

# **Uso de imagens de satélites para detecção de queimadas nas áreas canavieiras de São Paulo**

Relatório parcial de atividades desenvolvidas entre agosto de 2019 e janeiro de 2020.

Orientação: Prof. Dr. Jurandir Zullo Jr. | Dra. Renata R. V. Gonçalves | Prof. Dr. Guilherme V. N. Ludwig

Aluno: Wesley Ricardo da Silva Satelis

## **1. Introdução**

A cultura da cana-de-açúcar possui função cada vez mais estratégica na economia do país devido ao interesse em conciliar as preocupações relacionadas ao meio ambiente e a utilização dos combustíveis fósseis, que considera o balanço do lançamento de carbono na atmosfera e seus efeitos no aquecimento global.

Com propósito de redução da emissão de gases de efeito estufa (GEEs) na atmosfera, vem ocorrendo a eliminação gradativa do emprego de fogo para despalha da cana-de-açúcar, nas lavouras do estado de São Paulo. A mecanização da colheita sem queima prévia evita a emissão de gases de efeito estufa e beneficia o solo, pois deixa sobre ele a palha que antes era queimada, protegendo-o contra erosão e contribuindo para o aumento da sua fertilidade e teor de matéria orgânica (Conab 2019).

O mapeamento e monitoramento das lavouras de cana-de-açúcar, com e sem a prática da queima da palha, torna-se importante para avaliar a eficácia do protocolo de intenções que a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA-SP) e a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA) assinaram, em junho de 2007.

Novaes et al. (2011) e Mello (2009) afirmam que técnicas de análise espacial com imagens de satélites são essenciais para o mapeamento e monitoramento da colheita da cana-de-açúcar com queima da palha. Rudorff et al. (2010) e Gonçalves et al. (2012a e 2012b) confirmaram que imagens de satélites são eficientes para auxiliar a avaliação de características importantes do cultivo da cana-de-açúcar, proporcionando resultados relevantes para o debate sobre a produção sustentável de etanol. (Adami et al. 2012), avaliando a precisão do mapeamento temático da cana-de-açúcar por meio de imagens de satélites, chegaram a estimativas precisas das áreas de cana-de-açúcar para fins de estatísticas agrícolas empregradas no monitoramento da expansão de cultura no país.

As áreas de plantio serão modeladas como séries temporais a cada hora espacialmente dependentes entre si, por um processo de média móvel (ARMA) (Morettin e Toloi 2006), incluindo um componente de pontos de mudança (Aminikhaghahi e Cook 2017). O interesse principal é identificar quantos pontos de mudança foram observados, em quais momentos e qual a mudança resultante.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo Geral**

O projeto tem, como objetivo geral, monitorar a colheita de cana-de-açúcar da safra 2019/2020, por meio de imagens do satélite GOES-16, quantificando as áreas colhidas com e sem queima.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos são: i) Analisar a variação dos valores do NDVI da cana-de-açúcar no estado de São Paulo no período de colheita da cultura; ii) Selecionar as áreas colhidas de cana-de-açúcar e verificar se houve ou não colheita por queima; iii) Quantificar a área colhida de cana-de-açúcar por queima e não queima.

## **3. Resumo de atividades**

### **3.1 Extração de dados**

Em 2018, com recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) adquiriu e instalou um sistema de recepção e processamento de imagens do satélite meteorológico GOES-16.

O sistema possui um software específico para o cálculo de índices a partir de diferentes faixas espectrais. Entretanto, buscando maior controle sobre a qualidade, os cálculos dos índices utilizados neste projeto foram feitos diretamente com códigos implementados na linguagem de computação estatística, R. Assim, optou-se por fazer uso do software do sistema apenas para recorte da área de interesse e seleção das faixas espectrais, minimizando o tamanho em disco e, consequentemente, tempo de processamento.

Foram geradas imagens de índices de vegetação e queimadas a fim de acompanhar a cultura de cana e avaliar áreas onde houve queima pré-colheita. Para acompanhar a cultura de cana foi usado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), definido por Rouse et al. (1974) e o Índice de Queima Normalizada (NBR) (García e Caselles 1991), para avaliação de áreas onde houve queima pré-colheita.

### **3.2 Redução de efeitos atmosféricos**

A técnica de Composição de Máximo Valor (MVC) (Holben 1986), minimiza contaminação por nuvens, ângulos de luz solar, efeitos de sombra, efeitos de aerosol e vapor de água e reduz refletância direcional. O procedimento avalia pixel por pixel de um conjunto de imagens em um período de tempo predeterminado, de forma que somente os pixels com maiores valores são mantidos. Por fim, tem-se somente uma imagem resultante da combinação de todas no intervalo de tempo escolhido.

Foi fixado um intervalo de tempo de uma hora, com uma imagem a cada 10 minutos o MVC retornará uma combinação de seis imagens. A Figura 1 mostra o comparativo entre uma imagem recebida entre 15:00 e 16:00 UTC e o resultado do procedimento por MVC do mesmo intervalo de tempo.

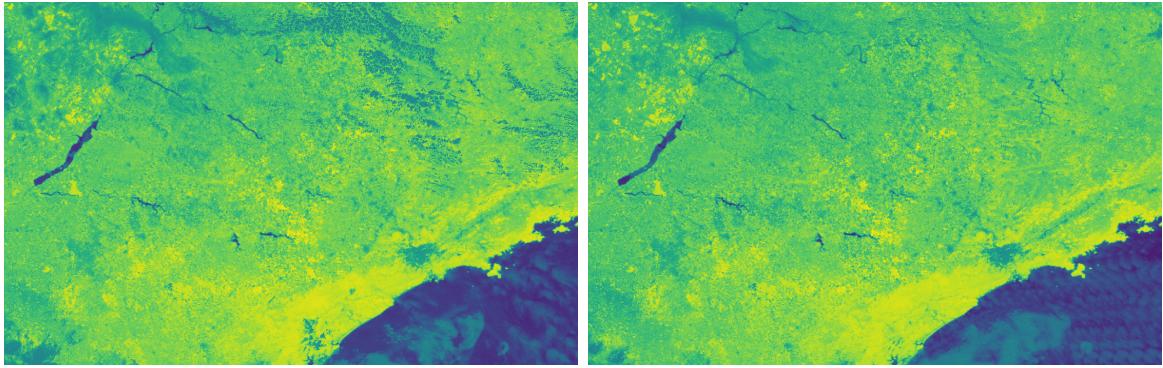


Figura 1: À esquerda, imagem com contaminação por nuvens e à direita resultado por MVC.

### 3.3 Áreas de interesse

Com mais de 13 mil culturas canavieiras espalhadas pelo território do estado de São Paulo, optou-se por selecionar 200 aleatoriamente, reduzindo drasticamente o volume dos dados e otimizando o tempo de análise. Os pontos sorteados estão representados da Figura 2.

Os dados são provenientes de um estudo feito por Aguiar et al. (2011) no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

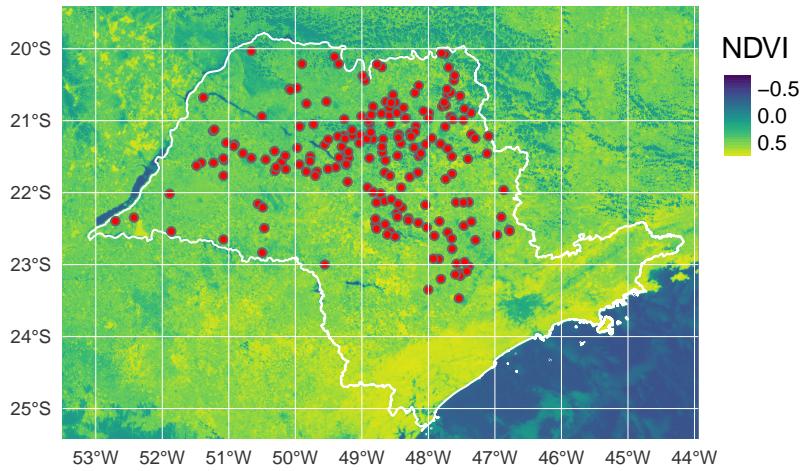


Figura 2: Localizações de plantios de cana-de-açúcar em São Paulo.

### 3.4 Análise estatística

A Figura 3 mostra um recorte de  $16 \text{ km}^2$  ao redor de um dos pontos de plantio. Os pixels presentes no recorte estão sendo modelados como séries temporais individuais espacialmente dependentes entre si, denotadas por  $\{Y_{i,t}\}$  em que  $t$  corresponde à  $t$ -ésima hora de medição após um tempo inicial  $t_0$  e  $i$  a um dos pixels do recorte.

Seja  $\{Y_{1,t}\}$  a série correspondente ao primeiro pixel, um ponto de mudança ocorre quando existe um tempo  $t_\tau \in \{0, \dots, t-1\}$  em que as propriedades estatísticas de  $\{y_{1,0}, \dots, y_{1,\tau}\}$  e  $\{y_{1,\tau+1}, \dots, y_{1,t}\}$  se diferem de alguma forma (Killick, Fearnhead, e Eckley 2012).

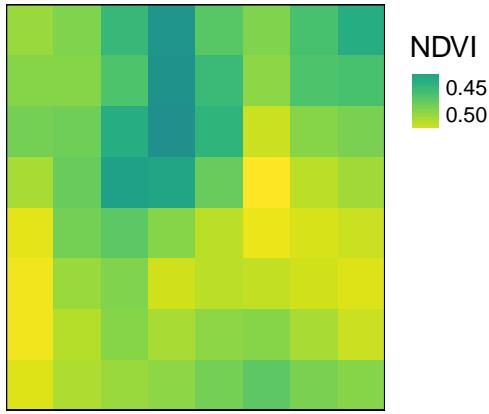


Figura 3: Recorte de uma plantação de cana-de-açúcar em São Paulo.

O objetivo da modelagem é separar e identificar os efeitos da variabilidade de diversos componentes, inclusive o efeito da auto-correlação das séries. Entretanto, o interesse principal é identificar quantos pontos de mudança foram observados no histórico ( $m$ ), em quais momentos ( $t_1, t_2, \dots, t_m$ ) e qual a mudança resultante ( $\alpha_1, \dots, \alpha_m$ ).

Estão sendo utilizadas ferramentas computacionais disponíveis para análise de pontos de mudança individuais, sob perspectivas Bayesianas (Killick e Eckley 2014).

### 3.5 Cronograma de atividades

A Tabela 1 apresenta o cronograma das atividades sendo desenvolvidas no período de vigência do projeto, de 01 de agosto de 2019 a 31 de julho de 2020.

Tabela 1: Cronograma de atividades previstas

Etapa	Meses											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	✓	✓	✓							x	x	x
2	✓	✓							x	x		
3	✓	✓	✓									
4				✓	✓	✓	✓					
5							✓					
6						x	x	x	x	x		
7									x	x		
8										x	x	

As etapas referentes ao desenvolvimento do projeto encontram-se a seguir:

1. Revisão bibliográfica
2. Coleta de dados de cana-de-açúcar colhida (máquina e queima)
3. Coleta de imagens da época de colheita de cana-de-açúcar

4. Processamento de imagens de vegetação e incêndio
5. Relatório parcial de atividades
6. Análise estatística dos dados adquiridos nos itens anteriores
7. Elaboração de artigo para o XXVII Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP
8. Relatório final de atividades

A etapa de coleta de imagens demandou tempo de treinamento para operação do software do sistema de recepção e processamento, utilizado para recorte e seleção de bandas espectrais.

O processamento dos dados foi feito utilizando a linguagem de computação estatística, R. Sem conhecimento prévio em manipulação de dados espaciais, foi necessário um tempo para aprendizado e exploração dos dados recebidos.

Na Tabela 1 estão discriminadas as atividades já concluídas e as ainda a serem executadas, com ✓ e x respectivamente. Sendo assim, o projeto está sendo desenvolvido conforme o cronograma.

#### **4. Produção científica**

Os códigos implementados até aqui estão disponíveis em <https://github.com/wesleysatelis/GOES-16-image-analysis-for-biomass-burning-detection>, estes são públicos e podem ser modificados de acordo com as necessidades específicas de cada um.

## Referências

- Adami, M., M. P. Mello, D. A. Aguiar, B. F. T. Rudorff, e A. F. Souza. 2012. “A web platform development to perform thematic accuracy assessment of sugarcane mapping in South-Central Brazil”. *Remote Sensing* 4 (10). Molecular Diversity Preservation International: 3201–14.
- Aguiar, D. A., B. F. T. Rudorff, W. F. Silva, M. Adami, e M. P. Mello. 2011. “Remote sensing images in support of environmental protocol: Monitoring the sugarcane harvest in São Paulo State, Brazil”. *Remote Sensing* 3 (12). Molecular Diversity Preservation International: 2682–2703.
- Aminikhanghahi, S., e D. J. Cook. 2017. “A survey of methods for time series change point detection”. *Knowledge and information systems* 51 (2). Springer: 339–67.
- Conab. 2019. “Cana-de-açúcar: Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar – Safra 2018/19 - Terceiro levantamento”. [www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana](http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana).
- García, M. J. L., e V. Caselles. 1991. “Mapping burns and natural reforestation using Thematic Mapper data”. *Geocarto International* 6 (1). Taylor & Francis: 31–37.
- Gonçalves, R. R. V., J. Zullo, P. P. Coltri, A. M. H. Avila, B. F. Amaral, E. B. M. de Sousa, e L. A. S. Romani. 2012. “Relação entre o índice EVI e dados de precipitação nas áreas de plantio de cana-de-açúcar na região central do Brasil.” 4º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal - Geopantanal, Bonito, MS.: 2012b, Anais - Geopantanal.
- Gonçalves, R. R. V., J. Zullo, P. P. Coltri, e L. A. S. Romani. 2012. “Evi’s estimation to improve the monitoring of sugarcane using TRMM satellite data”. In *2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 6609–12. 2012a, IEEE.
- Holben, B. N. 1986. “Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data”. *International journal of remote sensing* 7 (11). Taylor & Francis: 1417–34.
- Killick, R, e I Eckley. 2014. “changepoint: An R package for changepoint analysis”. *Journal of statistical software* 58 (3): 1–19.
- Killick, R., P. Fearnhead, e I. A. Eckley. 2012. “Optimal detection of changepoints with a linear computational cost”. *Journal of the American Statistical Association* 107 (500). Taylor & Francis: 1590–8.
- Mello, M. P. 2009. “Classificação espectro-temporal de imagens orbitais para o mapeamento da colheita da cana-de-açúcar com queima da palha”. Tese de doutorado, São José dos Campos, INPE.: MS dissertation, Nat. Inst. Space Res., São José dos Campos, Brazil; Anais - SBSR.
- Morettin, P. A., e C. M. Toloi. 2006. “Análise de séries temporais”. *ABE-Projeto Fisher, Editora Edgar Blücher*. Blucher.
- Novaes, M. R. de, B. F. T. Rudorff, C. M. de Almeida, e D. A. de Aguiar. 2011. “Análise espacial da redução da queima na colheita da cana-de-açúcar: perspectivas futuras ao cumprimento do protocolo agroambiental.” 31 (3).
- Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell, e D. W. Deering. 1974. “Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS”. *NASA special publication* 351: 309.
- Rudorff, B. F. T., D. A. de Aguiar, W. F. Silva, L. M. Sugawara, M. Adami, e M. A. Moreira. 2010. “Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo

State (Brazil) using Landsat data". *Remote sensing* 2 (4). Molecular Diversity Preservation International: 1057–76.