

SENSORIAMENTO REMOTO E ANÁLISE ESPACIAL: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O MAPEAMENTO DOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Patrick Calvano Kuchler

KUCHLER, C. Patrick
PPGMA, UERJ, Rio de Janeiro
22460-00, Brazil, TETIS, CIRAD,
AgroParisTech, Montpellier, France

Margareth Simões

PPGMA, UERJ, Rio de Janeiro, 22460-00, Brazil
EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, Brazil

Agnès Begué

TETIS, Univ Montpellier, CIRAD, IRSTEA
AgroParisTech, CNRS, Montpellier, France

Rodrigo Peçanha

EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, Brazil

Damien Arvor

CNRS, UMR LETG-Rennes

RESUMO: No ano de 2009, o Governo do Brasil apresentou o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, cujo objetivo é a organização de ações para a adoção de tecnologias de produção de alimentos alinhadas aos compromissos de redução de emissões de GEE. Entre diversas práticas destaca-se a implementação da integração lavoura-pecuária (iLP). No entanto, a falta de procedimentos de monitoramento limita a governança do Plano. Os sistemas iLP podem ser adotados em duas abordagens distintas: Inter-anual e intra-anual. Este artigo tem como objetivo utilizar dados provenientes de sensoriamento remoto para

identificar áreas de iLP na abordagem inter-anual no estado do Mato Grosso, na contribuição de um protocolo de monitoramento. Com o resultado, identificou-se que a implantação dos iLP tem seu auge em 2016 quando chega a 5% de toda área de agricultura e pecuária do estado do Mato Grosso.

PALAVRAS-CHAVE: iLP, Algebra de Mapas, Mato Grosso.

REMOTE SENSING AND SPATIAL ANALYSIS: A CONTRIBUTION TO MAPPING INTEGRATED SYSTEMS OF AGRICULTURAL PRODUCTION

ABSTRACT: In 2009, the Government of Brazil presented the Low Carbon Agriculture Plan, whose objective is the organization of actions for the adoption of food production technologies in line with commitments to reduce GHG emissions. Among several practices it is worth mentioning the implementation of crop-livestock integration (iLP). However, the lack of monitoring procedures limits the governance of the Plan. ILP systems can be adopted in two different approaches: Inter-annual and intra-annual. This article aims to use data from remote sensing to identify areas of iLP in the inter-annual approach in the state of Mato Grosso, in the contribution of a monitoring protocol. With the result, it was identified that the implantation of the iLP has its peak in 2016 when it reaches 5% of all

agricultural and pasture area of the state of Mato Grosso.

KEYWORDS: iLP, Map Algebra, Mato Grosso.

1 | INTRODUÇÃO

Durante a 17^a Conferência das Partes (COP-17), foi publicado pela Convenção-Quadro da Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC, sigla em inglês) que cerca de 50% das emissões dos GEE no mundo eram provenientes de 5 países. Nesta mesma conferência, o Brasil entrou no ranking como sexto maior país emissor, sendo que diferentemente dos outros países, a maior parte das emissões é referente à agropecuária e desmatamento. Paralelamente, as projeções globais da FAO para 2050 indicam um crescimento populacional ainda significativo, indicando que a produção mundial de alimento deverá aumentar cerca de 70% em relação à produção de 2005 para atender a demanda. Este cenário gera incertezas na perspectiva das mudanças climáticas globais, pressões em recursos ambientais locais e regionais e também na segurança alimentar em escala global, impondo grande desafio para os países produtores de alimentos no desenvolvimento de métodos e técnicas eficientes no tripé da sustentabilidade.

Como fruto do compromisso junto com a ONU, o Brasil assumiu voluntariamente na COP15 ocorrida em Copenhague, no ano de 2009, o compromisso de redução da emissão de GEE entre 36,1% e 38,9% até 2020. Neste momento, foram propostas algumas ações, dentre as quais, na área agrícola, teve grande foco na recuperação de pastagens degradadas e a promoção de sistemas integrados, sendo a integração lavoura-pecuária (iLP) e a lavoura-pecuária e floresta (iLPF), dando origem ao plano setorial de mitigação das mudanças climáticas para a agricultura, o chamado plano ABC. Diversos produtores rurais já estão se adequando nestas iniciativas e contam com linhas de crédito específicos.

O iLPF pode ser caracterizado pelo sistema consorciado entre cultura, floresta comercial e pasto. A floresta é plantada em linhas e entre elas são rotacionadas as culturas e pasto. O iLP é baseado em consórcio, sucessão de culturas e rotação, onde sempre terá que haver o elemento pastagem. Neste tipo de sistema, a pastagem é intercalada com a cultura, ou vice-versa em uma abordagem intra-anual, inter-anual ou ambas, apresentando uma grande complexidade em termos de tipos de arranjos possíveis. Um ponto em destaque no plano ABC se refere ao desafio de criar mecanismos efetivos para monitorar e acompanhar o desenvolvimento dessas ações propostas, mecanismos estes, que sejam capazes de comprovar o cumprimento dos compromissos firmados (MAPA, 2012).

1.1 Área de Estudo

O estado do Mato Grosso tem 903.357,908 km² de extensão, é o terceiro maior estado do país, ficando atrás somente do Amazonas e do Pará. A área urbana é de

519,7 km², o que coloca o estado em 11º lugar no ranking de estados com maior mancha urbana (Governo do estado do MT, 2018).

O estado tem expressivos rios em três grandes bacias hidrográficas brasileiras: Bacia Amazônica, Bacia Platina e Bacia do Tocantins, sendo o planalto dos Parecis, que ocupa toda porção centro-norte do território, o principal divisor de águas do estado.

As principais sub-bacias do estado são: Sub-bacia do Guaporé, Sub-bacia do Aripuanã, Sub-bacia do Juruena-Arinos, Sub-bacia do Teles Pires e Sub-Bacia do Xingu. Os rios pertencentes a Bacia Amazônica drenam 2/3 do território mato-grossense.

O estado apresenta sensível variedade de climas. Prevalece o tropical super-úmido de monção, com elevada temperatura média anual, superior a 24° C e alta pluviosidade (2.000mm anuais); e o tropical, com chuvas de verão e inverno seco, caracterizado por médias de 23°C no planalto. A pluviosidade é alta também nesse clima: excede a média anual de 1.500mm (IBGE, 2016).

Com a presença de três biomas: Amazônico, Pantanal e Cerrado, a porção central do estado, onde se encontram principalmente áreas de consolidação da agricultura, se encontra a floresta de transição, cuja densidade de árvores e diversidade de espécies é menor que a encontrada na floresta densa. Esta região central em termos geomofológicos encontra-se na Bacia do Alto Xingu, com relevo característico do Planalto Residual do Norte de Mato Grosso e Planalto dos Parecis (LACERDA-FILHO, 2004).

Segundo do IBGE (2015), cerca de 93,8% das áreas agrícolas do estado do Mato Grosso correspondem a 6 principais de padrões de cultivo: Soja-Milho, Soja-Algodão, Algodão-Alqueivado, Soja-Fava, Soja-Pastagem, e Cultura Única (por exemplo, Algodão- Algodão, Cana-de-Açúcar).

Um estudo feito por J. Gil et al. (2015) mapeou por meio de entrevista de 134 produtores e especialistas em um período de 6 meses extraiu onde já havia implementação dos sistemas integrados (SI) no estado do MT para o ano de 2012 e 2013. É apresentado um valor baixo ainda de implementação para estes anos. Ela apresenta a quantidade implementada em um mapa por municípios do estado. Os municípios que apresentam maior concentração são os de Sinop, Campo Novo do Parecis e Canarana, com aproximadamente 11 SI já implementados, seguido de Sorriso com cerca de 10 SI. Segundo J. Gil et al. (2015), 89% das implementações de SI foram baseados em iLP, 5% iPF, 5% iLPF e 1% iLF. ARVOR et.al (2011) percorreu em trabalho de campo entre os ano-safra 2005/2006 e 2006/2007 1920 parcelas em 50 fazendas de produção agrícola no estado do MT, na área percorrida, não foi encontrado SI iLPF para nenhum dos dois anos, já para os sistemas iLP, foram encontrados 25 SI no ano 2005/2006 e 67 para o ano 2006/2007 em 4 padrões, a saber: Soja em plantio com brachiaria, soja, milho com brachiaria, milho com brachiaria, soja, milheto e brachiaria. Todos estes sistemas iLP são identificados dentro

da lógica inter-anual, com estes dados não foi possível identificar os sistemas intra-anual pelo fato de não haver série histórica suficiente para identificar as mudanças de uso ao longo do tempo. Cerca de 50% destes sistemas iLP são representados pela integração da soja como primeira cultura e a brachiaria como segunda cultura que se estende para a cultura de inverno. Com os dados disponíveis até o momento, considera-se extremamente difícil considerar a detecção por SR os SI que apresentam o componente florestal, dada a possível falta de representatividade para este tipo de integração.

Dados publicados em 2018 no portal *Pangaea* que disponibiliza os dados do mapeamento de tipos de cultura entre os anos de 2001 e 2017 no estado do MT com as seguintes classes e seus respectivos coeficientes de acurácia: Cerrado (99%), Pousio-Algodão (100%), Floresta (99%), Pasto (95%), Soja-Milho (87%), Soja-Algodão (99%), Soja-Pousio (100%), Soja-Milheto (84%), e soja Girassol (85%) (Câmara et al., 2018).

Como estes dados são anuais, aqui parte-se da premissa, que se uma mesma área que fez algum tipo de rotação ou sucessão de culturas em abordagem inter-anual, ou seja, realizou o plantio em determinados anos e intercalou com outros anos de pastagem, seriam fortes candidatos a estar praticando algum tipo de SI, ou recuperando pastagem com agricultura. Com estes dados também é possível analisar a dinâmica de intensificação da agricultura no estado.

Partindo desta premissa o objetivo deste trabalho é o mapeamento de áreas que implementaram SI do tipo iLP em abordagem inter-anual no estado do Mato Grosso.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O mapeamento de culturas anuais publicado pelo *Pangaea* foi realizado utilizando classificação supervisionada com o algoritmo SVM (*Support Vector Machine*) em séries temporais de índices de vegetação e bandas separadas do sistema de sensores MODIS para o produto MOD13Q1 que tem intervalo de 16 dias, totalizando 23 imagens por ano.

Foram realizadas álgebras espaciais para cada camada matricial dos tipos de cultura, resultados da classificação do *Pangaea*. Todas as culturas foram agrupadas a fim de criar duas classes que são coerentes para o iLP, a pastagem e qualquer tipo de cultura. De forma geral, os iLP no MT seguem com um mesmo uso, seja pasto ou cultura em torno de 3 anos. Por este motivo foram criadas janelas temporais de 5 anos formando 06 grupos: 2008-2012, 2009-2013, 2010-2014, 2011-2015, 2012-2016, 2013-2017.

Com este procedimento, foi possível identificar cada píxel que tenha sido intercalado com cultura e pasto nos últimos 5 anos. Para fins de representação e análise da dispersão da implementação, foi utilizado o índice de densidade *Kernel*. Também foram gerados valores com a quantidade de área de cultivo e pastagem

para cada janela de 5 anos, assim como a porcentagem das áreas candidatas a SI do tipo iLP Inter-anual.

3 | RESULTADOS

Entre os anos avaliados, foi identificado um aumento das áreas de iLP inter-anual implementadas no estado, sendo o seu pico entre os anos 2012-2016. É possível observar uma dispersão espacial das áreas implementadas a cada período e também identificar a importância das Unidades de Referência Tecnológica (URT) da Embrapa. As URTs são observatórios tecnológicos onde são realizados experimentos da rede iLPF entre equipes da Embrapa e parceiros.

No início da série a área com maior concentração ocorreu onde existe a unidade da Embrapa Agrosilvipastoril (Fig.01). As maiores concentrações se apresentam na região de Sinop e Alto Araguaia para o período 2009-2013. Já no período 2010-2014 Sinop e Alto Araguaia ainda apresenta alta concentração, mas a região de Canarana e Norte Araguaia começa a apresentar grande importância. Regiões como Colider, Aripuan e Arinos começam a apresentar zonas com este tipo de intensificação. Vale ressaltar que a região de Sinop com 03 URTs apresentam duas com alto índice de concentração e uma sem implementação significativa ainda.

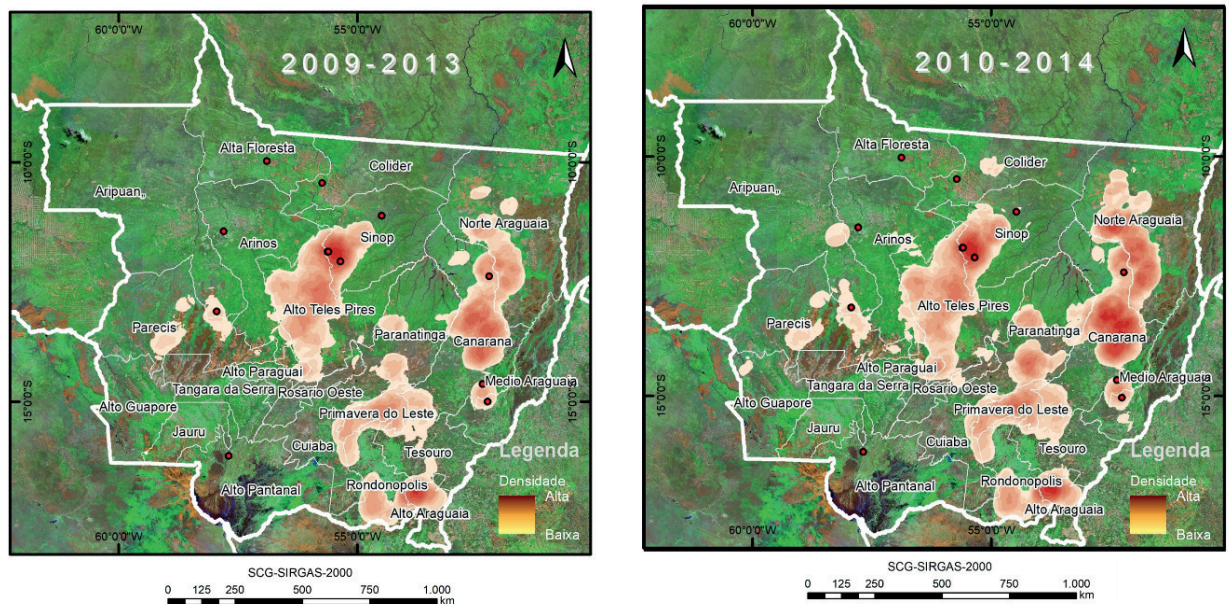


Figura 1. Índice Kernel Estado do Mato Grosso entre os períodos 2009-2013 e 2010-2014.

Para os cenários de 2011-2015 e 2012-2016, as três URTs de Sinop já apresentam cobertura com concentração de áreas implementadas e há um grande destaque para a região de Colíder que ganha grande importância para o cenário de 2012-2016. Neste cenário, Sinop já não se apresenta como a região com maior concentração, ficando abaixo de Canarana, Norte Araguaia, Colíder, Alto Teles Pires

e Alto Araguaia. Este último se apresenta com altos índices de concentração em todos os períodos.

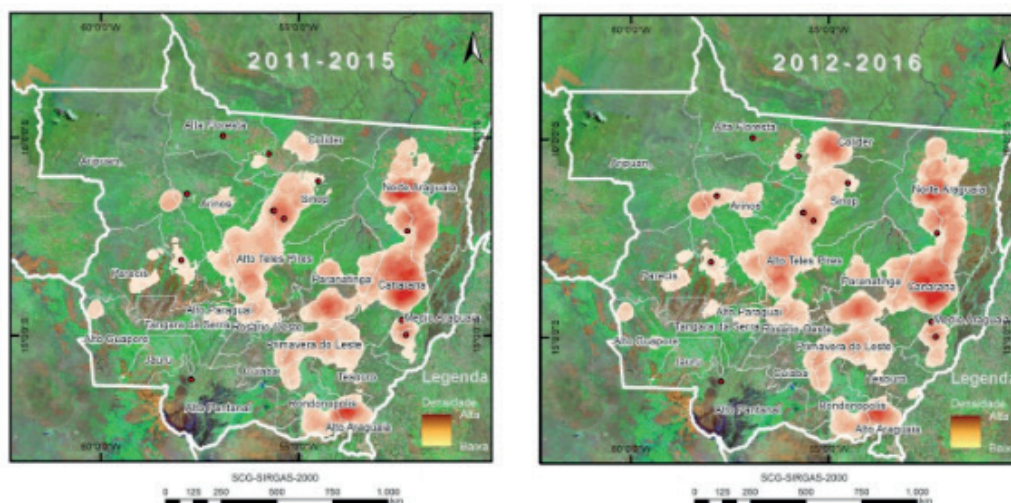


Figura 2. Índice Kernel Estado do Mato Grosso entre os períodos 2011-2015 e 2012-2016.

O último cenário que corresponde aos anos entre 2013-2017 apresenta uma dispersão significativa dos sistemas integrados, onde as regiões correspondentes as URTs são cobertas por áreas de concentração de SIs com excessão das URTs de Alta Floresta e Alto Pantanal. Neste último cenário as regiões de Canarana, Alto Araguaia e Colider apresentam as maiores concentrações.

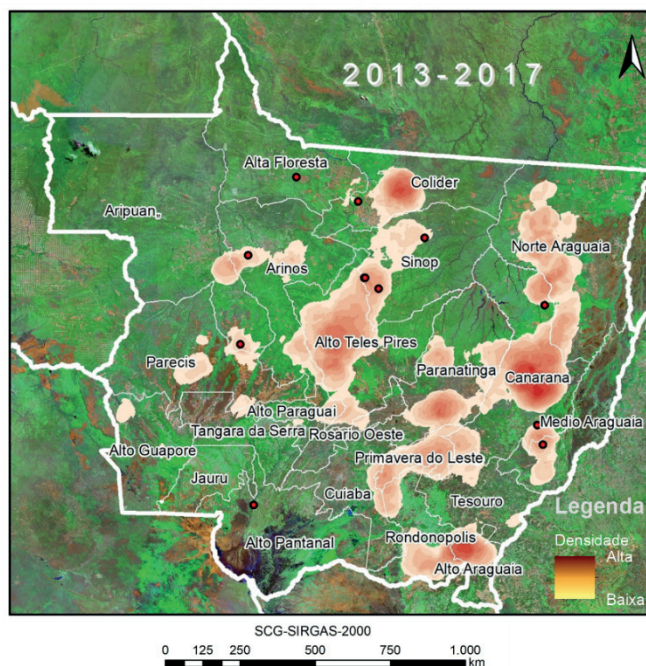


Figura 3. Índice Kernel Estado do Mato Grosso.

As culturas anuais mais expressivas no estado do MT no período estudado,

foram Soja+Milho, Soja+Milheto e Soja+Algodão. As pastagens continuam com grande predominância no uso do solo do estado. No período estudado, os usos agrícolas tiveram crescimento de áreas cultivadas, com destaque para o cultivo de algodão na segunda safra. As áreas de integração de lavoura com pastagem também apresentam um crescimento significativo, variando de 3% do total de áreas de agricultura e pecuária a 5% deste total (Fig. 4). A medida que as áreas de lavoura e iLP crescem, inversamente as áreas de pastagem tem uma diminuição de área no estado, indicando um caminho de intensificação da agropecuária em sistemas integrados.

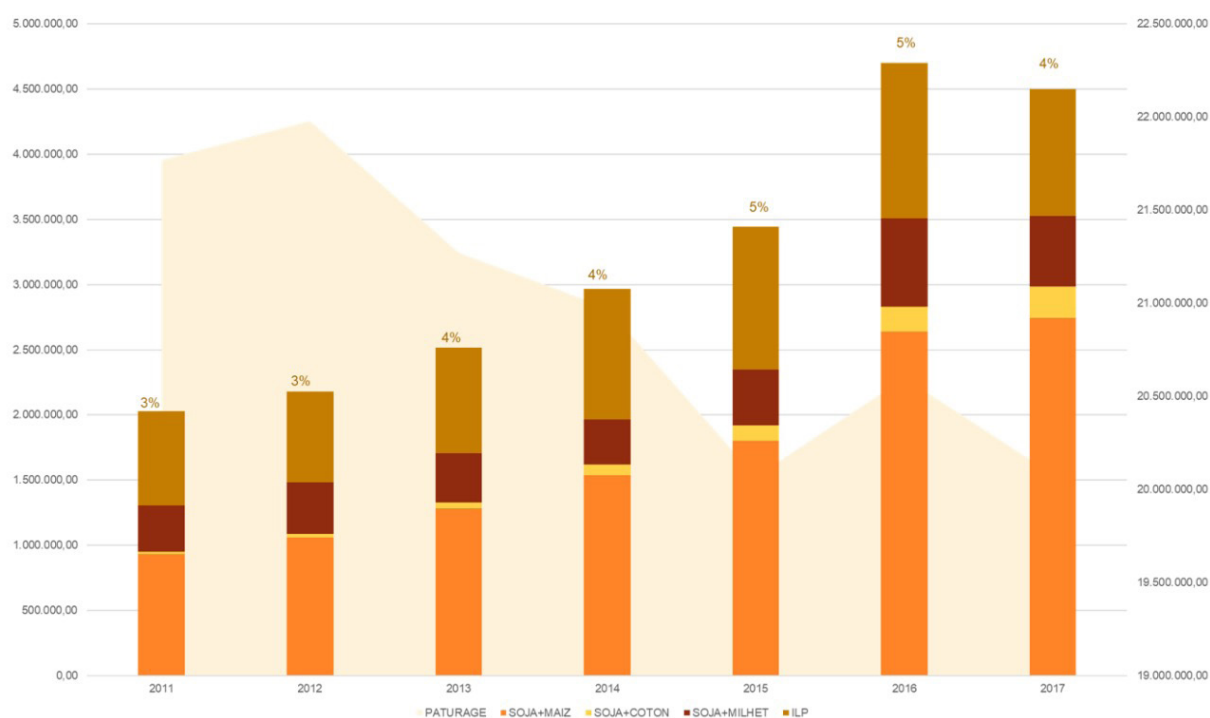


Figura 4: Gráfico representando o crescimento das áreas de cultivo e diminuição da área de pastagem. A porcentagem de iLP é calculada referente ao total de área de lavoura e pecuária no estado. O eixo a esquerda apresenta a área em ha do acumulado de pastagem no estado. O eixo da direita apresenta o acumulado das áreas agrícolas e iLP.

4 | DISCUSSÃO

A implantação do iLP a partir de 2008 representava uma proporção em torno de 3% do total da área de agricultura e pecuária que obtem seu auge nos períodos de 2010-2015 e 2011-2016 que chega a 5% da implementação de iLP. Os resultados apresentam uma influência forte inicialmente das áreas de transferência tecnológica, as URTs como uma rede fundamental disseminadora deste tipo de manejo. Ao longo do tempo é possível identificar que as práticas de iLP se difundem pelo estado e as áreas com URT deixam de ser as regiões com maior concentração.

5 | CONCLUSÕES

O plano ABC, mesmo depois de 10 anos de iniciada as atividades ainda não detém um protocolo metodológico para monitorar sua implementação. Poucos estudos existem ainda nessa direção, GIL (2013) e iCL in Numbers (2017) são os únicos estudos que fazem um panorama geral das implementações com base em entrevistas. Entende-se que o Sensoriamento Remoto seria a forma mais factível para o acompanhamento desta iniciativa. O projeto que gerou os dados publicados no Pangaea tem grande potencial de se transformar um programa contínuo de mapeamento dos sistemas agrícolas no estado do Mato Grosso. Neste sentido, os dados derivados de Sensoriamento Remoto, com a aplicação de álgebras de mapas pode ser o início de um protocolo de mapeamento dos sistemas de integração de lavoura-pecuária em uma abordagem inter-anual.

6 | AGRADECIMENTOS

O autor principal recebeu bolsa de estudos do Projeto Capes-Cofecub GeoABC (Metodologias e Inovação Tecnológica para Monitoramento por Satélite da Agricultura de Baixo Carbono em Apoio ao Plano ABC do Brasil, projeto nº 845/15). Agradecemos à Unidade CIRAD-TETIS pela estadia acolhedora em Montpellier-Fr e ao apoio metodológico e o projeto europeu H2020-MSCA-RISE-2015 ODYSSEA (Referência do Projeto: 691053) para apoiar as visitas terrestres e as equipes da EMBRAPA Agrosilvipastoril e Embrapa Labex Europa.

REFERÊNCIAS

Almeida, C., Coutinho, A., Esquerdo, J., Adami, M., Venturieri, A., Diniz, C., Dessay, N., Durieux, L., Gomes, A., 09 2016. **High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data.** Acta Amazonica 46, 291 – 302.

Apan, A.; Potgieter, A. **Using satellite imagery in determining winter crop area planted in support of regional commodity forecasting: a case study of the Darling Downs, Queensland.** Toowoomba, Australia: Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland, 2002. 31 p. Disponível em: . Acesso: 20 jan. 2017.

Arvor D., Dubreuil V., Meirelles M.S.P., Bégué A., 2013. **Mapping and spatial analysis of the soybean agricultural frontier in Mato Grosso, Brazil, using remote sensing data.** GeoJournal, Vol. 78 N° 5, pp. 833-850.

Arvor D, Meirelles M. S. P., Dubreuil V., Shimabukuro Y. E., Bégué A., 2012. **Analysing the agricultural transition in Mato Grosso, Brazil, using satellite-derived indices.** Applied Geography, Vol. 32, N° 2, pp. 702-713.

Arvor D, Jonathan, M.; Meirelles, M. S. O. P.; Dubreuil, V.; Durieux, L. , 2011. **Classification of MODIS EVI timeseries for crop mapping in the state of Mato Grosso, Brazil.** International Journal of Remote Sensing, Vol. 32, N° 22, pp. 7847 – 7871.

Baatz M.; Schäpe, A. 1999. **Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high**

quality multi-scale image segmentation. Disponível: <http://www.ecognition.com/category/related-tags/definiens-ecognition> [capturado em 18 jan., 2018].

Brasil 2011, **Sectoral plan for climate mitigation and adaptation**, Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply. Brasília-DF, Brasil.

Breiman, L. **Machine Learning** (2001) 45: 5. Disponível: <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324> [capturado em 10 agost., 2017].

Brooks, E.B., Wynne, R.H., Thomas, V.A., Blinn, C.E., Coulston, J.W., 2014. **On-the-fly massively multitemporal change detection using statistical quality control charts and Landsat data.** IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 52 (6), 3316–3332.

Câmara, Gilberto; Picoli, Michelle; Simoes, Rolf; Maciel, Adeline; Carvalho, Alexandre; Coutinho, Alexandre; Esquerdo, Julio; Antunes, Joao; Begotti, Rodrigo; Arvor, Damien. 2017. **Land cover change maps for Mato Grosso State in Brazil: 2001-2016**, links to files. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.881291>.

Chen, Y., Dengsheng, L., Emilio Moran, Mateus Batistella, Luciano Vieira Dutra, Ieda Del'Arco Sanches, Ramon Felipe Bicudo da Silva, Jingfeng Huang, Alfredo José Barreto Luiz, Maria Antonia Falcão de Oliveira, 2018. **Mapping croplands, cropping patterns, and crop types using MODIS timeseries data.** Int J Appl Earth Obs Geoinformation. V. 66 (2018) pp. 133-147.

Chen, J.; Jönsson, P.; Tamura, M.; Gu, Z.; Matsushita, B.; Eklundh, L., 2004. **A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky–Golay filter.** Remote Sensing of Environment, Vol. 91, N° 3, pp. 332 – 344.

Cutler, D.R.; Edwards, T.C.; Beard, K.H.; Cutler, A.; Hess, K.T.; Gibson, J.; Lawler, J.J., 2007. **Random forests for classification in ecology.** Ecology, 88, 2783–2792.

Cohn A, Bowman M, Zilberman D, O'Neill K. 2011. **The Viability of Cattle Ranching Intensification in Brazil as a Strategy to Spare Land and Mitigate Greenhouse Gas Emissions.** CCAFS Working Paper no. 11.

Dutrieux, L.P., Bartholomeus, H., Herold, M., Verbesselt, J., 2012. **Relationships between declining summer sea ice, increasing temperatures and changing vegetation in the Siberian Arctic tundra from MODIS time series (2000–11).** Environ. Res. Lett. 7 (4), 044028

Du, Y., Zhang, Y., Ling, F., Wang, Q., Li, W., Li, X., 2016. **Water bodies mapping from Sentinel-2 imagery with modified normalized difference water index at 10- m spatial resolution produced by sharpening the SWIR band.** Remote Sensing. Vol. 8, pp. 354-362.

ESA. European Spatial Agency. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data-access> [acessado em 22/09/2017].

Fensholt, R., Proud, S.R., 2012. **Evaluation of earth observation based global long term vegetation trends-Comparing GIMMS and MODIS global NDVI time series.** Remote Sens. Environ. 119, 131–147.

Fernández-Manso, A., Fernández-Manso, O., Quintano, C., 2016. **SENTINEL-2A red-edge spectral indices suitability for discriminating burn severity.** Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. Vol. 50, pp. 170–175.

Formaggio, A. R., Epiphanyo, J. C. N. **Características espectrais de culturas e rendimento agrícola.** São José dos Campos: INPE, 1990. 178 p. (I)

Picoli, Michelle Cristina Araujo et al. 2018. **Big Earth Observation Time Series Analysis for Monitoring Brazilian Agriculture**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 145: 328–39.

Leonardo Tullio
(Organizador)

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto 3

Atena Editora
2019