

SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE AMBIENTAL: o emprego do fogo em canaviais no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG (2015)

Bruna Aparecida Silva Dias¹, Jussara dos Santos Rosendo²

¹Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rua Vinte, n.1600, Tupã, Ituiutaba-MG. brunadiasgeo@gmail.com, jussara.rosendo@ufu.br^{1 2}

RESUMO

Com mais de 900 mil ha cultivados em Minas Gerais, a cana-de-açúcar é o quarto maior produto agrícola do estado. Dada a sua importância nacional e internacional, o setor sucroenergético do estado precisou adaptar-se às exigências do mercado em relação a questão ambiental, uma delas foi a eliminação gradativa do uso do fogo na pré-queima em locais onde a declividade é inferior a 12%. O presente trabalho teve como principal objetivo identificar as queimadas, e analisar sua relação com a declividade do relevo, nos canaviais da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG no ano 2015. A metodologia da pesquisa baseou-se no mapeamento do sistema de manejo da colheita da cana-de-açúcar utilizando imagens de satélite multitemporais e dados SRTM. Os resultados demonstraram que dos 51.317 ha de cana-de-açúcar queimados na área de estudos, 49.140,4 ha estão em declividade abaixo de 12% e somente 3.187,5 ha encontram-se situados em declividades acima de 12%, contrariando o disposto pela legislação estadual mineira.

Palavras-chave — *cana-de-açúcar, queimadas, sensoriamento remoto, declividade.*

ABSTRACT

With more than 900 thousand ha cultivated in Minas Gerais, sugarcane is the fourth largest agricultural product in the state. Given its national and international importance, the state's sugar-energy sector had to adapt to the market's environmental demands, one of which was the gradual elimination of pre-firing fire use in places where the slope is below 12%. The main objective of this study was to identify fires and to analyze their relationship with the slope of the relief in the sugarcane plantations of the Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba-MG meso-regions in the year 2015. The research methodology was based on the mapping of the management system of the sugarcane harvest using multitemporal satellite images and SRTM data. The results showed that of the 51,317 ha of sugarcane burned in the study area, 49,140.4 ha are in declivity below 12% and only 3,187.5 ha are located in slopes above 12%, contrary to the provisions by state mining legislation.

Key words — *sugarcane, burned, remote sensing, slope.*

1. INTRODUÇÃO

Com a modernização agrícola o território nacional tem passado por transformações no setor, inclusive a expansão

das áreas de produção. A cana-de-açúcar como cultura de grande potencial (etanol, energia, açúcar, dentre outros) e o Brasil com características edafoclimáticas favoráveis a produção, eleva-o para o primeiro lugar na produção mundial de cana-de-açúcar (641 milhões toneladas- Safra 2017/2018), maior produtor e exportador de açúcar (38,6 milhões de toneladas produzidas 27,8 milhões de toneladas exportadas) e segundo maior produtor mundial de etanol (27,9 bilhões de litros), dados da safra 2007-2008 [1].

O pioneirismo do país no sistema industrial de produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar, o êxito do Proalcool, os subsídios financeiros e fiscais do governo e as políticas públicas foram os principais elementos responsáveis pela liderança em relação aos demais países [2].

Em contraposição, o país que tradicionalmente empregava o uso do fogo no sistema de colheita manual passou por expressivas mudanças nas últimas décadas, de modo a atender as exigências nacionais e internacionais ligadas a sustentabilidade ambiental na produção sucroenergética, assim busca-se 100% do emprego da máquina e a eliminação total da queima, visando contribuir na redução de emissões de gases causadores do efeito estufa.

Em Minas Gerais a Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), nº133 de 2009, regulamenta a queimada de cana-de-açúcar para fins de colheita, de modo que esta prática deveria ter sido eliminada em 2014 em relevo com declividade inferior a 12% [3]. Diante do exposto, o sensoriamento remoto pode contribuir significativamente na identificação, observação, análise e monitoramento das áreas ocupadas com cana-de-açúcar, vislumbrando a averiguação e/ou comprovação das exigências ambientais.

Dias (2017) identificou os sistemas de colheita da cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (TMAP) em 2015, de acordo com o estudo, dos 718.065 ha de cana-de-açúcar cultivados na mesorregião 516.251 ha (71,9%) foram colhidos sem o uso do fogo, 51.317 ha (7,1%) com o uso do fogo, e os 150.497 ha (21%) restantes foram identificados como cana bisada, ou seja, aquelas áreas que por algum motivo (climáticos ou mercado) não foram colhidas [4].

Nesse contexto, o principal objetivo da pesquisa foi identificar as queimadas, e analisar sua relação com a declividade do relevo, nos canaviais da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG no ano 2015.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Minas Gerais é o segundo maior produtor nacional de cana-de-açúcar, e de 2003 a 2013 teve sua área mapeada pelo projeto CANASAT por meio das imagens de sensoriamento, no entanto, apenas o estado de São Paulo com dados adicionais do sistema de colheita em razão do protocolo "Etanol Verde" [5]. Portanto, devido a representatividade de Minas Gerais, tem-se a necessidade da continuidade do mapeamento e do monitoramento da colheita, uma vez que o prazo para eliminação da prática da queima terminou em 2014.

O TMAP é a maior mesorregião produtora de cana do estado, situada no oeste de Minas Gerais (Figura 1), predominantemente no Bioma Cerrado, possui área total de 9.054.005 ha, dos quais 718.065 ha estavam ocupados pela cana em 2015 [6, 4]. Divide-se em 7 microrregiões (Ituiutaba, Araxá, Frutal, Uberaba, Uberlândia, Patos de Minas e Patrocínio), das quais as cinco primeiras cultivam expressivamente a cana-de-açúcar, e nas duas últimas o cultivo é quase inexistente devido a fatores edafoclimáticos.



Figura 1. Localização do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Dados vetoriais (limites municipais) obtidos a partir do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm);

- Mapeamento do sistema de colheita da cana-de-açúcar com uso do fogo (ano base 2015), realizado por meio de classificação automática e visual, por meio de imagens multitemporais Landsat-like, disponibilizado por Dias (2017);

- Imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 1" (arcos de segundo, ou seja, 30 metros) adquiridas pelo site da USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) para obter dados de declividade [7];

- *Software* QGIS 2.18.

Para identificar a declividade das áreas de cana-de-açúcar que empregaram o uso do fogo na pré-queima, tomou-

se como base a Deliberação Normativa COPAM nº 133 de abril de 2009. Portanto, realizou-se o *download* das imagens SRTM que recobrem a mesorregião, ao todo 20 imagens foram necessárias.

De posse dos dados SRTM, no *software* QGIS 2.18 foi gerado o mosaico das imagens e posteriormente o recorte da área com o *shapefile* da mesorregião adquirida no site do IBGE. Por meio da ferramenta *Slope*, contida na biblioteca GDAL, a declividade foi obtida em porcentagem do *raster*. Com o algoritmo do GRASS denominado *r.reclass* inseriu-se o *raster* da declividade e o arquivo *txt* contendo as classes adotadas pela Embrapa [8], como demonstra a Tabela 1.

Declividade (%)	Discriminação
0-3	Relevo Plano
3-8	Relevo Suavemente Ondulado
8-12	Relevo Ondulado*
12-20	Relevo Ondulado
20-45	Relevo Fortemente Ondulado
45-75	Relevo Montanhoso
>75	Relevo Fortemente Montanhoso

Tabela 1. Classes de declividade Embrapa (2007)

Org. e adaptação: DIAS, B. A. (2018)

*Classe subdividida para atender o critério da Deliberação Normativa COPAM nº133.

A partir do mapa disponibilizado por Dias [4] contendo os talhões de cana que empregaram o uso do fogo, criaram-se pontos centrais em cada talhão com a ferramenta Centroides, no qual todos os atributos da camada de cana-de-açúcar mantiveram-se na camada de pontos, sendo atribuídas coordenadas nesses pontos a fim de identificá-los na etapa da união dos dados. Com os pontos georreferenciados, utilizou-se o *plugin Point Sampling Tool* para capturar as classes de declividade para cada um desses pontos. O resultado considerou os pontos dos talhões contendo os atributos das classes de declividade e os da cana-de-açúcar. Por fim, uniuse a camada com os talhões de cana à camada pontos, por meio da ferramenta União contida nas propriedades da camada de talhões de cana, cujo atributo para união foram as coordenadas, resultando em talhões de cana-de-açúcar com sua respectiva classe de declividade.

3. RESULTADOS

A Figura 3 mostra as áreas mecanizáveis (com declividade abaixo de 12%) e as áreas não mecanizáveis (declividade acima de 12%) onde a cana-de-açúcar foi queimada no TMAP. Observa-se que o centro sul e o noroeste da mesorregião concentram a maior parte da cana-de-açúcar queimada, além disso, verifica-se que os municípios de Conceição das Alagoas, Frutal e Uberaba apresentaram as maiores estimativas de áreas queimadas considerando as duas classes de mecanização (Figura 2 e Tabela 2).

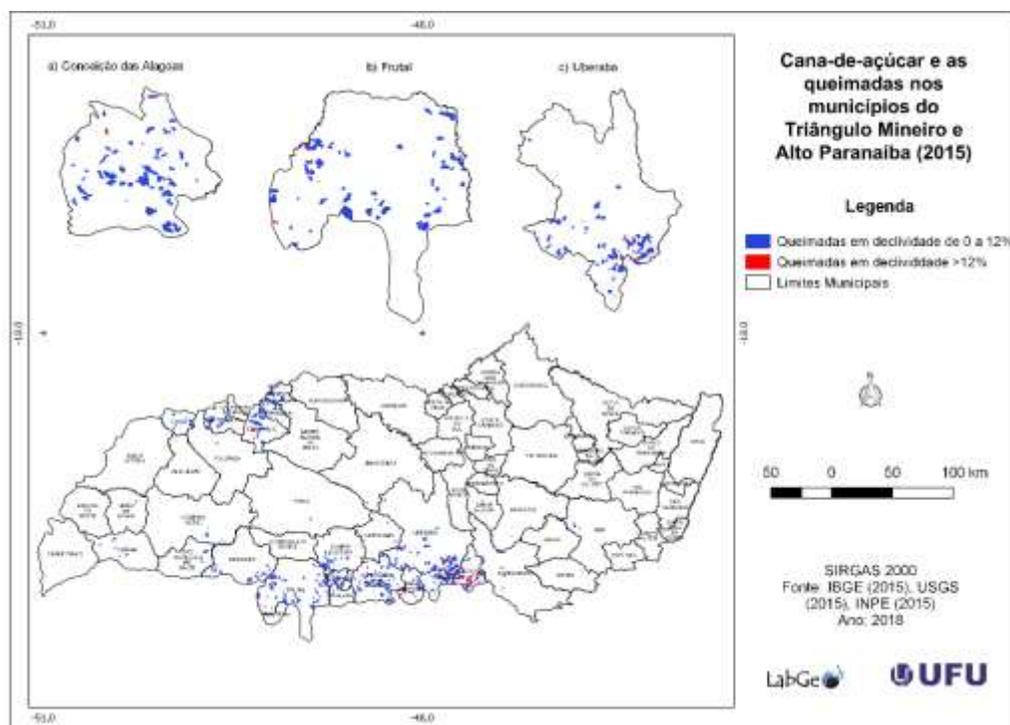


Figura 2. A cana-de-açúcar e as queimadas nos municípios do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (2015) Destaque para os maiores produtores de cana e o emprego do fogo: a) Conceição das Alagoas, b) Frutal e c) Uberaba.

Org.: as autoras

Os resultados da pesquisa permitiram indentificar que um total de 51.317 ha de cana-de-açúcar foram queimados nos municípios do TMAP (Tabela 2). Desse total, o emprego do fogo em áreas com até 12% de declividade, ou seja, apropriadas à mecanização, ocuparam 48.127 ha (93,8%). Somente 3.190 ha (6,2%) queimados localizaram-se em áreas com declividade superiores a 12%, justificando a utilização do fogo em razão das dificuldades técnicas de mecanização. Um dado alarmante é constatado quando se verifica que dos municípios que fizeram uso do fogo, nenhum deles possui maior extensão de área queimada em declividades superiores a 12%, de modo que todos apresentaram queimadas em áreas com aptidão à mecanização.

Municípios produtores de cana-de-açúcar que empregaram fogo no TMAP	Área (ha) queimada em declividade de 0 a 12%	Área (ha) queimada em declividade >12%	Área (ha) Total
Água Comprida	1.631	399	2.030
Araporã	1.884	118	2.002
Campina Verde	505	0	505
Campo Florido	1.311	22	1.333
Canápolis	3.977	247	4.224
Capinópolis	2.398	0	2.398
Centralina	1211	0	1211
Conceição das Alagoas	5504	85	5589

Conquista	2675	1252	3927
Delta	1390	39	1429
Frutal	7036	140	7176
Ibiá	171	35	206
Ipiacçu	1191	0	1191
Itapagipe	2047	57	2104
Ituiutaba	67	0	67
Iturama	534	0	534
Monte Alegre	95	0	95
Perdizes	474	73	547
Pirajuba	3039	212	3251
Planura	366	0	366
Prata	116	0	116
Sacramento	677	33	710
Santa Juliana	40	0	40
São Francisco de Sales	670	0	670
Uberaba	8790	478	9268
Uberlândia	57	0	57
União de Minas	79	0	79
Veríssimo	192	0	192
Total	48127	3190	51317

Tabela 2. Área (ha) queimada nos municípios produtores de cana-de-açúcar, no TMAP, conforme as classes de declividade de 0 a 12% e >12%.

Org.: as autoras

4. DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho demonstraram a importância do monitoramento da cana-de-açúcar nas áreas produtoras, principalmente quando se analisa o sistema de manejo da colheita com e sem o emprego do fogo. Com base na legislação estadual de Minas Gerais (COPAM, 2009), as queimadas nos canaviais deveriam ter sido encerradas até

2014, o que não aconteceu. Chaves (2011) mencionou que a utilização das queimadas está associada, principalmente, a questão econômica, tendo em vista a eliminação de pragas e a facilidade de extração do sumo na fábrica [9]. Conforme Jendiroba (2007), esperando melhores rendimentos da produção, ateiam o fogo nos canaviais na pré-queima, e posteriormente, dadas as condições favoráveis, introduzem o maquinário para colheita [10]. Esse procedimento foi verificado durante trabalho de campo para validação do mapeamento na área de pesquisa no ano 2015 (Figura 3).



Figura 3. Colheita mecanizada em áreas onde ocorreram a queimada do canavial (Uberaba-MG)

Autora: Rosendo, J. S. (setembro de 2015)

Dos 66 municípios que compõem a mesorregião do TMAP, 44 são produtores de cana-de-açúcar (IBGE, 2016), 28 deles apresentaram queimadas nos canaviais em áreas planas com declividade até 12%. Observa-se a maior produção em Uberaba e conseqüentemente a maior área com uso do fogo.

Outros estudos como de Aguiar et al (2011) apontaram que em cinco anos após a assinatura do Protocolo Ambiental de São Paulo nenhuma redução significativa foi observada em relação ao uso do fogo em seus canaviais [11]. Isso pode demonstrar que apesar do aumento na produção de cana-de-açúcar, a mudança no sistema de colheita sem o uso do fogo não ocorre rapidamente, demandando maior tempo para adaptação e avanços tecnológicos para realizar a colheita em áreas de maior declividade cujo plantio também pode ser feito.

O fato é, que apenas a lei não é suficiente para eliminar a queima, é necessário o trabalho efetivo do poder público. E o sensoriamento remoto junto a validação dos dados em campo são ferramentas essenciais nos estudos ambientais relacionados ao monitoramento agrícola.

5. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o monitoramento da cana-de-açúcar é essencial para averiguar o cumprimento da legislação, e, com o fim do prazo estipulado na Deliberação Normativa do COPAM (2009) percebe-se o uso do fogo nos canaviais no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

A metodologia permitiu atingir o objetivo esperado do trabalho, demonstrando que 93,8% das áreas de cana-de-açúcar identificadas com uso do fogo estão em áreas propícias a mecanização, enquanto que apenas 6,2% estão em áreas cujo relevo dificulta a mecanização.

A utilização de imagens de sensoriamento remoto são fundamentais para otimizar o tempo e o dinheiro gasto com a coleta de informações por terra, além de serem mais viáveis em relação a qualidade e tempo de aquisição, tornando-se uma ferramenta favorável à gestão, monitoramento, planejamento e fiscalização pública.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à FAPEMIG pelo financiamento do projeto de pesquisa da orientadora e à FAPEMIG pela concessão da bolsa de mestrado (FAPEMIG-12905).

7. REFERÊNCIAS

- [1] União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA). Fotografia do setor sucroenergético no Brasil e os benefícios econômicos, ambientais e sociais gerados. 2018. Disponível em: <www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=35831777>. Acesso em: 13 jun. 2018.
- [2] Guimarães, L.S.P. Dinâmica espacial da cana-de-açúcar no Brasil contemporâneo. 17p. 2007.
- [3] Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação normativa COPAM nº 133, de 15 de abril de 2009. Regulamenta a prática da queima de cana-de-açúcar para fins de colheita, e dá outras providências.
- [4] Dias, B. A. S. Mapeamento do modo de colheita da cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG no ano de 2015 utilizando imagens multitemporais. 2017. 66p. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2017.
- [5] Rudorff, B. F. T.; Aguiar, D. A.; Silva, W. F.; Sugawara, L. M.; Adami, M.; Moreira, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. Remote Sensing. 2010; 2(4):1057-1076. doi: <10.3390/rs2041057>.
- [6] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Informações sobre a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.
- [7] United States Geological Survey (USGS). Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global. 2015.
- [8] EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual Técnico de Pedologia. 2.ed. Rio de Janeiro, 2007.
- [9] Chaves, V. R. Queima da cana de açúcar: efeitos e conseqüências. 2011. 14p. Trabalho de Conclusão de curso (Especialização em Educação). Universidade Federal do Paraná, Matinhos. 2011.
- [10] Jendiroba, E. A expansão da cana-de-açúcar e as questões ambientais. In: Segato et al., (Org). Expansão e renovação de canavial. Piracicaba, 2007. p.37-52.
- [11] Aguiar, D.A.; Rudorff, B. F. T.; Silva, W. F.; Adami, M; Mello, M. P. Remote Sensing Images in Support of Environmental Protocol: Monitoring the Sugarcane Harvest in São Paulo State, Brazil, Remote Sensing, v.3, n.12, p. 2682-2703, 2011.