



Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia
Curso de Graduação de Engenharia Ambiental



**USO DO NDVI PARA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA UNIDADE DE
CONSERVAÇÃO ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ESTADUAL RIO
CÊNICO ROTAS MONÇOEIRAS**

Igor Hirakawa de Santana

Campo Grande/MS
2025



Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia
Curso de Graduação de Engenharia Ambiental



**USO DO NDVI PARA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA UNIDADE DE
CONSERVAÇÃO ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ESTADUAL RIO
CÊNICO ROTAS MONÇOEIRAS**

Igor Hirakawa de Santana

Estudo desenvolvido durante o Trabalho de Conclusão de Curso como parte de avaliação do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Orientador: Prof. Dr. Antonio C. Paranhos Filho

Coorientadora: Msc. Waleria Menezes Barros

Campo Grande/MS
2025

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta etapa tão importante da minha vida acadêmica, a graduação, não teria sido possível sem o apoio, a presença e a dedicação de pessoas especiais que estiveram ao meu lado durante toda essa jornada.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ter me concedido forças nos momentos de dificuldade, sabedoria nos momentos de incerteza e serenidade para seguir em frente, mesmo diante dos desafios.

À minha família, minha base e meu maior alicerce, meus pais, Oelson e Sonia, que sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu duvidava de mim mesmo. Obrigado por cada palavra de incentivo, por cada gesto de carinho e por nunca medirem esforços para me ver realizado. O amor e apoio de vocês foram fundamentais para que eu não desistisse, mesmo nos momentos mais difíceis.

À minha irmã, Isis, companheira constante, que esteve ao meu lado durante toda essa caminhada. Obrigado por me ouvir, me aconselhar, torcer por mim e, principalmente, por me fazer acreditar que eu era capaz. Sua presença foi essencial para que eu me mantivesse firme até o final.

Aos meus professores, deixo aqui minha eterna gratidão. Cada aula, cada orientação, cada palavra dita ao longo desses anos contribuiu imensamente para minha formação profissional e pessoal. Vocês foram muito além de repassar conteúdos; foram verdadeiros exemplos de dedicação, ética e compromisso com o saber.

De maneira especial, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho, e à minha coorientadora, Msc. Waleria Menezes Barros, por toda a paciência, disponibilidade, conhecimento e incentivo. Suas orientações foram determinantes para a concretização deste trabalho. Obrigado por acreditarem no meu potencial e por me guiarem com tanta generosidade e profissionalismo ao longo de toda a elaboração deste trabalho.

Aos meus chefes e colegas da NOVAeng, meu sincero agradecimento por todo o apoio e aprendizado compartilhado. Durante esse período, pude crescer imensamente como pessoa e como futuro profissional, graças à convivência e aos ensinamentos diários com vocês. A confiança, os conselhos, os desafios propostos e o acolhimento fizeram toda a diferença na minha trajetória.

Aos meus amigos, que me acompanharam nessa longa jornada, meu muito obrigado por tornarem tudo mais leve e divertido. Obrigado pelas conversas, pelas risadas, pelos desabafos e por me ajudarem a manter o ânimo nos momentos em que o cansaço parecia vencer. A amizade de vocês foi essencial para que essa caminhada se tornasse mais prazerosa e menos solitária.

RESUMO

Este trabalho analisou a dinâmica da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras, localizada na bacia do rio Coxim, em Mato Grosso do Sul. Criada pelo Decreto Estadual nº 9.934/2000 (MATO GROSSO DO SUL, 2000), a unidade abrange 15.440,5 hectares nos municípios de Camapuã, Coxim e São Gabriel do Oeste, inserida no bioma Cerrado (IMASUL, 2014a). O objetivo da pesquisa foi identificar alterações ambientais ao longo do tempo por meio da aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), utilizando imagens de satélite dos anos de 2000, 2015, 2020 e 2024. A metodologia empregou geotecnologias e o software QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025) para processar e analisar dados orbitais obtidos por sensores da plataforma Landsat. Os resultados apontaram redução da vegetação nativa e aumento de áreas com solo exposto, indicando impactos decorrentes da pecuária extensiva, degradação de matas ciliares, assoreamento e incêndios. A pesquisa destacou a importância do NDVI como ferramenta de baixo custo e alta eficiência para o monitoramento ambiental de unidades de conservação. Os dados evidenciaram a necessidade de ações mais efetivas de gestão ambiental, considerando o zoneamento ecológico da APA e seus núcleos de proteção. Além da relevância ecológica, a unidade apresentou valor histórico-cultural associado às antigas rotas das monções. Concluiu-se que o uso do NDVI em análises multitemporais contribuiu para o diagnóstico ambiental e para o planejamento de políticas públicas voltadas à conservação da biodiversidade e ao uso sustentável dos recursos naturais.

Palavras-chave: Cerrado. QGIS. Sensoriamento remoto. Geotecnologias. Degradação ambiental.

ABSTRACT

This study analyzed the dynamics of vegetation cover in the State Environmental Protection Area (APA) *Rio Cênico Rotas Monçoeiras*, located in the Coxim River basin, in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. Established by State Decree No. 9.934/2000, the unit covers 15,440.5 hectares across the municipalities of Camapuã, Coxim, and São Gabriel do Oeste, within the Cerrado biome. The objective of the research was to identify environmental changes over time through the application of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), using satellite imagery from the years 2000, 2015, 2020, and 2024. The methodology employed geotechnologies and the QGIS software to process and analyze orbital data obtained from Landsat platform sensors. The results indicated a reduction in native vegetation and an increase in areas with exposed soil, revealing impacts from extensive livestock farming, degradation of riparian forests, siltation, and wildfires. The study highlighted the importance of NDVI as a low-cost and highly efficient tool for environmental monitoring in conservation units. The data demonstrated the need for more effective environmental management actions, considering the ecological zoning of the APA and its protection cores. In addition to its ecological relevance, the area also holds historical and cultural value related to the old monsoon routes. It was concluded that the use of NDVI in multitemporal analyses contributed to environmental diagnostics and to the planning of public policies aimed at biodiversity conservation and the sustainable use of natural resources.

Keywords: Cerrado. QGIS. Remote sensing. Geotechnologies. Environmental degradation.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO.....	11
2.1. OBJETIVO GERAL	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. METODOLOGIA.....	12
3.1. ÁREA DE ESTUDO	12
3.2. PROCESSAMENTO DOS DADOS	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÃO.....	29
6. REFERÊNCIAS	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da UC Área de Proteção Ambiental Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras.	12
Figura 2: WRS em relação a UC Área de Proteção Ambiental Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras.	14
Figura 3: Dados climatológicos dos municípios de Camapuã/MS, Coxim/MS e São Gabriel do Oeste/MS.	15
Figura 4: Imagens em Composição falsa-cor em relação a APA nos anos analisados.	18
Figura 5: Mapa da cobertura vegetal com dados de NDVI com o buffer (10 km) da APA no ano de 2000.	19
Figura 6: Mapa da cobertura vegetal com dados de NDVI com o buffer (10 km) da APA no ano de 2015.	20
Figura 7: Mapa da cobertura vegetal com dados de NDVI com o buffer (10 km) da APA no ano de 2020.	22
Figura 8: Mapa da cobertura vegetal com dados de NDVI com o buffer (10 km) da APA no ano de 2024.	23
Figura 9: Comparativo das porcentagens das classes de cobertura do solo de cada ano.....	25
Figura 10: Comparativo das porcentagens das classes de cada ano com o buffer (10km).....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – APA (2000).....	19
--	----

Tabela 2: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – buffer de 10 km da APA (2000).	20
Tabela 3: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – APA (2015).	21
Tabela 4: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – buffer de 10 km da APA (2015).	21
Tabela 5: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – APA (2020).	22
Tabela 6: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – buffer de 10 km da APA (2020).	23
Tabela 7: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – APA (2024).	24
Tabela 8: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – buffer de 10 km da APA (2024).	24

1. INTRODUÇÃO

O Estado de Mato Grosso do Sul é uma região marcada por elevada diversidade ecológica, abrigando três importantes biomas brasileiros: o Pantanal, o Cerrado e a Mata Atlântica. Cada um desses biomas possui características ecológicas únicas e desempenha papel essencial na regulação climática, conservação da biodiversidade e manutenção de serviços ecossistêmicos (MMA, 2023). No entanto, nas últimas décadas, esses ambientes têm sido impactados por diversas pressões ambientais, como o avanço do desmatamento, incêndios recorrentes, expansão agrícola e mudanças climáticas, ameaçando a flora, fauna e a integridade dos ecossistemas (BEUCHLE et al., 2015; MAPBIOMAS, 2023).

Frente aos crescentes impactos ambientais e à necessidade de conservar os recursos naturais, foi criada a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC, BRASIL, 2000). Essa legislação estabelece diretrizes para a criação e gestão das Unidades de Conservação (UC), visando a proteção da diversidade biológica, a preservação de paisagens naturais e a promoção do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2000). As UCs constituem instrumentos fundamentais para garantir a proteção dos biomas e minimizar os efeitos das ações antrópicas sobre o meio ambiente (MEDEIROS; ARAÚJO, 2017).

As Unidades de Conservação desempenham papel essencial no enfrentamento da perda de biodiversidade, na regulação dos recursos hídricos e na adaptação às mudanças climáticas, além de promoverem benefícios diretos para o bem-estar das populações (FONSECA; LAMAS; KASECKER, 2024). Dentro das categorias de uso sustentável, as APAs se destacam por buscar o equilíbrio entre conservação e desenvolvimento local, desde que as normas de zoneamento e manejo sejam respeitadas (ALVARENGA NETO, 2009).

Nesse cenário, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) surge como uma ferramenta poderosa de monitoramento, permitindo avaliar a densidade e a vitalidade da vegetação com base na análise espectral das imagens de satélite (ROUSE et al., 1973). Estudos multitemporais com NDVI têm contribuído significativamente para identificar áreas de desmatamento, regeneração e degradação, sendo amplamente utilizados na análise ambiental

de Unidades de Conservação localizadas nos biomas Cerrado e Pantanal (PARANHOS FILHO et al., 2020).

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar as alterações na cobertura vegetal da Unidade de Conservação Área de Proteção Ambiental Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras e seu entorno.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com base em imagens de satélite Landsat 5 TM (USGS, 2000) e Landsat 8 OLI (USGS, 2015, 2020 e 2024), a fim de avaliar as alterações na cobertura vegetal da APA Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras.
- Quantificar e comparar as porcentagens ocupadas por corpos d'água, solo exposto, vegetação rasteira e vegetação arbórea ao longo dos períodos analisados.

3. METODOLOGIA

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A Área de Proteção Ambiental Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras (APA RCRM) é uma unidade de conservação de uso sustentável, criada por meio do Decreto Estadual nº 9.934, de 5 de junho de 2000 (MATO GROSSO DO SUL, 2000) e localizada no Estado de Mato Grosso do Sul, mostrado na Figura 1. Com uma extensão territorial de aproximadamente 15.440,5 hectares, abrange parte dos municípios de Camapuã, Coxim e São Gabriel do Oeste (IMASUL, 2014a).

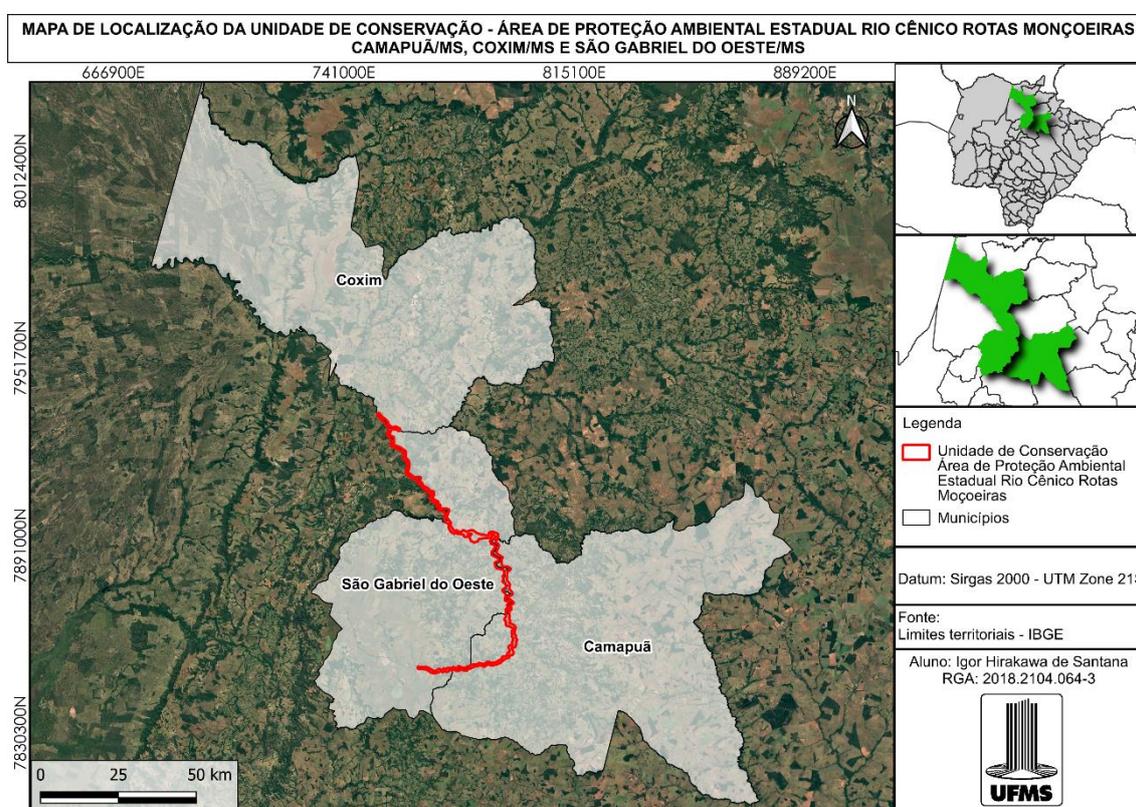


Figura 1: Localização da UC Área de Proteção Ambiental Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras.

Fonte: Limite da área de estudo: PIN/MS (2023).

A APA está inserida no bioma Cerrado, caracterizando-se por uma elevada diversidade de formações vegetacionais, como formações florestais (mata ciliar, mata de galeria e cerradão), formações savânicas (cerrado sentido restrito e vereda) e formações campestres (campo sujo e campo limpo) (IMASUL, 2014a, p. 6). O rio Coxim, curso d'água central que corta a unidade,

representa não apenas um elemento estruturante da paisagem, mas também um importante componente ecológico e histórico, por ter integrado as antigas Rotas Monçoeiras, vias de deslocamento fluvial utilizadas desde o período colonial (IMASUL, 2014b, p. 25).

A história da região da APA Rio Cênico Rotas Monçoeiras está diretamente ligada às antigas rotas fluviais utilizadas pelas expedições monçoeiras, que ligavam Cuiabá ao interior paulista por meio dos rios Paraguai e Paraná. O Rio Coxim, que atravessa a APA, era um dos principais trechos dessas rotas, desempenhando papel estratégico no escoamento de produtos e na exploração territorial durante o período colonial e imperial brasileiro (IMASUL, 2014b). A criação da APA buscou preservar não apenas os atributos ecológicos do Cerrado, mas também os valores histórico-culturais dessas rotas hidrográficas.

Além disso, a situação fundiária da APA é caracterizada por uma composição heterogênea de imóveis privados e áreas públicas. Dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) indicam que, até 2024, cerca de 92% da área da APA encontra-se coberta por imóveis com inscrição no Cadastro Ambiental Rural (CAR), totalizando aproximadamente 110 propriedades. Contudo, o grau de sobreposição e o nível de regularidade fundiária variam consideravelmente, representando um desafio para o ordenamento territorial e a efetiva implementação das diretrizes do Plano de Manejo (IMASUL, 2014b).

3.2. PROCESSAMENTO DOS DADOS

No trabalho, foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5 TM (USGS, 2000) e Landsat 8 OLI (USGS, 2015, 2020 e 2024), WRS (Órbita/Ponto 225-073), mostrada na Figura 2. As imagens foram baixadas pelo site da USGS (*United States Geological Survey*), onde foram selecionadas imagens de cada data.

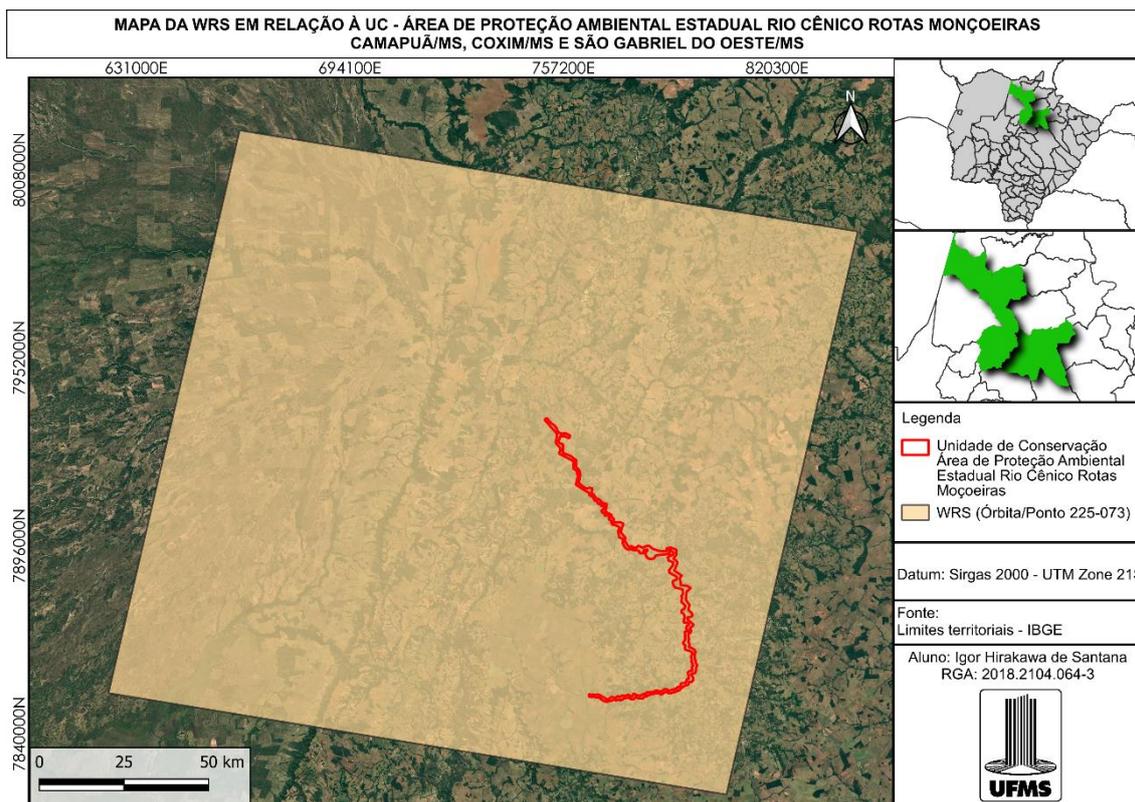


Figura 2: WRS em relação a UC Área de Proteção Ambiental Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras.

Fonte: Autor (2025), QGIS 3.34.0. Limite da área de estudo: PIN/MS (2023).

Foram escolhidas quatro imagens de satélite para representar as características da área de estudo e seu entorno em diferentes períodos: uma do ano de criação da unidade de conservação, em 2000; outra de 2015, quinze anos após a criação; uma terceira de 2020, ano marcado por uma grande incidência de incêndios na região; e por fim, uma imagem de 2024, também com muitos focos de incêndios e representando o ano mais recente.

A imagem selecionada para representar o ano de criação foi de 22/08/2000, obtida pelo satélite Landsat 5 TM (USGS, 2000). A segunda imagem, correspondente ao ano de 2015, foi capturada em 16/08/2015 pelo satélite Landsat 8 OLI (USGS, 2015). A terceira, referente ao ano de 2020, foi registrada em 29/08/2020, também pelo Landsat 8 OLI (USGS, 2020). Por fim, a imagem mais recente, de 2024, foi adquirida em 31/07/2024, igualmente pelo satélite Landsat 8 OLI (USGS, 2024).

Para a seleção dessas imagens, foi realizada uma análise prévia visando escolher as cenas mais limpas, sem presença de nuvens, a fim de garantir melhor visualização da área. Além disso, foi levado em consideração o período

seco da região, comum aos três municípios envolvidos, que ocorre entre os meses de junho e agosto. Isso garantiu uma comparação mais coerente entre os anos analisados, mantendo uma mesma condição climática, conforme ilustrado na Figura 3.

CAMAPUÃ/MS	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	25.4	25.5	25.3	25	22.6	22	22.2	24.3	26.1	26.2	25.6	25.6
Temperatura mínima (°C)	22.1	22	21.7	20.8	18.2	17.2	16.8	18.4	20.6	21.9	21.8	22.1
Temperatura máxima (°C)	29.8	30	29.9	29.8	27.8	27.7	28.3	30.8	32.2	31.6	30.3	30.2
Chuva (mm)	215	162	127	54	42	21	18	19	61	106	138	173
Umidade(%)	77%	77%	75%	67%	62%	58%	50%	41%	47%	62%	70%	75%
Dias chuvosos (d)	17	15	14	7	4	2	1	2	6	10	13	16
Horas de sol (h)	9.0	9.3	8.8	9.2	8.8	9.0	9.4	9.9	10.0	10.1	9.6	9.4
COXIM/MS	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	26.6	26.6	26.5	26.3	24.1	23.5	23.6	25.8	27.8	27.9	27	26.8
Temperatura mínima (°C)	23.3	23.3	22.9	22.1	19.5	18.2	17.6	19.3	21.9	23.5	23.3	23.4
Temperatura máxima (°C)	30.8	30.8	30.9	31.2	29.6	29.7	30.2	32.8	34.2	33.2	31.5	31.1
Chuva (mm)	288	217	183	82	51	25	15	19	70	131	180	236
Umidade(%)	78%	79%	77%	69%	63%	59%	51%	42%	47%	62%	72%	77%
Dias chuvosos (d)	18	17	17	8	4	2	1	2	6	13	16	18
Horas de sol (h)	9.1	9.2	8.9	9.3	8.9	9.1	9.4	10.0	10.0	10.1	9.6	9.4
SÃO GABRIEL DO OESTE/MS	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	24.4	24.3	24.2	23.9	21.5	20.9	21	23.1	25	25.2	24.6	24.6
Temperatura mínima (°C)	21.4	21.2	21	20	17.4	16.5	16.1	17.7	19.9	21.2	21.1	21.4
Temperatura máxima (°C)	28.3	28.4	28.5	28.5	26.4	26.3	26.8	29.4	30.9	30.2	28.9	28.6
Chuva (mm)	285	236	207	94	67	32	24	30	97	167	203	246
Umidade(%)	81%	81%	79%	71%	67%	64%	56%	46%	51%	66%	73%	78%
Dias chuvosos (d)	18	17	17	9	5	3	2	3	7	13	15	18
Horas de sol (h)	8.8	9.1	8.7	9.0	8.6	8.9	9.2	9.9	9.9	9.8	9.5	9.2

Figura 3: Dados climatológicos dos municípios de Camapuã/MS, Coxim/MS e São Gabriel do Oeste/MS.

Fonte: CLIMATE-DATA.ORG (2021).

As imagens foram processadas utilizando as bandas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio (1,57 – 1,65 µm), formando uma composição em falsa-cor. Para as imagens do satélite Landsat 5 TM, foram usadas as bandas 4, 5 e 3 (nessa ordem), enquanto nas imagens do Landsat 8 OLI foram utilizadas as bandas 5, 6 e 4. A mesclagem das bandas foi feita com uma ferramenta de raster no *software* QGIS 3.34.0 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023), gerando um novo *raster* para cada ano analisado.

Após isso, foi aplicada a composição em falsa cor em cada uma das imagens. Todo o projeto, incluindo os arquivos vetoriais (*shapes*) e os *rasters*, foi salvo utilizando a projeção UTM zona 21S, com *Datum* SIRGAS 2000.

Em seguida, depois de gerar as imagens, foi utilizada a calculadora raster no QGIS 3.34.0 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023), para calcular o NDVI para os quatro anos de análise. O índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), ele é calculado pela diferença entre as bandas, mostrada na equação 01 (Rouse et al., 1973).

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Onde:

NDVI: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR: Refletância da banda infravermelha próxima;

R: Refletância da banda vermelha.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) utiliza a refletância do infravermelho próximo (NIR), fortemente associada à saúde da vegetação, e da luz vermelha (R), que é intensamente absorvida pela clorofila.

Após o cálculo do NDVI, foi realizada a composição das imagens em falsa-cor, classificadas em quatro categorias para análise da cobertura vegetal: água, solo exposto, vegetação rasteira e vegetação arbórea. A análise baseou-se nas imagens dos anos de 2000, 2015, 2020 e 2024. Seguindo o procedimento descrito por Duailibi et al. (2022), foi possível utilizar imagens Landsat TM para identificar os padrões espectrais dessas classes.

Para cada ano analisado, foram coletadas cinco amostras de cada uma das quatro classes, totalizando 20 amostras por imagem. As amostras foram criadas em formato *shapefile*, delimitando com precisão os pixels correspondentes a cada classe de interesse. Em seguida, foi utilizada a ferramenta "Recortar Raster pela Camada de Máscara" para recortar as imagens NDVI com base nas amostras. O resultado foi um *raster* recortado correspondente à área da amostra, contendo os valores estatísticos relevantes (valor mínimo, valor máximo, valor médio e desvio padrão), disponíveis nas propriedades de cada *raster*.

Além disso, foi criado um *buffer* de 10 quilômetros ao redor da APA para possibilitar a análise não apenas da unidade de conservação, mas também de seu entorno. Com base nas amostras coletadas, foram atribuídos valores inteiros às classes de cobertura: 1 para água, 2 para solo exposto, 3 para vegetação rasteira e 4 para vegetação arbórea.

Posteriormente, utilizou-se a ferramenta "Reportar a Camada Raster de Valor Único", a qual possibilita a leitura dos valores presentes na imagem *raster*. Essa ferramenta também calcula estatísticas adicionais, como a frequência de ocorrência de cada valor, permitindo compreender a distribuição espacial das classes e sua variação ao longo dos anos analisados.

A partir desses dados, foi possível quantificar e avaliar a variação da cobertura vegetal na APA e em sua zona de entorno nos períodos considerados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das imagens em composição falsa-cor, foi elaborado um mapa para representar visualmente a APA nos seguintes anos: 2000, 2015, 2020 e 2014, mostrado na Figura 4. No mapa, os pixels em azul escuro geralmente correspondem a corpos hídricos, como rios e lagoas. As tonalidades avermelhadas indicam áreas com vegetação arbórea, enquanto os tons esverdeados representam vegetação rasteira. Já as cores acinzentadas, azuis médios e azuis escuros são associadas, em sua maioria, a regiões com solo exposto.

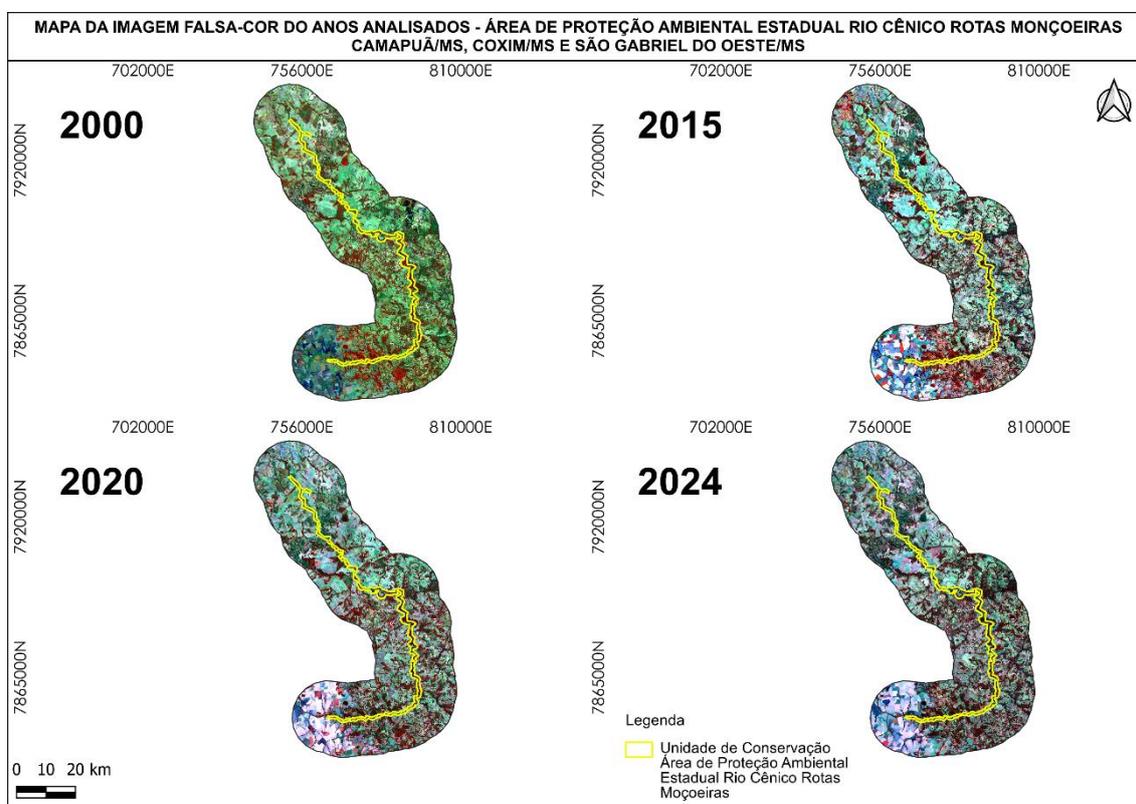


Figura 4: Imagens em Composição falsa-cor em relação a APA nos anos analisados. Fonte: Autor (2025), QGIS 3.34.0. Limite da área de estudo: PIN/MS (2023).

A partir do cálculo do NDVI para os anos analisados, foi possível identificar mudanças significativas nos valores, tanto dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) quanto em seu entorno. No ano de 2000, a classe predominante foi a de vegetação rasteira, conforme ilustrado na Figura 5.

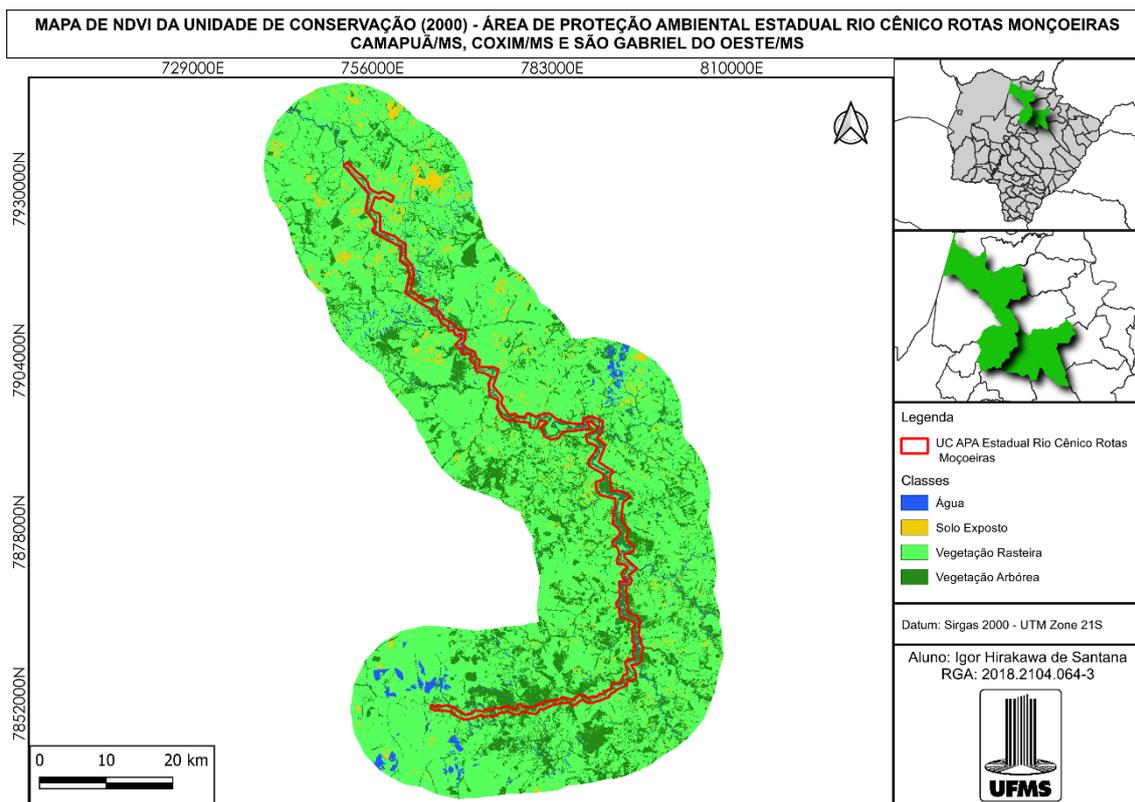


Figura 5: Mapa da cobertura vegetal com dados de NDVI com o buffer (10 km) da APA no ano de 2000.

Fonte: Autor (2025), QGIS 3.34.0. Limite da área de estudo: PIN/MS (2023).

Na Tabela 1, estão as porcentagens das classes de NDVI dentro da APA. A classe água representa 8,64% da área. O solo exposto aparece com apenas 0,51%, indicando uma presença bem baixa. A vegetação rasteira é a mais comum, cobrindo 49,7% da área, seguida pela vegetação arbórea, com 41,15%.

Já na Tabela 2, mostra os dados do buffer de 10 km da APA, a classe água representa 1,94%, enquanto o solo exposto ocupa 3,12% da área. A vegetação rasteira predomina com 75,28% e a vegetação arbórea aparece com 19,66%.

Tabela 1: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – APA (2000).

Porcentagens de NDVI - APA (2000)	
Classe	Porcentagem (%)
Água	8.64
Solo Exposto	0.51
Vegetação Rasteira	49.7
Vegetação Arbórea	41.15
Total	100

Tabela 2: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – buffer de 10 km da APA (2000).

Porcentagens de NDVI do Buffer de 10 km - APA (2000)	
Classe	Porcentagem (%)
Água	1.94
Solo Exposto	3.12
Vegetação Rasteira	75.28
Vegetação Arbórea	19.66
Total	100

Na classificação da imagem do ano de 2015, o que mais abrangiu foi a classe de vegetação rasteira também, mostrado na Figura 6.

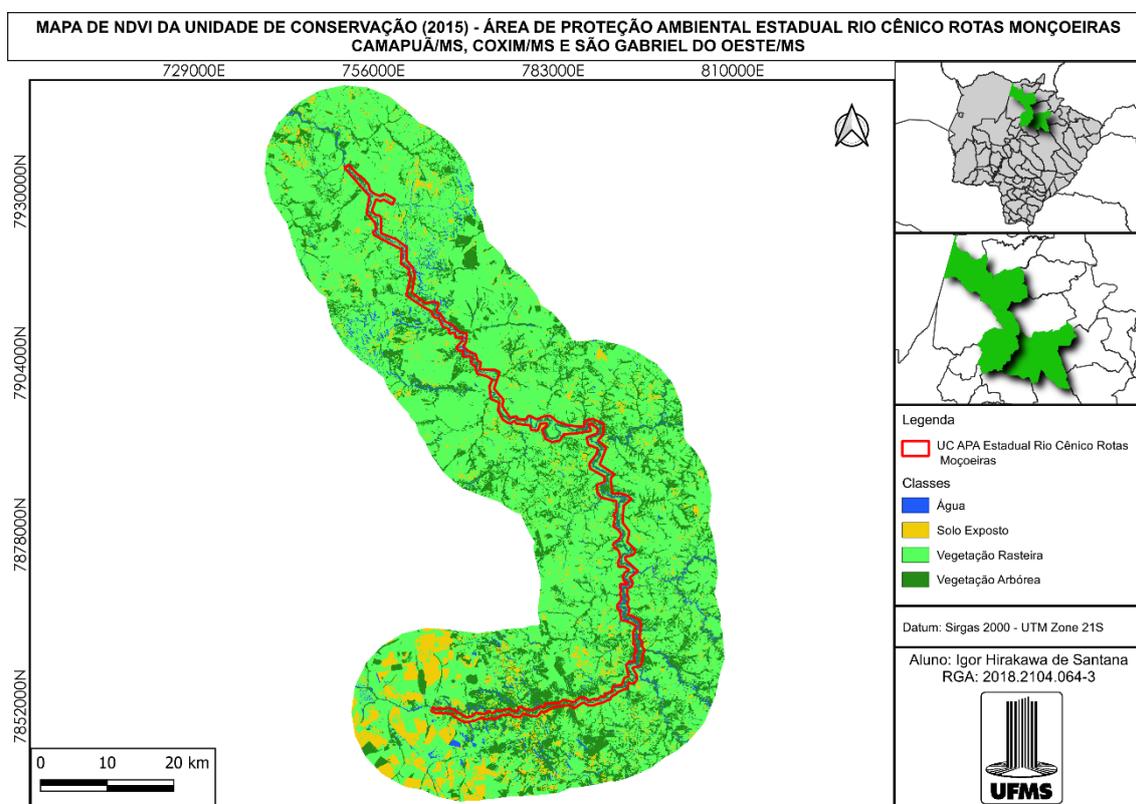


Figura 6: Mapa da cobertura vegetal com dados de NDVI com o buffer (10 km) da APA no ano de 2015.

Fonte: Autor (2025), QGIS 3.34.0. Limite da área de estudo: PIN/MS (2023).

Na Tabela 3, que apresenta os dados da APA, observa-se que a maior parte da área é composta por vegetação rasteira, que ocupa 50,44%. A vegetação arbórea aparece logo em seguida, com 34,33%. A classe água representa 13,39%, enquanto o solo exposto permanece com uma cobertura muito pequena, apenas 1,84%.

Na Tabela 4, referente ao buffer de 10 km ao redor da APA, a vegetação rasteira também é predominante, com 69,98% da área. A vegetação arbórea ocupa 20,09%, valor significativamente menor que dentro da APA. A classe água representa 2,41%, e o solo exposto aparece com 7,53%.

Tabela 3: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – APA (2015).

Porcentagens de NDVI - APA (2015)	
Classe	Porcentagem (%)
Água	13.39
Solo Exposto	1.84
Vegetação Rasteira	50.44
Vegetação Arbórea	34.33
Total	100

Tabela 4: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – buffer de 10 km da APA (2015).

Porcentagens de NDVI do Buffer de 10 km - APA (2015)	
Classe	Porcentagem (%)
Água	2.41
Solo Exposto	7.53
Vegetação Rasteira	69.98
Vegetação Arbórea	20.09
Total	100

Na classificação da imagem referente ao ano de 2020, a classe predominante na área de estudo continuou sendo a vegetação rasteira, conforme ilustrado na Figura 7.

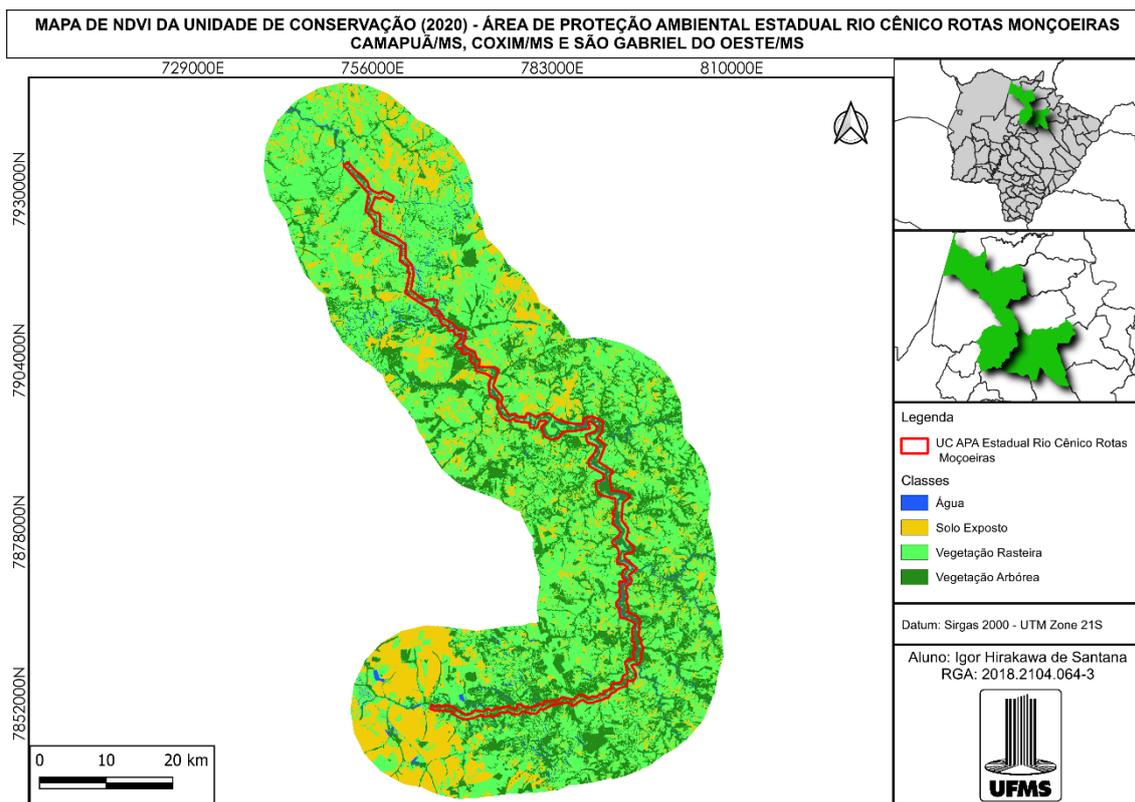


Figura 7: Mapa da cobertura vegetal com dados de NDVI com o buffer (10 km) da APA no ano de 2020.

Fonte: Autor (2025), QGIS 3.34.0. Limite da área de estudo: PIN/MS (2023).

Na Tabela 5, que apresenta os dados de NDVI da APA em 2020, observa-se que a vegetação arbórea ocupa a maior parte da área, com 48,17% de cobertura. A vegetação rasteira aparece em seguida, com 41,13%. A classe água representa 8,18%, enquanto o solo exposto cobre 2,52% da área total.

Na Tabela 6, mostra os dados do buffer de 10 km ao redor da APA no mesmo ano, revela um cenário diferente. A vegetação rasteira é predominante, com 55,66%, seguida pela vegetação arbórea, com 24,71%. O solo exposto aparece em proporção significativa, com 18,43%, e a água ocupa apenas 1,20% da área.

Tabela 5: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – APA (2020).

Porcentagens de NDVI - APA (2020)	
Classe	Porcentagem (%)
Água	8.18
Solo Exposto	2.52
Vegetação Rasteira	41.13
Vegetação Arbórea	48.17
Total	100

Tabela 6: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – buffer de 10 km da APA (2020).

Porcentagens de NDVI do Buffer de 10 km - APA (2020)	
Classe	Porcentagem (%)
Água	1.2
Solo Exposto	18.43
Vegetação Rasteira	55.66
Vegetação Arbórea	24.71
Total	100

Na classificação da imagem referente ao ano de 2024, observou-se que a classe predominante na área de estudo permaneceu sendo a vegetação rasteira, conforme ilustrado na Figura 8.

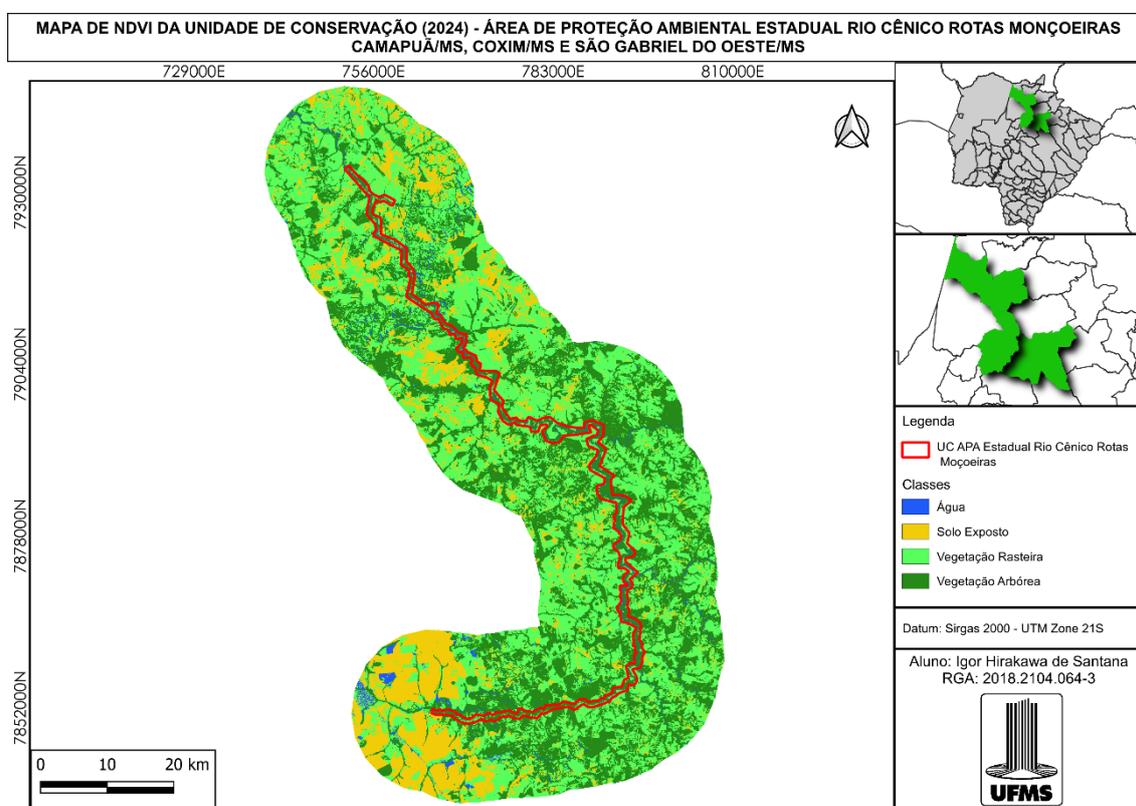


Figura 8: Mapa da cobertura vegetal com dados de NDVI com o buffer (10 km) da APA no ano de 2024.

Fonte: Autor (2025), QGIS 3.34.0. Limite da área de estudo: PIN/MS (2023).

Na Tabela 7, que apresenta os dados de NDVI da APA em 2024, a vegetação arbórea passa a ocupar a maior parte da área, com 64,12% de cobertura. A vegetação rasteira aparece com 27,78%, mostrando uma redução em relação a anos anteriores. A classe água representa 6,84%, enquanto o solo exposto permanece com um valor reduzido, 1,26%.

Já na Tabela 8, que mostra os dados do buffer de 10 km ao redor da APA, a vegetação arbórea também apresenta aumento, representando 36,34% da área. A vegetação rasteira aparece com 46,83%, seguida por solo exposto com 15,53% e água com 1,31%.

Tabela 7: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – APA (2024).

Porcentagens de NDVI - APA (2024)	
Classe	Porcentagem (%)
Água	6.84
Solo Exposto	1.26
Vegetação Rasteira	27.78
Vegetação Arbórea	64.12
Total	100

Tabela 8: Porcentagens de cobertura do solo com base nos valores de NDVI – buffer de 10 km da APA (2024).

Porcentagens de NDVI do Buffer de 10 km - APA (2024)	
Classe	Porcentagem (%)
Água	1.31
Solo Exposto	15.53
Vegetação Rasteira	46.83
Vegetação Arbórea	36.34
Total	100

Analisando esses 24 anos, a classe água apresentou 8,64% da área da APA em 2000, subindo consideravelmente para 13,39% em 2015. A partir desse ponto, observou-se uma redução progressiva: 8,18% em 2020 e 6,84% em 2024. Essa tendência de queda pode estar associada a processos de assoreamento, seca ou diminuição de áreas alagadas, afetando diretamente a disponibilidade hídrica da unidade.

O solo exposto, por sua vez, sempre apresentou baixos percentuais, embora tenha oscilado ao longo do tempo. Em 2000, representava apenas 0,51% da área. Em 2015, subiu para 1,84%, atingindo seu maior valor em 2020, com 2,52%. Já em 2024, houve uma queda expressiva para 1,26%. Essa variação pode refletir momentos de maior intervenção antrópica, como abertura de áreas ou degradação temporária, seguidos de recuperação ou revegetação.

A vegetação rasteira era a cobertura predominante em 2000 (49,7%) e permaneceu em destaque em 2015 (50,44%). No entanto, essa classe

apresentou redução nos anos seguintes, com 41,13% em 2020 e 27,78% em 2024. A queda contínua da vegetação rasteira sugere um processo de substituição por vegetação arbórea, possivelmente decorrente de sucessão ecológica natural ou ações de reflorestamento.

A vegetação arbórea, por sua vez, demonstra crescimento expressivo ao longo do período analisado. Em 2000, representava 41,15% da área da APA, recuando para 34,33% em 2015, o menor valor registrado. A partir de então, apresentou aumento contínuo: 48,17% em 2020 e 64,12% em 2024. Esse avanço pode indicar processos consistentes de regeneração florestal e maior estabilidade ambiental, especialmente considerando a redução paralela da vegetação rasteira e do solo exposto. Na Figura 9, é mostrado o comparativo das porcentagens das classes de cada ano do NDVI da APA.

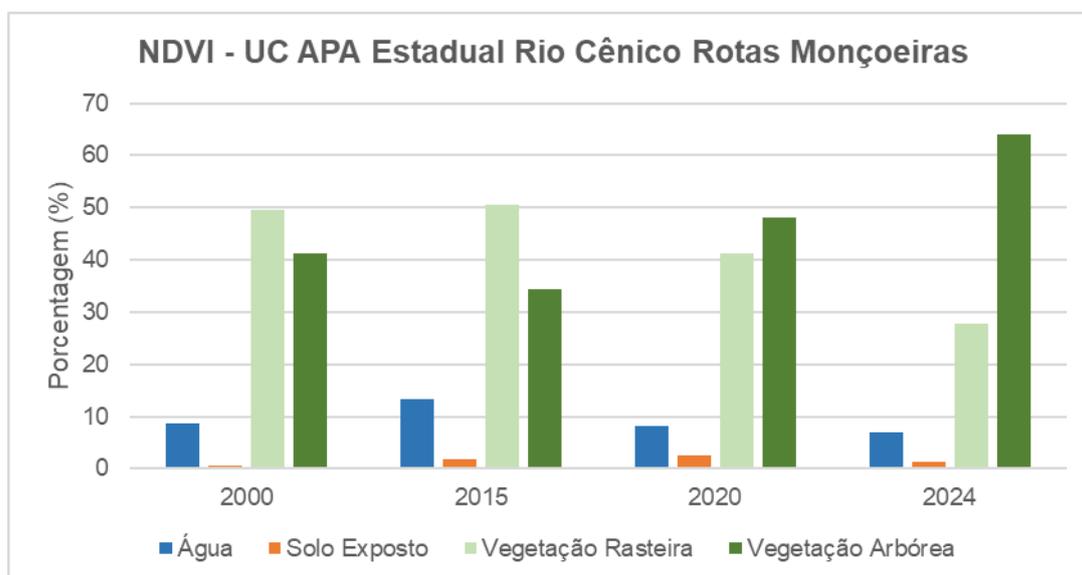


Figura 9: Comparativo das porcentagens das classes de cobertura do solo de cada ano.

A classe água apresentou percentuais relativamente baixos em todos os anos avaliados. Em 2000, representava 1,94% da área, subindo para 2,41% em 2015. Contudo, em 2020 houve uma queda acentuada para 1,20%, seguida de leve aumento em 2024, atingindo 1,31%. Apesar das oscilações, a classe água manteve baixa representatividade no entorno da APA, sugerindo que áreas alagadas ou corpos hídricos não são predominantes nessa faixa territorial.

O solo exposto mostrou tendência de crescimento entre 2000 e 2020. Em 2000, representava 3,12% da área, passando para 7,53% em 2015 e alcançando 18,43% em 2020, o maior valor registrado. Em 2024, houve uma redução para

15,53%, embora ainda em patamar elevado. Esses dados indicam um aumento considerável de áreas sem cobertura vegetal, o que pode estar relacionado a desmatamentos, expansão agropecuária, degradação ambiental ou incêndios na região.

A vegetação rasteira foi a classe dominante nos anos iniciais da série. Em 2000, representava 75,28% do buffer, valor muito expressivo, mas que começou a diminuir nos anos seguintes: 69,98% em 2015, 55,66% em 2020 e, por fim, 46,83% em 2024. Essa redução progressiva pode estar associada à substituição por vegetação arbórea ou à ocupação do solo com outras finalidades, como agricultura e pastagens degradadas.

Já a vegetação arbórea apresentou crescimento ao longo do período analisado. Em 2000, representava 19,66% da área, subindo levemente para 20,09% em 2015. Em 2020, esse valor aumentou para 24,71% e, em 2024, atingiu 36,34%, o maior percentual da série. Esse aumento consistente sugere um processo de regeneração florestal ou ações de recomposição da vegetação nativa no entorno da APA. Na Figura 10, é mostrado o comparativo das porcentagens das classes de cada ano com o *buffer* de 10 km.

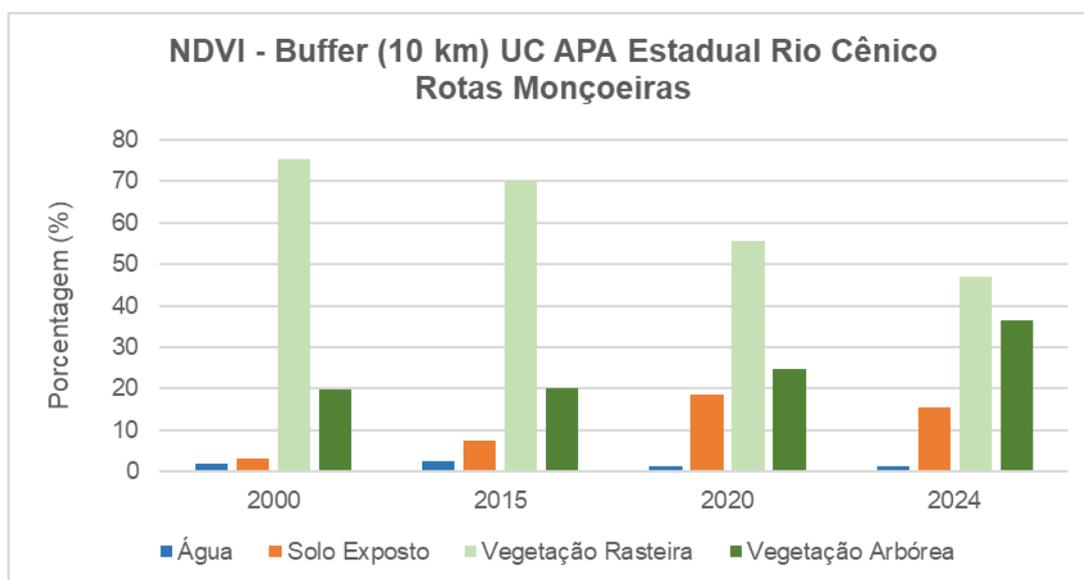


Figura 10: Comparativo das porcentagens das classes de cada ano com o buffer (10km).

Os resultados obtidos com a aplicação do NDVI e a identificação da dinâmica da vegetação ao longo de 24 anos alinham-se diretamente com os objetivos do Plano Executivo da APA Rio Cênico Rotas Monçoeiras (IMASUL, 2014c), especialmente com a Seção 4 - Planejamento da UC. Essa seção

estabelece diretrizes para a conservação dos recursos naturais com base em dados ambientais e socioeconômicos.

A Tabela 3 do referido plano “Matriz de Análise Estratégica elaborada a partir de Oficinas de Planejamento Participativo (OPPs)”, destaca como principais ameaças à APA: desmatamento, queimadas, assoreamento e ausência de monitoramento sistemático. Os mapas e séries temporais de NDVI produzidos nesta pesquisa oferecem subsídios diretos para o enfrentamento desses problemas, permitindo a identificação de áreas críticas e a priorização de ações de controle e recuperação ambiental.

A seção 3.2 do Plano Executivo da APA, que trata da “Cobertura Vegetal e Uso do Solo”, apresenta um mapeamento da vegetação com base em dados de 2011. Ao comparar com os dados gerados nesta pesquisa, observa-se uma tendência geral de regeneração da vegetação arbórea e redução de vegetação rasteira, especialmente entre 2020 e 2024.

Enquanto o plano indicava predominância de formações campestres e savânicas (campo limpo e cerrado *sensu stricto*), os dados de NDVI revelam uma transição gradual para maior cobertura arbórea, principalmente no interior da APA. Essa mudança pode estar relacionada à sucessão ecológica natural, políticas de conservação e à menor pressão antrópica no núcleo da UC.

Os valores obtidos de NDVI, segmentados por classe e distribuídos espacialmente em quatro diferentes anos, permitem identificar zonas de degradação, especialmente em áreas com aumento expressivo de solo exposto e diminuição de vegetação rasteira. Esses pontos críticos coincidem com áreas identificadas pelo plano executivo como prioritárias para recomposição vegetal, especialmente ao longo das matas ciliares do Rio Coxim.

Além disso, a análise temporal pode ser usada para orientar ações previstas no plano executivo, como o monitoramento de queimadas, a recuperação de áreas com vegetação rasteira degradada e o manejo adaptativo das zonas de amortecimento.

Os resultados obtidos corroboram diretamente os objetivos estabelecidos no Decreto Estadual nº 9.934/2000 (MATO GROSSO DO SUL, 2000), que instituiu a APA com foco na preservação das paisagens naturais, proteção da vegetação nativa e dos recursos hídricos do Rio Coxim. A regeneração florestal detectada no interior da UC e a redução da vegetação

rasteira em áreas estratégicas sugerem que, ao menos parcialmente, os objetivos do decreto vêm sendo alcançados. No entanto, os indicadores de degradação no entorno evidenciam a necessidade de fortalecer as ações de fiscalização e ordenamento territorial, conforme previsto no referido decreto.

A análise multitemporal da vegetação por NDVI constitui uma ferramenta robusta para apoiar um zoneamento ecológico-econômico (ZEE) e o planejamento territorial da APA, conforme sugerido por Paranhos Filho et al. (2020) e Duailibi et al. (2022). Esses autores destacam a importância de integrar dados espectrais com informações socioambientais para classificar áreas de uso consolidado, recuperação ambiental e proteção integral.

Os mapas e produtos derivados da aplicação do NDVI podem ser incorporados às rotinas de fiscalização e gestão ambiental da APA. Ao permitir o cruzamento com imagens atuais e históricos de uso do solo, esses mapas oferecem suporte para lavratura de autos de infração, formulação de planos de recuperação de áreas degradadas (PRADs) e programas de incentivo à conservação em imóveis cadastrados no CAR.

Além disso, sua integração com sistemas de informação geográfica (SIGs) facilita a atuação de órgãos como o IMASUL, o Corpo de Bombeiros e o Ministério Público, especialmente em ações emergenciais relacionadas a queimadas e desmatamentos ilegais.

As tendências observadas, o aumento da vegetação arbórea e redução da vegetação rasteira e do solo exposto no interior da APA, estão fortemente associadas à política estadual de gestão de UCs e aos programas de incentivo à recomposição florestal em APPs e RLs. No entanto, o entorno da UC segue exposto a pressões como expansão agropecuária desordenada e incêndios florestais, resultado de falhas na fiscalização e baixa adesão ao Código Florestal.

Como estratégias de mitigação, propõe-se incentivar o manejo integrado do fogo, com capacitação de brigadas comunitárias. Estimular a adesão de propriedades ao Programa de Regularização Ambiental (PRA). Propor a inclusão de áreas críticas no programa estadual “Prosolo-MS” de recuperação de pastagens degradadas.

5. CONCLUSÃO

A análise multitemporal da vegetação no entorno e interior da APA Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras, por meio do NDVI, evidenciou mudanças significativas na cobertura do solo ao longo dos anos de 2000, 2015, 2020 e 2024. A vegetação arbórea aumentou de 41,15% para 64,12%, sinalizando processos consistentes de regeneração florestal, enquanto a vegetação rasteira reduziu-se de 49,7% para 27,78%, possivelmente devido à sucessão ecológica. O solo exposto manteve-se em níveis baixos, reforçando a estabilidade da cobertura vegetal, e a classe água, após atingir um pico em 2015, sofreu redução nos anos seguintes, chegando a 6,84% em 2024, possivelmente por seca, assoreamento ou redução de áreas alagadas.

No entorno da APA, a vegetação rasteira, que dominava a paisagem em 2000 com 75,28%, caiu para 46,83% em 2024, a vegetação arbórea cresceu gradualmente, atingindo 36,34%. O solo exposto teve aumento expressivo até 2020, chegando a 18,43%, e mesmo com leve redução em 2024, permanece em patamar elevado, indicando degradação ambiental e incêndios no local. A classe água manteve-se com baixa representatividade ao longo do período. De modo geral, os dados mostram que, enquanto a APA demonstra avanços em estabilidade e regeneração, o entorno permanece mais vulnerável às transformações no uso e cobertura do solo.

Esses resultados reforçam a importância do monitoramento contínuo da cobertura vegetal por meio de índices como o NDVI, permitindo a detecção de mudanças na paisagem, a avaliação da efetividade das medidas de conservação e a identificação de áreas prioritárias para ações de recuperação ambiental dentro e no entorno da APA

Diante disso, fica clara a importância do monitoramento ambiental contínuo, da preservação das áreas vegetadas e da adoção de políticas públicas que promovam o manejo sustentável da APA. Mais do que números, os resultados aqui apresentados refletem a dinâmica de um território vivo, que depende diretamente da forma como o ser humano se relaciona com ele. A conservação da APA não é apenas uma obrigação legal, mas um compromisso

com as gerações futuras e com a manutenção dos serviços ecossistêmicos que essa área proporciona.

6. REFERÊNCIAS

ALVARENGA NETO, R. C. A. Áreas de Proteção Ambiental: uma proposta de gestão participativa. São Paulo: Annablume, 2009.

BEUCHLE, R. et al. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. *Applied Geography*, v. 58, p. 116–127, 2015.

BRASIL. Lei nº 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. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

CLIMATE-DATA. Clima: Camapuã – Mato Grosso do Sul, Brasil. 2021. Disponível em: <https://en.climate-data.org/south-america/brazil/mato-grosso-do-sul/camapua-31809/>. Acesso em: 2025.

CLIMATE-DATA. Clima: Coxim – Mato Grosso do Sul, Brasil. 2021. Disponível em: <https://en.climate-data.org/south-america/brazil/mato-grosso-do-sul/coxim-31807/>. Acesso em: 2025.

CLIMATE-DATA. Clima: São Gabriel do Oeste – Mato Grosso do Sul, Brasil. 2021. Disponível em: <https://en.climate-data.org/south-america/brazil/mato-grosso-do-sul/sao-gabriel-do-oeste-879834/>. Acesso em: 2025.

DUALIBI, G. Z. et al. Tutorial: análise da cobertura vegetal [livro eletrônico]. Maringá, PR: Uniedusul, 2022. Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web.

FONSECA, G. A. B. da; LAMAS, I. R.; KASECKER, T. M. Unidades de conservação: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Conservação da Natureza*, v. 12, n. 1, p. 11–23, 2024.

IMASUL – INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras. Campo Grande, 2014.

IMASUL – INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Rio Cênico Rotas Monçoeiras – Encarte I: Contextualização. Campo Grande, 2014a.

IMASUL – INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Rio Cênico Rotas Monçoeiras – Encarte III: Análise. Campo Grande, 2014b.

IMASUL – INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Rio Cênico Rotas Monçoeiras – Resumo Executivo. Campo Grande, 2014c.

MAPBIOMAS. Coleção 8 do MapBiomas - Uso e Cobertura da Terra do Brasil. 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 3 ago. 2025.

MATO GROSSO DO SUL. Decreto Estadual nº 9.934, de 5 de junho de 2000. Cria a Área de Proteção Ambiental Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras. Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 6 jun. 2000.

MATO GROSSO DO SUL. Portal de Informações Geográficas de Mato Grosso do Sul – PIN/MS. Área de Proteção Ambiental Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras. Campo Grande: Governo do Estado de Mato Grosso do Sul, 2023. Disponível em: <https://www.pinms.ms.gov.br/portal/home/item.html?id=70dbea3f4bd44c16a3aa1803deabd406>. Acesso em: 2025.

MEDEIROS, R.; ARAÚJO, F. S. de. Unidades de Conservação: avanços e desafios. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 69, n. 4, p. 39–45, 2017.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Biomas brasileiros. Brasília: MMA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas/biomas>. Acesso em: 3 ago. 2025.

PARANHOS FILHO, A. C. et al. Monitoramento multitemporal da vegetação utilizando o índice NDVI em unidades de conservação de Mato Grosso do Sul. Revista Geoambiente On-line, v. 43, p. 1–15, 2020.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System: versão 3.34.0. Open Source Geospatial Foundation Project, 2025. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 2025.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Proceedings of the Third ERTS Symposium. Washington, D.C.: NASA SP-351, v. 1, p. 309–317, 1973.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. LANDSAT 5 TM: User Handbook. Reston: USGS, 2005. Disponível em: <https://www.usgs.gov>. Acesso em: 2025.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. LANDSAT 8 OLI: User Handbook. Reston: USGS, 2020–2024. Disponível em: <https://www.usgs.gov>. Acesso em: 2025.

USGS. Landsat 5 TM (2000), Landsat 8 OLI (2015, 2020, 2024). United States Geological Survey. Disponível em: <https://www.usgs.gov>. Acesso em: 2025.