

VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Alfredo José Barreto Luiz¹, Isaque Daniel Rocha Eberhardt², Bruno Schultz²,
Antonio Roberto Formaggio²

Resumo: *Geralmente, os dados de sensoriamento remoto são representados em imagens que reproduzem feições da superfície terrestre. Entretanto, imagens são compostas por dados quantitativos multivariados que podem ser trabalhados de diversas formas para produzir visualizações diferentes das reproduções pictóricas tradicionais. Dados que podem parecer sem valor, como das áreas cobertas por nuvens, podem revelar-se fonte de importante informação para o planejamento de trabalhos futuros. O Brasil tem grande importância na produção agrícola mundial e as culturas mais importantes no país são a soja, o milho e a cana-de-açúcar, que ocuparam 27,7, 15,9 e 8,7 milhões de hectares, respectivamente, na safra 2012/2013. Aproximadamente 40% desta produção se localiza em São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Imagens de satélite mostram potencial na estimativa de áreas ocupadas pela agricultura de larga escala. Entretanto, para que se possa obter imagens úteis é preciso que não haja nuvens, o que não é comum nos períodos chave dentro do calendário agrícola dessas culturas na região estudada. Obter imagens livres de nuvens ainda é um grande desafio para o monitoramento da agricultura em escala estadual ou nacional. Este trabalho objetivou demonstrar que o tratamento gráfico de dados oriundos de imagens de sensoriamento remoto pode produzir resultados úteis. Para tanto, foi analisada a frequência de imagens livres de nuvens sobre estados ou mesorregiões, ao longo dos meses, com base em uma série temporal de 2000 a 2013, a partir de dados obtidos pelo sensor MODIS e extraídos utilizando uma rotina do R.*

Palavras-chave: *processamento gráfico, rotina R, frequência, imagens de sensoriamento remoto.*

Abstract: *Our goal was to demonstrate that the graph data processing of remote sensing images can produce useful results. We analyzed the frequency of cloud free images over Brazilian states, using a time series from 2000 to 2013, extracted from the MODIS sensor data and using a routine R.*

Keywords: *graphics processing, routine R, frequency, remote sensing images.*

¹ Embrapa Meio Ambiente. e-mail: alfredo.luiz@embrapa.br

² DSR/OBT, INPE.

1 Introdução

Geralmente, se pensa na visualização de dados de sensoriamento remoto na forma de imagens que reproduzam de alguma forma as feições da superfície dos terrenos alvo de investigação. Entretanto, as imagens são compostas por dados quantitativos multivariados que podem ser investigados e trabalhados das mais diversas formas, produzindo visualizações diferentes das reproduções pictóricas tradicionais e permitindo a compreensão de novas facetas dos dados. Dados que podem inclusive parecerem sem valor para quem normalmente trata com imagens, como as áreas cobertas de nuvens, podem revelar-se fonte de importante informação para o planejamento de trabalhos futuros.

O Brasil tem uma grande importância na produção agrícola mundial. As mais importantes culturas agrícolas no país são a soja, o milho e a cana-de-açúcar, as quais ocuparam 27,7, 15,9 e 8,7 milhões de hectares, respectivamente, na safra 2012/2013 [1]. Aproximadamente 40% desta produção se localiza nos estados de: São Paulo (SP), Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) [1]. Imagens de satélites de observação da terra, como os da família Landsat, mostram potencial de uso na estimativa de áreas ocupadas por produtos agrícolas que ocupam grandes extensões de terreno [2, 3]. No entanto, é preciso que não haja nuvens para que se possa obter imagens úteis na identificação desses alvos agrícolas, o que não é comum nos períodos chave dentro do calendário agrícola dessas culturas em uma região de clima subtropical. A obtenção de imagens livres de nuvens faz com que o monitoramento da agricultura em escala estadual ou nacional seja ainda um grande desafio técnico e científico [3, 4, 5].

O objetivo deste trabalho foi demonstrar que o tratamento gráfico, mas não espacial, de dados oriundos de imagens obtidas por sensores a bordo de satélites, pode produzir resultados úteis para a compreensão dos fenômenos envolvidos e no planejamento de novos trabalhos. Para tanto, foi analisada a frequência de imagens livres de nuvens, do tipo Landsat, sobre estados ou mesorregiões, ao longo dos meses, com base em uma série temporal de 2000/2001 a 2012/2013, a partir de dados obtidos pelo sensor MODIS e extraídos utilizando uma rotina do R.

2 Material e métodos

A área de estudo envolveu quatro estados: SP, PR, SC e RS, divididos em suas 38 mesorregiões, conforme definidas pelo IBGE [6].

O produto chamado '*Cloud Mask*' obtido do programa EOS (Earth Observation System) e de dois arquivos (MOD35 e MOD03) do sensor MODIS são necessários para definir a presença de nuvens ao nível de cada pixel (de 1 por 1 km) [7]. O produto resultante tem a informação sobre nuvens, em cada pixel, registrada em quatro classes: nublado;

incerteza; provavelmente livre; e certamente livre [7]. Para este estudo foram adquiridas 15.321 imagens de cada produto MODIS necessárias para compor 4.748 imagens diárias sobre a região de interesse, de primeiro de julho de 2000 a 31 de junho de 2013 (13 safras agrícolas).

O primeiro passo no processamento dos dados foi extrair as imagens do formato HDF para o GEOTIFF usando a ferramenta de reprojeção do MODIS. Para isso foi utilizado o programa R [8], especialmente os pacotes *modisccloud* [9] e *raster* [10]. O segundo estágio de processamento consistiu da extração da informação binária sobre cobertura de nuvens das imagens, para o que foi usada a função *get_bitgrid_2bits* do pacote *modisccloud* [9]. Todas as imagens diárias com esses valores foram geradas pela confecção de um mosaico das imagens parciais disponíveis, usando a função *mosaic* do pacote *raster* [10]. Os valores foram então calculados por meio da função *aggregate* do pacote *raster* para gerar os valores de cada pixel entre quatro classes do produto MOD35. Isso foi feito em cada data em todas as mesorregiões dos quatro estados. As classes originais de cobertura de nuvens foram reagrupadas em apenas duas novas classes: céu claro (certamente livre) e nuvem (provavelmente livre + incerteza + nublado). Foi calculada a proporção de 'céu livre', tanto ao nível de estado como de mesorregião, diariamente. Usando os valores diários dos 13 anos agrícolas (de julho a junho) considerados, foram calculados os valores médios mensais e um valor médio geral de céu livre, por estado e por mesorregião. Em ambos os casos foram calculados os intervalos de confiança (CI), ao nível de 95% de significância. A análise dos dados em duas escalas espaciais, estado e mesorregião, permite analisar a eficiência do monitoramento agrícola no nível estadual e a existência de diferenças internas no nível das mesorregiões.

3 Resultados e discussões

A análise dos estados permite verificar que a média anual de imagens livres de nuvens é sempre inferior a 40% (Figura 1). Em geral a variância e os intervalos de confiança apresentaram valores semelhantes e baixos, de aproximadamente 1% no caso do IC, em todos os períodos e estados. É possível perceber uma sazonalidade maior na ocorrência de imagens livres de nuvens em SP, seguido do PR. Nesses estados, os meses de outubro a fevereiro, que coincidem com o período de maior desenvolvimento da soja e do milho, apresentam os menores valores de céu limpo, alguns bem abaixo da média anual, enquanto que nos meses de março a setembro a ocorrência de céu limpo é sempre superior à média. Isso mostra como é difícil o monitoramento de culturas anuais de verão nesses estados com base em imagens de sensoriamento remoto orbital, em especial usando técnicas de interpretação visual. Por outro lado, os estados de SC e RS apresentam-se com maior homogeneidade entre os meses, mas com média anual semelhante aos dois outros estados, resultando em ausência de meses com

valores altos na porcentagem de imagens livres de nuvens, o que também torna improvável a garantia de um mapeamento completo do estado usando imagens obtidas em um curto período de tempo, compatível com o ciclo das culturas anuais.

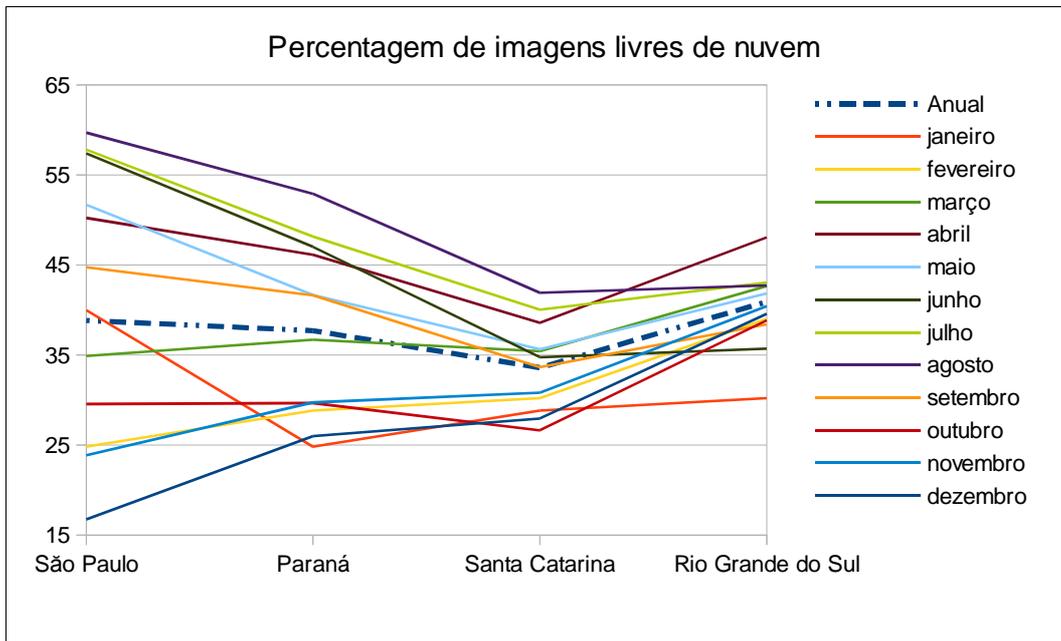


Figura 1. Média estadual, por mês e anual, da porcentagem de ocorrência de imagens com 'céu livre' em SP, PR, SC e RS, de 2000 a 2013.

Para verificar a existência de diferenças dentro de cada estado, foram analisadas as séries históricas das médias de céu livre de nuvens em cada mesorregião. Pode-se verificar um comportamento semelhante ao ocorrido na escala estadual, com as mesorregiões de SP e PR apresentando muito mais sazonalidade que as de SC e RS, com os períodos de céu limpo se concentrando entre abril e setembro (Figura 2).

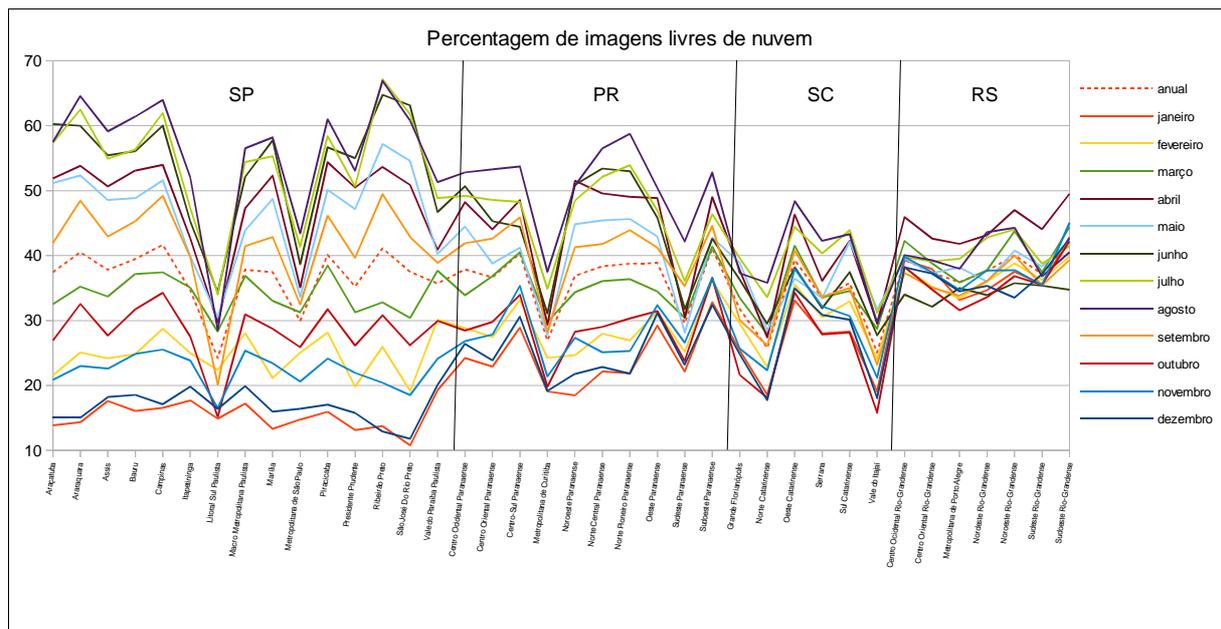


Figura 2. Média por mesorregião, por mês e anual, da porcentagem de ocorrência de imagens com 'céu livre' em SP, PR, SC e RS, de 2000 a 2013.

Estes meses são cruciais para se adquirir imagens que permitem o mapeamento da cana-de-açúcar, que é a principal cultura em área no estado de SP e importante no norte do estado do PR. Por outro lado, o mapeamento de culturas anuais de verão como soja e milho exigiriam imagens de janeiro a março, período de baixa percentagem de imagens com céu limpo [3, 4]. Em nível de mesorregião a análise gráfica demonstrou que para as regiões litorâneas a área de céu claro é mais similar ao longo do ano. Para SC e RS, a média dos valores de céu claro foram maiores que os disponíveis para PR e SP, contudo em nenhum momento superior a 55%. Os ICs para todos os Estados foram similares, com os valores máximos oscilando entre $\pm 4\%$ em relação à média. No período da safrinha (segunda safra para culturas de verão), que tem seu início ao redor dos meses de março para SP e PR, os valores de céu claro são maiores que o restante do ano, com um crescimento gradativo a partir de março até o mês de setembro. Desta forma crescem as possibilidades de identificar e estimar a área de culturas agrícolas que ocorram neste período, como no caso da cana-de-açúcar.

4 Conclusões

As análises realizadas demonstraram que para as culturas anuais de verão (por exemplo, soja e milho) e para o início da safrinha (março) os valores de céu claro (e consequentemente as possibilidades de identificar e mapear as culturas em toda superfície dos estados) é pequena. Esta condição praticamente impossibilita estimar a área das culturas anuais de verão por meio de métodos tradicionais utilizados em sensoriamento remoto, que em geral, é baseado em mapeamentos. Por outro lado, o monitoramento da cana-de-açúcar tem uma maior probabilidade de sucesso já que a cultura permanece por mais tempo no campo, por vários meses com os maiores valores de céu claro (entre abril e setembro). Em geral, por meio deste trabalho demonstramos que existe uma constante presença de cobertura de nuvens, que interfere fortemente para um processo de estimativa de área de cultivos agrícola por meio de métodos tradicionais usando imagens de satélites. Neste sentido, a adoção de amostragem probabilística aplicada a imagens de satélite torna-se uma alternativa importante visando estudos sobre grandes regiões [11]. Por fim, este tipo de análise de uma longa série temporal para diferentes escalas de estudo só foi possível para adoção de métricas estatísticas e a visualização dos resultados destas por meio de análise gráfica.

Referências

[1] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Junho, 2013. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201306.pdf>. Consultado em: 10 Jan. 2014.

- [2] Rizzi, R., Rudorff, B. F. T. Estimativa da área de soja no RS por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.57, p.226-234, 2005.
- [3] 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 PR. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.43, n.12, p.1777-1783, Dez. 2008.
- [4] Asner, G. P. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 22, no. 18, 3855–3862, 2001.
- [5] Wilson, A. M., Parmentier, B., Jetz, W. Systematic land cover bias in Collection 5 MODIS cloud mask and derived products — A global overview. **Remote Sensing of Environment**, n.141, p.149-154, 2014.
- [6] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas**. Rio de Janeiro, 1990. Disponível em:<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20%20RJ/DRB/Divisao%20regional_v01.pdf>. Consultado em: 12 Dez. 2013.
- [7] Ackerman, S., Frey, R., Strabala, K., Liu, Y. Gumley, L. Baum, B., Menzel, P. **Discriminating clear-sky from cloud with MODIS algorithm theoretical basis document (MOD35)**. Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, University of Wisconsin – Madison, V. 6.1, 2010.
- [8] R Development Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014.
- [9] Matzke, N. J. (2013). Modiscloud: An R Package for processing MODIS Level 2 Cloud Mask products. University of California, Berkeley, Berkeley, CA. **Ecology Letters**, 16 (3), 307-314. doi: 10.1111/ele.12039. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/web/packages/modiscloud/index.html>>. Consultado em: 10 Dez. 2013.
- [10] Hijmans, R. J. **Raster: Geographic data analysis and modeling**. R package version 2.1-49. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=raster>>. Consultado em: 10 Dez. 2013.