



Contemporânea

Contemporary Journal
3(11): 23441-23460, 2023
ISSN: 2447-0961

Artigo

MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE PASTAGENS A PARTIR DE DADOS NDVI/MODIS

MONITORING AND QUALITATIVE ASSESSMENT OF PASTURES USING NDVI/MODIS DATA

DOI: 10.56083/RCV3N11-169

Recebimento do original: 20/10/2023

Aceitação para publicação: 24/11/2023

Ricardo Guimarães Andrade

Doutor em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: ricardo.andrade@embrapa.br

Marcos Cicarini Hott

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: marcos.hott@embrapa.br

Matheus Bertolino Motta

Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora
Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: matheus.motta@engenharia.ufjf.br

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 303, Fazenda Chapadão, Campinas-SP, CEP: 13070-115
E-mail: walter.magalhaes@embrapa.br

Sergio Galdino

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas-SP, CEP: 13070-115
E-mail: sergio.galdino@embrapa.br

23441



Cristina Aparecida Goncalves Rodrigues

Doutora em Biologia Vegetal pela Universidade Estadual de Campinas
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas-SP, CEP: 13070-115
E-mail: cristina.rodrigues@embrapa.br

Carlos Cesar Ronquim

Doutor em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas-SP, CEP: 13070-115
E-mail: carlos.ronquim@embrapa.br

Hilton Luís Ferraz da Silveira

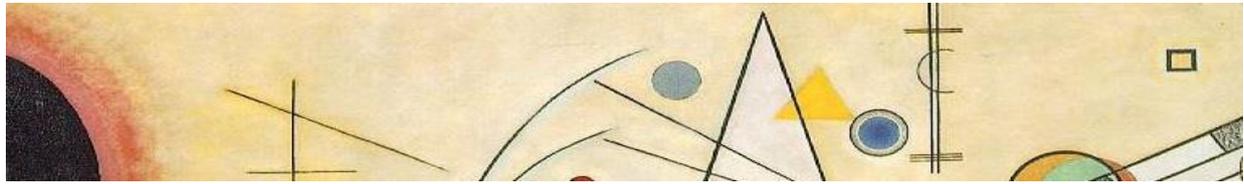
Mestre em Sensoriamento Remoto pela Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas-SP, CEP: 13070-115
E-mail: hilton.ferraz@embrapa.br

Persio Sandir D'Oliveira

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: persio.oliveira@embrapa.br

RESUMO: A pecuária é um dos setores de destaque do agronegócio brasileiro. No entanto, muitas áreas de pastagens estão em processo de degradação. Este é um fenômeno complexo que atua na queda da capacidade de suporte da pastagem e, com isso, pode influenciar na redução de produção e produtividade de carne e leite. O presente estudo objetivou monitorar e avaliar as condições das pastagens a partir da aplicação da metodologia do coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel (*Slope*) e do uso de dados NDVI/MODIS. Para as áreas de pastagens cultivadas nos municípios avaliados nos Estados de Mato Grosso do Sul e de São Paulo, respectivamente, cerca de 36% e 45% das áreas de pastagens apresentaram algum indicativo de degradação. O índice Kappa foi muito baixo ($< 0,20$) quando aplicado na avaliação da classificação considerando três níveis de degradação (baixa, moderada e forte), os erros de omissão e comissão foram mais frequentes nas áreas consideradas degradadas por predominância de plantas daninhas. Além disso, o número limitado de amostras coletadas em cada nível de degradação das pastagens pode ter influenciado na avaliação da acurácia do método aplicado. Por outro lado, verificou-se exatidão global de 59% e índice Kappa de 0,56, ao considerar duas classes ou níveis qualitativos das pastagens (degradada e não degradada).

PALAVRA CHAVE: Pecuária, Índice de Vegetação, Pastagens Degradadas, Sensoriamento Remoto.



ABSTRACT: Livestock farming is one of the prominent sectors of Brazilian agribusiness. However, many pasture areas are in the process of degradation. This is a complex phenomenon that acts to reduce the carrying capacity of pasture and, as a result, can influence the reduction of meat and milk production and productivity. The present study aimed to monitor and evaluate pasture conditions by applying the methodology of the *slope* coefficient of the regression line adjusted in each pixel and using NDVI/MODIS data. For the cultivated pasture areas in the municipalities evaluated in the States of Mato Grosso do Sul and São Paulo, respectively, around 36% and 45% of the pasture areas showed some indication of degradation. The Kappa index was very low (< 0.20) when applied to evaluate the classification considering three levels of degradation (low, moderate and strong), errors of omission and commission were more frequent in areas considered degraded due to the predominance of weeds. Furthermore, the limited number of samples collected at each level of pasture degradation may have influenced the assessment of the accuracy of the applied method. On the other hand, there was an overall accuracy of 59% and a Kappa index of 0.56, when considering two classes or qualitative levels of pastures (degraded and non-degraded).

KEYWORDS: Livestock, Vegetation Index, Degraded Pastures, Remote Sensing.



1. Introdução

A atividade pecuária gera milhares de empregos, sendo um dos setores de destaque do agronegócio brasileiro. No entanto, existem muitas áreas de pastagens que estão subutilizadas ou em processo de degradação (Andrade et al., 2013; 2016). Este é um fenômeno complexo que atua na queda da capacidade de suporte da pastagem e, com isso, provoca a redução de produção e produtividade de carne e leite.

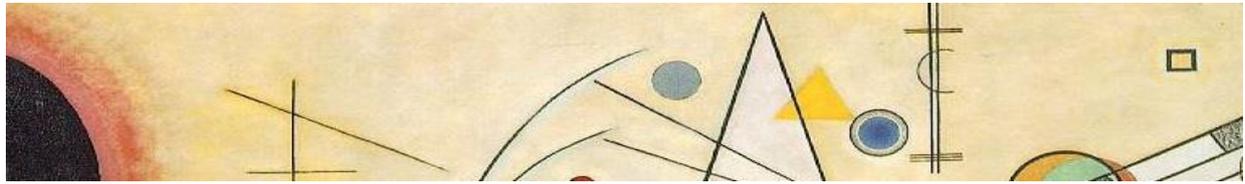
As causas da degradação são conhecidas, contudo, podem variar conforme especificidades em cada bioma. As causas principais são:



inadequação das práticas de manejo, fatores bióticos (pragas e doenças) e fatores abióticos (fertilidade, drenagem do solo, chuvas, etc) e falhas no processo de estabelecimento do pasto (Dias-Filho, 2007). Para Macedo et al. (1993), a degradação de pastagens é um processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural, sendo suscetíveis aos efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras.

A adoção de práticas de recuperação do potencial produtivo das áreas cultivadas com pastagens contribui para a redução da pressão pela abertura de novas fronteiras agrícolas e pecuárias no território brasileiro. Além disso, em pastos recuperados há maior produtividade de carne e leite e mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) por meio do sequestro do dióxido de carbono (CO₂) atmosférico (Andrade et al., 2017). Porém, para que tais práticas de recuperação sejam implementadas torna-se de fundamental importância a identificação e qualificação das áreas de pastagens degradadas, pois permite dimensionar a magnitude do problema ou do passivo ambiental. Procedimentos inovadores fundamentados em geotecnologias vem sendo aplicados visando o desenvolvimento de metodologias voltadas para identificação, monitoramento e qualificação de pastagens em diferentes escalas espaço-temporais (Gao et al., 2006; Liu et al., 2010; Andrade et al., 2013; Galdino et al., 2016; Andrade et al., 2016; Franco et al., 2022).

Geralmente, o monitoramento da vegetação tem sido efetuado por meio dos índices de vegetação gerados a partir de dados captados por sensores a bordo de diferentes plataformas (terrestre, suborbital e orbital). O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), desenvolvido por Rouse et al. (1973) ao utilizar as bandas do infravermelho próximo (IVP) e do vermelho (V), é um dos índices mais utilizados para estimar a quantidade e qualidade da vegetação (Lasaponara, 2006). De acordo com Liu et al. (2010), o NDVI é um índice sensível às características biofísicas da vegetação



e importante para o monitoramento das mudanças de uso e cobertura da terra.

O presente estudo objetivou monitorar e avaliar as condições das pastagens a partir da aplicação da metodologia do coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel (*Slope*) e do uso de dados NDVI/MODIS.

2. Material e Métodos

A área de estudo compreende as pastagens no território brasileiro. A classificação realizada no projeto MAPBIOMAS foi utilizada como referência das áreas de pastagens cultivadas no ano de 2020 (Souza et al., 2020). Para avaliar o vigor vegetativo das pastagens em território nacional, foram realizados downloads a partir da coleção 6 dos produtos MOD13Q1 disponibilizados pelo LP DAAC (*Land Processes Distributed Active Archive Center*), vinculado à NASA e ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). O produto MOD13Q1 fornece duas camadas primárias de vegetação, ou seja, o NDVI e o EVI (*Enhanced Vegetation Index*). Para o presente estudo foi utilizado o produto NDVI/MODIS (síntese de 16 dias) para o período de janeiro de 2015 a dezembro de 2020. O produto possui resolução radiométrica de 12 bits e resolução espacial de 250 metros, foram baixados 19 quadrantes de imagens (Figura 1).

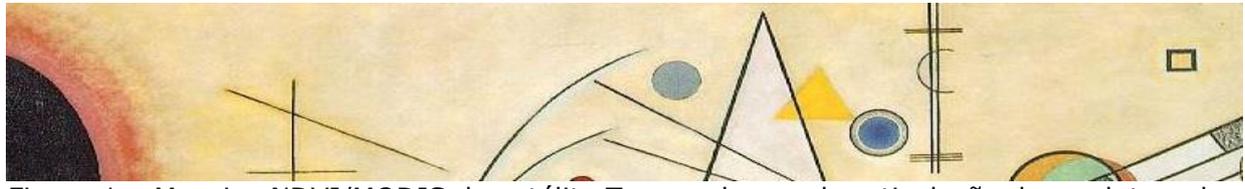
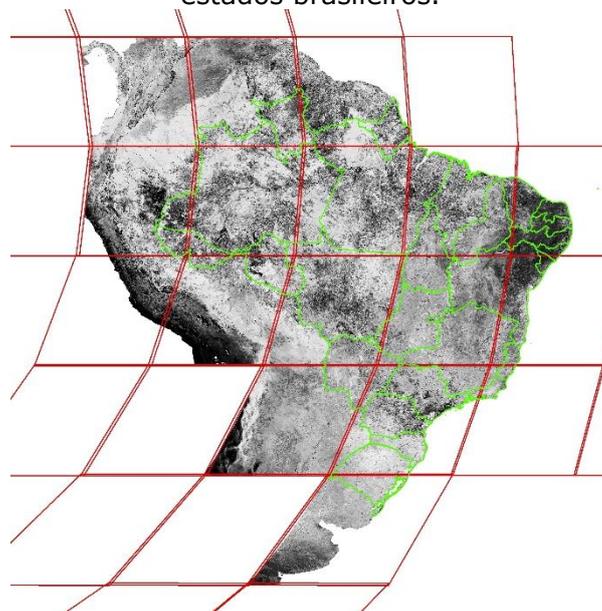


Figura 1 – Mosaico NDVI/MODIS do satélite Terra, e layers de articulação do produto e dos estados brasileiros.

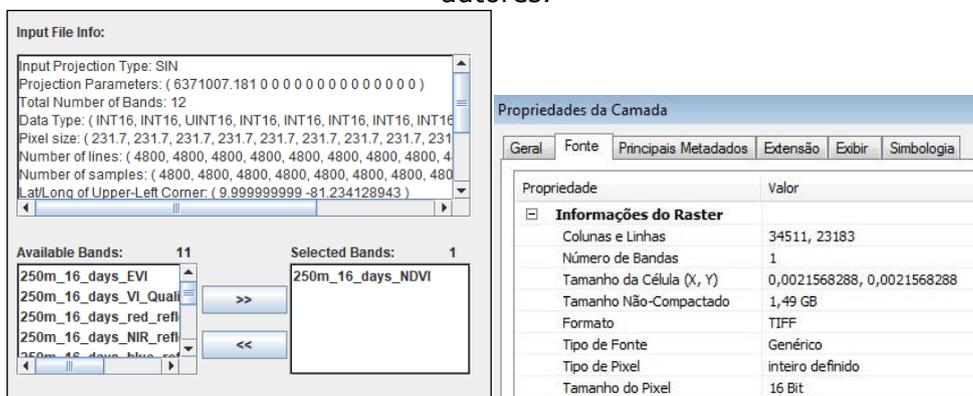


Fonte: Elaborado pelos autores.

Posteriormente, as imagens foram processadas por meio do software MRT (*Modis Reprojection Tools*), gerando arquivo mosaico de formato GeoTIFF para cada data disponível, assim como realizado em Araújo et al. (2021). Para o processamento das imagens no MRT foi selecionada apenas a banda de NDVI com projeção geográfica no Datum WGS84. Na Figura 2, exemplo do ambiente de entrada dos arquivos HDF originais para a construção dos mosaicos (A), cujas propriedades estão demonstradas com o uso do SIG (B).



Figura 2 – Parâmetros do processamento no software MRT. Fonte: Elaborado pelos autores.

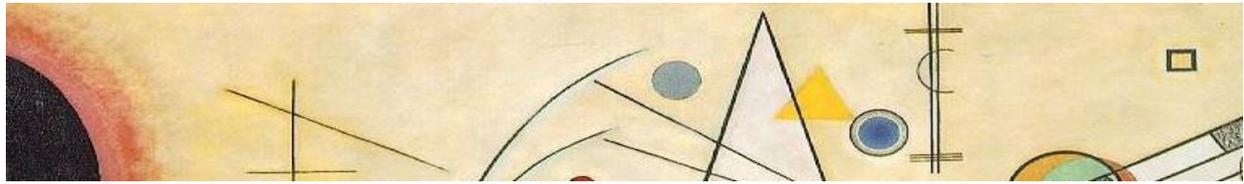


(A) (B)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados de NDVI da série temporal MODIS foram processados e aplicada a análise de regressão linear com definição dos valores limiares para determinar o grau de degradação das pastagens. Nesse caso, a análise de regressão linear pode ser usada para simular a tendência de mudança de cada grid. Stow et al. (2003) adotou esse método para simular a taxa de alteração do “verdor” (greenness) da vegetação. Para cada pixel, a tendência linear de NDVI máximos anuais durante o período de estudo foi estimada por meio da aplicação da regressão ordinária dos mínimos quadrados. Em que *Slope* é o coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel. Se *Slope* > 0 indica que a vegetação está em processo de recuperação, enquanto se *Slope* < 0 indica a ocorrência de algum processo de degradação (Liu et al., 2010).

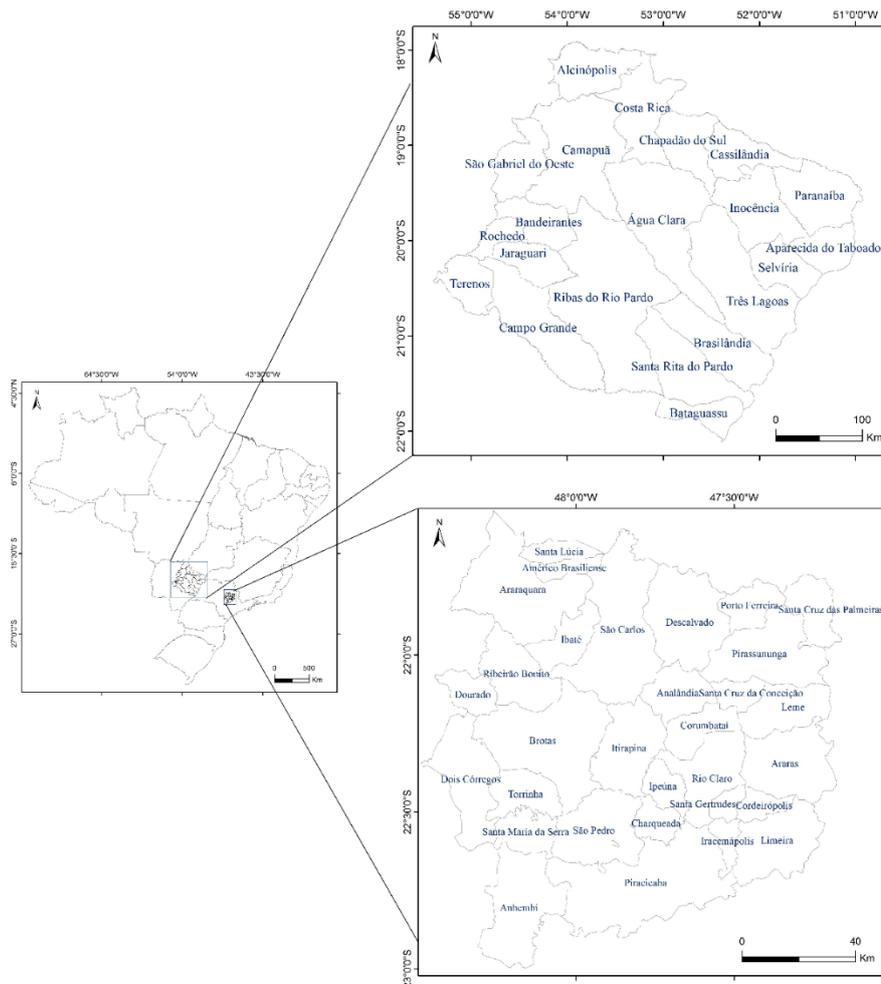
$$Slope = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(Y_{NDVI_i} - \bar{Y}_{NDVI})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (1)$$



Em que, n é igual a 6 devido a utilização de uma série de 6 anos de dados NDVI (período de 2006 a 2011); i representa o ano 1 para 2015, ano 2 para 2016 até o ano 6 para 2020; i é o valor máximo do NDVI no ano i . O *Slope* foi utilizado para avaliar a mudança do NDVI ao longo da série como um todo.

Com a finalidade de avaliar a metodologia *Slope* na identificação de processos de degradação foram definidas duas áreas amostrais representativas de pastagens cultivadas no bioma Cerrado, sendo uma no Estado de São Paulo e outra no Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 3).

Figura 3. Visualização das duas áreas amostrais, representativas de pastagens cultivadas no bioma Cerrado, nos Estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo.

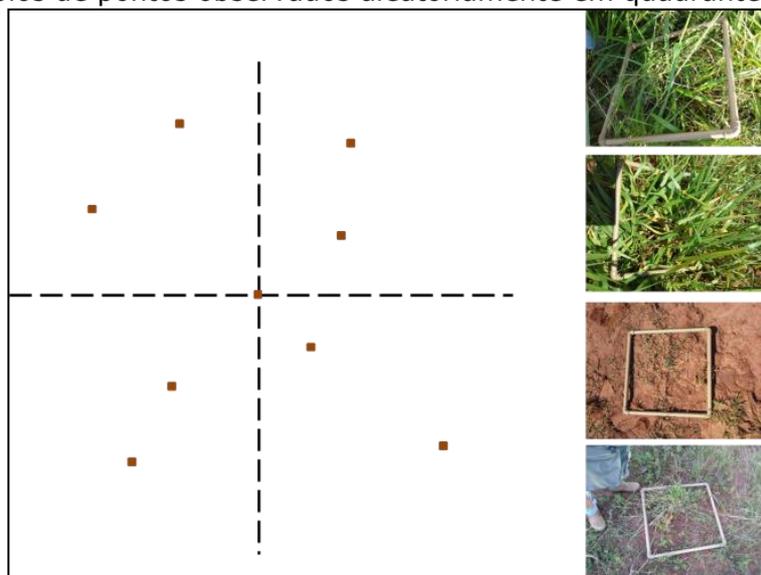


Fonte: Elaborado pelos autores.



Os levantamentos de dados de campo seguiram a metodologia estabelecida por Rodrigues et al. (2022), em que consistia no arremesso aleatório de um quadrado de com áreas de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$) e de $1,0 \text{ m}^2$ ($1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$), dependendo do tamanho da área a ser amostrada e altura das forrageiras. Na coleta amostral foram consideradas a análise de quatro quadrantes de lanço do quadrado amostral, em cada quadrante foram coletadas duas amostras aleatórias, mais uma no ponto central de intersecção, totalizando nove sub amostras por ponto amostrado, conforme pode ser visualizado na Figura 4. As avaliações de campo foram realizadas nos meses de março de 2022 e abril de 2023, em 12 municípios inseridos no bioma Cerrado, sendo coletados 180 pontos amostrais, dos quais 120 em municípios do Estado de Mato Grosso do Sul e 60 em municípios do Estado de São Paulo. Esses dados foram estruturados em banco de dados geográficos e podem ser acessados por meio do link: <<https://geoinfo.cnpm.embrapa.br/documents/6254>>.

Figura 4 - Esquema da metodologia de coleta de pontos amostrais das áreas de pastagens, com exemplos de pontos observados aleatoriamente em quadrantes amostrais.



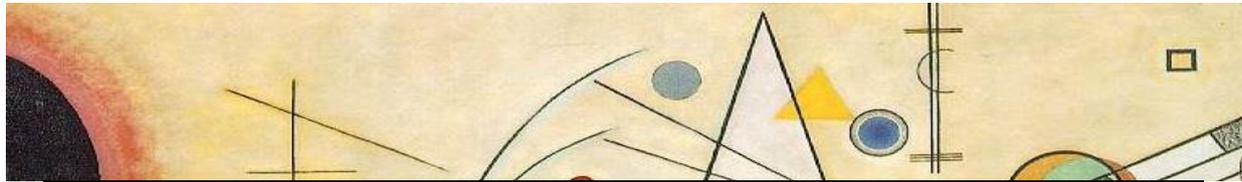
Fonte: Adaptado de Rodrigues et al. (2022).



Foram selecionadas medidas práticas diretas e estimativas visuais de parâmetros biofísicos das pastagens, como: 1. Avaliação da parte aérea das plantas em uma pastagem (altura, arranjo de perfilhos, disposição espacial, densidade volumétrica, relação folha/colmo); 2. Observação de perda de vigor, grau de uniformidade, capacidade de recuperação natural (observação de rebrotas), composição botânica da comunidade vegetal e presença de espécies espontâneas; 3. Observação e estimativa de porcentagem de solo exposto, presença de erosão laminar, de ravinas ou erosão; 4. Avaliação de indicadores de qualidade de solo, relacionados à degradação de pastagens, como avaliação visual da granulometria do solo e percepção da existência de resistência à penetração no solo. Posteriormente, os dados amostrais foram classificados conforme os níveis de degradação estabelecidos na Tabela 1 (adaptado de Nascimento Júnior et al. (1994), Dias Filho (2014, 2017) e Pires (2018)).

Tabela 1 - Classificação de pastagens cultivadas em campo

Condições das áreas de pastagens	Características para o nível de degradação	Nível de degradação
Cobertura forrageira acima de 90% Plantas invasoras = 0% Solo + serapilheira até 10%	Pastagem vigorosa e de boa qualidade, boa cobertura do solo pela pastagem, ausência de plantas daninhas e sem indícios do processo erosivo	Não degradada
Cobertura forrageira entre 70% e 90% Plantas invasoras até 25% Solo + serapilheira entre 5% e 15%	Diminuição na área coberta pela vegetação forrageira, incidência de plantas invasoras de folhas largas e diminuição da cobertura do solo	Baixa degradação
Cobertura forrageira entre 50% e 70% Plantas invasoras entre 25% e 50% Solo + serapilheira entre 15% e 35%	Diminuição na área coberta pela vegetação forrageira, incidência de plantas invasoras de folhas largas e diminuição da cobertura do solo	Moderada degradação



Cobertura forrageira baixo de 50% Plantas invasoras acima de 50% Solo + serapilheira ou solo nu acima de 35%	Presença de plantas invasoras de folhas largas em grandes proporções, colonização da pastagem por invasoras de folhas estreitas e processos erosivos acelerados	Forte degradação
--	---	------------------

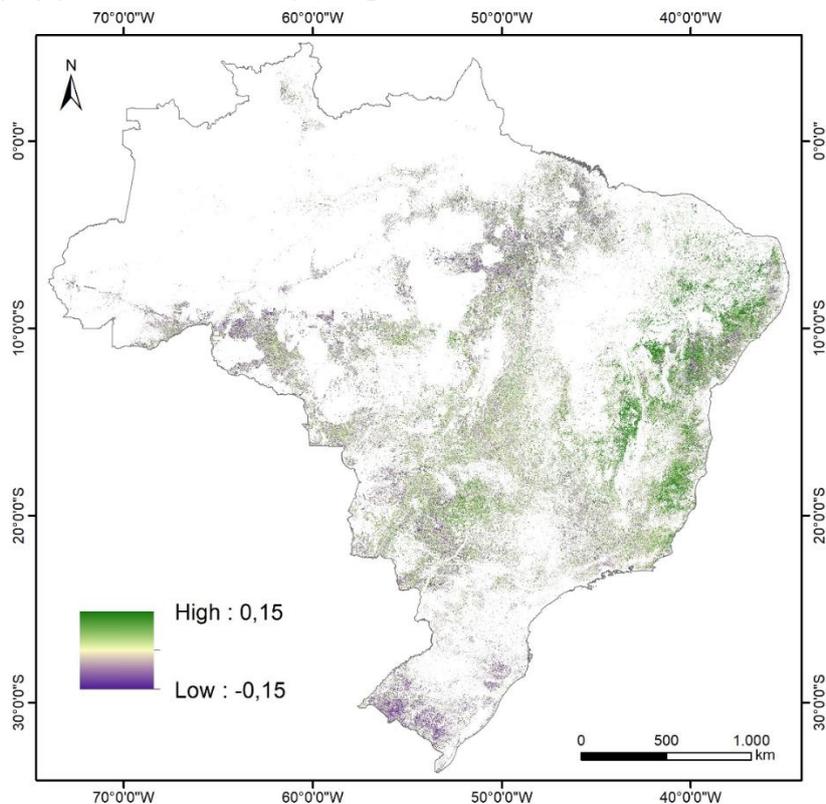
Fonte: Adaptado de Rodrigues et al. (2022).

3. Resultados e Discussão

A Figura 5 mostra o mapa do coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel (*Slope*) das áreas de pastagens cultivadas no território nacional. Observa-se que há tendência de recuperação do vigor vegetativo (tons de verde), por exemplo, na região Nordeste e porção norte de Minas e do Espírito Santo. Por outro lado, boa parte da região Sul e central da Amazônia apresentaram queda de vigor vegetativo (tons de roxo).

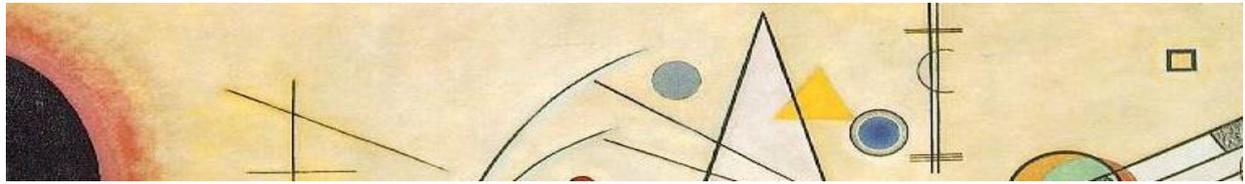


Figura 5 - Mapa do coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel (*Slope*) para as áreas de pastagens cultivadas no território brasileiro.



Fonte: Elaborado pelos autores.

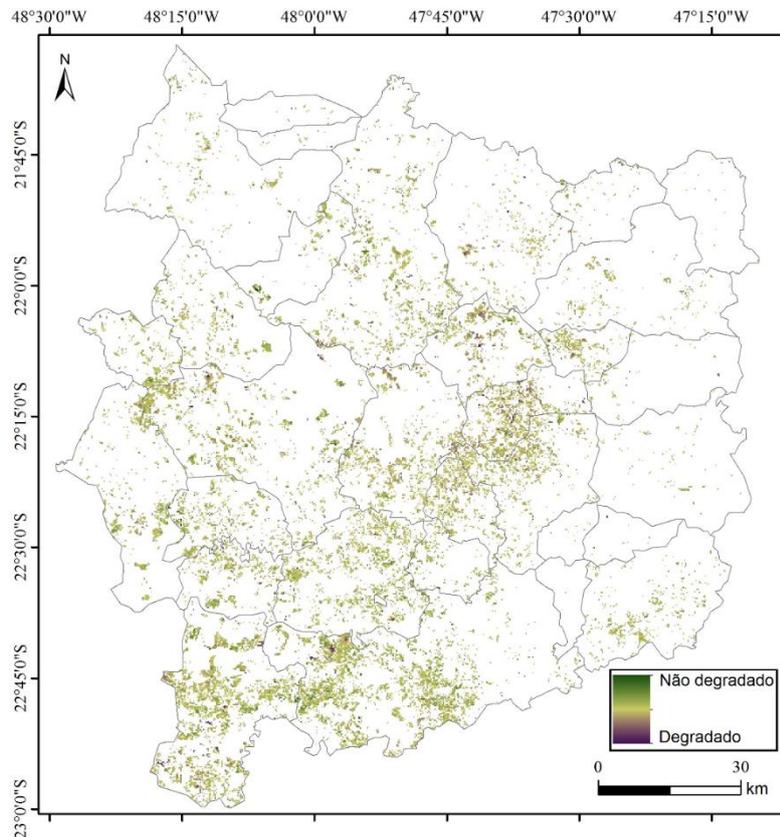
Andrade et al. (2016) aplicaram a metodologia *Slope* para as pastagens cultivadas do Cerrado, usando dados oriundos do sensor Spot Vegetation, e obtiveram três cenários de condições de processos de degradação (muito otimista, otimista e realista). Para o cenário muito otimista (cenário 1), foram identificados cerca de 12,5 milhões de hectares (24%) de pastagens cultivadas que apresentaram indicativo de degradação. No cenário 2 (otimista), esta área sobe para cerca de 18,4 milhões de hectares (35%). Já no cenário 3, considerado mais realista, foram identificados em torno de 32 milhões de hectares (60%) de pastagens com algum indicativo de degradação. Andrade et al. (2016) observaram que em todos os cenários condicionais analisados, cerca de 80% da área de pastagens cultivadas em processos de degradação no bioma Cerrado se



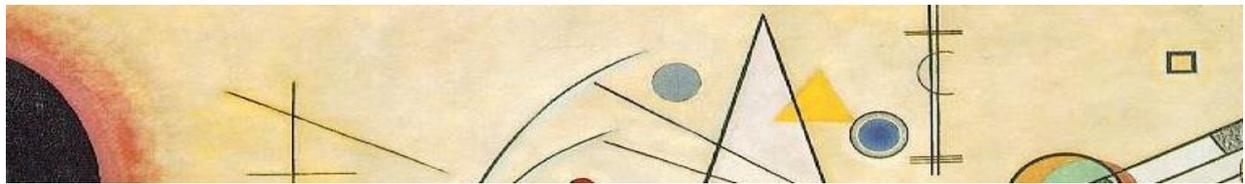
concentram nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Já nos esforços de pesquisa e ensaios com o uso da série temporal e metodologia *Slope* no Bioma Mata Atlântica, Hott et al. (2019) indicaram que em torno de 60% de áreas de pastagens da mesorregião da Zona da Mata Mineira apresentaram algum nível de degradação.

A Figura 6 apresenta o mapa do coeficiente de inclinação (*Slope*) das áreas de pastagens cultivadas nos municípios localizados no Estado de São Paulo, que estão inseridos no bioma Cerrado e na região de levantamento dos dados amostrais de campo.

Figura 6 - Distribuição espacial do coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel (*Slope*) que indicam as áreas de pastagens cultivadas com ou sem degradação em municípios do Estado de São Paulo. Esses municípios estão inseridos no bioma Cerrado e na região de levantamento dos dados amostrais de campo. Estimativas realizadas a partir de dados NDVI MODIS para o período de janeiro de 2015 a dezembro de 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores.

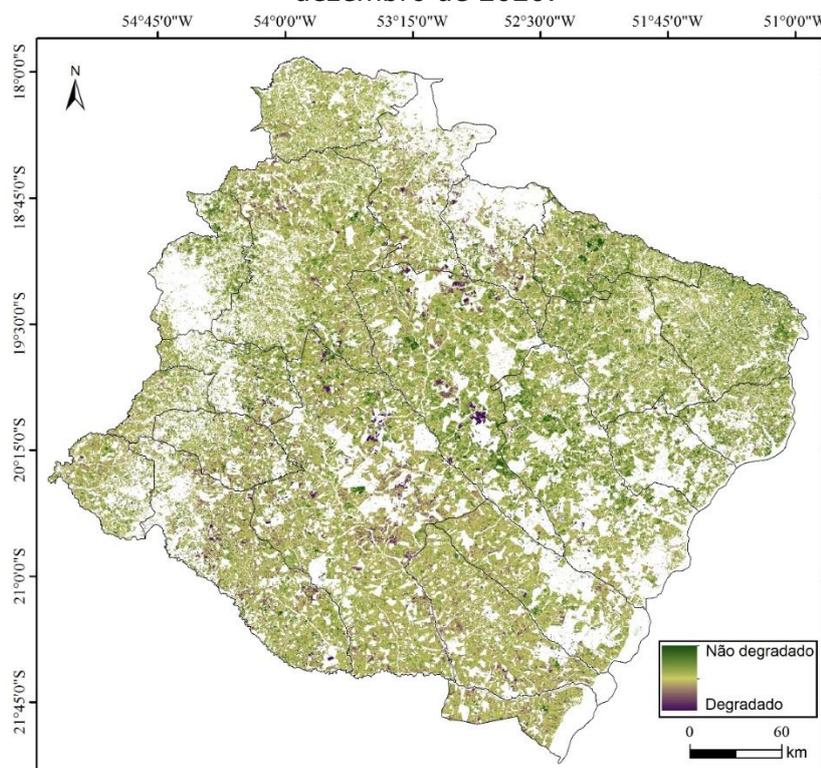


As estimativas aqui realizadas indicam que mais de 45% (61.851 hectares) das áreas de pastagens cultivadas nos municípios avaliados no Estado de São Paulo estão sob algum processo de degradação. Entretanto, porcentagens superiores a 60% foram observadas para as pastagens localizadas nos municípios de Américo Brasiliense, Analândia, Corumbataí e Itirapina. O município paulista de Corumbataí apresentou a maior porcentagem de área de pastagem cultivada sob algum indicativo de processo de degradação (67%).

Na Figura 7 visualiza-se o mapa do coeficiente de inclinação (*Slope*) das áreas de pastagens cultivadas nos municípios localizados no Estado de Mato Grosso do Sul, que estão inseridos no bioma Cerrado e na região de levantamento dos dados amostrais de campo.



Figura 7 - Distribuição espacial do coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel (*Slope*) que indicam as áreas de pastagens cultivadas com ou sem degradação em municípios do Estado de Mato Grosso do Sul. Esses municípios estão inseridos no bioma Cerrado e na região de levantamento dos dados amostrais de campo. Estimativas realizadas a partir de dados NDVI MODIS para o período de janeiro de 2015 a dezembro de 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Dos municípios sul mato-grossenses avaliados, cerca de 36% (2,6 milhões de hectares) das pastagens cultivadas apresentaram algum indicativo de degradação. No entanto, porcentagens de indicativos de degradação superiores a 45% foram observados nas pastagens cultivadas nos municípios de Bataguassu, Campo Grande, Chapadão do Sul, Ribas do Rio Pardo e Santa Rita do Rio Pardo. O município de Bataguassu foi o que apresentou a maior porcentagem de pastagem cultivada em processo de degradação (55%).

Os dados coletados em áreas de pastagens cultivadas em municípios paulista e sul mato-grossense foram classificados quanto a níveis de



degradação por Rodrigues et al. (2022). Essa classificação de campo foi utilizada para validar a metodologia *Slope* aplicada com imagens MODIS. O índice Kappa foi muito baixo ($< 0,20$) quando aplicado na avaliação da classificação considerando três níveis de degradação (baixa, moderada e forte), os erros de omissão e comissão foram mais frequentes nas áreas consideradas degradadas por predominância de plantas daninhas ou invasoras. Nesse caso, o método observa tendência de melhora de vigor ou recuperação da vegetação, porém, a vegetação invasora ou daninha é a que tende a predominar e preencher o dossel das áreas de pastagens. Uma outra observação se refere ao número limitado de amostras coletadas em cada nível de degradação das pastagens, esse é um fator que pode ter influenciado na avaliação da exatidão do método aplicado. Por outro lado, ao estabelecer duas classes de pastagens, ou seja, degradada e não degradada, comparando os dados de campo com as condições das pastagens estimadas por meio do método *Slope* e imagens MODIS, a exatidão global foi de 59% e o índice Kappa de 0,56.

Rodrigues et al. (2022) relataram que, as questões de limitações orçamentárias e a pandemia por covid-19, afetaram consideravelmente a coleta de dados de campo, ou seja, o planejado seria efetuar a primeira coleta na época das águas (fevereiro/março de 2020), a segunda, na época da seca (agosto/setembro de 2020), e a terceira, também na época das águas (fevereiro/março de 2021). Sendo que somente uma das três avaliações programadas ocorreu de fato e em período posterior ao planejado, ou seja, dados coletados em março de 2022 e abril de 2023. Ressalta-se ainda que as pastagens com gramíneas do gênero *Urochloa* acumulam, na média, mais de 80% (de 77% a 90%) de sua produção anual de massa de forragem na época das águas em relação à época da seca. Portanto, a época ideal para avaliar as pastagens é o fim das chuvas, que, no Cerrado, é no



fim de fevereiro/início de março, antes mesmo que as temperaturas médias do ar comecem a cair (Rodrigues et al., 2022).

4. Conclusão

Cerca de 45% das áreas de pastagens cultivadas nos municípios paulistas, considerados na avaliação do presente estudo, estão sob algum processo de degradação. Entretanto, indicativos de degradação foram observados em mais de 60% das pastagens cultivadas nos municípios de Américo Brasiliense, Analândia, Corumbataí e Itirapina.

Em relação as áreas de pastagens cultivadas nos municípios sul mato-grossenses avaliados, no total, cerca de 36% (2,6 milhões de hectares) apresentaram algum indicativo de degradação. Contudo, cerca de 45% das pastagens cultivadas nos municípios de Bataguassu, Campo Grande, Chapadão do Sul, Ribas do Rio Pardo e Santa Rita do Rio Pardo, apresentaram indicativos de degradação.

O método *Slope* com uso de imagens MODIS apresentou baixo desempenho ao estabelecer três níveis de degradação (baixa, moderada e forte). O número limitado de amostras coletadas em cada nível de degradação das pastagens pode ter influenciado na avaliação da acurácia do método aplicado. Contudo, ao considerar apenas duas classes ou níveis qualitativos das pastagens (degradada e não degradada), verificou-se exatidão global de 59% e índice Kappa de 0,56.

Em trabalhos futuros sugere-se estruturar uma ampla base de dados de campo com considerável número de pontos em todos os níveis de classes qualitativas das pastagens. Essa ampla base de dados será fundamental tanto para melhor validação do método *Slope* quanto para aplicação e avaliação de outros métodos como os que envolvem ferramentas de inteligência artificial.



Referências

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Geotecnologia - Recuperação de pastagens no Cerrado. **Agroanalysis (FGV)**, v. 36, p. 30-33, 2016.

ANDRADE, R. G.; RODRIGUES, C. A. G.; SANCHES, I. D.; TORRESAN, F. E.; QUARTAROLI, C. F. Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Detecção de Processos de Degradação de Pastagens. **Engenharia na Agricultura (Impresso)**, v. 21, p. 234-243, 2013.

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Avaliação das condições de pastagens no Cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Brasilian Journal of Sustainable Agriculture**, v. 7, p. 34-41, 2017.

ARAUJO, P. C., HOTT, M. C., ANDRADE, R. G., MAGALHAES JUNIOR, W. C. P. Elaboração de procedimentos metodológicos para monitoramento das condições das pastagens por métricas em sensoriamento remoto. In: Coletânea de Iniciação Científica da Embrapa Gado de Leite-PIBIC CNPq 2020-2021. DOCUMENTOS 262. **Anais...** Juiz de Fora (MG). Embrapa Gado de Leite, 2021.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190 p.

DIAS FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).

DIAS FILHO, M. B. **Manejo profissional da pastagem: fundamento para uma pecuária empresarial**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2017. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 431).

FRANCO, V. R.; HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; GOLIATT, L. Hybrid machine learning methods combined with computer vision approaches to estimate biophysical parameters of pastures. **Evolutionary Intelligence (Print)**, v. 15, p. 1-14, 2022.

GAO, Q.; LI, Y.; WAN, Y.; LIN, E.; XIONG, W.; JIANGCUN, W.; WANG, B.; LI, W. Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. **J. Geographical Sciences**, v. 16, n. 2, p. 165-173, 2006.



HOTT, M. C.; CARVALHO, L. M. T.; ANTUNES, M. A. H.; RESENDE, J. C.; ROCHA, W. S. D. Analysis of Grassland Degradation in Zona da Mata, MG, Brazil, Based on NDVI Time Series Data with the Integration of Phenological Metrics. In: **Remote Sensing**, v. 11, n. 24 e-artigo 2956, 25 p, 2019.

LASAPONARA, R. Estimating interannual variations in vegetated areas of Sardinia island using SPOT/VEGETATION NDVI temporal series. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 3, n. 4, p. 481-483, 2006.

LIU, S.; WANG, T.; GUO, J.; QU, J.; AN, P. Vegetation change based on SPOT-VGT data from 1998-2007, northern China. **Environ. Earth Sci.**, v. 60, p. 1459-1466, 2010. doi 10.1007/s12665-009-0281-4.

MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; OLIVEIRA, M. P. Seasonal changes in the chemical composition of cultivated tropical grasses in the savannas of Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Rockhampton. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. p. 2001-2002.

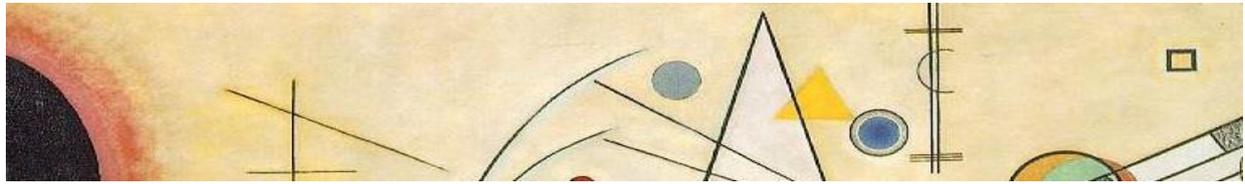
MAPBIOMAS PROJECT. **Collection 8 of the Annual Land Cover and Land Use Maps of Brazil (1985-2022)**. <https://doi.org/10.58053/MapBiomias/VJIJCL>, MapBiomias Data, V1, 2023.

NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. dos. Degradação de pastagens, critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Fealq, p. 107-151. 1994.

PIRES, W. **Pastagem Sustentável de A a Z**. Viçosa, MG: Editora Produção Independente, 2018. 469 p.

RODRIGUES, C. A. G.; QUEIROZ, H. P. de; QUARTAROLI, C. F. **Avaliação em campo de pastagens de Urochloa spp. (syn. Brachiaria spp.) no bioma Cerrado para estimar níveis de degradação: parâmetros qualitativos**. DOCUMENTOS, [s. l.], v. 146, p. 34, 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1152378/1/6108.pdf>.

ROUSE, J. W.; HAAS, J. A.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plans with ERTS. In: Earth Resources. Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington D.C., 1973. **Proceedings...** Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, v. 1, p.309-317. (NASA SP-351).



STOW, D.; DAESCHNER, S.; HOPE, A.; DOUGLAS, D.; PETERSEN, A.; MYNENI, R.; ZHOU, L.; OECHEL, W. Variability of the seasonally integrated normalized difference vegetation index across the north *slope* of Alaska in the 1990s. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 5, p. 1111-1117, 2003.