

APLICAÇÃO DE FILTRO EM SÉRIES TEMPORAIS DE IMAGENS MODIS NA ANÁLISE DE MANEJOS DE PASTAGENS

Ana Flávia Carrara Bonamigo ¹, Julianne de Castro Oliveira ¹, Gleyce Kelly Dantas Araujo Figueiredo ¹, Rubens Augusto Camargo Lamparelli ², Eleanor Elizabeth Campbell ³, Johnny Rodrigues Soares ¹, Leonardo Amaral Monteiro ¹, Murilo dos Santos Vianna ¹, John Joseph Sheehan ⁴, Lee R Lynd ⁵

¹Universidade Estadual de Campinas/Faculdade de Engenharia Agrícola, São Paulo - Brasil, anaflaviabonamigo@gmail.com, julianneoliveira@gmail.com, gleyce.figueiredo@feagri.unicamp.br, johnnyrsoares@gmail.com, monteiroleonardo6@gmail.com, murilodsv@gmail.com; ²Universidade Estadual de Campinas/Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético, São Paulo – Brasil, lamparel@g.unicamp.br; ³University of New Hampshire/Earth Systems Research Center, New Hampshire – USA, elcampbell@gmail.com; ⁴Colorado State University/Department of Soil and Crop Sciences, Fort Collins – USA, john.sheehan@colostate.edu; e ⁵Dartmouth College/Thayer School of Engineering, New Hampshire – USA, lee.r.lynd@dartmouth.edu

RESUMO

As pastagens ocupam grandes áreas do território brasileiro. O sensoriamento remoto tem ampla aplicação no monitoramento espaço-temporal dessas pastagens. O objetivo deste trabalho foi a identificação de diferentes manejos de pastagens em séries temporais de NDVI por meio da utilização do filtro de suavização Savitzky-Golay com auxílio de dados coletados em campo. De maneira geral, a aplicação do filtro possibilitou identificar as diferenças no manejo, o qual foi condizente com as observações das visitas de campo e com padrões de sazonalidade ao longo do tempo. A influência do manejo no perfil de NDVI constata a importância do manejo adequado das pastagens.

Palavras-chave — NDVI, perfil temporal, filtragem, pasto.

ABSTRACT

Pastures occupy large areas of Brazilian territory. Remote sensing has wide application in the space-time pasture monitoring. The objective of this work was the identification of different pasture management in NDVI time series using the Savitzky-Golay smoothing filter, associated with field data collection. In general, the application of the filter made possible to identify the differences in the management, in agreement with the observations of the field visits and seasonality patterns over time. The influence of management on the NDVI profile confirms the importance of adequate pasture management.

Key words — NDVI, temporal profile, filtration, pasture.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Censo Agropecuário Brasileiro de 2006 [1], citado por [2], o Brasil possui área total de pastagens de 172,3 milhões de hectares. Essas áreas representam grande potencial para produção de alimento e a respectiva adequação para produção de bioenergia.

É possível afirmar que a qualidade do pasto tem influência na produtividade bovina do local. De acordo com estudo de [3], considerando-se apenas a fase de engorda de bovinos, a produtividade de carne de uma pastagem degradada está em torno de 2 arrobas/ha/ano, enquanto, numa pastagem em bom estado podem-se atingir, em média, 16 arrobas/ha/ano [3]. Sendo o pasto um meio de produção e verificando sua importância, verifica-se interesse em desenvolvimento de ferramentas de baixo custo que auxiliem na qualificação dos pastos no Brasil.

Diversos estudos têm utilizado o sensoriamento remoto através de imagens de satélite para monitoramento de áreas de pastagem. O estudo de [4] utilizou séries temporais para áreas de pastagem com objetivo principal de identificar diferentes manejos nas áreas de estudos através de suas respostas espectrais. Assim, como hipótese inicial do estudo, os diferentes tipos de manejo aplicados à pastagem refletem de diferentes formas nas suas respostas espectro-temporais.

De acordo com [5], em geral, as informações de satélite que compõem as séries temporais possuem ruídos que podem ser causados por componentes da atmosfera. Assim, se faz necessária aplicação de filtros ou modelos de ajuste ao conjunto de dados da série temporal antes de se fazer determinações sobre os estágios fenológicos da cultura.

Um dos filtros que podem ser utilizados para séries temporais é o filtro Savitzky-Golay. O código Savitzky-Golay é de certa forma adaptativo, pois este iterativamente procura a janela de aumento e de decrescimento dos valores dos dados. Isso se mostra útil quando é monitorada, por exemplo, pastagens em regiões semi-áridas onde a pastagem pode crescer em questão de dias e podendo levar ao rápido aumento do índice de vegetação do local. Porém, de forma geral o filtro Savitzky-Golay é melhor usado quando os dados não são cheios de ruídos [6]. Quando o filtro é aplicado a uma série temporal a ser suavizada, dois parâmetros devem ser determinados de acordo com as observações de NDVI. O primeiro parâmetro é o m , que é a metade do comprimento da janela suavizada. O segundo parâmetro é um inteiro d , que especifica o grau de suavização da equação polinomial, e que geralmente é utilizado valores de 2 a 4. Um menor valor de d

vai produzir um resultado mais suavizado, mas que pode introduzir uma tendência; um valor maior de d vai reduzir a tendência do filtro, mas pode “super-ajustar” os valores de NDVI e adicionar um ruído ainda maior [7].

O filtro Savitzky-Golay é utilizado, pois, quando é aplicado de forma apropriada num sinal capturado com muitos ruídos, esse filtro tende a preservar a largura e altura dos picos no formato do sinal [8].

O objetivo do presente trabalho foi a utilização do filtro Savitzky-Golay em séries temporais de pastagens a fim de identificar, com auxílio de dados coletados em campo, diferentes manejos em áreas de pastagem.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende duas propriedades de produção bovina que se localizam nos municípios de Santo Anastácio e Presidente Bernardes, localizados na região Oeste do Estado de São Paulo (Figura 1).

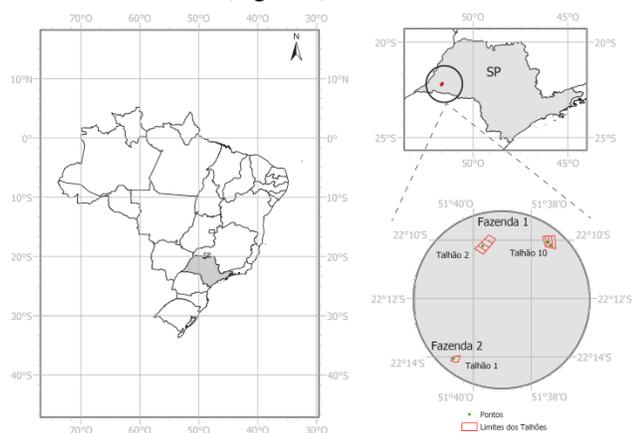


Figura 1. Localização da área de estudo

Detalhes gerais dos manejos nos talhões analisados nas fazendas estão descritos na Tabela 1.

A avaliação da produção de matéria verde de pastagem nos respectivos talhões se baseou na análise de produtos de imagens de satélite, de forma a possibilitar uma abordagem espaço-temporal das fazendas e diferentes manejos.

Tabela 1. Descrição dos manejos na área de estudo.

Fazenda	Talhão	Manejo
1	2	pastagem tradicional com produtividade intermediária, adubada, não intensificada e com rotação de animais entre piquetes
1	10	pastagem intensificada, reformada após a colheita da soja e com rotação de animais entre piquetes
2	1	pastagem tradicional degradada, recém reformada com milho+capim (Jan/18)

Foram adquiridas imagens do sensor MODIS, produtos MOD13Q1 e MYD13Q1, plataformas Terra e Aqua, por meio do banco de dados da NASA

(<https://earthexplorer.usgs.gov/logout/expire>). As imagens de cada um dos produtos possuem resolução espacial de 250 metros e resolução temporal de 16 dias, e correspondem ao produto que contém o índice de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Com defasagem de 8 dias entre as plataformas, foram adquiridas então imagens com índice NDVI com intervalo de 8 dias para o período de janeiro de 2017 a agosto de 2018.

A construção das séries temporais do índice de vegetação NDVI para o período de análise baseou-se em coordenadas geométricas decimais (longitude, latitude) na posição central de pixels puros das imagens localizados no interior dos talhões das fazendas analisadas.

A série temporal de cada um dos talhões escolhidos foi construída por meio do empilhamento das imagens de NDVI ao longo do período de análise e extração dos valores referente ao pixel puro de cada talhão. Posteriormente, foi o aplicado o Savitzky-Golay, o qual após testes realizados, optou-se por utilizar a filtragem com ordem 4 para o valor do parâmetro d . Esses procedimentos foram realizados por meio dos pacotes *raster* e *signal* do software R 3.4.1.

Como fonte de informação sobre as diferentes formas de manejo em cada propriedade, fez parte da construção do banco de dados para o estudo três visitas às fazendas em datas específicas. As visitas foram realizadas em Agosto de 2017, Março de 2018 e Junho de 2018. Nesses períodos, foram feitos levantamentos junto aos produtores para coleta de informações sobre formas de manejo na propriedade e quais foram as datas específicas em que foram realizados os mesmos.

Dados de precipitação foram obtidos por meio de informações do *European Centre for Medium Range Weather Forecasts* (ECMWF, período a cada 10 dias, gride de 0.25°). Esses dados foram agrupados dentro de cada mês, entre Janeiro de 2017 a Agosto de 2018, para fins de comparação e posterior análise conjunta às séries temporais construídas.

3. RESULTADOS

As séries temporais das imagens de NDVI apresentaram variação entre os talhões (Figura 2). De maneira geral, mesmo com a diferença de perfil entre os talhões, a aplicação do filtro Savitzky-Golay suavizou as curvas e removeu ruídos dos dados originais, sem omitir o padrão geral do NDVI ao longo do tempo. Com exceção do talhão 1 da fazenda 2 (Figura 2, (d)), os demais talhões apresentaram menor valor de NDVI no mês de agosto (período seco) de 2018 em relação ao mesmo mês do ano anterior.

Na fazenda 1, o talhão 2 (Figura 2, (a)), por ser um talhão com pastagem tradicional e há vários anos sem reforma (Tabela 2) demonstrou um comportamento compatível com a sazonalidade, com menor valor de NDVI no ano de 2018 em relação a 2017 e com algumas variações em curto período de tempo relativo à rotação do gado entre piquetes (dados dos outros piquetes não apresentados). Nesta mesma fazenda, os piquetes 1 e 2 do talhão 10 (Figura 2, (b) e (c))

respectivamente), houve plantio de soja em janeiro de 2017 (Figura 2 e Tabela 2), com posterior plantio de pasto, no qual não apresentou queda brusca nos valores de NDVI durante o período seco de 2017. Esse talhão também apresentou variações de NDVI em curtos períodos de tempos relativos à rotação de gado entre os piquetes. Já o talhão 1 da fazenda 2, apresentou queda de NDVI ao longo do ano de 2017, com posterior aumento em janeiro de 2018, após a reforma da pastagem com milheto e capim (Tabela 2). Neste talhão também é realizada a rotação do gado.

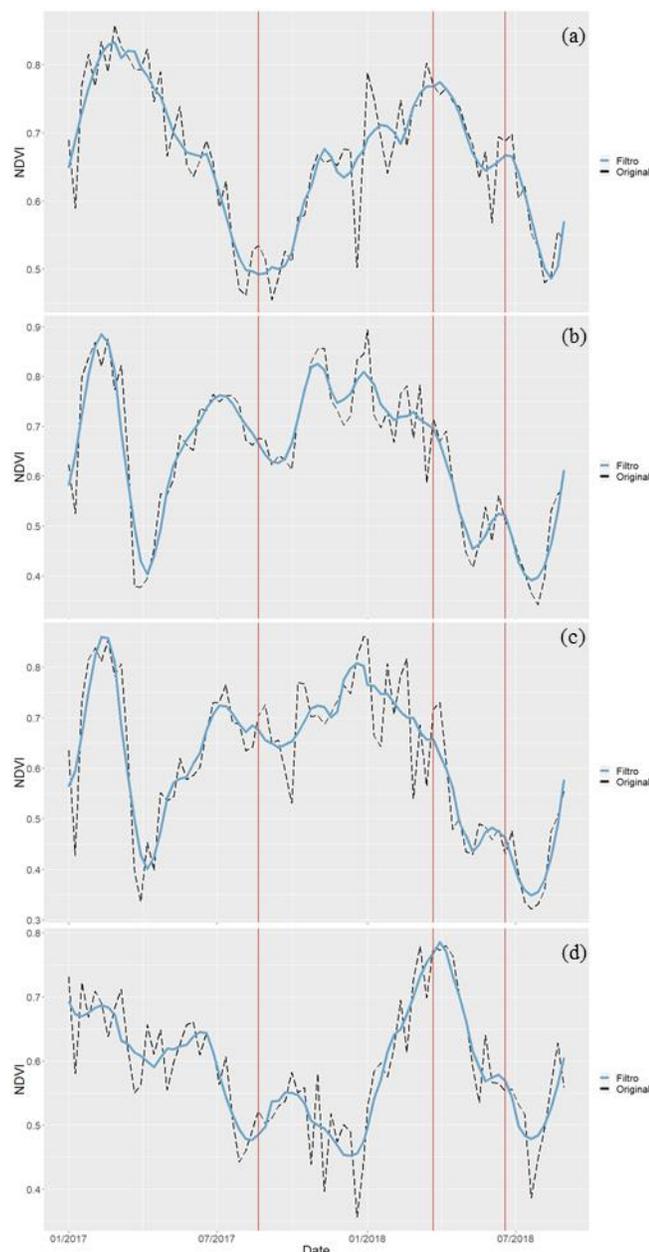


Figura 2. Série temporal do NDVI para os talhões: (a) fazenda 1 - talhão 2; (b) fazenda 1 - talhão 10, piquete 1; (c) fazenda 1 - talhão 10, piquete 2; e (d) fazenda 2 - talhão 1. As linhas verticais em vermelho correspondem às datas das visitas a campo.

Os manejos realizados ao longo do período de análise e a qualidade visual das pastagens (Tabela 2) foram condizentes com os perfis temporais (Figura 2). No período seco (representado pelas fotografias do mês de agosto/2017 e junho/2018), as pastagens apresentaram menor quantidade de biomassa aparente e maior ocorrência de material seco.

Tabela 2. Principais informações de manejo dos talhões durante as visitas de campo.

Data	Fazenda	Talhão	Ponto	Informações de Foto	Informações de Manejo	Informações da Série Temporal	Foto
ago/17	2	1	1	Pasto com vegetação baixa-presença de gado	Reforma Dez/17. Aplicação de calcário em Ago/Set. Pouca adubação. Rotação de gado.	NDVI em 0.47 aprox. Numa descendente desde junho onde era 0.65	
mar/18	2	1	1	Pasto com vegetação alta e vigorosa. Sem presença de animais	Já havia acontecido reforma tradicional do pasto, com aplicação de P e calcário e houve implantação de braquiária e milheto	Pico mais alto da curva NDVI, com valor de 0.77 aprox	
jun/18	2	1	1	Pasto ainda com boa altura porém com a cor mais amarelada e com menos vigor. provável período de seca	Foi considerada uma área reservada para o inverno. Colocou-se 10 a 15 dias em junho com animais, e depois foi desativado em dezembro durante julho	NDVI com valor de 0.55 aprox em junho, e numa descendente desde maio até julho, onde começa a subir novamente	
ago/17	1	2	1	-	Pasto tradicional sem reforma desde 1998.	Valor de NDVI em torno de 0.5. Valor decrescente desde maio/17. Provável período de seca.	
mar/18	1	2	1	Pasto com vegetação baixa mas vigorosa, braquiário. Sem presença de animais	Desde 1998 não faz manejo. Aplicou calcário e gesso em setembro 2017. Final de dezembro para início de janeiro colocou N e P. Houve rotação do gado.	Valor NDVI de 0.76, valor mais alto entre janeiro e agosto/2018.	
jun/18	1	2	1	Pasto com vegetação baixa mas vigorosa, braquiário. Sem presença de animais	-	Valor NDVI de 0.65. Não foi notada diferença de NDVI em relação ao mesmo período do ano anterior.	
ago/17	1	10	1	Pastagem numa altura razoável, porém degradada pois é possível ver solo exposto	Em janeiro/2017 tinha soja e foi trocada por pasto capim Platá em março /2017.	Valor de NDVI de 0.65 e valor decrescente desde junho de 2017	
mar/18	1	10	1	Vegetação mais alta que em agosto, e sem falhas onde é possível ver solo, com vegetação mais vigorosa	Houve aplicação de adubo e calcário. Também rotação de bezerros entre outubro, novembro e dezembro de 2017 e aumento para 650 cabeças a partir de janeiro.	Valor de NDVI de 0.7 com comportamento decrescente da curva. Houeram 2 picos em dezembro e em janeiro, mas não em março, como era de se esperar.	
jun/18	1	10	1	Mesmo no período seco, pastagem apresenta altura boa e sem falhas entre as plantas	-	Valor de NDVI próximo a 0.5 e apesar do comportamento de subida depois de um vale, ainda corresponde à valores típicos da estação seca	
ago/17	1	10	2	Pasto baixo e com muitas falhas entre as plantas.	Em janeiro/2017 tinha soja e foi trocada por pasto capim Platá em março /2017.	Valor de NDVI de 0.68. Estava com valores altos em julho/17 quando era esperado devido à seca. Provável reflexo da recente reforma de março/17.	
mar/18	1	10	2	Pasto relativamente alto mas ainda com algumas falhas entre as plantas.	Houve aplicação de adubo e calcário. Também rotação de bezerros entre outubro, novembro e dezembro de 2017 e aumento para 650 cabeças a partir de janeiro.	Valor de NDVI decrescente desde janeiro/18. Valor em março de 0.65. Maior pico em janeiro/18 de 0.8.	
jun/18	1	10	2	-	-	Valor de NDVI de 0.45. Não houve vales ou picos significativos desde janeiro/18.	

Com base nos valores médios mensais de precipitação (Figura 3), observou-se maior precipitação entre janeiro e março de 2018 em relação ao mesmo período do ano anterior. Contudo, de maneira geral, entre abril e julho de 2018 a precipitação foi menor do que no ano anterior.

Um exemplo detalhado do efeito da rotação entre piquetes no talhão 10 da fazenda 1 é apresentado na Figura 4. Ao longo do período, em intervalos curtos de tempo pode-se verificar um aumento do NDVI em um piquete e respectiva redução em outro. Contudo, esse comportamento foi melhor verificado ao analisar as curvas sem a aplicação do filtro.

A figura 5 ilustra o comportamento das séries temporais de manejos contrastantes entre os talhões analisados. No talhão 1 da fazenda 2 verifica-se o perfil de uma pastagem degradada, com baixo valor de NDVI ao longo do ano de 2017 e aumento após a reforma em 2018; em relação à uma

pastagem reformada no início de 2017, apresentando maiores valores de NDVI ao longo deste ano.

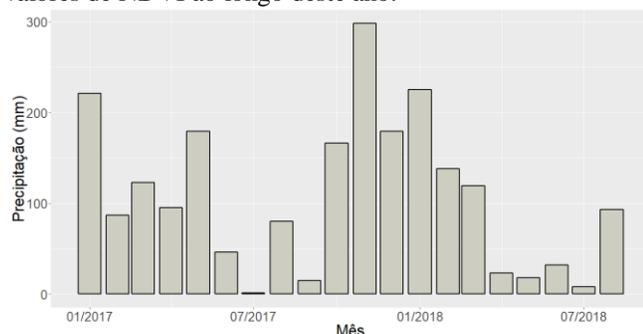


Figura 3. Precipitação média mensal na área de estudo.

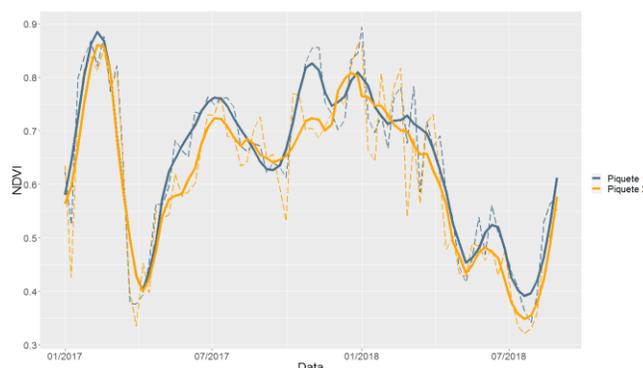


Figura 4. Série temporal do NDVI para dois piquetes do talhão 10 da fazenda 1. As linhas tracejadas representam a série original e as linhas cheias com o filtro.

4. DISCUSSÃO

A aplicação do filtro Savitzky-Golay demonstrou um bom compartimento de suavização dos perfis temporais de NDVI, sem prejudicar a análise do comportamento das curvas ao longo do tempo. Esse filtro também foi utilizado em [9] e possibilitou a extração de perfis para classificar imagens de satélite em áreas de integração de lavoura-pecuária no Brasil.

Os diferentes manejos foram identificados nos perfis temporais, com variação do NDVI ao longo do tempo. Esses comportamentos foram condizentes aos dados coletados durante as visitas de campo, bem como a influência da sazonalidade; principalmente verificada com a variação da precipitação. Como exemplo, a menor precipitação no período seco no ano de 2018 em relação ao ano de 2017 pode ser responsável pelo menores valores de NDVI nos talhões. Entretanto, outros dados climáticos precisam ser considerados para uma análise mais completa dos efeitos na pastagem, como, por exemplo, a radiação global.

A ausência de queda brusca do NDVI no talhão 10 da fazenda 2 durante o período seco do ano de 2017 foi devido, principalmente, ao plantio de soja realizado no início desse ano. Esse comportamento denota a importância da intensificação de pastagens como medida de manutenção de biomassa, melhora da fertilidade e maior resiliência a eventos climáticos.

Apesar da boa adequação do filtro de suavização, a análise da rotação entre manejos foi melhor verificada nos dados originais. Esse comportamento deve-se ao curto período de permanência do gado em cada piquete, o qual não foi possível ser captado pelos parâmetros do filtro. Neste caso, quando o intuito for a verificação de rotação, pode-se considerar a adoção de outros métodos de suavização e/ou a utilização das curvas originais.

Próximas etapas deste trabalho serão a utilização de outros filtros e a classificação de imagens de satélite de acordo com os manejos da pastagem.

5. CONCLUSÕES

A aplicação do filtro de suavização em séries temporais de NDVI possibilitou a análise de diferentes manejos de pastagens ao longo do tempo, as quais foram condizentes com as informações coletadas nas visitas de campo. Contudo, o comportamento da rotação de gado entre piquetes foi melhor verificado nas séries temporais sem a aplicação do filtro. De maneira geral, verificou-se comportamento sazonal do NDVI. A influência do manejo influenciou os perfis, o qual constata a importância do manejo adequado das pastagens como forma de garantir e/ou melhorar a produção e qualidade dos pastos.

6. REFERÊNCIAS

- [1] IBGE. Censo agropecuário 1920/2006. Até 1996, dados extraídos de: Estatística do Século XX. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.
- [2] Dias-Filho, M. B. “Diagnóstico das pastagens no Brasil” – Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 36 p. 2014. (Documentos – 402)
- [3] Kichel, A. N.; Miranda, C. H. B.; Tambosi, S. A. T. Produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: Simpósio de forragicultura e pastagens: temas em evidências, 1., 2000, Lavras. Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. p. 51-68.
- [4] Manabe, V. D. “Métodos para identificação de diferentes manejos de pastagem através de dados de sensoriamento remoto” – Campinas, SP: 105 p., 2018.
- [5] Sakamoto, T. et al. “A crop phenology detection method using time-series MODIS data”. *Remote Sensing of Environment*, v. 96, n. 3-4, p. 366–374, 2005.
- [6] Kuenzer, C.; Dech, S.; Wagner, W. (Ed.). “Remote Sensing Time Series – Revealing Land Surface Dynamics”. Springer International Publishing, [s.l.], p.1-458, 2015.
- [7] Chen, J. et al. “A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky-Golay filter”. *Remote Sensing of Environment*, v. 91, n. 3-4, p. 332–344, 2004.
- [8] Schafer, R. W. What Is a Savitzky-Golay Filter? [Lecture Notes]. *IEEE Signal Processing Magazine*, v. 28, n. 4, p. 111–117, 2011.
- [9] Manabe, V.D.; Melo, M.R.S.; Rocha, J.V. “Framework for Mapping Integrated Crop-Livestock Systems in Mato Grosso, Brazil”. *Remote Sens.*, 10, 1322, 2018.

AGRADECIMENTOS: Processo FAPESP nº: 2018/13295-2; 2017/06037-4; 2014/26767-9.