



AVALIAÇÃO DE DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS COM O USO DE SENSORIAMENTO REMOTO E ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Maurício Fonseca Félix de Sousa¹, Alisson Neves Harmyans Moreira², Angelina Luzia Ciappina³

¹ Graduado em Agronomia na Universidade Federal de Goiás (mauricioffds@gmail.com) Goiânia-Brasil

² Professor Adjunto da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás

³ Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas – PPGMP/UFG

Recebido em: 15/02/2022 – Aprovado em: 15/03/2022 – Publicado em: 30/03/2022

DOI: 10.18677/EnciBio_2022A4

trabalho licenciado sob licença [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

RESUMO

Este estudo teve como objetivo principal analisar a degradação de pastagens na área de estudo, que se encontra no município de Formoso do Araguaia, no Tocantins onde a pecuária é de grande importância para a economia local. Para tanto, utilizou-se o Sensoriamento Remoto, por meio da obtenção de índices de vegetação com indicação do estado das pastagens com imagens dos satélites Sentinel-2A no período de 2016 à 2020. A partir da correlação entre o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e a cobertura vegetal de pastagem (CVP) e com as bandas 4 e 8 do Multiespectral (MSI) Sentinel-2A, elaborou-se os valores CVP da pastagem local nos diferentes anos para então classificar as pastagens locais em cinco classes de degradação. Observou-se que em todos os anos o teor de áreas com algum nível de degradação foi superior a 91,23%. Contudo, ao longo dos anos analisados notou-se que apenas 51% das pastagens mantiveram o nível de degradação, os 49% restantes apresentaram ganhos de biomassa, indicando melhorias na condução das pastagens.

PALAVRAS-CHAVE: CVP, degradação de pastagem, NDVI.

ASSESSMENT OF PASTURE DEGRADATION WITH THE USE OF REMOTE SENSING AND VEGETATION INDICES

ABSTRACT

The main objective of this study was to analyze the degradation of pastures in the study area, which is located in the municipality of Formoso do Araguaia, in Tocantins, where livestock is of great importance for the local economy. To this end, Remote Sensing was used, by obtaining vegetation indices with an indication of the state of the pastures with images from Sentinel-2A satellites in the period from 2016 to 2020. From the correlation between the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and pasture vegetation cover (CVP) and with bands 4 and 8 of the Multispectral (MSI) Sentinel-2A, the CVP values of the local pasture in the different years were elaborated to then classify the local pastures in five classes of degradation. It was observed that in all years the content of areas with a level of degradation was higher than 91.23%. Over the years analyzed, only 51% of the pastures maintained the level of degradation, the remaining 49% showed gains in biomass, indicating the optimization in the management of pastures.

KEYWORDS: CVP, pasture degradation, NDVI.

INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro tem importante participação na economia do país e foi responsável por 21,4% ou R\$ 1,55 trilhão do total do PIB nacional no ano de 2019. Deste, 32% ou 494,8 bilhões de reais foram oriundos da atividade pecuária que teve crescimento de 23,71% em relação a 2018 (CEPEA, 2019; CNA, 2020). A bovinocultura é um importante ramo da pecuária brasileira que possui um rebanho de mais de 315 milhões de cabeças (IBGE, 2021), fazendo do Brasil um dos maiores produtores e exportadores de carne mundial.

No Centro-Oeste, a pecuária extensiva ainda é a maior atividade econômica e possui baixo custo, justamente pela grande oferta de pastos, trazendo vantagens competitivas frente a outros produtores mundiais como Austrália e Estados Unidos (FERREIRA; FERREIRA NETO, 2018).

Por outro lado, a pecuária caracterizada pela gestão ineficiente do uso e cobertura do solo atrelado à expansão setorial podem ocasionar graves impactos ambientais. Os prejuízos podem variar desde a perda de biodiversidades à problemas socioeconômicos que envolvem a população local (MBOW *et al.*, 2019).

As principais formas de degradação das pastagens ocorrem por escolha inadequada da forrageira utilizada, a não adubação para reposição dos nutrientes perdidos no pastejo e a superpopulação de animais em relação à quantidade disponível de pastagem. O Sensoriamento Remoto é uma importante ferramenta para monitoramento das áreas de pastagens e, por meio do comportamento espectral das imagens dos sensores orbitais, é possível a verificação de grandes áreas e com o uso de índices de vegetação, a análise da qualidade destas, comparando-as com os dados históricos e cada vez com melhores resoluções temporais e espaciais (ANDRADE *et al.*, 2013).

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil - MAPBIOMAS nasceu da necessidade de profissionais do Sensoriamento Remoto e mapeamento de vegetação em produzir mapas anuais de cobertura e uso do solo brasileiro e possui dados históricos deste uso e cobertura desde 1985 até 2019 (LAPIG, 2020a).

No MAPBIOMAS, os dados dos sensores orbitais LANDSAT 5, 7 e 8 são compilados em coleções atualizadas anualmente. Em 2020, lançou sua mais atual Coleção 5, disponibilizadas em arquivos georreferenciados que podem ser utilizados em *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para tratamento e combinação (MAPBIOMAS, 2020).

Com o avanço das imagens oferecidas pelos recentes sensores orbitais e a amplitude da análise espacial das informações geográficas, esses estudos podem ser intensificados e aprimorados. O sistema SENTINEL-2 compreende uma constelação de 2 satélites “gêmeos” (SENTINEL-2A e SENTINEL-2B) com o objetivo de monitorar as variabilidades nas condições da superfície terrestre. Possui uma grande vantagem em relação ao sistema LANDSAT por possuir melhor resolução espacial e revisita em até 5 dias. (ESA, 2020).

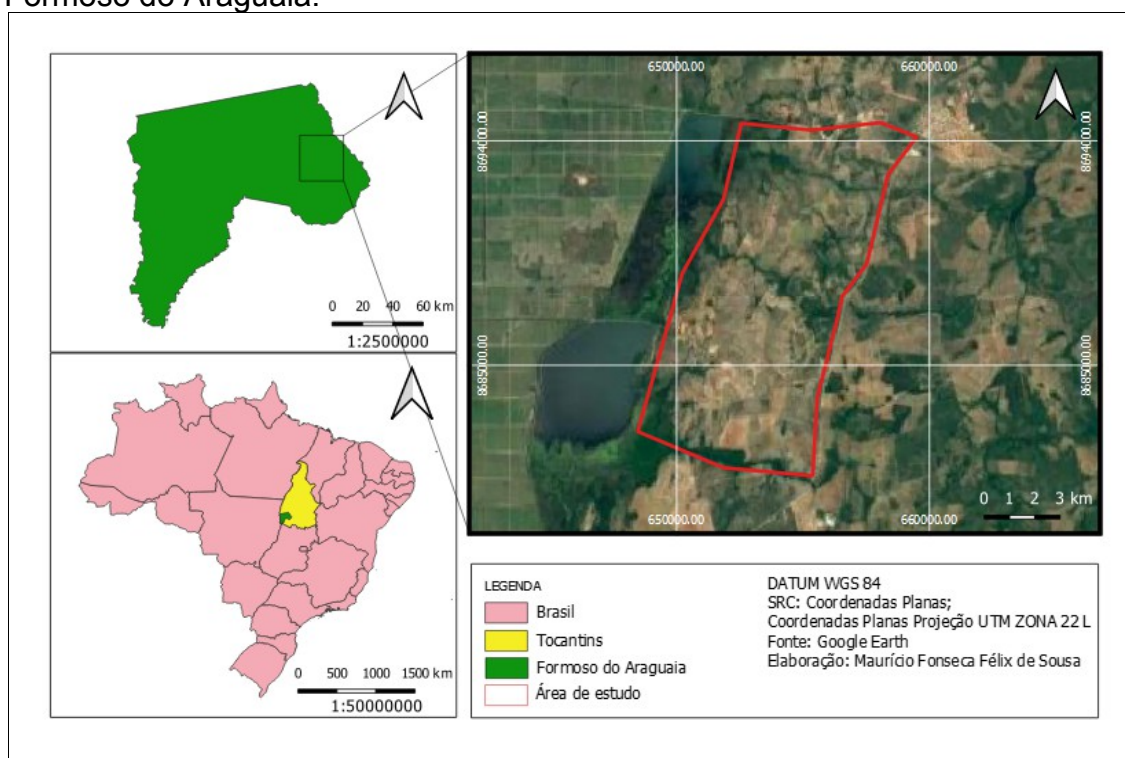
Nesse sentido, com o auxílio de técnicas do Sensoriamento Remoto no tratamento das imagens do sensor orbital Sentinel-2A e do banco de dados do MAPBIOMAS, esse trabalho teve como objetivo à análise da degradação de pastagem, avaliando a cobertura vegetal de pastagem e a variação da biomassa no interstício de 2016 à 2020.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Formoso do Araguaia, no sul do Estado do Tocantins, localizado entre as coordenadas geográficas, latitudes 11°48'38.84"S e 11°53'30.09"S e longitudes 49°37'23.33"O e 49°31'51.39"O. O município é caracterizado como o 12º maior produtor de arroz irrigado do Brasil em área plantada, corroborando ao Tocantins, a terceira posição brasileira da produção deste cereal (ANA, 2020). O clima é do tipo tropical, classificado como Aw, segundo caracterização de koppen e a precipitação média anual da região está em torno de 1.600 mm (FRAGOSO *et al.*, 2021).

FIGURA 1. Localização geográfica da área de estudo no município de Formoso do Araguaia.



Fonte: Autores.

Além da grande importância da agricultura na região, a pecuária também colabora com a economia local, com um rebanho de mais de 240 mil cabeças de gado no município e em crescimento pela a diversificação de investimentos dos rizicultores com a pecuária (IBGE, 2018).

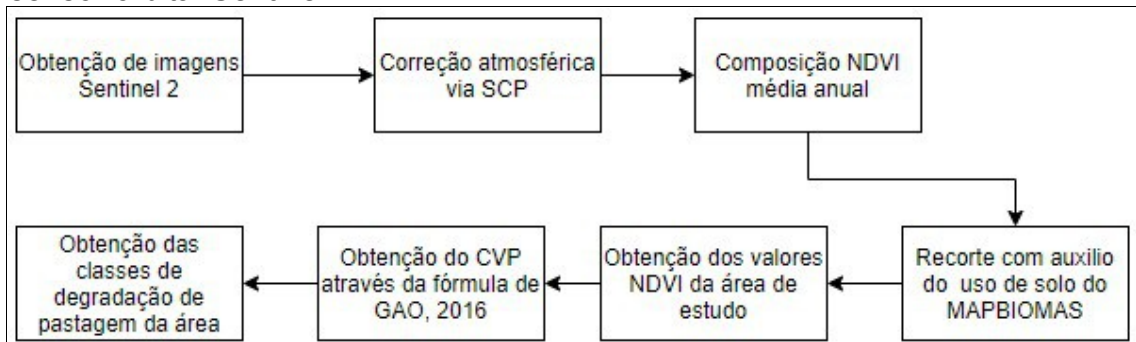
A área de estudo escolhida situa-se entre a cidade e o polo produtor de arroz do município, na área seca ao lado das represas do projeto de irrigação, onde foi delimitada em 8.965,26 hectares, com várias propriedades rurais constituídas de pastagens naturais e plantadas, áreas agrícolas, vegetação nativa e áreas com solo exposto.

Obtenção e processamento dos dados

Para a verificação do grau de degradação das pastagens ao longo dos anos, foram utilizadas as imagens do sensor orbital Sentinel - 2A, da *European Space Agency* - ESA –, por ser a rede de satélites que possui, atualmente, as melhores resoluções espaciais e temporais, disponibilizadas gratuitamente, para o tipo de

estudo desejado. O CBERS 4A mostra-se promissor, mas por ser muito recente, não contempla o período de estudo de 16/02/2016 a 22/10/2020 (REX *et al.*, 2018). As imagens do sensor orbital Sentinel - 2A foram obtidas e processadas conforme o fluxograma da Figura 2.

FIGURA 2. Fluxograma de obtenção dos resultados a partir de imagens do sensor orbital Sentinel - 2A.



Fonte: Autores.

Para cada ano (2016, 2017, 2018, 2019 e 2020) foram selecionadas três imagens, uma em cada período do ano (chuvas no primeiro semestre, seca, chuvas do segundo semestre), sem nuvens sobre a área, a fim de se obter os índices da vegetação em períodos e estações diferentes e a média anual desses índices (FERREIRA; FERREIRA NETO, 2018). As imagens não foram contidas obrigatoriamente dentro do ano calendário, para que fosse possível obter imagens sem nuvens. Assim, para o ano 2017, por exemplo, a imagem representativa do período chuvoso do 2º semestre foi obtida em 01/01/2018.

Os usos de solo da área de estudo foram determinados utilizando-se arquivos *raster* disponibilizados pelo projeto MAPBIOMAS. Assim, foi possível determinar as áreas de pastagem utilizando-se a coleção MAPBIOMAS 5.0 CERRADOS, entretanto, para o ano de 2020 que ainda não está disponibilizado, foi usado o *raster* de 2019.

As três imagens do sensor orbital Sentinel - 2A de cada ano foram obtidas gratuitamente por meio do serviço de disponibilização de imagens de satélite do *United States Geological Survey* (USGS) em seu site <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Em seguida, no *software* livre QGIS versão 3.10, com o auxílio da ferramenta *Semi-Automatic Classification*, as imagens foram submetidas ao pré-processamento por meio da correção atmosférica pelo método Dark Object Subtraction - DOS1.

Para cada ano, foram feitas as composições de imagem *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), segundo Equação 1, por meio da calculadora *raster* do QGIS e a partir das três composições obteve-se uma quarta imagem, por ano, composta pela média das três imagens NDVI anteriores. No ano de 2020, houve visita *in loco* de uma das pastagens e conversa com dois produtores locais.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \dots \dots \dots (1)$$

Sendo “NDVI”, o índice de vegetação da diferença normalizada, “R” as informações para a região do vermelho e “NIR” para os dados do infravermelho próximo.

O cálculo da CVP (Equação 2) e classificação em cinco níveis de degradação conforme (GAO, 2016), foi feito para cada ano utilizando-se a imagem composta pela média NDVI anual da qual se extraiu os valores de cada pixel para obter a média dos 10% maiores valores NDVI para pastagem (NDVlv) e a média dos 10% menores valores NDVI que representam solos expostos (NDVls).

$$CVP = \frac{NDVI - NDVls}{NDVlv - NDVls} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Sendo: CVP: Cobertura vegetal de pastagem; NDVI: Valor médio de NDVI; NDVls: Valor médio dos 10% menores valores NDVI, referentes ao solo exposto; NDVlv: Valor médio dos 10% maiores valores NDVI, referentes à pastagem.

Por meio dos resultados obtidos na Equação 2, os dados foram reclassificados conforme os níveis de CVP e classes propostas por (GAO, 2016) conforme Quadro 1.

QUADRO 1: Classes de pastagem conforme CVP

Classe	CVP
1 – Não Degradada	CVP > 90%
2 – Levemente Degradada	90 ≥ CVP > 75%
3 – Moderadamente Degradada	75 ≥ CVP > 60%
4 – Severamente Degradada	60 ≥ CVP > 30%
5 – Extremamente Degradada	CVP ≤ 30%

Fonte: FERREIRA; FERREIRA NETO, (2018).

Para verificação do acréscimo ou decréscimo da biomassa vegetal entre 2016 e 2020, elaborou-se um produto cartográfico conforme o proposto por Ferreira e Ferreira Neto (2018) e representado pelo o índice CVP, calculado pela Equação 3:

$$CVP = \frac{CVP(2020) - CVP(2016)}{CVP(2016)} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de estudo possui, conforme cruzamento com dados das coleções anuais do MAPBIOMAS (2020), mais da metade ocupada por pastagem (60,59%), mostrando uma predominância da pecuária no local. O restante das áreas se dividem, principalmente, em florestas naturais (área de Savana e Floresta), áreas de agricultura (principalmente soja) e outras áreas de cobertura vegetal não florestal conforme Tabela 1.

TABELA 1: Área em hectares das cinco maiores classes de ocupação do solo na área de estudo conforme processamento pelo QGIS de dados da Coleção 5 do projeto MAPBIOMAS ano a ano. Em 2020 são utilizados os mesmos dados de 2019 por esta coleção não estar disponível até esta data

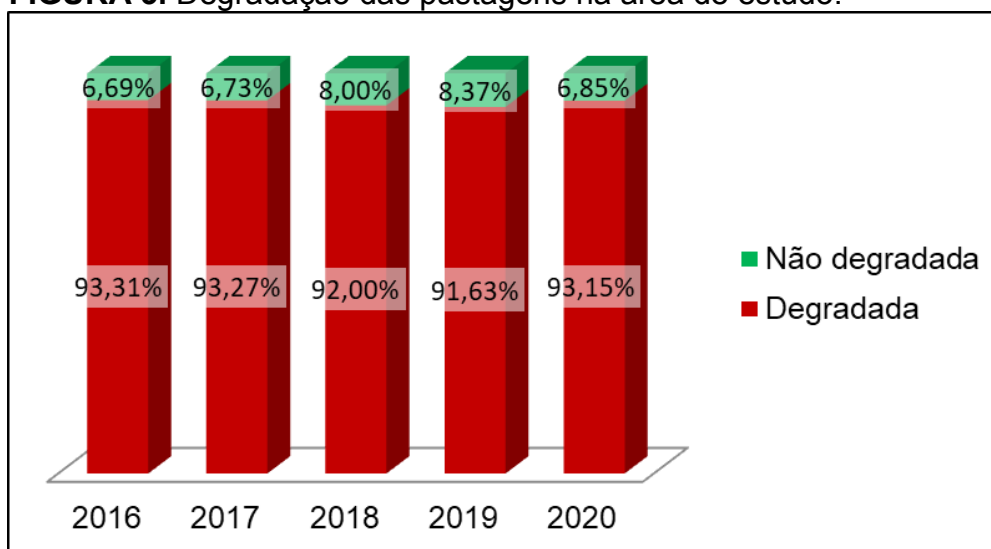
Ocupação (ha)	2016	2017	2018	2019	2020	Média	%
----------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	----------

Pastagem	5.423,5	5.363,6	5.330,7	5.264,2	5.264,2	5.329,2	60,59
Floresta (Formação Savânica)	2.421,2	2.392,4	2.322,0	2.278,8	2.478,8	2.378,6	27,0
Floresta (Formação Florestal)	448,6	475,1	518,49	543,9	543,9	506,0	5,7
Agricultura	319,7	369,9	347,2	350,1	350,1	347,4	3,9
Formação Campestre	232,3	228,1	227,7	242,5	242,5	234,6	2,6
Total	8.845,4	8829,3	8845,4	8845,4	8.879,7	8.796,1	100,0

Fonte: MAPBIOMAS (2020).

Por meio da Figura 3, é possível detectar que desde 2016, mais de 90% da pastagem possui algum nível de degradação, com valores percentuais homogêneos (GAO, 2016).

FIGURA 3. Degradação das pastagens na área de estudo.



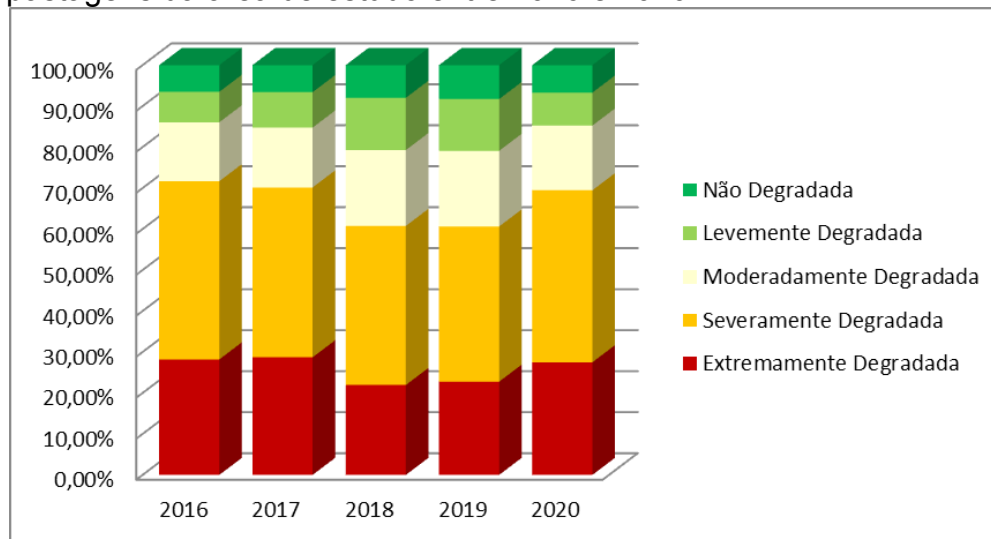
Fonte: Autores.

Entre os anos de estudo, de 2016 a 2019 verifica-se que houve uma diminuição da área Extremamente Degradada, Classe 1, em favor de um aumento de áreas Moderadamente e Levemente Degradadas (Classes 3 e 4, respectivamente) indicando uma diminuição da degradação da pastagem da área de estudo no geral.

Essa queda condiz com o estudo MAPBIOMAS, que detectou queda das áreas degradadas de pastagem no Brasil, de 72% para 60% (MAPBIOMAS, 2020). Em linhas gerais, entre os anos de 2016 e 2019, o estudo apontou redução nas áreas com pastagem severamente degradadas de 70% à 60% e diminuição de áreas extremamente degradadas, variando de 30% à 20% (Figura 4). De acordo com o MAPA (2020), as áreas severamente degradadas tiveram redução de 34,3% para 25,2% a nível nacional e esses valores podem ser explicados pela adoção de agricultores à política sustentável no plano nacional de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (plano ABC). Por outro lado, a discrepância na quantificação deste estudo com os dados nacionais pode ser explicada pela menor dimensão da área e pelo tipo de sensor utilizado neste estudo, SENTINEL-2A, diferente do LANDSAT-8 utilizado no referido projeto e que tende a detectar menos manchas de degradação. Para Shimabukuro e Ponzoni (2017), os *pixels* puros tem maior probabilidade de

serem encontrados em sensores que possuem menor resolução espacial, caracterizando a discrepância na quantificação entre os sensores orbitais.

FIGURA 4. Porcentagem de cada Classe de Degradação nas pastagens da área de estudo entre 2016 e 2020.



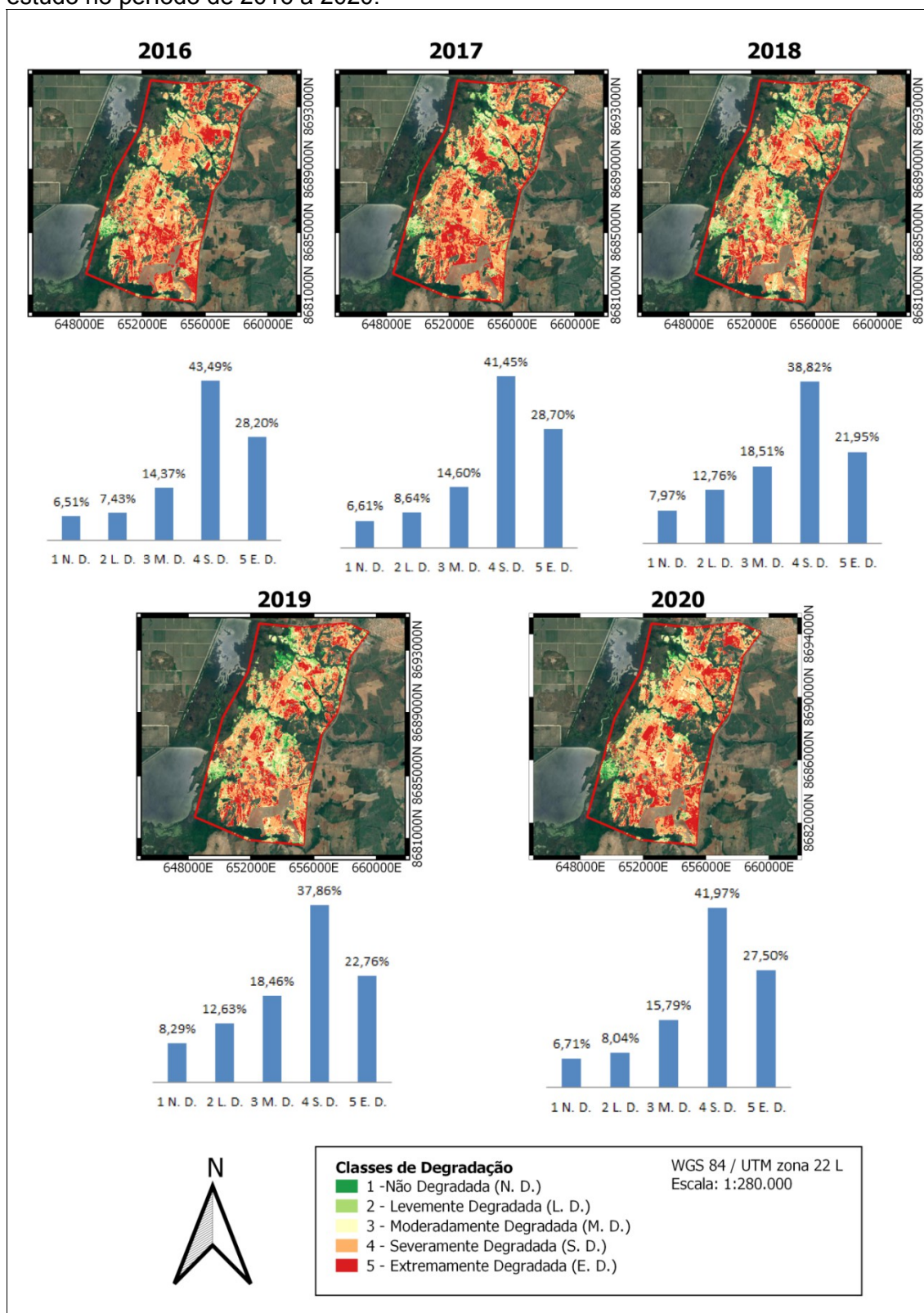
Fonte: Autores.

Segundo Andrade *et al.* (2013), a substituição da forrageira é um fator que pode ser utilizado para diminuição da degradação da pastagem e este pode ser um dos motivos que explica a queda da degradação em algumas áreas entre os anos de 2016 e 2019 conforme constatado em pesquisas empíricas com produtores locais, que vêm substituindo o capim Quicúia (*Brachiara humidicola*) pelo capim *Andropogon* (*Andropogon gayanus*), mais tolerante ao manejo e ao solo de cascalho com baixa fertilidade que é encontrado na região.

Nota-se que as áreas de degradação se alteram ano a ano conforme Figura 5. Em 2020, a porcentagem das áreas das classes de degradação retorna aos níveis de 2016 e 2017, o que pode indicar que apenas a substituição da forrageira pode não ter sido suficiente para diminuir a degradação local. Provavelmente tenham sido mantidos manejos ineficientes que ainda afetam a qualidade da pastagem.

De acordo com o planejamento estratégico de cadeias produtivas 2018 à 2027, do sistema da Federação das Indústrias do Estado do Tocantins (FIETO, 2018), o preço da carne torna-se atrativo para os produtores do maior município do Tocantins, Formoso do Araguaia. No entanto, essa prática majoritariamente extensiva, ainda enfrenta entraves na produção como a falta de suplementação animal e a qualidade de pastagens, fazendo com que o município de Formoso do Araguaia seja o terceiro no ranking de produção bovina do Estado do Tocantins.

FIGURA 5. Ocorrência das classes de degradação nas pastagens das áreas de estudo no período de 2016 à 2020.



Fonte: Autores.

A biomassa da área de estudo em 2020 manteve um equilíbrio entre ganho e perda em relação à 2016, tendo ocorrido ganhos de biomassa em 2.598,73 hectares e perdas em 2.489,28 hectares conforme o Quadro 2.

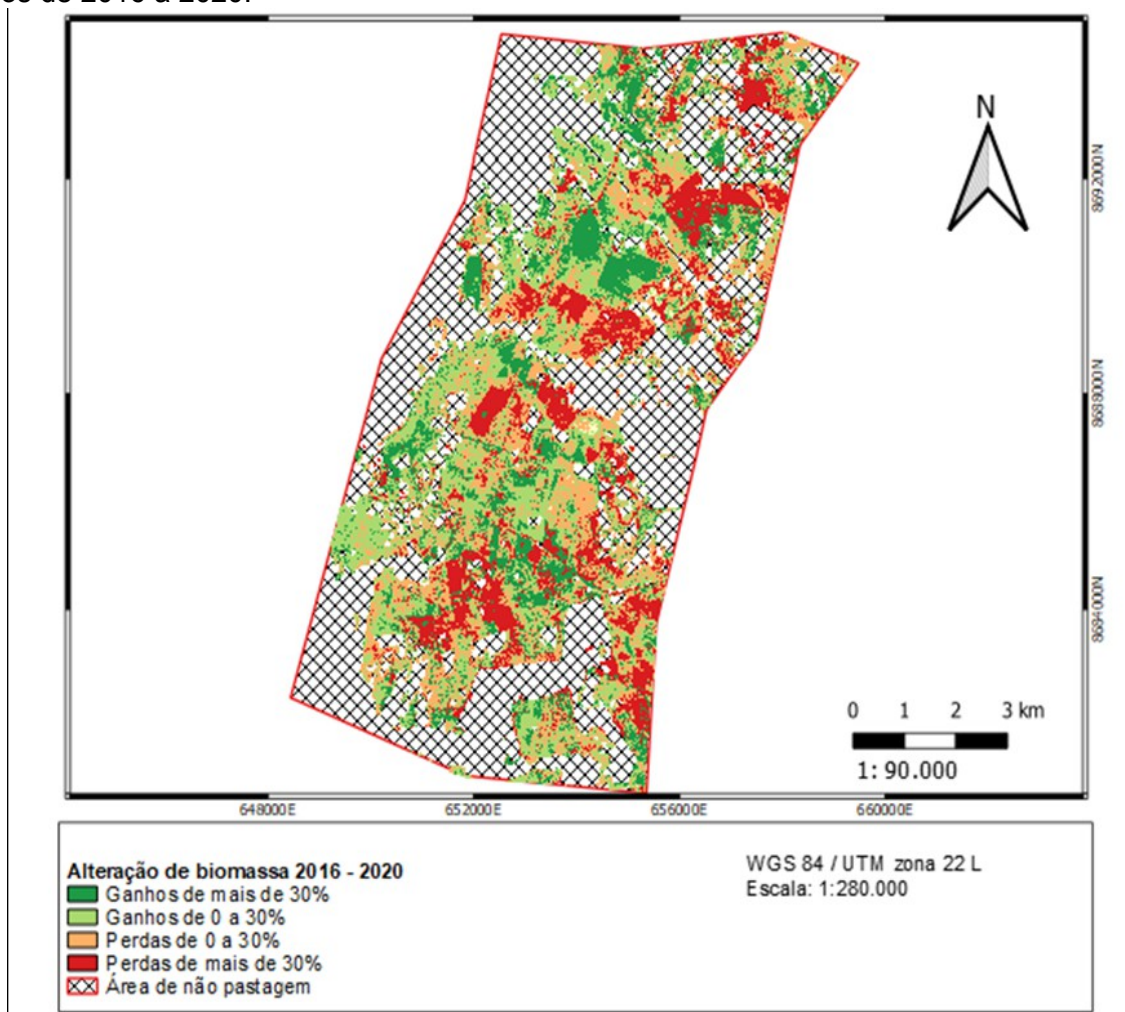
QUADRO 2: Classes de pastagem conforme o CVP entre 2016 e 2020.

Biomassa	Área (ha)
Ganhos de mais de 30%	1062,95
Ganhos de até 30%	1535,78
Perdas de até 30%	1394,79
Perdas de mais de 30%	1094,49

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos evidenciaram equilíbrio entre ganhos e perdas de biomassa e uma estabilidade das áreas “severamente degradadas e extremamente degradadas” no período entre 2016 e 2020, assim como apresentado na Figura 6. Nota-se que 51% do total (2598,73 hectares) correspondem a áreas que mantiveram os níveis de degradação da biomassa (áreas laranja e vermelha). Para a área restante, 2489,28 hectares, foram observados ganhos de biomassa ao longo dos cinco anos de estudos, evidenciando uma melhoria na condição da pastagem. Esses resultados corroboram com os obtidos por LAPIG (2020b) em que grande parte das áreas avaliadas (56,9%) mantiveram a condição das pastagens em estabilidade ao longo dos anos. De acordo com os autores, os bons resultados obtidos estão relacionados ao aumento dos programas de recuperação de pastagens e a maior adesão dos produtores a estes contratos.

FIGURA 6. Ocorrência de ganho ou perda de biomassa na área de estudo entre os anos de 2016 a 2020.



Fonte: Autores

CONCLUSÕES

As informações espaciais do portfólio do MAPBIOMAS e as imagens do sensor orbital Sentinel-2A possibilitaram a aplicação do índice de vegetação NDVI e as análises de biomassa e CVP no período de 2016 a 2020.

A integração do NDVI com o CVP são índices que se mostraram úteis no monitoramento do grau de degradação da cobertura vegetal local, sendo observado que em todos os anos o teor de áreas com algum nível de degradação foi superior a 91,23%.

Para a área total observada nota-se que, ao longo dos anos, 51% das pastagens mantiveram o grau de degradação e 49% apresentaram ganhos de biomassa, indicando melhorias na condução das pastagens.

REFERÊNCIAS

- ANA, **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. Mapeamento do arroz irrigado no Brasil. Brasília, 2020. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1ZdKKzU-c7mxTBVoxFilAyffn7I9dwpZ0/view>>. Acesso em 06 out. 2020.
- ANDRADE, R. C; RODRIGUES, C. A. G; SANCHES, I. D. A; TORRESAN, F. E; QUARTAROLI, C. F. Uso de técnicas de Sensoriamento Remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. Viçosa, Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura** - REVENG, v.21, n.3, p.234-243, 2013.
- ASSUNÇÃO, J., GANDOUR, C.C., ROCHA, R. **Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: Prices or Policies?** Rio de Janeiro, 2012. PUC-RIO. Disponível em: <<http://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2012/03/Deforestation-Prices-or-Policies-Exec-Summary.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2020.
- CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do Agronegócio**. 2019. Disponível em: <[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019(1).pdf)>. Acesso em: 21 set. 2020.
- CNA, Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil. **Panorama do Agro**. 2020. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro#:~:text=Em%202019%2C%20a%20soma%20de,R%24%20494%2C8%20bilh%C3%B5es>>. Acesso em: 21 set. 2020.
- FRAGOSO, D. F; EVANGELISTA. B. A; CAETANO, G. F.; CARDOSO, E. A. Análise do regime pluviométrico da região do projeto Rio Formoso em Formoso do Araguaia-TO. **Revista AGRIES**, v.7, ed. especial, p.1-14, 2021.
- GAO, Q; LI, Y; WAN, Y; LIN, E. J. Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. **Geographical Sciences**, v.16, n.2, p.165-173, 2016.
- ESA, European Space Agency. **SENTINEL-2**. 2020. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>>. Acesso em: 21 set. 2020.
- FERREIRA, G. C. V.; FERREIRA NETO, J. A.; Usos de Geoprocessamento na avaliação de degradação de pastagens no assentamento Ilha do Coco, Nova Xavantina-Mato Grosso, Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 02, p. 140-148, 2018.

FIETO. Federação das Indústrias do Estado do Tocantins. **Carne Bovina**. 2018. Disponível em: < <http://www.fieto.com.br/DownloadArquivo.aspx?c=3dca57b5-ce00-4865-bcb0-ffc915ecc905>>. Acesso em: 12 mar. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/formoso-do-araguaia/pesquisa/18/16459?ano=2020&tipo=grafico&indicador=16533>>. Acesso em: 08 mar.2022.

LAPIG. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. **Atlas das pastagens brasileiras**. 2020a. Goiânia: LAPIG/UFG. Disponível em: < <https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/ produtos/atlas-digital-das-pastagens-brasileiras>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

LAPIG. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. **Dinâmica das pastagens Brasileiras: Ocupação de áreas e indícios de degradação - 2010 a 2018**. 2020b. Goiânia: LAPIG/UFG. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/estudo-mostra-reducao-de-26-8-milhoes-de-hectares-de-pastagens-degradadas-em-areas-que-adotaram-o-plano-abc/Relatorio_Mapas1.pdf>. Acesso em 12 mar. 2022.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estudo mostra redução de 26,8 milhões de hectares de pastagens degradadas em áreas que adotaram o Plano ABC**. Governo Federal. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/estudo-mostra-reducao-de-26-8-milhoes-de-hectares-de-pastagens-degradadas-em-areas-que-adotaram-o-plano-abc>>. Acesso em: 11 mar. 2022.

MAPBIOMAS. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil**. Coleção 5. Goiânia, Brasil. 2020. Disponível em: <<https://mapbiomas.org>>. Acesso em: 22 out. 2020.

MBOW, C.; ROSENZWEIG, C.; BARIONI, L. G.; BENTON, T. G.; HERRERO, M. 2019. Food security. In: **Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. IPCC. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2021/02/08_Chapter-5_3.pdf>. Acesso em: 12 abr.2020.

REX, F. E; KAFER, P. S; DEBASTIANI, A. B; KAZAMA, V. S. Potencial de imagens MSI (SENTINEL-2) para a classificação do uso e cobertura do solo. Goiânia, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**. v.15, p. 219. 2018.

SHIMABUKURO, Y. E; PONZONI, F. J. **Mistura espectral: modelo linear e aplicações**. São Paulo: Oficina de textos, 2017. 128p.