

**Uso de Satélite e Métodos Multi-Escala para Apoiar o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC)<sup>(1)</sup>****Margareth Simões<sup>(2)</sup>, M. L. Neves<sup>(3)</sup>, R. P. D. Ferraz, P. L. Freitas<sup>(4)</sup>**<sup>(1)</sup>Trabalho executado com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES) / COFECUB<sup>(2)</sup>Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária . Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.<sup>(3)</sup>Bolsista PIBIC; Universidade Federal Fluminense.<sup>(4)</sup>Pesquisador da Embrapa Solos.

**RESUMO:** O Plano Brasileiro de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC) é uma das iniciativas que coloca o clima na agenda agrícola para uma agricultura mais sustentável e adaptada, de acordo com as mudanças globais. Entre as práticas apoiadas pelo Plano ABC, o plantio direto e os sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta, incluindo a recuperação de pastagens degradadas, são os mais relevantes. Essas introduziram uma complexa análise de imagens da paisagem da agricultura. Esse trabalho visa a apresentar o projeto GeoABC (metodologias e inovações tecnológicas para o monitoramento e o

planejamento da agricultura de baixa emissão de carbono em apoio à governança do Plano ABC) e procedimentos preliminares estudados, tais como: uso de segmentação (Object-Oriented Image Analyse), integração temática, análise de séries temporais de imagens de satélite e métodos multi-escala para monitorar a dinâmica do uso agrícola da terra.

**Termos para indexação:** Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, Monitoramento de Uso do Solo, Sensoriamento Remoto.

**1.1 Contexto do Projeto**

O aumento da demanda por alimentos deverá ser satisfeito através de ganhos de produtividade, com mudanças modestas em áreas de cultura e rebanho de gado. Melhorias de rendimento são projetados para responderem por 80% do aumento da produção de culturas (OECD/FAO, 2016). Há algumas possibilidades de aumentar a área agrícola de forma sustentável, principalmente em partes da América Latina e África Subsaariana. Isso inclui o aumento dos cultivos múltiplos e encurtamento dos períodos de pousio. A mudança climática com seus eventos graves e erráticos aumenta o risco da atividade agrícola e, não só a mitigação, mas também a adaptação, é essencial para evitar severas diminuições de cultivo. A adaptação inclui boas práticas de gestão com baixa emissão de carbono.

A agricultura conservacionista é uma componente chave do Plano ABC e da agricultura de baixo carbono, como o plantio direto. A recuperação de pastagens degradadas e florestas plantadas dão um papel especial às paisagens multifuncionais no processo rumo a uma agricultura mais sustentável.

Nesse sentido, existe uma necessidade urgente de melhor caracterizar os sistemas agrícolas em escala global, regional e local, com ênfase particular sobre os vários caminhos para a intensificação da agricultura, uma vez que esses sistemas são a chave para a compreensão da sustentabilidade e do uso da terra em territórios agrícolas.

**Introdução**

Não há meta humanitária mais importante do que alimentar uma população mundial projetada para ultrapassar nove bilhões até 2050. E a agricultura está no cerne de muitos desafios globais fundamentais enfrentados pela humanidade, incluindo a segurança alimentar, a degradação ambiental e as alterações climáticas (DICKIE et al., 2014.). Iniciativas, tais como a Agricultura Climaticamente Inteligente (CSA) apoiados pelo Banco Mundial e pela FAO, com iniciativa da França de 4 por 1000, e apoiado por CGIAR, e o Plano ABC brasileiro são exemplos do papel fundamental desempenhado pela agricultura em um mundo mais sustentável. Esses desenvolvimentos indicam o papel especial das paisagens multifuncionais no processo de estabelecer uma agricultura mais sustentável. A proposta desse trabalho é apresentar o Projeto GeoABC como um projeto de monitoramento inovador para implementação no Plano ABC e visa ao desenvolvimento de métodos de sensoriamento remoto para monitorar os sistemas agrícolas preconizados no Plano ABC e adotadas em escala local. Esses são sistemas de produção agrícola complexos, tais como o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta e suas combinações, e os estudos visam monitorar os sistemas de agricultura sustentável através de padrões de paisagem, a fim de fornecer indicadores espaciais para melhorar a governança do Plano ABC.

## 1.2 Contexto Internacional

O G20 foi lançado em junho de 2011 por iniciativa do Grupo de Observação da Terra e Monitoramento da Agricultura Global (GEOGLAM) e, também, por iniciativa do Sistema de Informação do Mercado Agrícola (AMIS). O G20 tem consultado o GEO Comunidade de Prática de Agricultura para implementar o GEOGLAM com o objetivo principal de melhorar as previsões de rendimento de culturas como uma entrada para o Sistema de Informação do Mercado Agrícola (AMIS), para promover a estabilização dos mercados e aumentar a transparência na produção agrícola. Os objetivos do GEOGLAM são: (i) reforçar os sistemas nacionais de informações agrícolas; (ii) estabelecer uma rede "global" de especialistas em monitoramento agrícola; (iii) criar um sistema agrícola global operacional de monitoramento de sistemas baseados na observação da Terra e dados *in situ*. Essa iniciativa foi, ainda, apoiada pela reunião do G20 de vice-ministros e deputados agrícolas, incluindo representantes governamentais brasileiros na Cidade do México em maio de 2012. Todos os representantes e delegados reconheceram a observação da Terra como uma ferramenta importante para fornecer informações sobre a agricultura, no momento presente e no futuro.

O objetivo principal do Grupo de Observação da Terra (GEO), iniciado em 2002, com o objetivo principal de apoiar a gestão sustentável dos recursos da terra fazendo uso de sensoriamento remoto, é construir um Sistema de Observação Global da Terra (GEOSS) através de uma coordenação das atividades de sensoriamento remoto global. Como um de seus alvos estratégicos, o GEOSS tem como objetivo ampliar os recursos de aplicativos para avançar na agricultura sustentável.

O projeto GeoABC está alinhado com as metas do Sétimo Programa Estrutural (FP7) - Projeto SIGMA, que pretende contribuir para o estabelecimento do sistema de observação mundial de avaliação do impacto das áreas de terras cultivadas e suas mudanças ambientais e, também, com o fortalecimento do monitoramento agrícola mundial utilizando as melhorias das projeções de observação da Terra para a produção agrícola. Intensificação e expansão de terras agrícolas são o principal foco do Projeto SIGMA e do projeto brasileiro, GeoABC, que apoia o Plano ABC. O SIGMA usa o JECAM (Joint Experiment of Crop Assessment and Monitoring) locais (sítios agrícolas locais de 50 x 50 km localizados em diferentes países), conforme definido pela comunidade GEOGLAM para chegar a uma convergência das abordagens, desenvolver monitoramento e relatar protocolos e práticas para variedade dos sistemas agrícolas mundiais (JECAMõ , 2016). O site JECAM brasileiro é usado para estudos locais do

projeto proposto, aproveitando a facilidade JECAM para acessar gratuitamente dados de satélite (sensores diferentes e de alta periodicidade).

## 1.3 Contexto Nacional

O Projeto GeoABC está alinhado com o Plano ABC apresentado pelo governo brasileiro, como uma iniciativa voluntária no UNCCC-COP15 no ano de 2009, em Copenhagen, Dinamarca.

Desde 2011, o Plano ABC fornece uma linha de crédito inicial de R\$ 2 bilhões (US\$ 1,1 bilhões) mais dez anos para financiar diferentes práticas agrícolas de baixo carbono que utilizam tecnologias para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. A meta nacional é reduzir as emissões de carbono equivalente, provenientes da agricultura brasileira, para até 176 milhões de toneladas até o ano de 2020.

O sistema de plantio direto é uma das práticas promovidas pelo Plano ABC, que inclui a rotação de culturas com a cobertura de culturas para decomposição e prevenção de aração do solo e ancinhamento. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de soja, e está totalmente no sistema de plantio direto e vasto uso de fixação biológica de nitrogênio. Esse processo preserva nutrientes do solo, aumentando, assim, o rendimento das culturas e protegendo o campo de fatores externos à erosão. Através do Programa ABC, o Ministério da Agricultura planeja expandir o uso dessa técnica para cobrir uma área de 33 milhões de hectares dos 25 milhões em que são implementados, atualmente. A adoção do sistema de plantio direto pode reduzir as emissões entre 16 e 20 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> num período de até 10 anos.

O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), baseado no plantio direto, é o mais complexo sistema de agricultura apoiado pelo governo federal. Os agricultores e pecuaristas alternam da pastagem para a agricultura e, posteriormente, para a floresta no mesmo ciclo de cultura, promovendo a cobertura do solo contínua e acumulação de carbono ao longo do ano. O Plano ABC pretende aumentar o uso do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) para 4 milhões de hectares até a próxima década, reduzindo as emissões equivalentes de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) em 18-22 milhões de toneladas. Essa medição do impacto do Plano ABC está prevista pelo governo federal conforme foi apresentado na UNCCC-COP15.

Considerando esse cenário, o uso de satélite baseado em métodos multi-escala é importante, a fim de criar métricas para apoiar a governança do Plano de Agricultura de Baixo Carbono.

## Material e Métodos

Dentre os materiais utilizados no desenvolvimento do projeto, temos: livros, artigos, material cartográfico e de sensoriamento remoto, digitalização de mapas e tratamento digital de dados (ArcGIS 10.2.2; ENVI 5.2; Excell 2013; eCognition; InterImage) e quaisquer instrumentos que possibilitem a descrição e caracterização dos sistemas de produção agrícola local, assim como a delimitação da representatividade espacial dos locais de estudo, a estratificação com base em imagens de satélite de baixa resolução espacial e na geração de mapas temáticos e base de dados em SIG, portanto, auxiliando a produção dos relatórios necessários para a sua realização.

Diferentes abordagens metodológicas estão sendo usadas no Projeto GeoABC para avaliar como as variáveis locais podem ser ampliadas para serem monitoradas em escala regional (BÉGUÉ et al., 2015). Em particular, as metodologias desenvolvidas concentram-se na utilização de indicadores espaciais, temporais e texturais, derivados de imagens de satélite de resolução grosseira para representar sistemas de cultivo em nível de paisagem. A modelagem de distribuição de culturas amplia a escala de métodos baseados em variáveis derivadas de satélite (indicadores temporais, espectrais e espaciais) e técnicas de Análise de Imagens Baseado em Objeto (OBIA), que estão sendo aplicadas e testadas na área de estudo do Estado do Tocantins e pelo Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) local.

## Resultados e Discussão

Na escala regional (estado), uma estratificação da paisagem foi realizada por meio da segmentação de variáveis derivadas de satélite com resolução grosseira (BELLÓN et al., 2016). Uma transformação por análise de principais componentes foi usada em uma série temporal anual MODIS NDVI (resolução espacial de 250 m - produto MOD13Q1) para obter a principal característica, fisionômica e fenológica, da vegetação nas primeiras três imagens de principais componentes. Além disso, foi calculado para as imagens MODIS NDVI um índice textural (GLCM - índice de homogeneidade) de três datas diferentes dentro da série anual, ou seja, antes da estação de crescimento, no meio do principal ciclo da planta e no meio do ciclo seguinte da planta (HARALICK et al., 1973). A derivada radiométrica (componente principal) e os índices texturais foram segmentados usando o algoritmo de segmentação por multi-resolução do software Definiens Developer (%Cognition+) e os parâmetros de segmentação ótimas foram avaliados por um método estatístico

de avaliação não supervisionada (JOHNSON; XIE, 2011) (Figura 1).

Em escala local, os perfis temporais foram analisados por peritos, a fim de detectar métricas e comportamentos diferentes do índice de vegetação em diferentes Sistemas Agrícolas de Baixo Carbono (ABC), tais como Sistemas Integrados de Lavoura-Pecuária-Floresta (Figura 2).

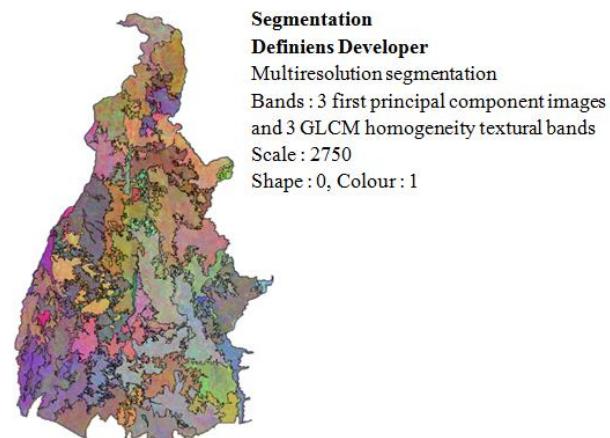
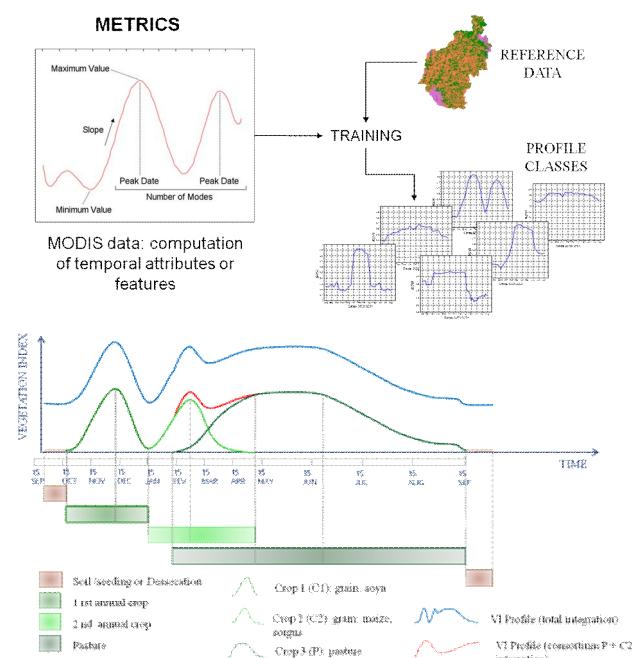


Figura 1. Estratificação da Paisagem em Escala Regional de Índices Radiométricos - Derivadas e Textuais - MODIS NDVI  
Fonte: Bellón et al. (2016).

O sistema ILPF comumente apresenta um crescimento misto de cultura e pastagem (Figura 3). Esse procedimento permite que ambas as plantas aproveitem as chuvas residuais, na estação humida, e formação de pastagem, na estação seca, devido ao profundo enraizamento da gramínea forrageira (SIMÕES et al., 2015).



Figuras 2 e 3. Computação de Atributos Temporais MODIS; Hipotético Perfil Temporal de Integração Lavoura-Pecuária.

Em escala local, a área de estudo foi uma fazenda de 190 hectares (ha). O tipo de solo desta área é o Latossolo ácido e argiloso sob pastagem degradada, principalmente *%Urochloa spp.*. O pasto foi recuperado usando safra de grãos depois da calagem e da aplicação de fertilizante. Até o final de outubro de 2006, o solo foi preparado usando uma grade de disco pesada, e a soja foi semeada em meados de novembro. Após a colheita da soja em meados de março de 2007, o milho, juntamente com pastagem (*Urochloa spp.*), foi semeado e após a colheita do milho em junho-julho, a área foi mantida sob pastagem para bovinos de corte. Entre outubro e novembro de 2007, o grão de soja sob o plantio direto foi semeado na área, seguido por milho ou sorgo, entre março e junho. A rebrota da pastagem foi aproveitada como pasto para bovinos de corte. Este duplo cultivo seguido de pastagem foi mantido até 2012.

Esses métodos continuam, portanto, sendo estudados e aperfeiçoados, com o intuito de obter novas metodologias que auxiliem o monitoramento da agricultura de baixa emissão de carbono e o apoio à governança do Plano ABC.

## Conclusões

Esse trabalho apresentou estudos preliminares para a avaliação de complexas paisagens agrícolas, induzida pela implementação de sistemas de agricultura de baixo carbono. Até o final do projeto, um conjunto completo de abordagens metodológicas vão estabelecer protocolos para obter uma monitorização sistemática do Plano ABC. O Object-Oriented Image Analyse integrado com técnicas de sensoriamento remoto multi-escala pode fornecer métricas e indicadores espaço-temporais que podem ser usados como insumos para monitoramento das metas do Plano ABC. No contexto científico, esses métodos irão fornecer insumos para os estudos: sobre a dinâmica do uso da terra relacionada com a adoção da agricultura de baixo carbono, para a avaliação das tendências e criação de cenários futuros (dinâmica de uso da terra); sobre a dinâmica do uso da terra, com base na expansão da agricultura de baixo carbono relacionados com a mitigação dos impactos ambientais (impactos ambientais); sobre a dinâmica do uso da terra, com base na expansão da produção de agricultura de baixo carbono relacionados com a mitigação do efeito estufa: (a) os estoques de carbono no solo e na biomassa; (b) redução de GEEs; (c) serviços de água equilíbrio entre ecossistemas; (d) sobre a dinâmica do uso da terra, com base na expansão da produção de agricultura de baixo carbono e a relação com as alterações climáticas (alteração climática).

## Referências

- BÉGUÉ, A.; ARVOR, D.; LELONG, C.; VINTROU, E.; SIMÕES, M. Agricultural systems studies using remote sensing. In: TENKABAIL, P. S. (Ed.). **Land resources monitoring, modeling, and mapping with remote sensing**. Boca Raton: CRC Press, 2015. cap. 5, p. 113-130.
- BELLÓN, B.; BÉGUÉ, A.; LO SEEN, D.; SIMÕES, M.; FERRAZ, R.; LEBOURGEOIS, V.; GAETANO, R. A remote sensing multi-scale approach for agricultural systems zoning. In: GLOBAL LAND PROJECT OPEN SCIENCE MEETING, 3., 2016, Beijing. **Land system science**: understanding realities and developing solutions: proceedings. Bern: Global Land Project, 2016.
- DICKIE, A.; STRECK, C.; ROE, S.; ZUREK, M.; HAUPT, F.; DOLGINOW, A. **Strategies for mitigating climate change in agriculture**: abridged report. San Francisco, CA: Climate Focus: California Environmental Associates, 2014. Disponível em: <[http://www.climateandlandusealliance.org/wp-content/uploads/2015/08/Abridged\\_Report\\_Mitigating\\_Climate\\_Change\\_in\\_Agriculture.pdf](http://www.climateandlandusealliance.org/wp-content/uploads/2015/08/Abridged_Report_Mitigating_Climate_Change_in_Agriculture.pdf)>. Acesso em: 3 jul. 2016.
- HARALICK, R. M.; SHANMUGAM, K. K.; DINSTEIN, I. Textural features for image classification. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v. 3, n. 6, p. 610-621, Nov. 1973.
- JECAM: Joint Experiment for Crop Assessment and Monitoring. Disponível em: <[www.jecam.org](http://www.jecam.org)>. Acesso em: 30 maio 2016.
- JOHNSON, B.; XIE, Z. Unsupervised image segmentation evaluation and refinement using a multi-scale approach. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 66, n. 4, p. 473-483, Jul. 2011.
- OECD/FAO. **OECD-FAO agricultural outlook 2016-2025**. Paris: OECD Publishing, 2016. Disponível em: <[http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2016\\_agr\\_outlook-2016-en](http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2016_agr_outlook-2016-en)>. Acesso em: 3 jul. 2016.
- SIMÕES, M.; BÉGUÉ, A.; FERRAZ, R. Methodologies and technological innovations for low-carbon agriculture monitoring and planning for the ABC Plan governance support - Geo ABC. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. **Towards sustainable intensification**: proceedings. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137498/1/2015-140.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2016.