

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTIMATIVA DA ÁREA PLANTADA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

Data de submissão: 05/10/2023

Data de aceite: 01/12/2023

Antônio Ivo Gomes Barbosa

Universidade Federal Fluminense – UFF,
Brasil
<http://orcid.org/0000-0003-1854-3487>

José Carlos Mendonça

Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Brasil
<http://orcid.org/0000-0001-9894-9369>

Cláudio Henrique Reis

Universidade Federal Fluminense – UFF,
Brasil
<http://orcid.org/0000-0001-8597-3642>

RESUMO: O Brasil é um dos maiores países produtores de açúcar e álcool do mundo. É de extrema importância que seja feita minuciosa análise que execute um planejamento de acordo com a estimativa da produção de cana com base na área plantada para que possa ser estimada a produtividade agrícola daquela porção delimitada. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo fazer uma estimativa da área plantada de cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes – RJ utilizando o Sensoriamento Remoto como ferramenta de análise. A metodologia consistiu no uso das imagens

do Satélite LANDSAT-8 referentes ao ano-safra 2017/2018 processadas no software livre Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) versão 5.5.5. As ferramentas que possibilitaram a culminância do resultado final foram: interpretações visuais para delimitação das áreas de plantio da cana-de-açúcar e identificação das áreas onde seja permitido efetuar a queima da cana-de-açúcar em sua colheita, utilizando para isto a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) em consonância com o uso dos modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA. Os resultados apontaram uma área plantada de cana-de-açúcar de 25.238,34 hectares no referido município, dentre as quais apresentam declividade superior a 12% de 742,14 ha (ASTER), 242,29 ha (SRTM) e 3.159,65 ha (TOPODATA). As conclusões apontaram para divergências entre valores levantados no presente projeto de pesquisa e os calculados pelos Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) para o referido ano-safra.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologia; Sistema de Informações Geográficas; Processamento Digital de Imagens;

ABSTRACT: Brazil is one of the largest sugar and alcohol producing countries in the world. It is of utmost importance that a thorough analysis be carried out to carry out a planning according to the estimate of cane production based on the planted area so that the agricultural productivity of that delimited portion can be estimated. In this context, the present work aims to estimate the area planted with sugarcane in the municipality of Campos dos Goytacazes - RJ using Remote Sensing as an analysis tool. The methodology consisted in the use of LANDSAT-8 Satellite images for the 2017/2018 crop year processed in the free software Georeferenced Information Processing System (SPRING) version 5.5.5. The tools that enabled the culmination of the final result were: digital classification and visual interpretations for the delimitation of the sugarcane planting areas and identification of the areas where it is allowed to burn the sugarcane in its harvest, using for this Spatial Language for Algebraic Geoprocessing (LEGAL) in line with the use of digital elevation models ASTER, SRTM and TOPODATA. The results showed a sugarcane planted area of 25,238.34 hectares in that municipality, among which they have a slope greater than 12% of 742.14 ha (ASTER), 242.29 ha (SRTM) and 3,159.65 ha (TOPODATA). The conclusions pointed to divergences between values raised in the present research project and those calculated by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) for the referred crop year.

KEYWORDS: Geotechnology; Geographic Information System; Digital Image Processing; Geography; Physical Geography.

1 | INTRODUÇÃO

Existem vários estudos voltados à cana-de-açúcar que utilizaram o sensoriamento remoto como principal ferramenta de trabalho: Luciano et. al. (2019, p. 223) afirmam, em seu trabalho que buscou gerar estimativa de produtividade através de imagens dos satélites LANDSAT 5, 7 e 8, que “os resultados apontam uma metodologia potencial de estimativa de produtividade da cana-de-açúcar com imagens de satélite”. De Oliveira et. al. (2019) analisaram a produtividade da água na cultura da cana-de-açúcar em condições de irrigação ou ausência de irrigação a partir de imagens do satélite LANDSAT 8. Outros trabalhos também foram realizados neste sentido (FERNANDES, 2009; AGUIAR et. al, 2009; ALVARES et. al., 2008; BOLES et. al., 2004; ZHANG et. al., 2015).

O Brasil tornou-se um importante marco na América Latina no que tange aos estudos a partir de análises com sensoriamento remoto graças ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), visto que tal instituição foi decisiva “na consolidação do sensoriamento remoto como uma tecnologia de uso em escala nacional, projetando o Brasil como a nação pioneira no hemisfério sul a dominar essa tecnologia.” (MENESES e ALMEIDA, 2012, p. 11). O INPE desenvolveu um projeto, já no século XXI, denominado Monitoramento da Cana-de-açúcar via imagens de satélite (CANASAT), cujo principal objetivo foi o fornecimento de informações a respeito da distribuição espacial da área cultivada com

cana-de-açúcar em regiões específicas do centro-sul brasileiro, por meio de imagens de satélite de sensoriamento remoto (INPE, 2019a). Com tal iniciativa, foi possível realizar diversas consultas acerca da localização de canaviais, áreas cultivadas e evolução do cultivo, seja na escala municipal ou estadual, cujas informações podem ser utilizadas pelos setores do agronegócio e meio ambiente, já que ambos estão diretamente ou indiretamente envolvidos com a produção de cana-de-açúcar (Mendonça et al, 2011).

A mesorregião Norte-Fluminense do estado do Rio de Janeiro foi abrangida pelo CANASAT nos anos- safra 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013, tornando possível conhecer que a área total cultivada, por exemplo, na safra 2010/2011 foi de 100.105 ha, com destaque para o município de Campos dos Goytacazes, cuja área total cultivada foi descrita como de 63.429 ha (INPE, 2019b). De acordo com tais dados, o município que mais progrediu em hectares de áreas de cultivo da cana-de-açúcar foi Cabo Frio, com um saldo positivo de 1.174 ha entre os anos-safra de 2010/2011 e 2012/2013. Em contrapartida, o município que mais regrediu em hectares de áreas de cultivo de cana-de-açúcar foi Campos dos Goytacazes, com um saldo negativo de 2.270 ha entre os mesmos anos-safra citados neste parágrafo.

Entretanto, o projeto CANASAT deixou de abranger a região norte-fluminense, de modo que a estimativa da área plantada de cana-de-açúcar não mais foi disponibilizada pelo INPE para este recorte regional e que está localizado o município de Campos dos Goytacazes/RJ, atualmente caracterizado por um baixo investimento econômico na produção de cana-de-açúcar sob o foco de impactos limitantes de políticas setoriais e os riscos climáticos que estão envolvidos, tais como a presença de episódios severos de secas ou inundações que prejudicam a qualidade do solo, o que interfere diretamente na produtividade da cultura e da área plantada. Sendo assim, justifica-se a realização deste trabalho pelo fato da não continuidade do projeto mencionado na região.

Neste sentido, com a hipótese de que houve um declínio na produção desde o fim do monitoramento, o objetivo do trabalho consiste em estimar a área plantada da cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes por meio de fotointerpretação, processamento digital de imagens e produtos que derivam do sensoriamento remoto no período que corresponde à safra 2017/2018, além de determinar as áreas de declividade do terreno igual ou superior a 12% que estivessem ocupadas pelo plantio da cana-de-açúcar no respectivo ano-safra. Ressalta-se que a Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011 somente permite (até 2020) a queima da palha da cana-de-açúcar em terrenos com declividade igual ou superior a 12% por compreender-se que em tais ocasiões o maquinário responsável pela colheita da gramínea não operaria com boa eficiência.

2 | METODOLOGIA

A aquisição de dados para atingir o objetivo proposto no presente estudo se deu por

meio das seguintes etapas (Figura 1):

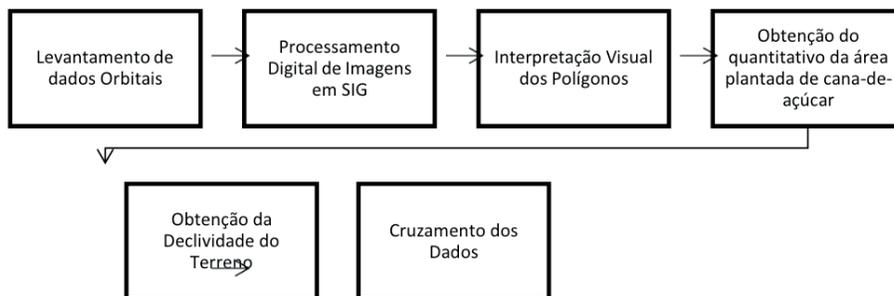


Figura 1 - Fluxograma das etapas metodológicas apresentadas no presente trabalho

Fonte: Os autores (2020).

2.1 Área de Estudo

O município de Campos dos Goytacazes – RJ apresenta uma área total de 4.032,435 km², sendo um dos maiores do país em extensão territorial, com um contingente populacional estimado de 507.548 habitantes para o ano de 2019, densidade demográfica de 115,16 hab/km² e um PIB de 57.096.762 mil reais, sendo o setor proveniente da agricultura e agropecuária responsável por 147.430 mil reais (IBGE, 2010). O mapa de localização da área de estudo é apresentado na Figura 2.

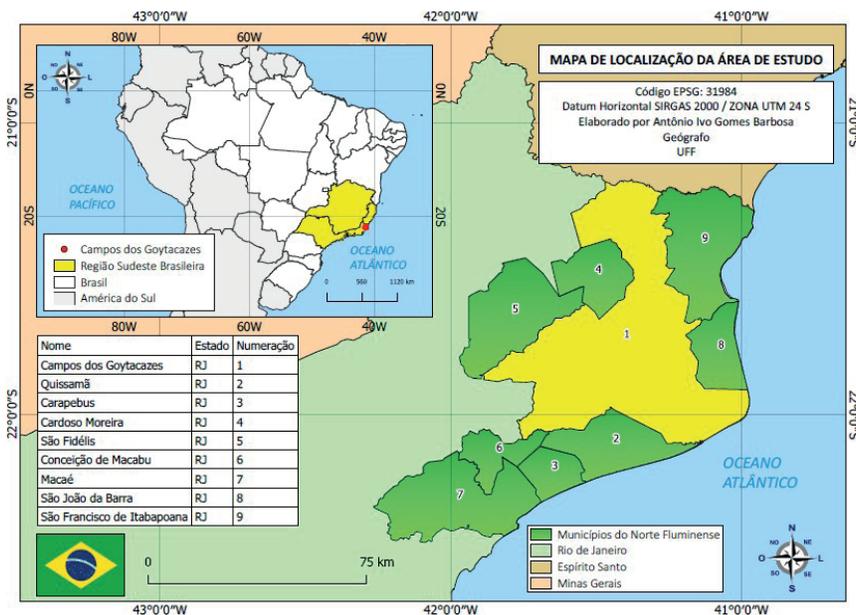


Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo

Fonte: Os autores (2020)

Segundo o IBGE (2019), Campos dos Goytacazes apresenta uma área territorial correspondente a estabelecimentos agropecuários de 255.774,547 ha (aproximadamente 63,4%). Desta área ocupada por estabelecimentos agropecuários, 3.113,030 ha são de lavouras permanentes, 31.519,126 são de lavouras temporárias, 143,474 ha são destinados a cultivos de flores, 184.171,139 ha são de pastagens, 839.399 ha são de matas ou florestas naturais, 18.566,985 ha são de matas ou florestas destinadas à preservação permanente ou reserva legal, 419,535 ha são de florestas plantadas e 975,509 ha são de área cultivada com espécies florestais também usadas para lavouras e pastejo por animais.

2.2 Levantamento de Dados Orbitais

A escolha das imagens se deu através de dois critérios: Presença de nuvens e nebulosidade inferior a 15% ou ausência total de nuvens sobre o município correspondente à área de estudo, com espaçamento temporal entre as imagens de modo a observar diferentes estágios de desenvolvimento vegetativo dos colmos da cana-de-açúcar, pois suas diferenças de altura geram resposta visual em tonalidades e cores distintas no âmbito das técnicas de interpretação visual. A Tabela 1 apresenta as datas das imagens escolhidas e utilizadas para a análise e interpretação visual dos talhões de cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

Imagem	Data	Ano-Safra
1	21/07/2017	2017-2018
2	09/10/2017	2017-2018
3	02/03/2018	2017-2018
4	08/07/2018	2018-2019

Tabela 1 - Imagens de satélite utilizadas

Fonte: Os autores (2019).

Todas as imagens utilizadas foram provenientes do sensor OLI a bordo do satélite LANDSAT-8, uma vez que tais imagens atenderam aos critérios de resolução a serem trabalhados nesse estudo. O critério de escolha das quatro imagens embasou-se na busca de período similar entre as mesmas, de modo a tornar possível a observação do acompanhamento do ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar, desde o seu plantio (solo exposto) ou corte (tendência a solo-exposto, visto que o broto da cana remanescente da cana-soca encontra-se muito rente ao solo e sem reflectância característica de vegetação). Nesta etapa, optou-se por escolher imagens entre o início da moagem da cana-de-açúcar no ano-safra 2017/2018, que ocorreu em 20/04/2017 (COAGRO, 2019); e o início da moagem do ano subsequente, em 02/07/2018 (COAGRO, 2019), uma vez que neste intervalo ocorreu o ciclo completo de desenvolvimento, maturação e início da colheita

da cana-de-açúcar.

Também foram adquiridos modelos digitais de elevação (MDE) provenientes do sensor *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) que esteve acoplado ao ônibus espacial *Endeavour* em fevereiro de 2000, e do sensor *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) a bordo do satélite TERRA. De acordo com a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA, 2019), o modelo digital de elevação global ASTER possui resolução espacial de aproximadamente 30 metros e foi produzido por meio de uma colaboração entre a NASA e o *Japan's Ministry of Economy, Trade, and Industry* (METI). O banco de dados foi criado através de imageamento obtido entre 01/03/2000 e 30/11/2013, utilizando a combinação das bandas 4, 5 e 6 do sensor LANDSAT.

2.3 Processamento Digital de Imagens

O Processamento Digital de Imagens tem como principal objetivo fornecer ferramentas para facilitar identificação e extração de informações contidas nas imagens para posterior interpretação. O resultado desse processo é a produção de outras imagens que contenham informações específicas extraídas e realçadas a partir das imagens brutas. Softwares como o SPRING – INPE versão 5.5.5, que foi utilizado nesta pesquisa, são utilizados para atividades interativas de análise e manipulação das imagens brutas.

2.3.1 Carregamento de Cena

Uma vez que as imagens já haviam sido baixadas e descompactadas, puderam ser carregadas no software SPRING. O presente trabalho utilizou um banco de dados fornecido pelo Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), sendo os mesmos utilizados por Mendonça et. al (2011), tornando-se, desta forma, uma contribuição ao referido projeto, que foi executado na projeção UTM Datum WGS 84. Optou-se por não alterá-lo, pois o WGS 84 é um sistema de projeção geocêntrico e ainda muito utilizado para as coordenadas cartesianas de sistemas de navegação global por satélite (BIELENKI JÚNIOR e BARBASSA, 2012).

Trabalhou-se exclusivamente com a composição colorida R5, G6, B4. Esta composição possibilita que a vegetação adquira coloração magenta quando se encontra em estágio de desenvolvimento médio ou elevado e na cor tendendo para tons de esverdeados quando encontra-se rasteira. Selecionou-se as imagens referentes às bandas 4, 5 e 6 das quatro datas mencionadas anteriormente, somando um total de 12 imagens nomeadas seguindo a seguinte lógica: satélite_sensor_data_banda.

2.3.2 Delimitação e Exclusão de Áreas

Tal procedimento reduziu o tamanho das imagens originais de forma a abranger apenas o recorte municipal, transformando-as em imagens com quantidade de pixels

suficiente para preencher a área do município em questão, sendo o próximo passo, a realização da composição colorida RGB de acordo com o critério abordado anteriormente. Para realizar este procedimento bastou clicar nas imagens e associá-las às bandas dentro do próprio plano de informação. A composição colorida das imagens é exibida no mosaico correspondente à composição da Figura 2:

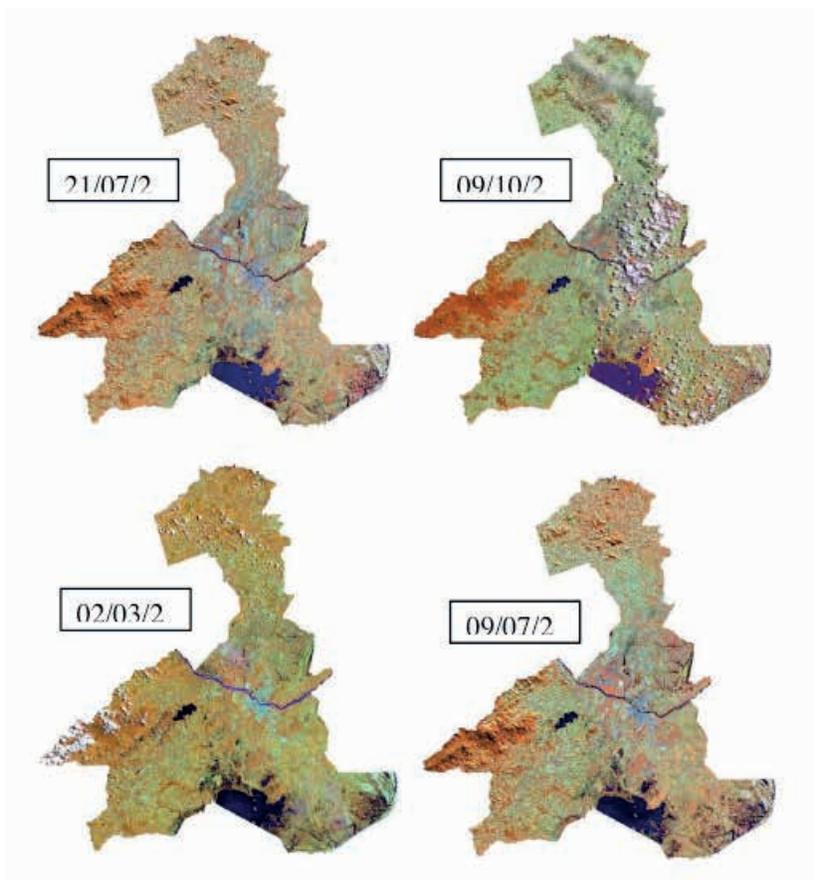


Figura 2 - Comparativo das quatro imagens em composição colorida

Fonte: Os autores (2019).

2.3.3 Interpretação visual dos polígonos

A delimitação dos polígonos referentes às áreas de plantio da cana-de-açúcar foi feita por meio da associação visual destas conforme determinada reflectância a partir da seleção de bandas. De acordo com a composição utilizada (bandas R5, G6, B4) áreas de solo exposto apresentavam uma tonalidade esbranquiçada ou levemente azulada, enquanto áreas de cana em pé apresentavam uma tonalidade avermelhada não muito escura (magenta).

A Figura 3 apresenta o demonstrativo da vetorização dos polígonos referentes às

áreas de plantio de cana-de-açúcar com base na interpretação visual através do padrão de cores realizada no SPRING:



Figura 3 – Exemplo da criação do PI para vetorização das áreas de cana-de-açúcar

Fonte: Os autores (2019).

Uma vez elaborada a demarcação dos polígonos referentes ao objeto de estudo, foi preciso criar uma categoria nomeando-a com o objeto de estudo e associá-los a esta categoria, para que o software possa correlacionar a que classe pertence aquele polígono previamente demarcado. O número de classes irá depender do que se quer analisar (no caso de classificações supervisionadas). Em mapeamento do uso do solo é comum haver associação de classes como: água, solo exposto, pastagem/cultura (podendo ser diferenciado o tipo de cultura), vegetação nativa, dentre outras (FLORENZANO, 2011).

2.3.4 Obtenção da declividade do terreno

A obtenção da declividade do terreno foi realizada através dos dados disponibilizados pelos modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA.

O objetivo foi gerar dois mapas de declividade do município de Campos dos Goytacazes para cada MDE, cujo primeiro apresentasse a classificação da Embrapa (1979) para as classes de declividade (subdividindo o relevo em plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado) enquanto o segundo apresentasse somente duas classes em prol da análise referente à Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011, identificando desta forma áreas onde predominam até 12% de declividade e áreas em que seu percentual encontra-se acima deste valor).

A etapa seguinte foi a observância da análise exploratória dos dados estatísticos referentes à matriz do PI do mosaico dos dados de declividade referente ao município de Campos dos Goytacazes – RJ. Sendo assim, criou-se uma classe temática de acordo com a classificação de declividade feita pela Embrapa (2006), cujos intervalos adotados foram: de 0% a 3%; de 3% a 8%; de 8% a 20%; de 20% a 45%; de 45% a 75%; e, por fim, de 75% a 100%.

O procedimento seguinte foi associar as cores para cada classe em “Visual”. Os valores exibidos no Relatório de Dados foram transformados em porcentagem para que as classes temáticas pudessem ser exibidas, primeiramente, de acordo com a classificação Embrapa (1919).

2.3.5 Cruzamento dos dados

Esta etapa consistiu em programar o software para que ele retornasse os valores referentes à análise estatística exploratória da área ocupada por cana-de-açúcar inserida em áreas com declividade maiores ou iguais a 12%. Tais são as áreas em que seria permitida a queima da palha da cana-de-açúcar no período da colheita, devido à dificuldade de alocação dos maquinários responsáveis por realizar a colheita. Para a realização de tal procedimento, utilizou-se a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), um algoritmo disponibilizado no software Spring. A Figura 4 exhibe como exemplo o procedimento feito com o MDE TOPODATA, sendo o mesmo também realizado nos MDE ASTER e SRTM.

```
1  {  
2  // Exemplo de cruzamento entre todos planos temáticos faz uniao e interseccao de mapas  
3  
4  Tematico mapa("Tematico");  
5  Tematico cla("Tematico");  
6  Numerico decli("DEM_TOPODATA");  
7  
8  //alterar linhas em vermelho abaixo  
9  decli=Recupere(Nome="mosaico_topodata");  
10 cla=Recupere(Nome="CANA_MESTRADO_IVO_REFEITO_20/05/2019");  
11 mapa=Novo(Nome="CANA_MESTRADO_IVO_DECLIVIDADE_TOPODATA", ResX=28.5, ResY=28.5);  
12  
13  
14 mapa= decli>= 12 && cla.Classe=="CANA"?Classe("CANA"):Classe(0);  
15  
16 }  
17
```

Figura 4 - Sintaxe do algoritmo LEGAL para análise de áreas de declividade $\geq 12\%$

Fonte: Os autores (2019).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cálculo de medida de classes apontou uma área plantada de cana-de-açúcar no ano-safra 2017/2018 de 25.238,34 ha. Como o município possui uma extensão territorial de 403.243,5 ha, a área ocupada com o cultivo da cana-de-açúcar para o respectivo ano-safra equivale a aproximadamente 6,26% de sua extensão territorial.

A Figura 5 exhibe o mapa que apresenta a área plantada de cana-de-açúcar referente ao ano-safra 2017/2018.

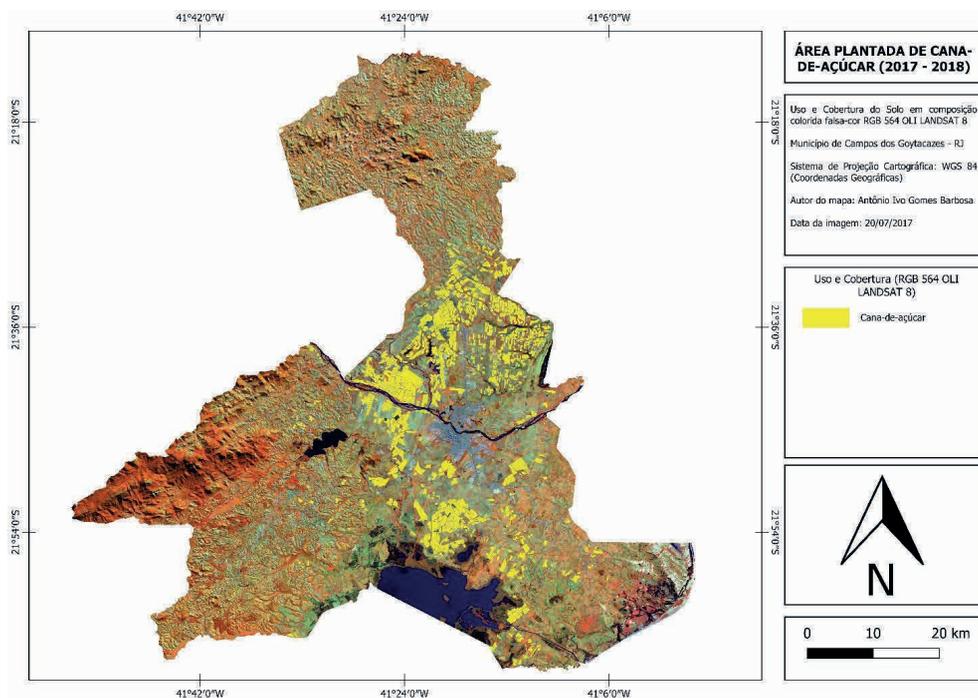


Figura 5 - Área plantada de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes por meio da IVP

Os resultados para os valores de declividade do território do município de Campos dos Goytacazes segundo Embrapa (2006) estão apresentados em valores unitários (ha) de acordo com os MDE TOPODATA, SRTM e ASTER na Tabela 2.

Classe de Declividade (EMBRAPA, 2006)	Valor unitário (ha) TOPODATA	Valor Unitário (ha) SRTM	Valor Unitário (ha) ASTER	Maior diferença (ha)
0% a 3%	273.906,04	283.259,41	262.987,74	20.271,67
3% a 8%	88.217,8	75.862,45	96.389,91	20.527,46
8% a 20%	37.707,53	34.941,22	40.885,38	5.944,16
20% a 45%	3.098,30	4.567,84	2.687,23	1.880,61
45% a 75%	114,84	131,67	93,04	38,63
75% a 100%	5,64	14,63	2,58	12,05

Tabela 2 - Resultados de valores de declividade dos MDE TOPODATA, SRTM e ASTER

Fonte: Autores, 2019.

A Tabela 3 apresenta os resultados da declividade territorial para os MDE TOPODATA, SRTM e ASTER sobre o município de Campos dos Goytacazes de acordo com os critérios da Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011. Portanto, tais resultados têm como objetivo apresentar os valores de extensão territorial total com declividades abaixo e acima

de 12% e, deste modo, identificar a área ocupada pelo plantio da cana-de-açúcar onde seja permitida a queima da palha da cana.

MDE	Classe de Declividade	Valor unitário (ha)
TOPODATA	0 % a 12%	385.873,94
	12% a 100%	17.176,2
SRT	0 % a 12%	378.676,31
	12% a 100%	20.100,90
ASTER	0 % a 12%	386.815,09
	12% a 100%	16.230,79

Tabela 3: Resultados de valores de declividade total segundo a Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011

Fonte: Os autores (2019).

A Tabela 4 exhibe o resultado dos valores de declividade da área plantada de cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes – RJ segundo os parâmetros elencados pela Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011.

MDE	Unitário (ha)	% da área plantada total	% do território municipal
TOPODATA	742,15	2,94%	0,18%
SRTM	242,29	0,96%	0,06%
ASTER	3.159,65	12,52%	0,78%

Tabela 4 - Resultados de valores de declividade iguais ou superiores a 12% de área plantada de cana-de-açúcar

Fonte: Os autores (2019).

Os dados prévios de referencial teórico apresentavam estimativa de redução de 57.227,25 há na área plantada de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes entre 1990 e 2013, o que endossa um declínio da atividade sucroalcooleira na região com a diminuição do número de usinas de moagem no município.

Houve grande divergência entre os valores levantados pela CONAB e IBGE (2019) para o quantitativo de área plantada de cana-de-açúcar no ano-safra 2018/2019, uma vez que a CONAB havia apresentado área plantada de 19.200 ha enquanto o IBGE apresentou uma área plantada de 30.000 ha no município para o referido ano-safra. Tais divergências de valores entraram em consonância com a dificuldade de obtenção de dado oficial que melhor represente a realidade. O presente trabalho levantou uma estimativa de área plantada de 25.238 ha, o que é positivo se forem tomados como parâmetros os valores apresentados pela CONAB e IBGE, uma vez que é um número consideravelmente médio entre ambos (ainda que eles não tenham sido usados como parâmetros em momento

algum ao longo da elaboração deste trabalho).

Os modelos digitais de elevação apresentaram valores distintos entre si para diferentes classes de declividade de acordo com critérios da Lei Estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011 (<12% e >=12%). Houve uma variação máxima de 8.138,78 ha entre o menor e o maior valor de classe de declividade <12%, e de 3.870,11 ha para declividade >=12%. Verificou-se considerável distinção entre o maior e o menor valor de área plantada de cana-de-açúcar com valores de declividade iguais ou superiores a 12%, gerando um equivalente de 2.917,36 ha. No que se refere à análise com o levantamento de dados utilizando os MDE TOPODATA, SRTM e ASTER, sugere-se existência de uma área plantada de cana-de-açúcar entre 242,29 ha e 3.159,65 ha onde a queima da palha da cana seja permitida por apresentarem declividade do terreno igual ou superior a 12%, o que seria equivalente a um valor entre 9,6% e 12,52% do total estimado de área plantada no ano-safra 2017/2018. Tal variação justifica-se a depender do MDE analisado, visto que existem discrepâncias de valores entre eles.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese de ter havido um significativo declínio de área plantada de cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes desde a última estimativa feita em 2013 foi confirmada, pois segundo o valor levantado no presente trabalho a redução de área plantada foi de 35.921 ha. O método de fotointerpretação por meio de interpretação visual de polígonos para o levantamento de estimativa de área plantada de cana-de-açúcar por Sensoriamento Remoto mostrou-se eficaz, uma vez que os valores levantados se mantiveram entre dois valores de órgãos governamentais oficiais.

Tamanha disparidade de valores entre os órgãos oficiais do governo e entre os modelos digitais de elevação utilizados ampliam a margem de erro, o que talvez seja inviável quando desejar-se obter precisão numérica dos resultados. Em contrapartida, por se tratar de uma área de estudo extensa, a metodologia utilizada mostrou-se eficiente.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Daniel A. de; RUDORFF, Bernardo F. T.; ADAMI, Marcos and SHIMABUKURO, Yosio E.. Imagens de sensoriamento remoto no monitoramento da colheita da cana-de-açúcar. **Eng. Agríc.** [online]. 2009, vol.29, n.3, pp.440-451.

ALVARES, Clayton A.; DE OLIVEIRA, Cleomar F.; VALADÃO, Fábio T.; MOLIN, José P.; SALVI, José V.; FORTES, Caio. **Sensoriamento Remoto no mapeamento de falhas de plantio em cana-de-açúcar.** In.: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – CONBAP. 2008.

BIELENKI JUNIOR, C.; BARBASSA, A. P. **Geoprocessamento e recursos hídricos: aplicações práticas.** São Carlos, SP: EDUFSCar, 2012. 257 p.

BISINOTTO, Edneia Freitas Gomes. **A evolução dos engenhos de cana-de-açúcar às usinas sucroenergéticas no Brasil e a aplicabilidade da lei nº 11.101/2005 nos dias atuais**. 2018. Artigo disponível na página "Boletim Jurídico". Disponível em: <<https://www.boletimjuridico.com.br/doutrina/artigo/4830/a-evolucao-engenhos-cana-acucar-as-usinas-sucroenergéticas-brasil-aplicabilidade-lei-n-111012005-dias-atuais>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

BOLES, S.; XIAO, X.; ZHANG, Q.; MUNKHUTYA, S.; LIU, J.; OJIMA, D. S. Land cover characterization of Temperate East Asia: using multi-temporal image data of VEGETATION sensor. **Remote Sensing of Environment**, v. 90, p. 477-489, 2004.

CBHBPSI – **Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana**, 2019. Disponível em: <<http://www.cbhbaixoparaiba.org.br/ocomite.php>>. Acesso em 06/04/2019.

COAGRO (Campos dos Goytacazes). **Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro**. 2019. Disponível em: <<http://www.coagro.coop.br/noticias>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

DE OLIVEIRA, Daniela Araujo et al; PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA E NÃO IRRIGADA UTILIZANDO IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT 8. In: ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. **Anais eletrônicos...** Campinas, GALOÃ, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/>> Acesso em: 12 set. 2019.

EMBRAPA (Brasil). **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. 2013. Disponível em < https://www.cnpem.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html>. Acesso em 08 abr. 2019.

EMBRAPA(Brasil). **SRTM - Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em:<https://www.cnpem.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_srtm.html/>. Acesso em: 14 out. 2019.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 271p.

FERNANDES, Jeferson Lobato. **Monitoramento da cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo por meio de imagens SPOT vegetation e dados meteorológicos**. Jeferson Lobato Fernandes. -- Campinas, SP: [s.n.], 2009.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3ª edição ampliada e atualizada. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. Disponível em: <<https://ebooks.ofitexto.com.br/epubreader/inicio-em-sensoriamento-remoto>>. Acesso em 01 Mai 2019.

IBGE (Brasil). **Campos dos Goytacazes**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/campos-dos-goytacazes/panorama>. Acesso em 03/10/2018.

INPE (Brasil). **CANASAT: Monitoramento de Cana-de-açúcar via imagens de satélite**. 2019a Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/tabelas.html>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

MENDONÇA, José C.; DE FREITAS, Ramon M.; DE AGUIAR, Daniel A.; DE SOUSA, Elias F.; MUNIZ, Rodrigo de A.; ESTEVES, Barbara dos S. Mapeamento das áreas de cana-de-açúcar na Região Norte-Fluminense - RJ por uso de técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p.561-571, maio 2011.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UnB / CNPQ, 2012. 276 p. Disponível em <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

ZHANG, L. X.; ZHOU, D. C.; FAN, J. W.; HU, Z. M. Comparison of four light use efficiency models for estimating terrestrial gross primary production. **Ecological Modelling**, v. 300, p. 30-39, 2015.