



ANÁLISE DO PERFIL ESPECTRAL DE PASTAGENS EM GUIA LOPES DA LAGUNA (MS)

Victória Hellena **Matusevicius**¹; Édson Luis **Bolfe**²; Taya Cristo **Parreiras**³;
Gustavo **Klinke**⁴; Ivan **Bergier**⁵

Nº 25602

RESUMO – A degradação das pastagens constitui um dos principais desafios à sustentabilidade da pecuária extensiva no Mato Grosso do Sul. Neste contexto, o presente estudo objetivou caracterizar o comportamento espectral de áreas de pastagem no município de Guia Lopes da Laguna (MS), com o intuito de distinguir regiões com vegetação rala e densa, a partir da análise do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Foram coletados 22 pontos amostrais de pastagens no mês de junho de 2024, georreferenciados com auxílio do aplicativo AgroTag e classificados visualmente em relação ao perfil (vegetação rala ou densa). Os dados espectrais foram extraídos da coleção Harmonized Landsat Sentinel-2 (HLSS30 e HLSL30), abrangendo o período de junho de 2024 a junho de 2025 via Google Earth Engine. Os resultados indicaram que as áreas de pastagem densa apresentaram valores médios e medianos de NDVI superiores aos da pastagem rala, embora com maior desvio padrão e amplitude espectral. O teste estatístico bicaudal revelou tendência de diferença significativa ($p = 0,0576$) entre os grupos analisados. O sensoriamento remoto mostrou-se uma ferramenta com elevado potencial para o diagnóstico de padrões de degradação e recuperação da cobertura vegetal, fornecendo subsídios para o planejamento e manejo sustentável das áreas de pastagem.

Palavras-chaves: NDVI, sensoriamento remoto, pastagens, degradação, Google Earth Engine.

¹Autora, Bolsista CNPq (PIBIC) Embrapa Agricultura Digital, Graduada em Enga. Agrícola - FEAGRI, UNICAMP, Campinas-SP. victoria.castro@feagri.unicamp.br

²Orientador, Pesquisador da Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP. edson.bolfe@embrapa.br

³Colaboradora, Doutoranda Geografia, UNICAMP, Campinas-SP. taya.parreiras@colaborador.embrapa.br

⁴Colaborador, Doutorando Geografia, UNICAMP, Campinas-SP. gustavo.klinke@colaborador.embrapa.br

⁵Pesquisador da Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP. ivan.berguier@embrapa.br



ABSTRACT – *Pasture degradation is one of the main challenges to the sustainability of extensive livestock farming in Mato Grosso do Sul. In this context, the present study aimed to characterize the spectral behavior of pasture areas in the municipality of Guia Lopes da Laguna (MS), with the intention of distinguishing regions with sparse and dense vegetation, based on the analysis of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Twenty-two pasture sampling points were collected in June 2024, georeferenced with the help of the AgroTag application and visually classified according to profile (sparse or dense vegetation). Spectral data were extracted from the Harmonized Landsat Sentinel-2 (HLSS30 and HLSL30) collection, covering the period from June 2024 to June 2025 via Google Earth Engine. The results indicated that dense pasture areas had higher mean and median NDVI values than sparse pasture, although with greater standard deviation and spectral amplitude. The two-tailed statistical test revealed a significant difference ($p = 0.0576$) between the groups analyzed. Remote sensing has proven to be a tool with high potential for diagnosing patterns of degradation and recovery of vegetation cover, providing input for the planning and sustainable management of pasture areas.*

Keywords: NDVI; remote sensing; pastures; degradation; Google Earth Engine.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária é uma das principais atividades econômicas do estado de Mato Grosso do Sul, especialmente em municípios como Guia Lopes da Laguna, que se destacam pela ampla disponibilidade de áreas de pastagem. Essas áreas são fundamentais para a alimentação do rebanho e, conseqüentemente, para a manutenção da produção pecuária local. No entanto, a pressão constante sobre os recursos naturais, como práticas inadequadas de pastejo, falhas na formação, problemas climáticos e uso frequente do fogo, tem levado à ocorrência de diferentes estágios de conservação das pastagens, incluindo áreas em bom estado, regiões em processo de recuperação e outras já degradadas (DIAS-FILHO, 2023).

A degradação das pastagens tem sido um desafio recorrente no meio rural. Muitas propriedades enfrentam o esgotamento do solo e da vegetação forrageira, o que obriga a movimentação do gado para outras áreas, em busca de pasto mais produtivo. Esse deslocamento espacial das atividades pecuárias revela a necessidade de diagnóstico contínuo das condições das pastagens e da adoção de estratégias de manejo mais sustentáveis. Como apontam Muxiye e Yonezawa (2023), a interrupção do uso das áreas para pastejo pode acelerar o avanço de vegetação lenhosa, alterando a estrutura original das pastagens e reduzindo seu valor forrageiro.

Nesse contexto, o sensoriamento remoto se apresenta como uma ferramenta eficaz para o monitoramento da vegetação, permitindo avaliar grandes áreas com agilidade e baixo custo (MUTANGA & KUMAR, 2019). A análise do perfil espectral da cobertura vegetal, que consiste na identificação da resposta da vegetação em diferentes comprimentos de onda da radiação eletromagnética, tem potencial para diferenciar pastagens em diferentes estados de conservação, sem a necessidade de visitas frequentes ao campo. Zwick *et al.* (2024) demonstram que a combinação de sensores multiespectrais com algoritmos de aprendizado de máquina é capaz de prever com precisão parâmetros como biomassa, proteína bruta e digestibilidade *in vitro* em gramíneas tropicais, especialmente quando se utilizam dados de alta resolução espacial e temporal.

Além disso, estudos como o de Serrano *et al.* (2024) reforçam a eficácia do NDVI como indicador da qualidade do pasto, correlacionando-o com variáveis nutricionais e estruturais das forrageiras, o que o torna um índice confiável para aplicações em sistemas silvipastoris e extensivos. O Atlas das Pastagens, iniciativa pioneira neste sentido no país, também utiliza análise de séries temporais de NDVI para classificar as pastagens em níveis de degradação (LAPIG, 2024).

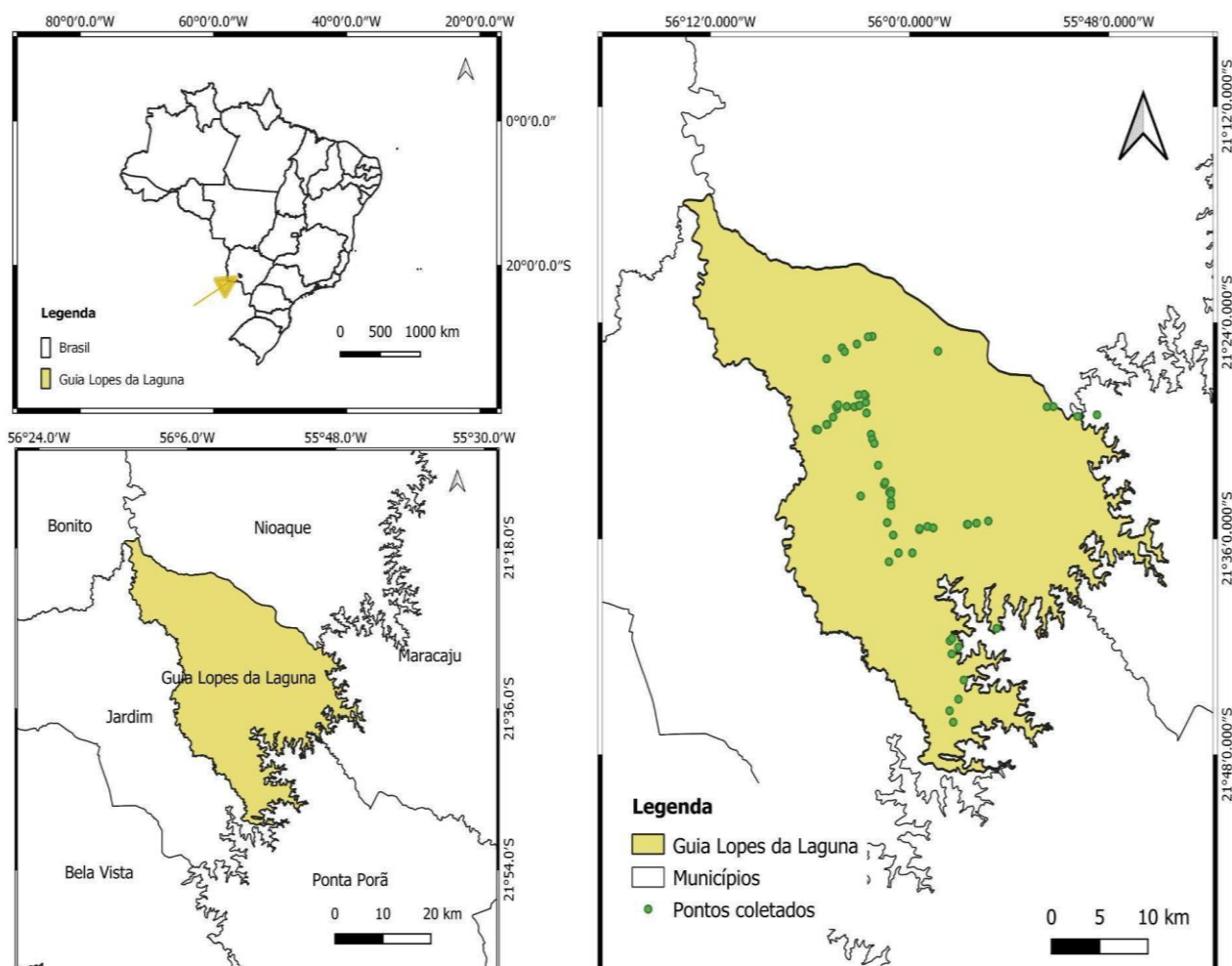
O presente trabalho tem como objetivo caracterizar o perfil espectral das áreas de pastagem no município de Guia Lopes da Laguna (MS), com o intuito de identificar padrões que indiquem a degradação, recuperação ou manutenção da vegetação forrageira. Através dessa análise, busca-se

fornecer subsídios técnicos para o planejamento do uso do solo e o manejo sustentável das áreas utilizadas para a pecuária.

1. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Guia Lopes da Laguna, situado na região sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, entre as coordenadas aproximadas de 21°40' a 21°50' S e 56°00' a 56°20' W (Figura 1). Trata-se de uma área representativa da pecuária extensiva regional, onde predominam sistemas de pastagens naturais e cultivadas. O clima local é classificado como Aw, segundo a tipologia de Köppen-Geiger, caracterizado por estação seca entre os meses de abril e setembro e estação chuvosa entre outubro e março. Essa alternância sazonal influencia fortemente os padrões fenológicos da vegetação herbácea, particularmente das gramíneas forrageiras utilizadas como pasto.

Figura 1. Localização de Guia Lopes da Laguna, Mato Grosso do Sul, e das amostras coletadas nas visitas de campo.



A coleta de dados ocorreu no mês de junho de 2024. Foram georreferenciados 22 pontos de amostragem por meio do aplicativo AgroTag (SPINELLI-ARAÚJO *et al.*, 2019), que permitiu o registro preciso das coordenadas geográficas e a categorização qualitativa da cobertura vegetal em campo. Cada ponto foi inspecionado visualmente e classificado como vegetação rala ou vegetação densa, com base na continuidade, estrutura e densidade da biomassa aérea observada. As coordenadas originalmente obtidas no sistema UTM (Zona 21S, EPSG:32721) foram convertidas para latitude e longitude, viabilizando o uso no ambiente de sensoriamento remoto Google Earth Engine (GEE).

Para o monitoramento da vegetação ao longo de um ciclo anual, entre junho de 2024 e junho de 2025, foram utilizadas imagens da coleção Harmonized Landsat Sentinel-2 (HLS), que integra dados dos sensores Sentinel-2 (HLSS30) e Landsat 8/9 (HLSL30). As coleções foram filtradas espacialmente pela área que engloba todos os pontos amostrados, e temporalmente pelo intervalo definido. Posteriormente, aplicou-se mascaramento atmosférico com base na banda Fmask, removendo pixels afetados por nuvens, sombras, neve e aerossóis densos, de modo a garantir apenas observações com qualidade espectral adequada da superfície terrestre.

O NDVI foi calculado individualmente para cada imagem pré-processada, utilizando as bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (Red), sendo: $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$. No caso das imagens baseadas em dados Sentinel-2, ou HLS.S30, utilizaram-se as bandas B8A e B4, enquanto para as imagens cuja origem era o Landsat (HLS.L30) foram utilizadas as bandas B5 e B4. Para assegurar a integridade estatística da série, foram mantidas apenas as imagens que apresentaram pelo menos 10% de pixels válidos sobre a área de interesse.

As imagens resultantes foram harmonizadas em uma única série temporal, priorizando-se, nas datas de sobreposição, os dados HLS.S30. Após recorte (*clipping*) com base no limite geográfico dos pontos, os valores de NDVI foram extraídos para cada ponto de amostragem utilizando redutores com escala de 30 metros. O resultado foi exportado como uma tabela em formato CSV contendo, para cada ponto e data, o respectivo valor de NDVI. Esses dados subsidiaram a análise comparativa entre áreas de vegetação rala e densa ao longo do período de monitoramento.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

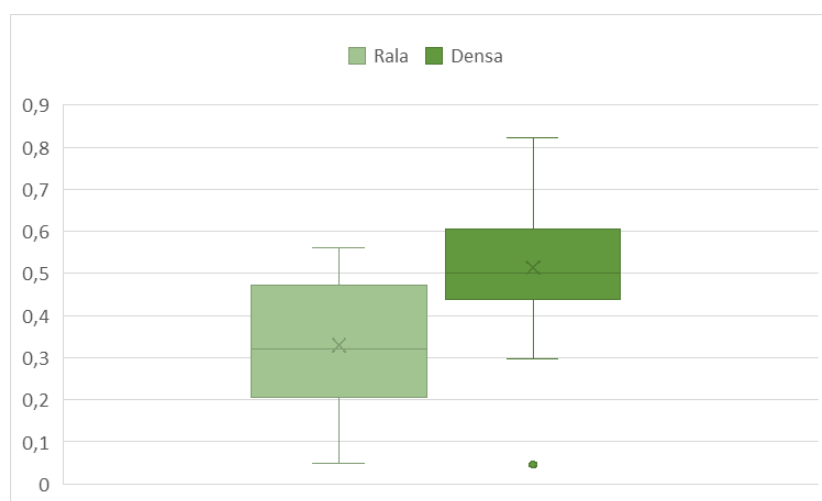
A análise do comportamento espectral das áreas de pastagem rala e densa, com base nos valores de NDVI revelou diferenças sutis, porém consistentes, entre as duas classes. Os dados demonstram que, em termos médios, a pastagem densa apresentou um NDVI de 0,514, superior ao valor médio de 0,477 registrado na pastagem rala. Essa diferença, embora discreta em magnitude absoluta, reflete a lógica esperada: áreas com maior densidade de biomassa tendem a exibir maior reflectância no infravermelho próximo e menor absorção no vermelho, resultando em índices mais altos de vegetação (MICHEZ *et al.*, 2019; OGUNGBUYI *et al.*, 2024).

Tabela 1. Estatística descritiva de NDVI de áreas com diferentes tipos de pastagem

	Média	Máxima	Mínima	Mediana	Desvio padrão
Rala	0,4770	0,7744	0,0046	0,5124	0,1663
Densa	0,5136	0,8481	0,0043	0,5552	0,1844

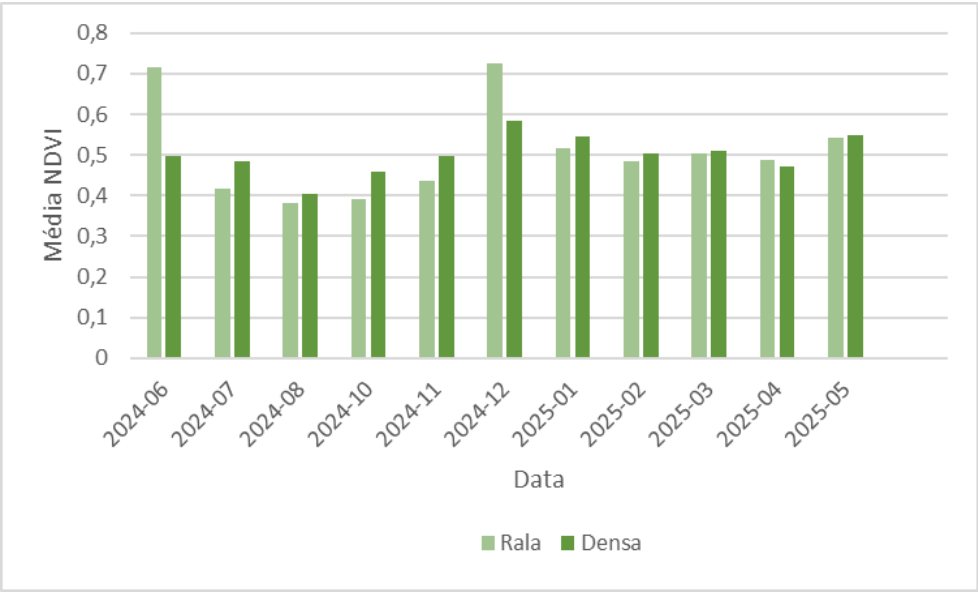
Como observado na tabela 1, a vegetação densa possui maiores valores de média, mediana e também de desvio padrão. Tal variabilidade pode indicar a presença de manchas de solo exposto, sombra, ou variações fenológicas comuns em sistemas agropecuários heterogêneos (BOLFE *et al.*, 2023).

Figura 2: Distribuição através das pastagens através de gráficos de caixa



Os *boxplots* ilustram esse padrão: a pastagem densa concentra valores de NDVI mais elevados e mais dispersos, enquanto a rala exibe maior assimetria e ocorrência de valores extremos inferiores. Esses valores baixos possivelmente refletem degradação da cobertura, pisoteio excessivo ou falhas de manejo, características típicas de áreas de pastagem extensiva e pouco controladas (MICHEZ *et al.*, 2019; OGUNGBUYI *et al.*, 2024).

Figura 3: Perfil temporal médio do NDVI das pastagens rala e densa, no período de junho de 2024 a maio de 2025.



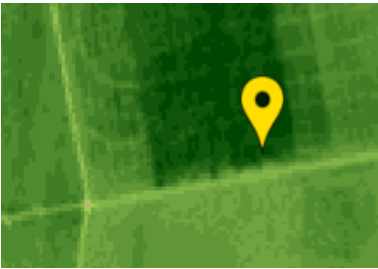
O comportamento temporal do NDVI médio, apresentado no gráfico de colunas mensais, acrescenta uma camada interpretativa relevante. Observa-se que, embora a vegetação densa mantenha valores superiores na maior parte do período (junho de 2024 a maio de 2025), ocorre uma inversão pontual em dezembro de 2024, quando a vegetação rala atinge pico de NDVI superior a 0,7. Esse valor inusitado pode estar ligado à rápida resposta da vegetação rala à retomada das chuvas — comportamento associado a espécies oportunistas com ciclos de crescimento acelerado (OGUNGBUYI *et al.*, 2024). Alternativamente, pode haver influência de ruído de classificação ou interferência de biomassa efêmera na assinatura espectral (MICHEZ *et al.*, 2019).

Outra hipótese para o comportamento atípico em dezembro de 2024 envolve uma limitação técnica do próprio índice. Diversos estudos (QIU *et al.*, 2018; XU *et al.*, 2020; NAICKER *et al.*, 2024;) indicam que, em áreas com elevada biomassa, o NDVI tende à saturação, o que reduz sua capacidade de distinguir variações estruturais na vegetação. Esse efeito pode ter mascarado a densidade real da vegetação densa naquele mês. Assim, embora ela possa ter se mantido dominante, a limitação do índice pode ter contribuído para o pico aparente da vegetação rala.

Por fim, o teste estatístico bicaudal aplicado entre os conjuntos de dados resultou em $p = 0,0576$, valor que, embora não ultrapasse o limiar de significância ($p < 0,05$), sugere uma tendência relevante à distinção entre os grupos. Essa inclinação, aliada à coerência ecológica dos resultados e à robustez do NDVI como estimador indireto de biomassa (ZHANG *et al.*, 2021; OGUNGBUYI *et al.*, 2024), reforça a interpretação de que áreas classificadas como pastagem densa sustentam características espectrais mais estáveis e produtivas do ponto de vista da cobertura vegetal.

Figura 4: Fotografias panorâmicas obtidas em junho de 2024 e composição NDVI do mesmo período, em pontos coletados no município de Guia Lopes da Laguna, MS.

Fotografia em Campo	NDVI	Observação
---------------------	------	------------

 12 de jun. de 2024 15:01 21K 599760 763180 Altitude: 313.3 Velocidade: 0.0km/h		Pastagem (vegetação rala) NDVI: 0,794 (12.06.2024)
 12 de jun. de 2024 15:05:27 21K 597855 7631180 Altitude: 305.6m Velocidade: 0.0km/h		Pastagem (vegetação densa) NDVI: 0,524 (12.06.2024)

3. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos ao longo do período de monitoramento revelaram que o NDVI é sensível às diferenças estruturais da vegetação forrageira em áreas de pastagem, sendo eficaz na distinção entre regiões classificadas com vegetação rala e densa.

A pastagem densa apresentou, de modo geral, maiores valores médios e medianos de NDVI, compatíveis com maior biomassa e cobertura do solo. Contudo, a variabilidade interna elevada, refletida no desvio padrão e na amplitude dos dados, indica heterogeneidade espacial relevante, possivelmente decorrente de interferências locais, como manchas de solo exposto, sombreamento, espécies invasoras.

O uso de ferramentas de sensoriamento remoto, como o Google Earth Engine, em conjunto com dados de campo, representa uma alternativa eficiente para o monitoramento de áreas de pastagem, permitindo diagnósticos precoces de degradação e subsidiando práticas de manejo mais sustentáveis.

Estudos futuros podem aprofundar a análise com maior densidade amostral, diferentes escalas temporais e a incorporação de outros índices espectrais complementares ao NDVI.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica da acadêmica (Proc. n. 159631/2024-6) e a bolsa de Produtividade em Pesquisa do Orientador, à Embrapa Agricultura Digital pelo suporte fornecido, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Proc. n. 2022/09319-9).



5. REFERÊNCIAS

BOLFE, É. L. et al. **Dados multissensor na caracterização do perfil espectral de sistemas de integração lavoura-pecuária em área de Cerrado**. In: Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. São José dos Campos: INPE, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/p/164471?lang=pt-br>. Acesso em: 13 jun. 2025.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens** [livro eletrônico]: conceitos, processos e estratégias de recuperação e de prevenção/Moacyr Bernardino Dias-Filho. -- Belém, PA : Ed. do Autor, 2023.

LAPIG/UFG. **Atlas das Pastagens**. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, Universidade Federal de Goiás, 2023. Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br>. Acesso em: 04 maio 2025.

MICHEZ, A. et al. Mapping and monitoring of biomass and grazing in pasture with an unmanned aerial system. **Remote Sensing**, v. 11, n. 5, p. 473, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11050473>. Acesso em: 12 jun. 2025.

MUTANGA, O., KUMAR, L. Google Earth Engine Applications. **Remote Sensing**, v. 11, n. 5, p. 591. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11050591>. Acesso em 12 jun. 2025.

MUXIYE, M., CHINATSU, Y. Multi-Temporal and Multiscale Satellite Remote Sensing Imagery Analysis for Detecting Pasture Area Changes after Grazing Cessation Due to the Fukushima Daiichi Nuclear Disaster. **Remote Sensing**, v. 15, n. 22, p. 5416. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15225416>. Acesso em: 11 jun. 2025.

NAICKER, R. et al. Estimating high-density aboveground biomass within a complex tropical grassland using Worldview-3 imagery. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 196, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12476-7>.

OGUNGBUYI, M. G. et al. Improvement of pasture biomass modelling using high-resolution satellite imagery and machine learning. **Journal of Environmental Management**, v. 356, 2024. Artigo 120564. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120564>. Acesso em: 12 jun. 2025.

QIU, J.; YANG, J.; WANG, Y.; SU, H. A comparison of NDVI and EVI in the DisTrad model for thermal sub-pixel mapping in densely vegetated areas: a case study in Southern China. **International Journal of Remote Sensing**, v. 39, p. 2105–2118, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1420929>.

SERRANO, J.; et al. Pasture quality assessment through NDVI obtained by remote sensing: a validation study in the Mediterranean silvo-pastoral ecosystem. **Agriculture**, Basel, v. 14, n. 8, p. 1350, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture14081350>. Acesso em: 10 jun. 2025.

SPINELLI-ARAUJO L.; VICENTE L. E.; MANZATTO C. V.; SKORUPA L.A.; VICTORIA D. DE C.; SOARES A. R. **Agrotag**: um sistema de coleta, análise e compartilhamento de dados de campo para qualificação do uso e cobertura das terras no Brasil. In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019. Anais... São José dos Campos: INPE, 2019.

XU, D.; AN, D.; GUO, X. The impact of non-photosynthetic vegetation on LAI estimation by NDVI in mixed grassland. **Remote Sensing**, v. 12, n. 12, p. 1979, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12121979>.

ZHANG, J. J. et al. Improved and robust spectral reflectance estimation. **LEUKOS – The Journal of the Illuminating Engineering Society**, v. 17, n. 4, p. 359–379, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/15502724.2020.1798246>.

ZWICK, M. et al. Pixels to pasture: using machine learning and multispectral remote sensing to predict biomass and nutrient quality in tropical grasslands. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**,



Amsterdam, v. 36, p. 101282, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101282>. Acesso em: 10 maio 2025.