022, o estado liderou o ranking de desmatamento com uma área de 456.702 ha desmatados [2]. O município de Itaituba tem se configurado como um importante polo de extração madeireira e, conforme o Relatório Anual do Desmatamento no Brasil (2022), este município registrou 33.108,1 ha no ranking dos 50 municípios que mais desmataram de 2019 a 2022 [2]. Nas Unidades de Conservação de Uso Sustentável, houve um total de área desmatada de 165.131 ha, e a categoria que mais desmatou foi a Área de Proteção Ambiental, em 2022, que por sua vez detectou uma área desmatada de 117.513 ha [2].

Entende-se por Unidades de Conservação (UC) do grupo Uso Sustentável (US) as áreas que passam pela exploração do ambiente de forma sustentável, garantindo a conservação dos recursos renováveis, da biodiversidade e da justiça social [3]. A Área de Proteção Ambiental do Tapajós é uma UC de Uso Sustentável, sendo uma região extensa com ocupação humana que visa proteger a diversidade biológica, regular a ocupação do solo e garantir a sustentabilidade dos recursos naturais, contribuindo para a qualidade de vida das populações [3]. A APA do Tapajós ocupa o terceiro lugar no ranking das cinquenta Unidades de Conservação com maior área desmatada no Brasil. Em 2022, ocorreram 352 alertas de desmatamento na APA do Tapajós, estes alertas são equivalentes a uma área desmatada de 10.621 ha [2].

O índice que analisa o estado da vegetação, bem como o uso e cobertura do solo, é o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Comumente, os valores referentes ao ranger deste índice (em teoria) variam de -1 a +1, sendo um intervalo que distingue a classificação em: ausência de vegetação, vegetação rasteira, vegetação moderadamente sadia e vegetação sadia/densa. Ademais, a aplicação deste índice em áreas de floresta densa apresenta valores entre 0,5 e 1,0 e em casos de massa d'água os valores do NDVI são negativos [4].

No que diz respeito à gestão governamental e ao sensoriamento remoto, estes dois fatores, juntos, podem auxiliar na fiscalização de desmatamento, da mudança de cobertura

e uso do solo em áreas de proteção ambiental [5]. Logo, esta ferramenta gera resultados geograficamente espacializados, a partir de softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permitindo constatar se há uma gestão eficaz dos recursos naturais das categorias de UCs de Uso Sustentável ou de Proteção Integral, bem como a aplicação de métodos estatísticos para averiguar com mais exatidão o processamento de cada dado.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise multitemporal dos anos de 2008 e 2022, com aplicação do índice espectral NDVI, para demonstrar a qualidade e variação da vegetação dentro da UC de Uso Sustentável da Área de Proteção Ambiental do Tapajós.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo (Figura 1) localiza-se ao sudoeste paraense, no município de Itaituba, com as coordenadas geográficas Latitude 04°16'34" Sul e Longitude 55°59'01" Oeste, a área municipal corresponde a 62.040,947 km<sup>2</sup> [6]. Ademais, a Área de Proteção Ambiental do Tapajós (APA do Tapajós) foi criada em 2006 e abrange os municípios de Jacareacanga, Novo Progresso e Trairão [7]. A APA do Tapajós possui uma área de 2.039.581 ha, está sob jurisdição da Amazônia Legal, regida pela Lei nº 12.678/2012, e tem como órgão gestor o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade [7] [8].

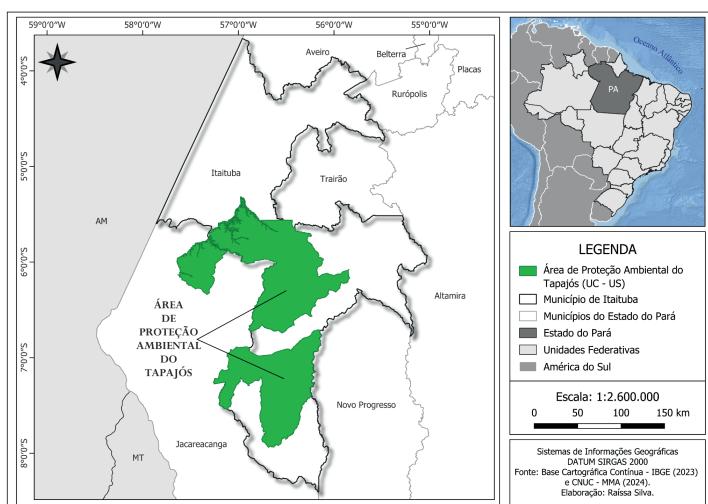


Figura 01. Localização da área de estudo.

Fonte: Autores (2024).

O processamento dos dados foi realizado no software de SIG QGIS, versão 3.34.11 LTR (versão mais estável). As bases auxiliares foram obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estística (IBGE), utilizando a Base Cartográfica Contínua, versão 2023, no formato geopackage, sendo estes, a base vetorial do estado do Pará, dos municípios

do Pará, das unidades federativas e da América do Sul, todos os arquivos vetoriais deste trabalho foram elaborados na escala de 1:250.000.

A primeira etapa do trabalho consistiu na definição do período da análise (2008 e 2022), considerando as condições climáticas da região e o período (mês) do ano. Ressalta-se a importância do período climático em que a região se encontra no momento de coletar as imagens (período seco ou chuvoso), pois esse fator ocasiona interferências na obtenção das imagens ópticas, como a alta cobertura de nuvens, característica nas imagens no inverno amazônico (dezembro a maio).

Na aplicação do índice NDVI, é necessário realizar a combinação de bandas espectrais na faixa do visível. O resultado da análise consiste na razão entre as bandas infravermelho próximo (NIR) e o vermelho (RED) [9].

Para realizar este processamento, as imagens de satélite foram obtidas a partir do Landsat 5, para o ano de 2008 (mês de agosto), considerando as bandas B3 (RED) e B4 (NIR), e do Landsat 8, com as bandas B4 (RED) e B5 (NIR), para o ano de 2022 (julho e agosto). Abaixo consta a equação do NDVI [9]. O Landsat 5 e 8 possuem resolução espacial de 30 metros e resolução temporal de 16 dias [10] [11], as imagens foram coletadas no site da USGS Earth Explorer [12].

Para fazer o recobrimento da APA do Tapajós, foi necessário utilizar 3 imagens para cada ano, totalizando a coleta de 6 imagens das suas respectivas bandas. Posteriormente, essas imagens foram inseridas no QGIS, onde foi construído um mosaico das bandas B3, B4 e B5. Em seguida, aplicou-se o NDVI utilizando a calculadora raster, seguindo a equação do índice espectral.

$$\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Após a aplicação do NDVI, o raster foi recortado para os limites da APA do Tapajós, onde foi analisado o intervalo mínimo e máximo do ranger geral, e foram verificados os valores correspondentes à qualidade da vegetação.

Posteriormente, optou-se por reclassificar o raster visando o cálculo de área em hectares (ha) referente a cada classe, para evitar a transformação dos arquivos raster em vetores, utilizou-se o plugin GRASS GIS Provider, mais especificamente a ferramenta r.recode, responsável pela reclassificação do raster a partir da criação de uma tabela com os intervalos originais, transformando números flutuantes em números inteiros. Em seguida, a ferramenta r.report foi aplicada, gerando a tabela da área em hectare de cada classe para os anos de 2008 e 2022.

Por fim, a simbologia do raster reclassificado foi ajustada, seguindo os parâmetros de classificação do índice NDVI, onde ficou definido as classes: ausência de vegetação,

vegetação rasteira, vegetação moderadamente sadia e vegetação sadia/densa. Em seguida, elaborou-se os produtos cartográficos referentes aos anos analisados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No resultado do NDVI de 2008 (Figura 2), seu intervalo principal concentrou-se no valor mínimo de -0,1806 e o máximo foi de 0,3362. A partir dessa análise, foi possível verificar que a maior incidência de mudança na vegetação concentrou-se na parte sudoeste da APA, com uma parte registrada na região noroeste.

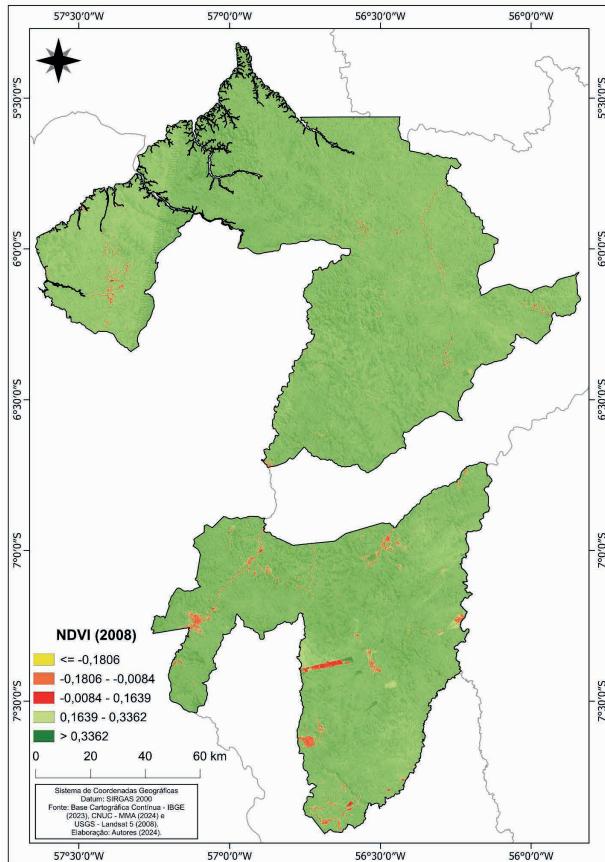


Figura 02. Aplicação do NDVI para APA do Tapajós (2008).

Fonte: Autores (2025).

Os valores entre -0,1806 a -0,0084 estão relacionados à ausência de vegetação na região, podendo ser considerado como desmatamento ou solo exposto, já a vegetação densa está com os valores de 0,16 a 0,33, estes valores estão sintetizados na Tabela 1.

Ano	Classificação	Variação do índice NDVI	Área (ha)
2008	Ausência de Vegetação	<= -0,1806	46
	Vegetação rasteira	-0,0084	1.928
	Vegetação moderadamente Sadia	0,1639	8.914
	Vegetação Sadia/Densa	0,3362	284.000
		>0,3362	1.743,90
<b>Total da APA</b>	2.038,868 ha		

Tabela 01. Intervalos do índice NDVI para 2008.

Fonte: Autores (2024).

Segundo os dados de alertas de desmatamento do Instituto Socioambiental, em 2008 a área total de desmatamento da APA foi de 1.660 ha, enquanto o resultado encontrado para a área desmatada no processamento, sendo este a soma da ausência de vegetação e vegetação rasteira foi de 1.974 ha. Esse desmatamento é atribuído à extensa área de cobertura vegetal presente no local, motivo pelo qual a APA se torna prioritária para concessão, atendendo à demanda de extração madeireira de Novo Progresso e do Distrito de Moraes de Almeida [8].

O NDVI de 2022 (Figura 3) apresentou um intervalo de valor mínimo de -0,0856 e máximo de 0,3781. Neste ano, a vegetação passou por mudanças na vertente de reflorestamento mas, ainda sim, permaneceu no possível caso de desmatamento ou solo exposto nas regiões noroeste e sudoeste da APA.

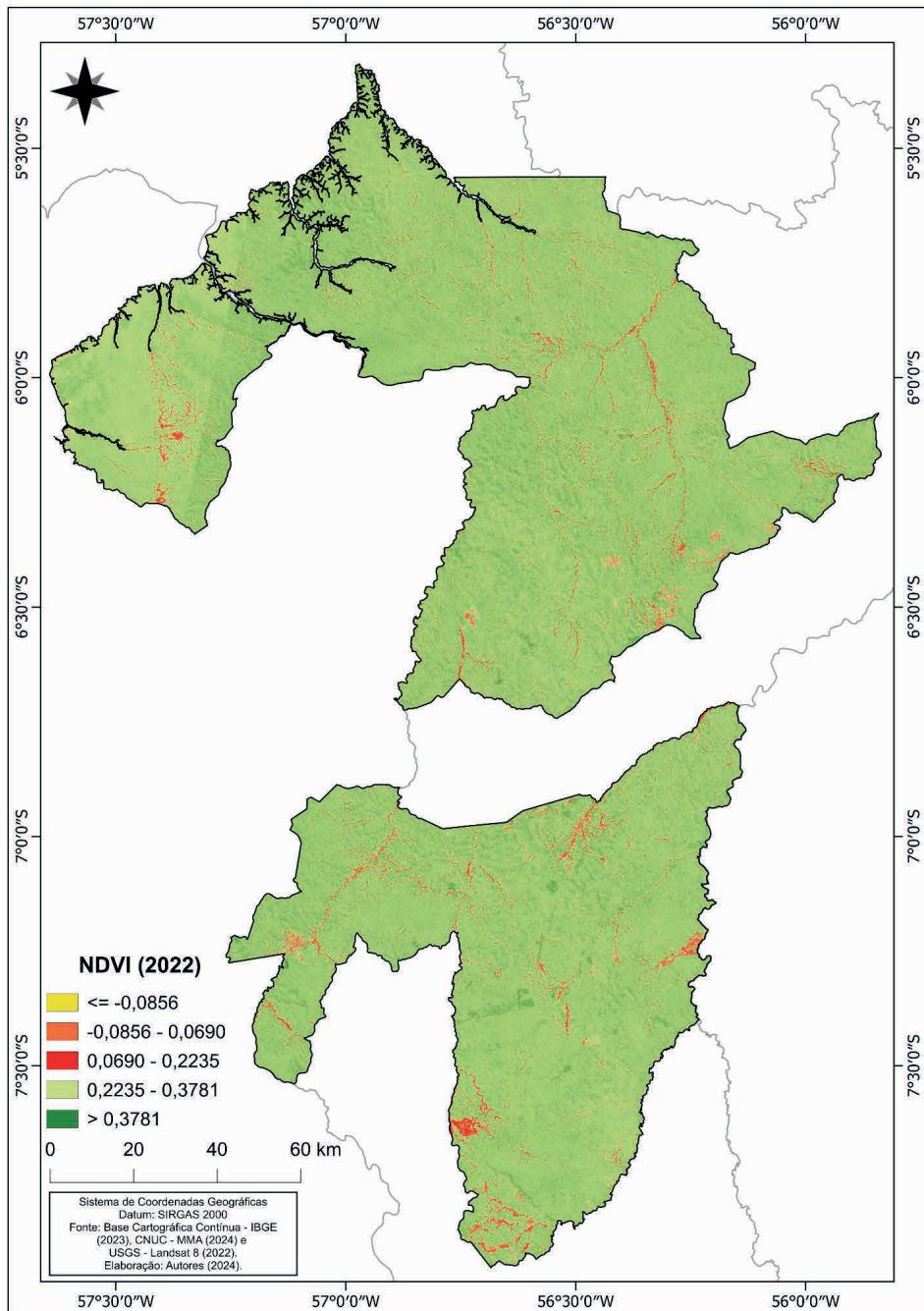


Figura 03. Aplicação do NDVI para APA do Tapajós (2022).

Fonte: Autores (2024).

Os valores entre -0,0856 a 0,0690 estão relacionados à ausência de vegetação na região, enquanto o intervalo de 0,2235 a 0,3781 é a vegetação densa, estes valores estão sintetizados na Tabela 2.

Ano	Classificação	Variação do índice NDVI	Área (ha)
2022	Ausência de Vegetação	<= -0,0856	2.539
	Vegetação rasteira	0,0690	5.113
	Vegetação moderadamente Sadia	0,2235	22.921
	Vegetação Sadia/Densa	0,3781	827.749
		>0,3781	1.180,546
<b>Total da APA</b>		2.038,868 ha	

Tabela 02. Intervalos do índice NDVI para 2022.

Fonte: Autores (2024).

Os alertas de desmatamento em 2022 acumularam um total de área desmatada de 11.188 ha [8], enquanto o resultado encontrado para a área desmatada no processamento, sendo este a soma da ausência de vegetação e vegetação rasteira foi de 7.652 ha, considerando que o município de Itaituba é capital do garimpo, logo, pode-se afirmar que a principal atividade extrativa de mineração atualmente na região é o garimpo. Nesta região, foram registrados 870 autorizações de garimpos em unidades de conservação ambiental [13], estando diretamente ligada à perda de vegetação da APA do Tapajós.

Por fim, verificou-se que o total de áreas desmatadas entre 2008 e 2022 foi de 65.006 ha, conforme os dados do Instituto Socioambiental. Foi verificado que o resultado do processamento oriundo deste trabalho, sendo o total desmatado na APA do Tapajós entre 2008 e 2022, considerando a ausência de vegetação e vegetação rasteira, foi de 9.626 ha.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que as técnicas de sensoriamento remoto, sobretudo o índice NDVI, mostraram-se eficientes para identificação da cobertura vegetal na APA do Tapajós, apresentando resultados eficazes e condizentes com a realidade da região, tendo como fator importante a vantagem de ser um índice simples, direto e preciso.

A partir destes parâmetros, sabe-se que a região ainda contempla grande área de cobertura vegetal, sendo rica em biodiversidade e recursos naturais. Por este motivo, a mesma compõe a categoria de UCs de Uso Sustentável, logo, deve-se levar em consideração a existência do equilíbrio e a gestão eficaz do uso desses recursos.

## REFERÊNCIAS

- [1] MAPBIOMAS. Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023. São Paulo: MapBiomas. p. 07. maio, 2024. Disponível em: [https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2024/05/RAD2023\\_DESTAQUES\\_PT\\_FINAL\\_27-05-24.pdf](https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2024/05/RAD2023_DESTAQUES_PT_FINAL_27-05-24.pdf). Acesso em: 25 de setembro de 2024.
- [2] MAPBIOMAS. Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2022. São Paulo: MapBiomas. p. 13, 45, 49, 58-61. junho, 2023. Disponível em: [https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2024/03/RAD\\_2022.pdf](https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2024/03/RAD_2022.pdf). Acesso em: 25 de setembro de 2024.
- [3] BRASIL. Lei N° 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, §1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Presidência da República. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm). Acesso em: 25 de setembro de 2024.
- [4] FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. Observatório de CLIMA e SAÚDE. Índice de Estado de Vegetação (NDVI). Disponível em: [https://climaesaude.icict.fiocruz.br/indicador/indice-de-estado-da-vegetacao-ndvi#:~:text=NDVI%20\(Normalized%20Difference%20%20Vegetation%20Index,num%C3%A9rico%20obtido%20por%20sensoriamento%20remoto](https://climaesaude.icict.fiocruz.br/indicador/indice-de-estado-da-vegetacao-ndvi#:~:text=NDVI%20(Normalized%20Difference%20%20Vegetation%20Index,num%C3%A9rico%20obtido%20por%20sensoriamento%20remoto). Acesso em: 27 de setembro de 2024.
- [5] F. J. Gurgel Júnior. O monitoramento ambiental realizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Secretaria Municipal de Saúde: estudo de caso em Volta Redonda/RJ. Cadernos UniFOA, Volta Redonda, n. 45, p. 45-55, 2021. Disponível em: <https://revistas.unifoab.edu.br/cadernos/article/view/3627>. Acesso em: 27 de setembro de 2024.
- [6] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. Itaituba. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/itaubat.html>. Acesso em: 27 de setembro de 2024.
- [7] CNUC. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Dados Geoespaciais. Disponível em: <https://cnucc.mma.gov.br/map>. Acesso em: 20 de setembro de 2024.
- [8] ISA. Instituto Socioambiental. Unidades de Conservação no Brasil. Área de Proteção Ambiental do Tapajós. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/pt-br/arp/4442>. Acesso em: 20 de setembro de 2024.
- [9] J. A. Silva Centeno. Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais. p. 144. Curitiba: Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 2009. ISBN: 85-88783-05-03, CCD 526.982.
- [10] EngeSat. Soluções em imagens de satélite e geoprocessamento. Landsat 5. Características. Disponível em: <https://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat/>. Acesso em: 27 de setembro de 2024.
- [11] EngeSat. Soluções em imagens de satélite e geoprocessamento. Landsat 8 . Características. Disponível em: <https://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>. Acesso em: 27 de setembro de 2024.
- [12] USGS. United States Geological Survey. EarthExplorer. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 20 de setembro de 2024.
- [13] L. Marchesi and J. Gabriel. FSP. Folha de S.Paulo. ANM autoriza 870 garimpos em unidades de conservação ambiental. <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2024/07/anm-autoriza-870-garimpos-em-unidades-de-conservacao-ambiental.shtml>. Acesso em: 29 de setembro de 2024.