

Dinâmica agrícola em área de sobreposição de órbitas adjacentes dos satélites Landsat

Alfredo José Barreto Luiz ¹
Ieda Del'Arco Sanches ²
Kleber Trabaquini ²
Isaque Daniel Rocha Eberhardt ²
Antonio Roberto Formaggio ²

¹ Embrapa Meio Ambiente
Caixa Postal 69 - 13820-000 - Jaguariúna - SP, Brasil
alfredo.l Luiz@embrapa.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{ieda, kleber, isaque, formag}@dsr.inpe.br

Abstract. In this study, the tracking of different types of agricultural land use was assessed over time using the overlap regions of adjacent Landsat Operational Land Imager (OLI) scenes. WRS-II scenes 219 e 220/75 were acquired between July and October 2014. In the same period, 55 georeferenced sites were visited monthly, to acquire information about their use and to photograph them. The study covered an area of 100 km long by 4 km wide along a highway in the mesoregion of Campinas, state of São Paulo, Brazil. The main agricultural crops in the state were present in this area, such as sugarcane, maize, soybean, eucalyptus, pastures, citrus; and over a dozen land uses were found. Several selected areas are irrigated by center pivot systems. In this short period of time, the importance of monitoring simultaneously three axes, namely: the time, space and land use, proved essential, since there is a high potential for classification confusion. Interesting things were observed, such as the phenomenon of green-up of rubber tree fields; and the similar appearance of potatoes, beans and wheat plots in images, even though they do not look like in the field. Preliminary analysis, both visual and quantitative, confirm the assumption that it is not possible to correctly classify agricultural uses in OLI images based only on a single date and without substantial knowledge of the systems in use, and the farming calendar of the study region.

Palavras-chave: monitoring, cropland identification, change detection, temporal resolution, monitoramento, identificação de culturas, detecção de mudanças, resolução temporal.

1. Introdução

Para que o sensoriamento remoto orbital possa auxiliar efetivamente o monitoramento agrícola, de forma permanente e confiável, sobre grandes áreas, faz-se necessário um melhor conhecimento do comportamento espectral das principais atividades agrícolas e coberturas naturais do solo ao longo do tempo de forma a retratar as fases fenológicas dos vegetais, umidade do solo, ângulo de iluminação, influência dos solos e da declividade do terreno etc.

Em especial, nas regiões tropicais e subtropicais, onde a utilização das atuais tecnologias agrícolas (irrigação, plantio direto, cultivo mínimo, variedades precoces, dessecantes, indutores de florescimento, regulador de crescimento etc.), associadas às características climáticas que permitem janelas de plantio amplas e ciclos variáveis, a resposta espectral de uma mesma cultura pode variar muito, na mesma cena, de uma gleba ou talhão (área plantada contínua, uniforme em espécie, manejo e data de plantio) para outro.

Mesmo para a análise visual das imagens, é necessário que o intérprete tenha à sua disposição uma biblioteca de alvos, importante do ponto de vista da área coberta na região de estudo, com sua aparência 'real' e a aparência espectral, a cada época do ano.

Entretanto, os analistas de dados de sensoriamento remoto tem um acesso geralmente limitado aos dados reais de campo, principalmente quando a área de estudo é ampla, o que torna muito importante o estabelecimento de locais de referência para validação das análises (Atzberger, 2013).

Segundo Forney et al. (2012), a efetividade no uso do sensoriamento remoto como auxiliar na tomada de decisão depende do conhecimento profundo da dinâmica agrícola e das escolhas das escalas adequadas de observação no tempo e no espaço. Os autores apresentam um esquema simplificado que demonstra como as diversas forças que atuam na dinâmica agrícola agem em diferentes escalas de tempo e de espaço (Figura 1).

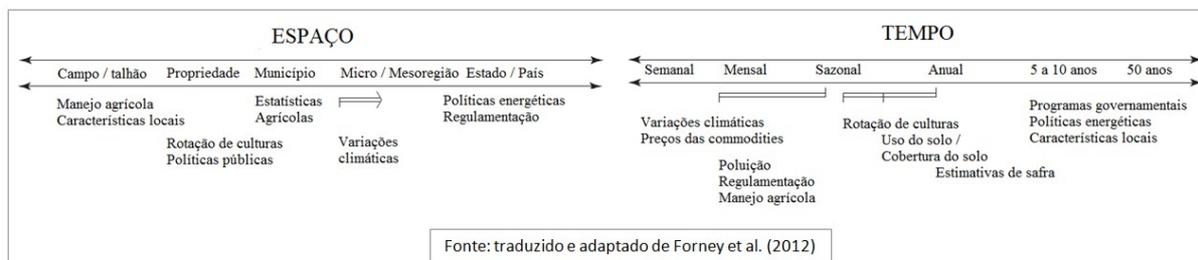


Figura 1. Diagrama dos fatores conceituais influentes nas escalas espacial e temporal.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta o atual estágio de desenvolvimento e alguns resultados preliminares das atividades de um projeto que visa proporcionar um melhor conhecimento da dinâmica agrícola paulista e do comportamento espectral de alvos agrícolas em imagens Landsat. Para isso, foram visitados mensalmente, de julho a outubro de 2014, *in loco*, talhões sob diversos usos e cultivos agrícolas, cujos aspectos em imagens Landsat 8 tiveram seus padrões espectrais identificados simultaneamente. A área de estudo foi escolhida devido a sua relevância agrícola e também por ser um local que é imageado por duas órbitas adjacentes do Landsat. Por estar em área de sobreposição das cenas 219 e 220 do Landsat 8, a resolução temporal de aquisição de imagens passa de 16 para 8 dias. O projeto se prolongará até pelo menos junho de 2015, quando completará o acompanhamento de um ano safra ou ciclo agrícola.

2. Metodologia de Trabalho

A disponibilidade de estradas em boas condições cruzando áreas com dimensões expressivas de culturas importantes, especialmente no Estado de São Paulo, permite que sejam identificadas dezenas de áreas com diferentes usos agrícolas e ocupações do solo, em um percurso de algumas centenas de quilômetros, todo em estradas asfaltadas e em bom estado.

No estado de São Paulo, a importância econômica das atividades rurais na mesorregião de Campinas pode ser aferida pelos dados de 2012 (IBGE, 2014), segundo os quais esta apresentou o maior valor da produção para as culturas agrícolas perenes (R\$ 1.483.827.000,00) e o nono maior valor para as culturas temporárias (R\$ 1.812.127.000,00) ambos levantados no âmbito da Produção Agrícola Municipal (PAM); o terceiro maior valor para a produção de origem animal (R\$ 332.068.000,0) levantado pela Produção da Pecuária Municipal (PPM); e o quinto posto quanto ao valor da produção na silvicultura (R\$ 89.700.000,00) segundo a Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS); todos levantamentos do IBGE, o que coloca esta mesorregião em quarto lugar entre as quinze mesorregiões paulistas em valor total da produção agrícola (R\$ 3.717.722.000,00). Portanto, a mesorregião de Campinas foi escolhida como a área para realizar a missão de campo.

O percurso estabelecido parte da Embrapa Meio Ambiente, localizada em Jaguariúna, SP, pois a Unidade fica posicionada em local privilegiado quanto ao acesso rodoviário e próxima às áreas com alvos agrícolas de interesse. O trabalho de campo é realizado uma vez por mês, e se dá ao longo da Rodovia SP-340, entre Mogi-Guaçu e Mococa, SP, em data sempre próxima às passagens do satélite Landsat 8.

O trecho da rodovia SP-340 que liga esses dois municípios, é praticamente uma linha reta na direção norte-sul, e fica localizado na área de sobreposição entre duas órbitas dos satélites Landsat (Figura 2). Essa particularidade permite que se obtenha o dobro das imagens dessa região, quando comparada com as regiões 'interiores' de cada imagem, pois os satélites da família Landsat passam sobre a mesma faixa de terreno (com 185 km de largura) a cada 16 dias e há uma pequena borda de sobreposição entre uma órbita e suas adjacentes (aproximadamente 40 km ao longo da órbita). Nesse caso específico, a região da estrada e de uma pequena faixa às suas margens é coberta pelas órbitas 219 e 220 do satélite, sempre no ponto 75. Com isso, passa-se das tradicionais 23 possíveis imagens anuais para 46 (aumento da resolução temporal), o que aumenta a probabilidade de obter imagens livres de nuvens.

A mesorregião de Campinas apresenta áreas significativas de cana-de-açúcar, feijão, girassol, mandioca, milho, soja, trigo, laranja, seringueira, eucalipto e pastagem. Ao todo foram escolhidos 55 talhões para serem monitorados, com os seguintes usos do solo: batata, soja, milho, girassol, trigo, mandioca, feijão, cana-de-açúcar, pastagem, feno (aveia ou tifton), manga, lichia, citros, eucalipto, pinus, seringueira, mata e solo preparado. Na escolha dos alvos a serem observados *in loco* foi dada preferência, quando possível, às áreas com dez hectares ou mais (> 100 pixels de 30x30 metros), de modo a permitir a obtenção de um número significativo de pixels 'puros', ou seja, aqueles com uma única e identificada cobertura, conforme recomendado por Luiz e Epiphanyo (2001). Em várias áreas estão instalados sistemas de irrigação do tipo pivô central.

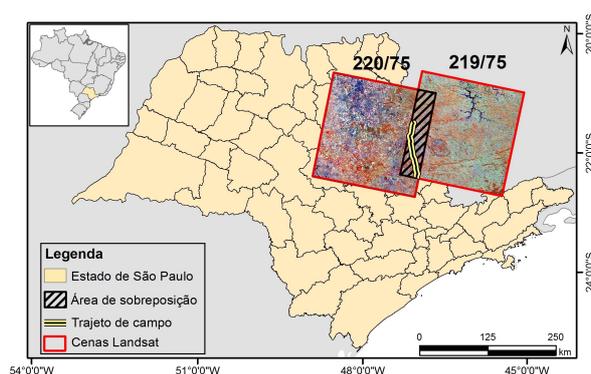


Figura 2. Localização do trajeto de campo dentro da área de sobreposição de duas cenas Landsat referentes às órbitas/ponto 220/75 e 219/75.

Até o momento foram realizadas quatro missões, de julho a outubro de 2014, e estão planejadas mais oito, até junho de 2015, o que completará um ano ou safra agrícola (01/07/2014 a 30/06/2015). A cada ida a campo, os 55 talhões escolhidos são visitados para a aquisição de fotos dos alvos e anotação da condição de cobertura dos mesmos (tipo de cultura, estágio vegetativo etc.). Em paralelo ao trabalho de campo, foram adquiridas todas as imagens Landsat-8/OLI WRS-II 219 e 220/75, no mesmo período. Para cada mês, os dados de campo são associados com as imagens de datas imediatamente anterior e posterior à data da missão. Para todos os alvos visíveis nas imagens (livres de nuvens), são armazenados os dados de todas as bandas para todos os pixels visíveis e identificáveis como pertencentes ao mesmo talhão ou gleba (polígono). É importante ressaltar que o fato de trabalhar com alvos espalhados no espaço aumenta a chance de visualização de alguns alvos, mesmo em imagens parcialmente ocupadas por nuvens, com consequente utilização da mesmas. Isso não seria possível se o objetivo fosse mapear completamente a área de estudo.

Em cada missão de campo a imagem Landsat 8 anterior mais recente, livre de nuvens na região estudada, é utilizada para o acompanhamento do trajeto on-line por meio do uso de um aparelho GPS conectado a um *laptop*.

Para cada polígono, ao final de um ciclo anual (safra), teremos disponível uma série de fotos mensais retratando a real aparência do terreno (com a descrição da fase fenológica, no caso de culturas agrícolas e coberturas vegetais) e os dados espectrais de todos os pixels visíveis, de todas as bandas. A expectativa é que, com uma dispersão relativamente grande dos alvos no espaço (um transecto de quase 100 km), aumente a probabilidade de se conseguir razoável quantidade de imagens visíveis de cada polígono ao longo do ano (Eberhardt et al., 2014; Luiz et al., 2014).

3. Resultados e Discussão

Com quatro idas ao campo já foi possível comprovar a existência de uma forte dinâmica agrícola na região estudada, a qual foi registrada em dez imagens Landsat 8 adquiridas ao longo desse período (de três meses se contarmos apenas o intervalo entre as idas ao campo), devido ao imageamento da área por duas órbitas (219 e 220) do satélite (Figura 2).

Ao observar um talhão plantado com trigo (Figura 3), fica clara a necessidade de se ter várias imagens ao longo do desenvolvimento de culturas anuais para poder acompanhar todas as fases fenológicas da planta e conseqüentemente toda a mudança espectral ocorrida. Além disso, até plantas perenes, como a seringueira, apresentam alterações rápidas em um curto espaço de tempo, como pode ser verificado na Figura 4, onde um talhão de seringueira que possuía plantas praticamente sem folhas (Figura 4b) passou para plantas com folhas exuberantes (Figura 4c) em menos de dois meses e, neste caso, em época de seca.

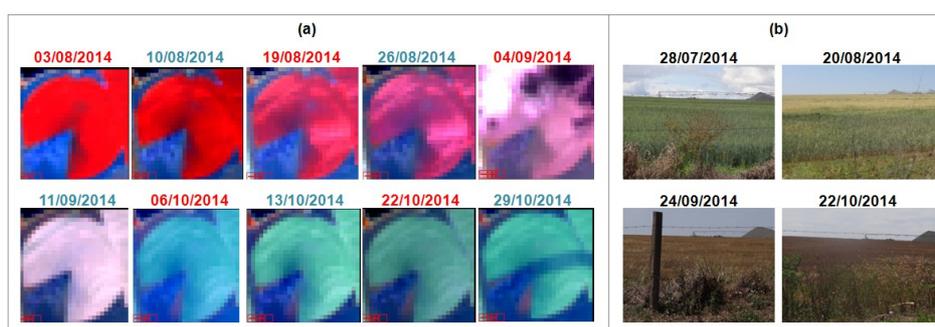


Figura 3. Talhão com trigo sob pivô de irrigação. (a) Recortes de imagens Landsat 8, das órbitas/ponto 219/75 (datas na cor vermelha) e 220/75 (datas na cor azul), na composição RGB 564 e (b) fotos do talhão tiradas nas missões de campo.

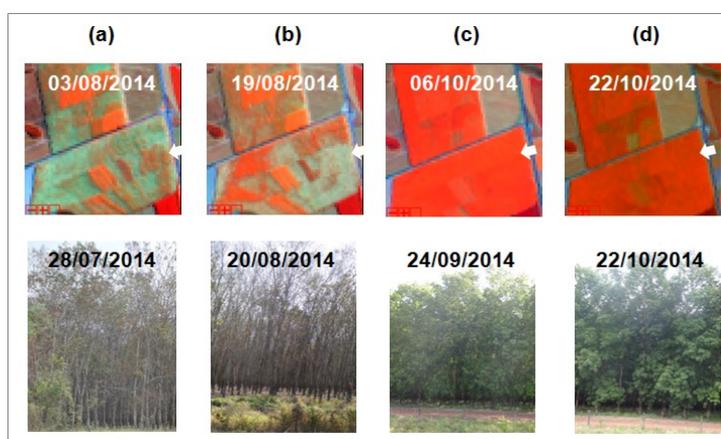


Figura 4. Talhão com seringueira. Recortes de imagens Landsat 8, da órbita/ponto 219/75, na composição RGB 564, nas datas mais próximas às quatro missões de campo realizadas. (a) As plantas estavam com poucas folhas, (b) plantas quase sem folha nenhuma, (c) e (d) plantas com folhas exuberantes. As setas brancas indicam o local de onde as fotos foram tiradas.

A intensificação agrícola, como a prática de rotação de culturas e os sistemas de irrigação, possibilita que em um mesmo talhão sejam exploradas diferentes espécies vegetais na mesma safra, uma seguida da outra. Isso pode ser observado na Figura 5, onde no primeiro campo (28/07/2014) o talhão era cultivado com batata; no segundo campo (20/08/2014) o talhão estava sendo colhido e ao mesmo tempo (mesmo dia) o solo estava sendo preparado; e no terceiro campo (24/09/2014) o talhão estava plantado com milho. Repara-se na Figura 5 que a batata e o milho, em pleno desenvolvimento vegetativo, apresentam comportamento espectral semelhante (tons de vermelho/laranja) nas imagens Landsat em composições coloridas RGB 654, os quais também se assemelham ao comportamento do feijão e trigo (Figura 6). Além disso, é interessante notar (Figura 5) que se não houvessem imagens disponíveis nos meses de agosto e setembro, perder-se-ia o período de colheita da batata e do plantio do milho, dando a falsa impressão que a cultura do talhão continuava em desenvolvimento. Portanto, isso reforça que a resolução temporal é crucial para o monitoramento da atividade agrícola.

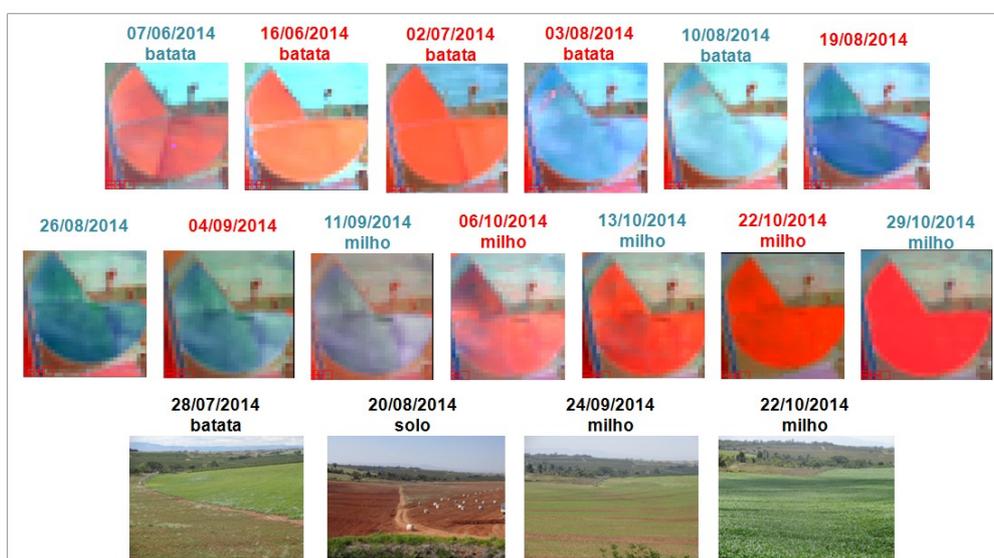


Figura 5. Talhão com rotação de culturas de batata seguida de milho sob pivô de irrigação: recortes de imagens Landsat 8, das órbitas/ponto 219/75 (datas na cor vermelha) e 220/75 (datas na cor azul), na composição RGB 564, e fotos do talhão tiradas nas missões de campo.

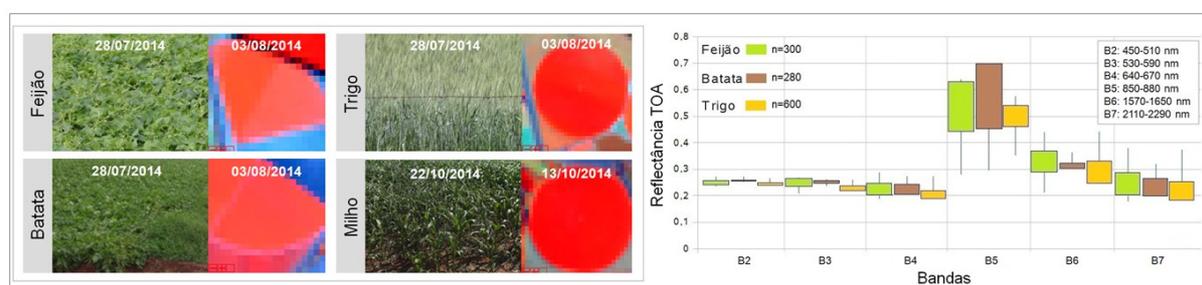


Figura 6. Recortes de imagens Landsat 8, na composição RGB 564, de talhões irrigados de quatro diferentes culturas e respectivas fotos. No gráfico à direita é apresentada a resposta espectral (reflectância no topo da atmosfera – TOA) dos talhões de batata, feijão e trigo, nas bandas (B2 a B7) do sensor OLI, órbita/ponto 219/75 de 03/08/2014. As linhas indicam os valores mínimos e máximos e as caixas as médias mais e menos um desvio padrão.

Como pode ser verificado na Figura 6, não há diferença entre os valores da resposta espectral dos pixels de áreas irrigadas com batata, feijão e trigo, quando em pleno

desenvolvimento vegetativo, obtidas em uma mesma data (03/08/2014), especialmente se forem considerados em conjunto (como um polígono ou objeto), que é a forma como ocorrem no campo.

Ao se completar a série anual será possível a realização de análises mais sofisticadas, com testes de regressão, correlação etc., que serão feitos para tentar descobrir se existem conjuntos mínimos de dados (bandas e épocas) que permitam a diferenciação entre alguns alvos.

Espera-se que a continuidade desse trabalho venha a produzir muita informação e conhecimento sobre as relações entre a resposta espectral e a real aparência de áreas agrícolas, que pode resultar não só em trabalhos publicados como em subsídio para novos projetos, dissertações e teses.

Este tipo de abordagem na aquisição de dados de campo para associação entre campo e imagens de sensores orbitais é inédito, especialmente para produtos do OLI. Alguns trabalhos enfocam apenas um determinado alvo ao longo do tempo ou do espaço, outros enfocam vários usos, mas em apenas uma área ou em um curto período, poucos abrangem áreas maiores e um maior grupo de alvos, mas, mesmos esses, geralmente abrangem apenas poucos dias e não permitem o acompanhamento das mudanças fenológicas, que só se completam no período de um ano. Dada a complexidade dos processos ambientais nas imagens de sensoriamento remoto, em especial quando tratamos de culturas agrícolas, os dados gerados pelo presente trabalho serão referência para a elaboração do método mais adequado para a construção de chaves de interpretação visual e de sistemas de classificação automáticos de alvos.

A experiência adquirida no projeto "Desenvolvimento e implementação de um sistema de monitoramento agrícola para o Brasil, via dados de satélites de observação da Terra" demonstra a necessidade desse tipo de estudo quando tratamos de sistemas de classificação de alvos agrícolas. Um dos pontos importantes a ser estudado nesse projeto é o impacto da presença de cobertura de nuvens para a produção de estimativas agrícolas. Esta presença de cobertura de nuvens é importante para a maioria dos usos visando monitoramentos ambientais quando se trata de imagens de sensores óticos passivos, tal qual os da série Landsat. Porém, para o monitoramento de culturas agrícolas anuais, sob cultivo irrigado ou de sequeiro, a disponibilidade de imagens livres de nuvens em curtos períodos (em geral as culturas têm ciclos de até cinco meses, com período visível nas imagens menor que isso) é muito limitada, ao ponto de impossibilitar a geração de mapas em escala Landsat para muitas safras (Sugawara et al., 2008; Eberhardt et al., 2014).

A alternativa a este problema é lançar mão de técnicas de amostragens aplicadas a imagens de sensoriamento remoto para estimar a área cultivada sem a necessidade de geração de um mapa para toda a região (Luiz, 2003). Ao adotar este tipo de abordagem para o processo de estimativa, é necessário classificar os pixels sorteados. Para tanto, pode ser adotada a interpretação visual de imagens na tela do computador. Inclusive, possibilitando o monitoramento de culturas agrícolas ao longo da safra, como por exemplo, a cada dois meses como ocorre no presente projeto. Porém, existe a necessidade de aclarar alguns aspectos do processo de interpretação de imagens para a classificação de pixels aleatorizados, tanto do ponto de vista das respostas espectrais dos alvos em diferentes fases de desenvolvimento, como para a duração temporal dos alvos visíveis nas imagens dos sensores remotos.

Assim, a possibilidade de coletar pontos periodicamente a campo, em uma região recoberta pela sobreposição de duas órbitas Landsat, poderá auxiliar o reconhecimento do padrão de permanência dos alvos agrícolas nas imagens Landsat/OLI. Este fato está relacionado diretamente à presença de cobertura de nuvens, uma vez que o desconhecimento do tempo de permanência dos alvos agrícolas visíveis nas imagens OLI, somado à presença periódica de nuvens ao longo da safra de cultivos de verão, acabam por ser inseridas incertezas no processo de identificação e classificação das culturas agrícolas, o que pode impactar a estimativa final (Eberhardt et al., 2014).

Em um trabalho semelhante (Li et al., 2014), também foi traçada uma rota a partir da qual mais de 10 mil fotografias georreferenciadas foram tomadas de alvos no solo. Entretanto, apesar de um percurso maior e de um número maior de pontos visitados e fotografados, o período de coleta de dados de campo foi restrito a pouco menos de um mês (25/02/2013 a 17/03/2013), enquanto o presente trabalho vai durar o tempo de um ano agrícola ou um ciclo fenológico/estacional completo (julho/2014 a junho/2015). Li et al. (2014) fizeram uma das primeiras comparações entre as imagens do sensor OLI com as do sensor ETM+. Os autores, ao contrário do que argumenta-se aqui, preferiram não usar as áreas de sobreposição na lateral das imagens, pois estavam mais interessados em comparar espectralmente as bandas dos dois sensores. Entretanto, argumentaram sobre a possibilidade de se obterem imagens a cada 8 dias ao se utilizarem os dois satélites Landsat 7 e 8, o que, segundo eles, garantiria o mapeamento de culturas agrícolas. Tanto pela presença de nuvens como pelos problemas do Landsat 7, preferimos afirmar apenas que a disponibilidade de imagens dos dois sensores, em especial nas áreas de sobreposição das órbitas, aumenta a chance de obtermos imagens livres de nuvens sobre uma boa amostra de alvos ao longo de uma safra anual, permitindo o monitoramento agrícola quase em tempo real, mas não o mapeamento.

Butson e Fernandes (2004) utilizaram áreas de sobreposição de órbitas paralelas do ETM+ para estudar os efeitos na estimativa do índice de área foliar (IAF) por meio de imagens de sensoriamento remoto. Entretanto, eles mesmos reconheceram que uma das deficiências do trabalho foi não terem sido obtidos dados de campo na mesma área e data das imagens analisadas. Além disso, assumiram a não alteração dos alvos entre as datas de passagens do satélite e sugeriram a realização de trabalhos futuros que considerassem as mudanças fenológicas dos alvos ao longo de períodos maiores de observação.

Pons et al. (2012), ao descrever o uso de imagens Landsat de uma região coberta por órbitas vizinhas, também ressaltaram que, dependendo da área (por causa da sobreposição de órbitas), das condições climáticas e do desempenho do sensor, o tempo de revisita pode variar de 8 a 16 dias, entretanto, essa afirmação foi feita antes do lançamento do Landsat 8. Embora os autores já previssem a possibilidade de melhora na disponibilidade de dados com a entrada em funcionamento do novo sensor OLI, eles direcionaram seus argumentos para a melhoria na resolução radiométrica (12 bits), na disponibilização de três bandas adicionais (azul profundo, *cirrus* e termal) e não discutiram a possibilidade de diminuir o tempo de revisita enquanto dispusessem de mais de um satélite da família Landsat em órbita.

Por fim, ficou confirmada a afirmação de Atzberger (2013), que indica a forte dependência da agricultura na disponibilização quase em tempo real das informações, pois segundo este autor, elas podem perder muito do seu valor se vierem tarde.

4. Conclusões

Após menos de quatro meses de coleta de dados já é possível fazer algumas constatações:

(a) a região escolhida apresenta dinâmica variada em termos de espécies cultivadas e tipos de usos, com áreas consideráveis dos principais produtos agrícolas do estado de São Paulo;

(b) a área de sobreposição de órbitas WRS-II permite a obtenção de um número maior de imagens (aumento da resolução temporal) que facilita a identificação de mudanças sutis nos alvos agrícolas;

(c) a experiência de acompanhamento periódico e sistemático sempre dos mesmos pontos aumenta em muito a compreensão pelos analistas do comportamento espectral associado às variações fenológicas e de manejo agrícola.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa e ao INPE pelo suporte operacional e ao Programa Ciência sem Fronteiras do CNPq/CAPES (projeto n° 402597/2012-5) pelo financiamento das viagens.

Referências Bibliográficas

- Atzberger, C. Advances in Remote Sensing of Agriculture: Context Description, Existing Operational Monitoring Systems and Major Information Needs. **Remote Sensing**, v. 5, n. 2, p. 949-981, 2013. doi:10.3390/rs5020949
- Butson, C. R.; Fernandes, R. A. A consistency analysis of surface reflectance and leaf area index retrieval from overlapping clear-sky Landsat ETM+ imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 89, n. 3, p. 369-380, 2004.
- Eberhardt, I. D. R.; Mello, M. P.; Rizzi, R.; Formaggio, A. R.; Atzberger, C.; Foschiera, W.; Schultz, B.; Luiz, A. J. B.; Trabaquini, K.; Goltz, E. Assessment of Suitable observation conditions for a monthly operational crop monitoring system based on satellite images. In: IEEE International Geoscience and Remote sensing Symposium (IGARSS), 2014, Quebec. **Proceedings...** Quebec: IEEE, 2014. no prelo.
- Forney, W. M.; Raunikaar, R. P.; Bernknopf, R. L.; Mishra, S. K. **An Economic Value of Remote-Sensing Information—Application to Agricultural Production and Maintaining Groundwater Quality**. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 2012. 60 p. (Professional Paper 1796).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA): banco de dados agregados**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01.set.2014.
- Li, P.; Jiang, L.; Feng, Z. Cross-Comparison of Vegetation Indices Derived from Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) Sensors. **Remote Sensing**, v. 6, n. 1, p. 310-329, 2014. doi:10.3390/rs6010310
- Luiz, A. J. B.; Eberhardt, I. D. R.; Schultz, B.; Formaggio, A. R. Visualização de dados de imagens de sensoriamento remoto. **Revista da Estatística UFOP**, v. 3, n. 2, p. 260-265, 2014. Edição dos trabalhos apresentados oralmente na 59ª Reunião Anual da Regional Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, Ouro Preto, 2014.
- Luiz, A. J. B.; Epiphany, J. C. N. Amostragem por pontos em imagens de sensoriamento remoto para estimativa de área plantada por município. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10. (SBSR), 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 111-118. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00016-1. (INPE-8312-PRE/4096). Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.13.10.55/doc/0111.118.116.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2014.
- Pons, X.; Cristóbal, J.; González, O.; Riverola, A.; Serra, P.; Cea, C.; Domingo, C.; Díaz, P.; Monterde, M.; Velasco, E. Ten Years of Local Water Resource Management: Integrating Satellite Remote Sensing and Geographical Information Systems. **European Journal of Remote Sensing**, v. 45; p. 317-332, 2012. doi:10.5721/EuJRS20124528
- Sugawara, L. M.; Rudorff, B. F. T.; Adami, M. Viabilidade de uso de imagens do Landsat em mapeamento de área cultivada com soja no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1777-1783, 2008.