Avaliação do comportamento da vegetação e regeneração da vegetação pós-pertubação por fogo na área de proteção ambiental do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães utilizando séries temporais do satélite Landsat.

Yvan Henrique Silva Santos [1], Vagner paz mengue [2], Lucyla Silva Soria [3] e Eduardo Ramos Moraes [4]

[1] Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT/IGHD, R. Quarenta e Nove, 2367 - Boa Esperança, Cuiabá - MT, 78060-900, yvanhenrique@icloud.com; [2] Vagnergeo@yahoo.com.br; [3] lucylasoria@hotmail.com e [4]ramosmoraese@gmail.com.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho consiste na avaliação do comportamento da regeneração vegetacional natural dentro do Parque Nacional de Chapada dos Guimarães - MT (PNCG), após a ocorrência de incêndios florestais ocorridos no período de 2017 a 2021. Para a composição das séries temporais, fez-se o uso de Índices de Vegetação NDVI, EVI e SAVI, além da utilização do Google Earth Engine (GEE) com imagens do *Landsat* 8 para delimitação e conferência de níveis de reflectância da área, buscando a identificação da capacidade regenerativas das espécies analisadas. Ao analisar os índices de vegetação antes e pós fogo, observou-se que há uma variância de recuperação em relação ao tipo de vegetação, com um período entre 6 meses a 21 meses, para a aproximação do valor inicial observado. Os resultados permitiram a elaboração de mapas com padrão de recuperação característico e evidenciar as classes mais atingidas pelo fogo no período de estudo.

Palavras-chave — Sensoriamento Remoto, NDVI, Incêndios Florestais, Cerrado.

ABSTRACT

The objective of the present work is to evaluate the behavior of natural vegetation regeneration within the Chapada dos Guimarães National Park - MT (PNCG), after the occurrence of forest fires that occurred in the period from 2017 to 2021. Vegetation Indexes NDVI, EVI and SAVI were used, in addition to the use of Google Earth Engine (GEE) with Landsat 8 images for delimitation and conference of reflectance levels in the area, seeking to identify the regenerative capacity of the analyzed species. When analyzing the vegetation indices before and after the fire, it was observed that there is a variance of recovery in relation to the type of vegetation, with a period between 6 months and 21 months, for the approximation of the initial value observed. The results allowed the elaboration of maps with a characteristic recovery pattern and evidence of the classes most affected by fire during the study period.

Key words — *Remote Sensing, NDVI, Forest Fires, Cerrado.*

1. INTRODUÇÃO

Os parques nacionais são áreas protegidas e classificadas como Unidade de Conservação em áreas do estado, seu objetivo é a preservação do ecossistema natural. Partindo desse princípio, o Parque Nacional de Chapada dos Guimarães - MT (PNCG) abriga o bioma Cerrado, segundo maior bioma do país, ocupando 22% do território brasileiro, cujo o mesmo ocorre uma degradação anual significativa devido às queimadas. Isso ocorre principalmente por estar inserido num contexto climático que se apresenta com sazonalidade bem marcada e pela existência de um período de estiagem no qual a umidade relativa do ar chega em níveis críticos.

A vegetação do Cerrado enfrenta flutuações sazonais acentuadas na precipitação pluviométrica ao longo do ano [1]. Há grande produção de biomassa durante a estação chuvosa e na estação seca, as gramíneas, em sua maioria, estão inativas e a maior parte de sua biomassa aérea seca morre [2], o que torna a vegetação altamente suscetível a queimadas. O cenário de ocupação do bioma Cerrado nas últimas décadas tornou-se um dos hotspots mundiais de conservação da biodiversidade [3]. Esse termo designa ambientes que apresentam extrema abundância de espécies endêmicas e sofrem acentuada perda de habitat. De acordo com dados do INPE no ano de 2021 foram detectados pelo satélite de referência 38.176 focos ativos de incêndios florestais no estado de Mato Grosso.

As mudanças no uso da terra, como a conversão da vegetação natural em áreas agrícolas, juntamente com os incêndios florestais, são responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa. Nesse contexto, os incêndios desempenham um papel extremamente relevante, pois podem estar ligados às mudanças climáticas globais e regionais [4]. Diversos estudos mostraram que as mudanças climáticas provavelmente aumentarão a frequência, tamanho e intensidade dos incêndios, e estão principalmente associadas a climas mais secos e quentes em diferentes regiões do mundo [5] .

O sensoriamento remoto, a partir do início do século XXI, é utilizado como ferramenta para o estudo de áreas queimadas, tanto no âmbito do mapeamento de cicatrizes, quanto na identificação de suas ocorrências. Além de possibilitar também a medição da severidade dos incêndios. Para tanto, são utilizados índices espectrais que são

centrados nas características espectrométricas de vegetação sadia e vegetação queimada.

Portanto, existe a necessidade de melhorar os métodos que permitam associar de maneira robusta os índices de vegetação com variáveis climáticas e entender melhor a dinâmica da vegetação do cerrado pós-pertubação por fogo e para servir como instrumento para planejamento e gestão territorial. Desta maneira esta pesquisa busca ampliar o entendimento das implicações dos incêndios florestais dentro das unidades de conservação.

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar e quantificar o comportamento e recuperação da vegetação pós-perturbação por fogo com o uso de imagens de satélite levando em consideração os diferentes tipos de formações florestais dentro do PNCG. Portanto, a proposta deste artigo visa entender melhor o tempo de recuperação da vegetação pós-perturbação por fogo e a dinâmica dos incêndios florestais em áreas prioritárias e sensíveis do ponto de vista ambiental, como o PNCG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo será no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães (PNCG), localizado no estado de Mato Grosso, nos municípios de Cuiabá, capital do estado, e Chapada dos Guimarães. O limite do parque nacional está a 26 km da área urbana de Cuiabá e a 6 km de Chapada dos Guimarães, com acesso pela MT-251, rodovia asfaltada que serve de limite e passa dentro do parque nacional (Figura 1).

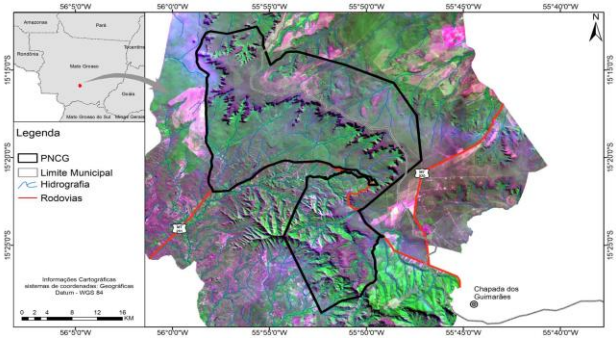


Figura 1: Mapa de localização do PNCG.

PNCG foi criado por meio do Decreto nº 97.656, de 12 de abril de 1989, e possui 32.630 ha. A região do PNCG está completamente inserida no Bioma Cerrado, de rica diversidade biológica e com presença estimada de 160.000 espécies de flora e fauna, apresentando diversos endemismos para alguns grupos [6].

Foi utilizado o Mapa da Cobertura da Vegetação do BDiA (Banco de Dados de Informações Ambientais do IBGE) [7] para separar os diferentes tipos de vegetação dentro do PNCG, na escala 1:250.000. Dentro do PNCG são identificadas 5 tipos de formações vegetais, descritas como: Savana Parque sem Floresta Galeria (**Sps**), Savana Florestada (**Sd**), Floresta Estacional Decidual Submontana/Pastagem (**Cs+Ap**), Savana Arborizada com floresta de galeria (**Saf**), Savana Arborizada com floresta de galeria/Pastagem (**Saf+Ap**). Essa subdivisão em formações vegetais possibilitará avaliar e comparar detalhadamente a resposta espectral de cada vegetação após incêndio florestal.

Para a delimitação e identificação da área de ocorrência dos incêndios florestais foram utilizadas imagens *Landsat* 8/OLI obtidas através da base de dados do Google Earth Engine, com devidas correções geométricas e Atmosféricas, reflectância do topo da atmosfera (TOA), produto do catálogo do GEE ("LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA"). A resolução espacial das imagens é de 30 metros.

Foram selecionadas imagens em dois momentos porque não foi possível encontrar cicatrizes de incêndios florestais para todas as 5 classes de vegetação, Setembro de Outubro de 2017 e Agosto de 2019. Para detectar as cicatrizes dos incêndios florestais nas imagens de satélite Landsat foi utilizada a classificação visual em tela e para realçar as cicatrizes dos incêndios florestais foi utilizada uma composição falsa cor R (Banda 6) G (Banda 5) e B (Banda 4).

Para cada formação florestal foram selecionadas 20 amostras com raio de 100 metros dentro de áreas com cicatrizes de queimadas. Esta etapa foi importante pois foi possível identificar o instante inicial do incêndio florestal e definir o instante inicial de recuperação da vegetação ou o instante em que a vegetação começa o processo de regeneração. Para tanto, foi utilizado diversos índices de vegetação (NDVI, SAVI e EVI) para monitorar ao longo do tempo a recuperação da vegetação e o intervalo temporal que a mesma leva para chegar ao mesmo nível do índice de vegetação que tinha pré-distúrbio florestal por incêndio. O script construído no GEE pode ser acessado pelo endereço (https://code.earthengine.google.com/26bf0eb43a6801f1424f5d0c02856b70).

As análises descritivas dos valores de NDVI, SAVI e EVI foram feitas com base nas medidas estatísticas do total de pixel de cada área das amostras por classe de vegetação. Portanto, foi realizada uma média trimestral dos valores dos índices de vegetação, justamente para evitar interferência de diversos ruídos, principalmente relacionados com a presença de nuvens no período do verão.

Para as análises espaciais e confecção dos mapas foi utilizado o QGIS, versão 3.16, para processamento e extração das métricas fenológicas da vegetação o Google Earth Engine e os gráficos e análises estatísticas foram realizados no software da *Microsft Office*, Excel 2010.

3. RESULTADO E DISCUSSÕES

A distribuição espacial dos diferentes tipos de vegetação conforme classificação do IBGE dentro do PNCG pode ser visualizada na Figura 2. Também é possível visualizar a distribuição das amostras selecionadas para compor os perfis espectro-temporais das áreas onde ocorreram os incêndios florestais. As classes Savana Florestada

(Cerradão) e Savana Arborizada com floresta de galeria, totalizam 25035,32 hectares que corresponde a mais de 76,72% do total da área do parque. A classe Savana Florestada possui característica restrita a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, cujas alturas variam de 6 a 8 m. Já a classe Savana Arborizada com floresta de galeria (Campo Cerrado, Cerrado Ralo, Cerrado Típico e Cerrado Denso) esse tipo de vegetação possui formação natural ou antropizado que se caracteriza por apresentar uma fisionomia graminóide contínua, sujeito ao fogo anual. A composição florística, apesar de semelhante à da Savana Florestada, possui espécies dominantes que caracterizam os ambientes de acordo com o espaço geográfico ocupado [8].

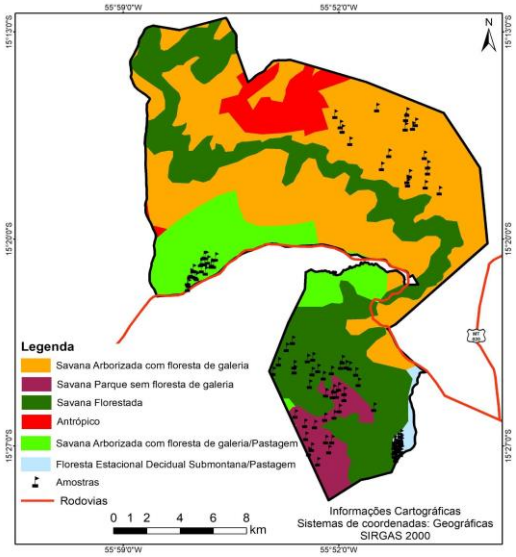


FIGURA 2: MAPA DOS DIFERENTES TIPOS DE VEGETAÇÃO ENCONTRADOS NO PNCG. FONTE: IBGE (2012)

Quando analisamos o perfil espectro-temporal de NDVI das 5 classes de vegetação (Figura 3), dos valores médios mensais dos últimos 8 anos (2014 a 2021), é possível observar valores elevados de NDVI na estação chuvosa (Dezembro a Abril) que corresponde ao vigor vegetativo das plantas, já na estação seca (Junho a Outubro) os valores de NDVI são mais baixos, causado principalmente pela falta de água na vegetação.

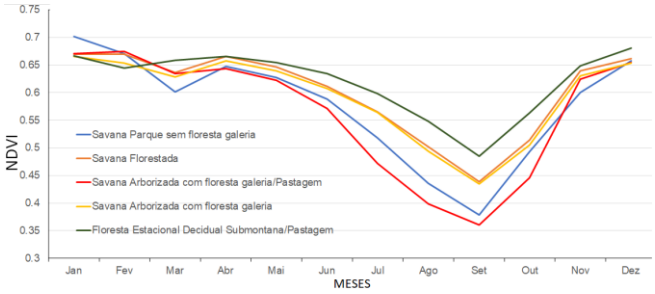


FIGURA 3: VALORES MÉDIOS MENSAIS DOS ÚLTIMOS 8 ANOS DAS 5 CLASSES DE VEGETAÇÃO ENCONTRADAS NO PNCG.

No período chuvoso os altos valores de NDVI são muito próximos entre as diferentes classes de vegetação dentro do PNCG já na estação seca existe variação entre os diferentes tipos de vegetação, causados principalmente pelas estruturas das plantas, como por exemplo a classe Floresta Estacional Decidual Submontana/Pastagem localizada na porção Sudeste do Parque que apresenta valores mais altos de NDVI na estação seca quando comparado aos valores bem mais baixos da classe Savana Arborizada com floresta de galeria/Pastagem localizada na porção Sul do Parque, essa variação é causada principalmente pelas diferentes estruturas e do estrato vegetal das plantas.

Na tabela 1 é possível analisar os valores de NDVI no distúrbio por fogo e a recuperação dos índices de vegetação aos valores pré-fogo, bem como tempo em meses para recuperar os valores pré-distúrbio por fogo. O tempo variou de 6 a 21 meses de recuperação dos valores de NDVI, é um prazo relativamente rápido, no estudo de Souza (2014) encontrou valores parecidos para a vegetação do Bioma Cerrado no Distrito Federal, a média de dias necessários para recuperação da vegetação pós-fogo foi de 100 dias nas áreas de Cerrado sentido restrito e Campos naturais para o NDVI e EVI. Em outros

O tempo de recuperação rápido para a vegetação do Cerrado por ser explicado pela maior disponibilização de nutrientes nas camadas mais superficiais do solo devido à mineralização rápida da matéria orgânica com a passagem do fogo, os nutrientes mais abundantes são potássio e fosfato [9].

Classes	NDVI Pré-distúrbio	NDVI Distúrbio	NDVI pós-distúrbio	Tempo recuperação (meses)
Sps	0,57	0,36	0,63	6
Sd	0,54	0,34	0,58	9
Cs+Ap	0,56	0,44	0,60	12
Saf	0,61	0,30	0,63	21
Saf+Ap	0,59	0,31	0,65	18

Tabela 1. Valores de NDVI, pré e pós distúrbio florestal por incêndios e o tempo de recuperação em meses para Savana Parque sem Floresta Galeria (Sps), Savana Florestada (Sd), Floresta Estacional Decidual Submontana/Pastagem (Cs+Ap), Savana Arborizada com floresta de galeria (Saf), Savana Arborizada com floresta de galeria/Pastagem (Saf+Ap).

Conforme Figura 4 são apresentados os gráficos dos perfis espectro-temporais das 5 classes de vegetação para os três índices de vegetação (NDVI, EVI e SAVI) também foi adicionado uma barra preta no gráfico para mostrar o início do distúrbio por fogo até a vegetação atingir os níveis dos valores do índice de vegetação que tinha pré-distúrbio por fogo, portanto, quanto maior a barra preta, maior o tempo de recuperação da vegetação. O menor tempo de regeneração ficou para a classe Savana Parque sem Floresta Galeria

(Sps) com 6 meses localizada na região sul do parque. Já a classe Savana Arborizada com floresta de galeria (Saf) apresentou o maior tempo de regeneração com 21 meses. Esse padrão de recuperação rápida da vegetação do Cerrado encontrado neste trabalho conforme França et al., (2007) a passagem do fogo até a rebrota da vegetação ocorre em curto espaço de tempo, após a passagem do fogo com a queda brusca da fitomassa foliar e atividade fotossintética o retorno ao estado original ocorre em questão de poucos meses. Após isso, o solo fica exposto e esse período dura até a rebrota da vegetação, que ocorre mesmo sem registro de chuvas..

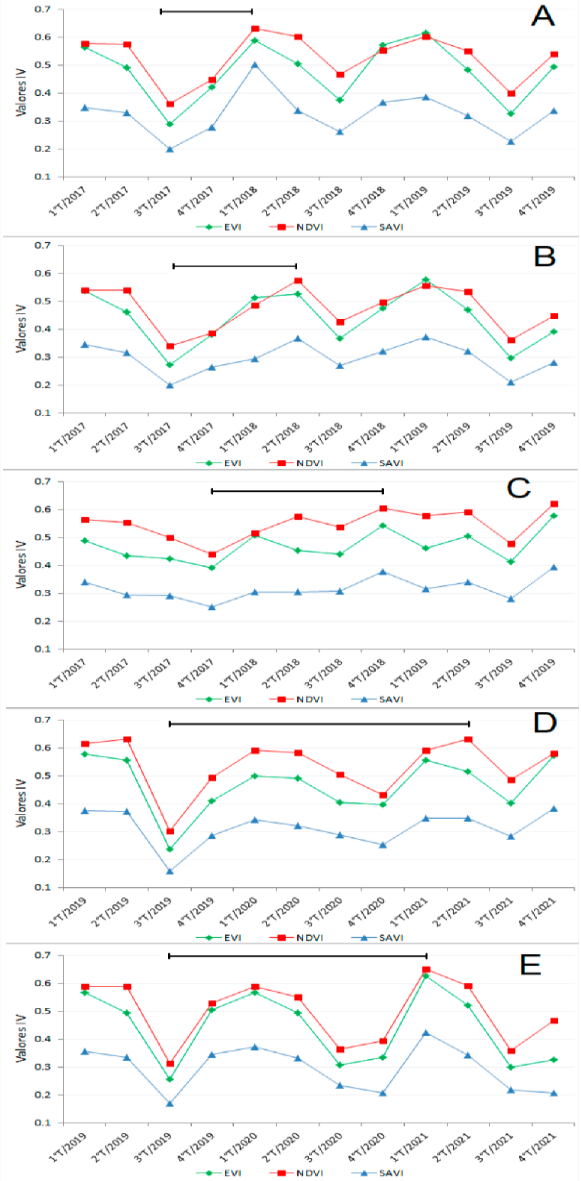


Figura 4. Valores médios por trimestre para os IV NDVI, EVI e SAVI para Savana Parque sem Floresta Galeria (A), Savana Florestada (B), Floresta Estacional Decidual Submontana/Pastagem (C), Savana Arborizada com floresta de galeria (D), Savana Arborizada com floresta de galeria/Pastagem (E).

4. CONCLUSÕES

Contudo, os resultados apontaram uma diferença na recuperação entres os perfis das cinco classes de vegetação analisadas, havendo uma variação de 15 meses entre a vegetação com recuperação mais ágil (Parque sem Floresta Galeria - 6 meses) para a mais tardia (Savana Arborizada com floresta de galeria - 21 meses), sendo evidente que suas características vegetacionais são vertentes modeladoras na recuperação do mesmo. Desta maneira, o trabalho contribui na compreensão da dinâmica do Cerrado e auxilia os órgãos competentes a elaboração de ações de combate ao fogo, além de promover uma conscientização da população na redução de Incêndios Florestais.

5. REFERÊNCIAS

[1] EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. The Botanical Review, n. 38, p. 201-341. 1972.

[2] KLINK, C. A.; SOLBRIG, O. T. Efeito do fogo na biodiversidade de plantas do Cerrado. In: SARMIENTO, G.; CABIDO, M. (Ed.). Biodiversidad y funcionamiento de pastizales y sabanas en América Latina. Mérida: Cyted y Cielat, 1996. p. 231-244.

[3] MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. DA FONSECA.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

[4] O'BRIEN, K.L. Tropical deforestation and climate change. Progress in Physical Geography, 20(3), 311-332. 1996.

[5] NEPSTAD, D.C.; VERSSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTER, C.; MOUTINHO, P.; MENDOZA, E.; ET AL. Large scale improverishment of Amazonian forests by logging and fire. Nature, 398, 505–508. 1999.

[6] MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Brasília: Conservação Internacional, 2004.

[7] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados de Informações Ambientais: BDiA, 2022. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/vegetacao/>. Acesso: 23 ago. 2022.

[8] IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Séries Manuais Técnicos em Geociências, n°1. Rio de Janeiro, IBGE. 1992.

[9] COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: Fire in the tropical biota. Ed J. G. Goldammer. New York: Springer-Verlag, 1990, p. 82-105.