MONITORAMENTO DA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS NA ESTAÇÃO SECA COM IMAGENS DIGITAIS RGB CONVENCIONAIS

Tamilis Rocha Silva [1], Edson Eyji Sano [2], Marina de Fátima Vilela [2], Mariane Rodrigues Ferreira [1], Luis Adriano Maia Cordeiro [2], Roberto Shojirou Ogata [1], Juliana Baldan Costa Neves Araújo [1], Lara Ribeiro de Carvalho [3], José Felipe Ribeiro [2]

[1] Agência de Cooperação Alemã (GIZ) na Embrapa Cerrados, 73301-970 Planaltina, DF, Brasil, tamilis.rocha@giz.de; mariane_rferreira@outlook.com; roberto.ogata@giz.de; juliana.araujo@giz.de;
[2] Embrapa Cerrados, 73301-970 Planaltina, DF, Brasil, edson.sano@embrapa.br; marina.vilela@embrapa.br; luiz.cordeiro@embrapa.br; felipe.ribeiro@embrapa.br
[3] Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (Imaflora), 13426-420 Piracicaba, SP, Brasil, lara.florestal@gmail.com

RESUMO

Este estudo foi baseado em imagens RGB obtidas por veículo aéreo não tripulado (VANT) e câmera digital convencional para monitorar pastagens degradadas e em recuperação em cinco propriedades rurais do Triângulo Mineiro, no período de seca. Para identificar as áreas de solo exposto nas pastagens através dessas imagens e compará-las com os efeitos da degradação e recuperação, as imagens de VANT foram processadas por meio do Modelo Linear de Mistura Espectral, enquanto as imagens obtidas com câmera digital convencional foram classificadas por algoritmo não-supervisionado. As análises nas imagens de VANT apontaram que as pastagens degradadas possuem 82% das áreas de solo exposto em relação às pastagens em recuperação. A classificação também apontou uma diferença de 7% entre as áreas. As imagens RGB convencionais, de maior acessibilidade, podem contribuir para o monitoramento da degradação de pastagens mesmo no período de seca, quando a biomassa é reduzida e não apresenta expressividade fotossintética.

Palavras-chave — pastagem degradada, monitoramento, veículo aéreo não tripulado (VANT), estação seca, imagens RGB.

ABSTRACT

In this study, we used RGB images obtained by an unmanned aerial vehicle (UAV) and a conventional digital camera to monitor degraded and recovering pastures in five rural properties located in the Triângulo Mineiro, during the dry season. In order to identify the area of bare soil in the pastures through the images and to compare the effects of degradation and recovery, the UAV images were processed through the Spectral Linear Mixing Model while the images obtained by conventional camera were classified through an unsupervised classification algorithm. The UAV images showed that the degraded pastures have 82% of the areas of bare soil in relation to the pastures in recovery. The image classification results also showed a difference of 7% between the areas. Conventional RGB images of great accessibility can contribute to the monitoring of pasture degradation even in the dry period, when the biomass is reduced and does not show photosynthetic expressiveness.

Key words *— degraded pasture, monitoring, unmanned aerial vehicle (UAV), dry season, RGB images.*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui cerca de 70% das pastagens cultivadas para pecuária em diferentes estágios de degradação [1]. Pastagens degradadas são áreas que, ao longo do tempo e sem o manejo adequado, perdem a capacidade de suporte, sua função produtiva e ecossistêmica, gerando distúrbios muitas vezes irreversíveis [2]. A degradação de pastagens pode ocorrer, entre outras formas, pela ausência de cobertura vegetal, que induz a perda de solo, o surgimento de erosões e o assoreamento de corpos d'água [2].

Além da importância de recuperar pastagens degradadas, o monitoramento dessas áreas também deve ser realizado para indicar a eficácia da recuperação e possíveis necessidades ao longo da trajetória [3]. Nesse sentido, o uso de ferramentas de sensoriamento remoto pode contribuir na avaliação e monitoramento de pastagens degradadas e em recuperação, em diferentes escalas [1,2].

O objetivo desse estudo foi monitorar áreas de pastagens degradadas e em recuperação utilizando imagens digitais RGB em veículo aéreo não tripulado (VANT) e câmera digital convencional. A nossa principal hipótese é a de que técnicas de fotogrametria podem evidenciar a recuperação de pastagens, mesmo em períodos de seca, quando a biomassa se apresenta seca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido em cinco propriedades rurais na região do Triângulo Mineiro, abrangidas pelo bioma Cerrado (Figura 1). Em cada propriedade, foram realizadas amostragens em uma área de pastagem caracterizada como degradada e uma pastagem em estágio de recuperação agronômica. As pastagens caracterizadas como degradadas continham ausência de manejo, baixa cobertura da forragem cultivada e alta exposição de solo. A coleta das informações foi realizada entre os meses de agosto e outubro de 2022, período de extrema seca no bioma Cerrado.

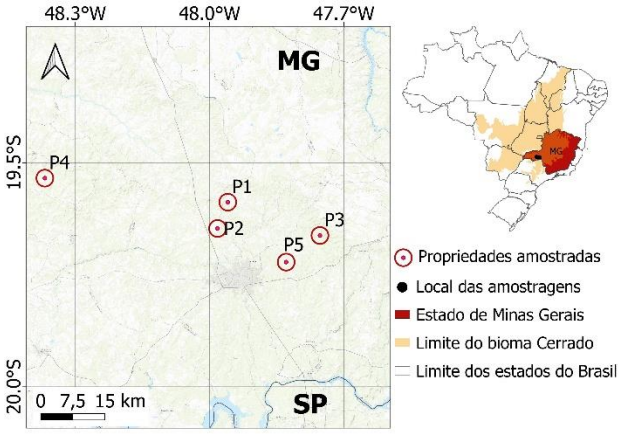

Figura 1. Área de estudo. Os pontos P1, P2, P3, P4 e P5 representam as propriedades onde foram realizadas as amostragens.

2.2. Material

Em cada área de pastagem, foram realizados voos com o VANT Phantom 4 com sensor multiespectral e acompanhado de sistema de posicionamento RTK (*Real Time Kinematic*) da fabricante DJI. Os voos foram planejados no *software* GS Pro da DJI, programados para coleta das imagens a 70 m de altura, com 80% de sobreposição frontal e lateral. O tamanho das áreas das pastagens imageadas variou conforme o tamanho da propriedade rural.

Também foram obtidas fotografias verticais com câmera digital da fabricante Nikon com lente de 42× de zoom óptico amplo e distância focal de 4,3–180 mm. As fotografias foram tiradas a aproximadamente um metro de altura do solo, intercaladas a cada 1 m de distância ao longo de um transecto de 100 m, demarcado por uma corda disposta em diagonal da área de pastagem.

2.3. Métodos

As imagens coletadas pelo VANT foram processadas no *software* PIX4D*mapper* para gerar o ortomosaico das áreas de pastagem a partir das bandas de composição colorida RGB (*Red*, *Green*, *Blue*), com resolução espacial de 15 cm. Em cada ortomosaico das pastagens degradadas e em recuperação, foi aplicada a técnica de Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), a fim de identificar a porcentagem de solo exposto em cada área. O MLME considera a combinação de resposta dos alvos na paisagem, inseridas em termos de proporção dos pixels puros pré-determinados, por exemplo, solo exposto, vegetação verde e vegetação seca ou sombra **[**4]. O resultado dessa transformação são as imagens-fração com a proporção de cada alvo puro [4]. O MLME foi aplicado nos ortomosaicos de pastagem utilizando a plataforma *Google Earth Engine*. A partir das imagens-fração de solo geradas pelo MLME, foram obtidos os valores de porcentagem de solo exposto nas pastagens degradadas e em recuperação das cinco propriedades amostradas. Foi realizada ainda a contagem de pixels com percentuais da imagem-fração para calcular o tamanho da área com solo exposto em cada pastagem, utilizando a ferramenta *Report* do programa QGIS 3.26.

As imagens obtidas pela câmera digital convencional, foram classificadas pelo algoritmo não-supervisionado K-*Means Clustering*, disponível no programa QGIS 3.26. Foram consideradas duas classes espectrais, solo exposto e vegetação. Após a classificação, foi obtida a área de solo exposto de cada imagem, somadas para o total de cada pastagem por propriedade, a partir da contagem de pixels por classe.

A identificação da existência ou não da diferença estatística nos níveis de solo exposto entre as pastagens degradadas e em recuperação, foi conduzida pelo método de Análise de Variância (ANOVA) de fator único e com probabilidade de 95%.

3. RESULTADOS

Houve diferença estatisticamente significativa em termos de solo exposto entre as pastagens degradadas e em recuperação tanto nas imagens RGB obtidas por VANT e processadas pelo MLME ($F = 5,55$; P-valor = 0,0462; Figura 2), quanto nas imagens obtidas por câmera digital convencional, processadas pelo método de classificação não-supervisionada ($F = 10,20$; P-valor = 0,0018; Figura 3).

As imagens RGB de VANT apresentaram um total de 23.710 m^2 de solo exposto nas pastagens degradadas e 2.365 m^2 de solo exposto nas pastagens em recuperação (Tabela 1). A área de solo exposto das pastagens degradadas, identificada nas imagens RGB obtidas por VANT, representou 82% a mais do que nas pastagens em recuperação (Tabela 1).

As imagens obtidas por câmera digital convencional, apresentaram um total de 25 m^2 de solo exposto nas pastagens degradadas e 22 m^2 de solo exposto nas pastagens em recuperação. A área de solo exposto das pastagens degradadas, identificada nas imagens de câmera digital convencional, representou 7% a mais do que das pastagens em recuperação.

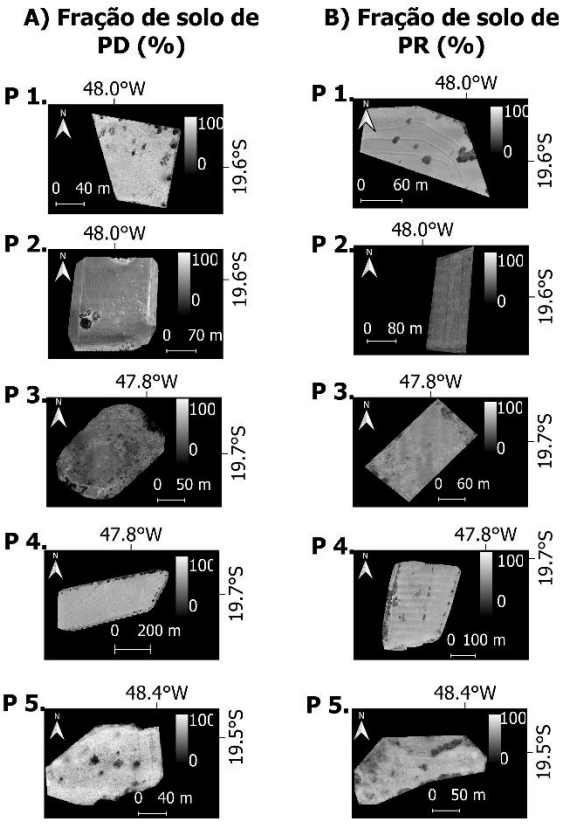

Figura 2. Imagens-fração solo geradas pelo MLME a partir das imagens RGB de VANT em cinco áreas de pastagens degradadas - PD (A) e em recuperação - PR (B). O gradiente de cinza, do escuro ao claro, indica a porcentagem de solo na imagem.

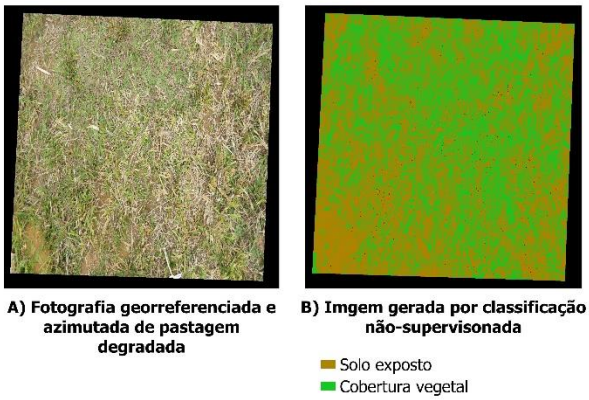

Figura 3. Resultado da classificação não supervisionada em imagem de pastagem degradada obtida por câmera digital convencional. A) Fotografia digital vertical original. B) Classificação não-supervisionada contendo duas classes, solo exposto e vegetação de uma pastagem degradada.

	Imagem RGB VANT		Imagem câmera digital convencional	
Pastagem	Solo em PD (m^2)	Solo em PR (m^2)	Solo em PD (m^2)	Solo em PR (m^2)
P1	115	7	4,7	4,0
P2	1.152	4	4,8	4,4
P3	6.923	846	4,3	4,1
P4	5.810	457	4,9	4,4
P5	9.709	1.012	5,8	4,5

Tabela 1. Áreas de solo exposto (m^2) estimadas em pastagens degradadas (PD) e em pastagens em recuperação (PR) a partir de imagens RGB obtidas por VANT e por câmera digital convencional, nas cinco propriedades rurais amostradas.

4. DISCUSSÃO

As imagens digitais RGB convencionais podem contribuir no diagnóstico e monitoramento de pastagens degradadas. Essas imagens, quando analisadas com técnicas de fotogrametria, geram informações quantitativas importantes na tomada de decisão do manejo e recuperação de pastagens, como porcentagem e área de solo exposto e cobertura de forragem [2]. O uso de imagens RGB convencionais no monitoramento de pastagens também tem a vantagem de oferecer um melhor custo-benefício, uma vez que as imagens RGB podem ser adquiridas por meio de VANTs de baixo custo e fácil manuseio, assim como as câmeras digitais. A disseminação de metodologias acessíveis no levantamento de informações de pastagens degradadas pode aumentar a escala de monitoramento dessas áreas, reduzir o custo operacional de levantamento de informações, gerando melhores resultados no monitoramento do manejo e recuperação [5].

As imagens RGB também são funcionais para o levantamento de informações em pastagens considerando o período de seca. A redução da disponibilidade hídrica limita naturalmente a produção de biomassa verde nas pastagens, o que consequentemente intensifica o pastoreio dos animais. Na coleta de imagens, a pouca biomassa e com predominância de matéria não fotossintética acima do solo, como caules e folhas secas, reduz as possibilidades do uso de índices de vegetação como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o SAVI (*Soil-Adjusted Vegetation Index*) [6]. Contudo, os métodos empregados nesse estudo conseguiram diferenciar pastagens degradadas, com maior exposição de solo, das pastagens em recuperação, onde ocorreu investimento em ações para o aumento da biomassa. Desta forma, destaca-se a eficácia na análise de imagens RGB para o período de seca, assim como nas análises que consideram a mistura espectral do solo com a matéria seca, como o MLME [6].

A classificação não-supervisionada de imagens obtidas por câmera digital convencional também detectou diferenças na porcentagem de solo exposto, porém, em menor escala e percentual quando comparada com o resultado do MLME nas imagens de VANT. Essa técnica automatizada possui, como vantagens, sua facilidade de execução em grande quantidade de dados e em imagens pouco complexas, isto é, com poucas classes espectrais [7]. No entanto, qualquer técnica de classificação pode gerar erros de sensibilidade, especificidade e precisão, subestimando ou superestimando classes devido a ruídos na imagem, como sombra e luz [8]. Para agregar maior confiabilidade nos resultados da classificação de imagens, são recomendadas estratégias de análise da acurácia e, em alguns casos, edições prévias para redução de ruídos, como técnicas de segmentação [8,9].

5. CONCLUSÕES

As imagens RGB convencionais podem ser usadas no monitoramento de pastagens degradadas para gerar informações quantitativas que contribuam na tomada de decisão. Por serem mais acessíveis, as imagens RGB podem apresentar melhor custo-benefício para o monitoramento das pastagens, quando analisadas com técnicas de fotogrametria adequadas.

O monitoramento das pastagens utilizando imagens RGB também apresentou respostas no contexto da seca. Nesse período, as características da cobertura das pastagens são desfavoráveis para índices de vegetação. Assim, o uso das imagens RGB atribuídos às análises do MLME e classificação deve ser considerado em trabalhos de monitoramento da cobertura durante a seca no bioma Cerrado, quando a sazonalidade é considerada um fator limitante.

8. REFERÊNCIAS

[1] A. E. Arantes, V. R. M. Couto, E. E. Sano, L. G. Ferreira. Livestock intensification potential in Brazil based on agricultural census and satellite data analysis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 53, pp. 1053–1060, 2018.

[2] O. J. R. Pereira, L. G. Ferreira, F. Pinto, L. Baumgarten. Assessing pasture degradation in the Brazilian Cerrado based on the analysis of MODIS NDVI time series. *Remote Sensing*, v. 10, n. 11, 1761, 2018.

[3] R. G. Andrade, É. L. Bolfe, D. C. Victoria, S. F. Nogueira. Recuperação de pastagens no Cerrado. *Agroanalysis*, v. 36, n. 2, pp. 30-32, 2016.

[4] B. N. Holben, Y. E. Shimabukuro. Linear mixing model applied to coarse spatial resolution data from multispectral satellite sensors. *Remote Sensing*, v. 14, n. 11, pp. 2231-2240, 1993.

[5] K. Gabrovska-Evstatieva, B. Evstatiev. Overview of methods and technologies used for smart management of pastures and meadows. In *AIP Conference Proceedings*, v. 2570, n. 1, pp. 040011, AIP Publishing LLC, August, 2022.

[6] I. Numata, D. A. Roberts, O. A. Chadwick, J. Schimel, F. R. Sampaio, F. C. Leonidas, J. V. Soares. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. *Remote sensing of Environment*, v. 109, n. 3, pp. 314-327, 2007.

[7] W. D. N. Pacheco, F. R. J. López. Tomato classification according to organoleptic maturity (coloration) using machine learning algorithms K-NN, MLP, and K-Means Clustering. In *2019 XXII Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision (STSIVA)*, pp. 1-5, IEEE, April, 2019.

[8] A. Olaode, G. Naghdy, C. Todd. Unsupervised classification of images: a review. *International Journal of Image Processing*, v. 8, n. 5, pp. 325-342, 2014.

[9] Y. E. Shimabukuro, V. Duarte, E. Arai, R. M. Freitas, A. Lima, D. M. Valeriano, I. F. Brown, M. L. R. Maldonado. Fraction images derived from Terra Modis data for mapping burnt areas in Brazilian Amazonia. *International Journal of Remote Sensing*, v. 30, n. 6, pp. 1537-1546, 2009.