ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA DA TERRA NA REGIÃO DE RIO VERDE – GO

Lucas F. Joaquim [1], João P. S. Werner [2], José G. de Oliveira Júnior [3] e Gleyce K. D. A. Figueiredo [4]

[1,2,3,4] Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Campinas-SP, Brasil – [1]l231642@dac.unicamp.br, [2] j164880@dac.unicamp.br, [3] j203109@dac.unicamp.br e [4] gleyce@unicamp.br

RESUMO

Até o final da década de 1990, o estado de Goiás não possuía uma grande área plantada de cana-de-açúcar. A expansão da cultura começou após esse período. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo estudar a expansão da cultura da cana-de-açúcar no sul do estado bem como a influência da inauguração da Usina Cambuí no município de Santa Helena de Goiás na contribuição dessa expansão. A classificação de imagens foi realizada utilizando dados dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 através da plataforma *Google Earth Engine*. As imagens foram tratadas e diferentes classificadores e índices de vegetação foram utilizados para a classificação da cobertura da terra. Neste trabalho, foi possível detectar o avanço da cultura na região leste da área do estudo e realizar o acompanhamento agrícola com o uso de dados do SATVeg e de precipitação.

Palavras-chave – Cana-de-açúcar, Google Earth Engine, Cobertura da terra, SVM, Monitoramento.

ABSTRACT

Until the end of the 1990s, the state of Goiás did not have a large area of sugarcane plantations. The expansion of the culture began after this period. In this context, the present work aimed to study the expansion of sugarcane culture in the south of the state as well as the influence of the inauguration of Usina Cambuí in the municipality of Santa Helena de Goiás in the contribution of this expansion. Image classification was performed using data from Landsat 5 and Landsat 8 satellites through the Google Earth Engine platform. The images were treated and different classifiers and vegetation index were used for land cover classification. In this work, it was possible to detect the advance of the crop in the eastern region of the study area and carry out agricultural monitoring using SATVeg and rainfall data.

Keywords – *Sugarcane,* Google Earth Engine, land cover, SVM, monitoring.

1. INTRODUÇÃO

O estado de Goiás, até final da década de 1990 não possuía uma grande área plantada de cana-de-açúcar. Durante o programa Proálcool, a área não aumentou devido, entre outros fatores, ao prolongamento das fronteiras agrícolas, com ênfase em grãos e gado. Apenas a partir do fim da década de 1990 o início da produção alcooleira aumentou [1].

Uma ferramenta que possibilita acompanhar como ocorreu essa expansão é o monitoramento do uso e cobertura da terra, através da classificação de imagens multiespectrais de sensores orbitais, para gerar mapas de uso e cobertura da terra que permitem a comparação de paisagens, gestão ambiental e ordenamento do território [2]. Os dados de sensoriamento remoto possibilitam entender a evolução da cobertura da terra ao longo dos anos e também realizar o monitoramento das condições da cultura, o qual poderá ser utilizado para inferir informações sobre rendimento, área e reduções de produção [3].

O objetivo deste trabalho foi estudar o avanço da cana-de-açúcar na região entre Rio Verde e Santa Helena de Goiás em decorrência da abertura da Usina Cambuí e entender a evolução da produtividade dos canaviais através do monitoramento agrícola.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se na sua maior parte no município de Rio Verde, no estado de Goiás (Figura 1). Também abrange os municípios de Santa Helena de Goiás, Quirinópolis e Castelândia, todos no estado de Goiás, compreendendo uma área total de 3039,63 km^2.

Rio Verde é o maior produtor de soja do estado e segundo maior produtor de milho. Com uma pecuária bastante expressiva e de grande participação no rebanho nacional, este também é um dos maiores produtores de leite de Goiás [4].

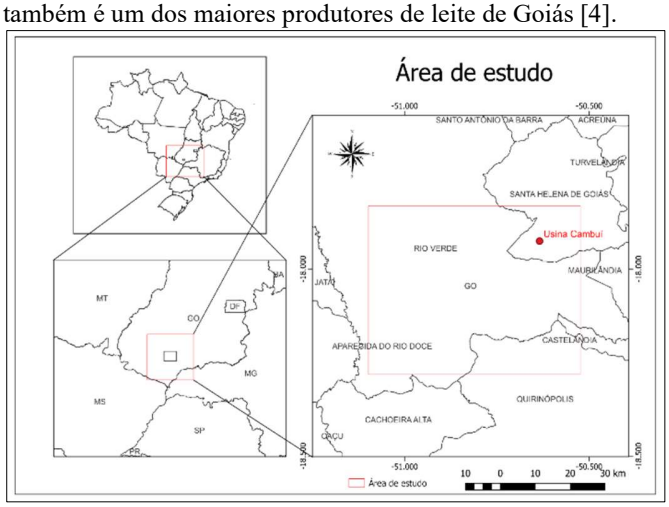


Figura 1. Localização espacial da área de estudo.

2.2. Imagens e processamento digital

A abertura da Usina Cambuí, do Grupo Vale do Verdão ocorreu em 2013, porém sua construção iniciou-se em 2010. O período de estudo escolhido para entender o aumento da cana-de-açúcar na região foi do ano de 2007 a 2017. Para a imagem de 2007, foi utilizado o sensor TM/Landsat 5, com resolução espacial de 30 m para as bandas de b1 (azul) a b5 (infravermelho médio) e b7 (infravermelho médio), e de 120 m para a banda b6 (infravermelho termal), e para a imagem de 2017 foi utilizado o sensor OLI/Landsat 8 com resolução espacial de 30 m para as bandas b1 (azul costeiro) a b7 (infravermelho médio) e b9 (cirrus) e 15 m para a banda b8 (pancromática). Para o estudo em questão, foram utilizadas as bandas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio de ambos os sensores.

A ferramenta utilizada para a aquisição e processamento das imagens foi a plataforma *Google Earth Engine* [5]. Após a seleção das imagens, foi aplicado um filtro de remoção de nuvens e calculado diferentes índices de vegetação como o *Normalized Vegetation Difference Index* (NDVI), *Normalized Difference Water Index* (NDWI) e *Enhanced Vegetation Index (*EVI). O estudo de Paz et al. (2009) obteve bons resultados para classificação de cana-planta e cana soca utilizando NDVI e EVI [6] e Assalve et al. (2017) mostrou a importância do NDVI para identificar mudanças espaço-temporais [7].

Na sequência, foram coletadas amostras de treino e teste das diferentes classes encontradas. O total de classes encontradas foram 5: mata nativa, água, cultura anual, pastagem e cana-de-açúcar. Uma média de 100 amostras foram coletadas para cada classe, sendo que 70% delas utilizadas para treino e 30% para teste. Os classificadores utilizados foram: *Random Forest, LIBSVM, Gradient Tree Boost, Cart e Naive Bayes*. A seleção do melhor classificador se deu a partir da matriz de confusão e acurácia global da classificação.

Após a escolha do melhor classificador, foi realizado o cálculo de diferença entre os mapas do ano de 2007 (Landsat 5) e 2017 (Landsat 8) para determinar as áreas onde houve mudança de cultura anual para cana-de-açúcar. Nas áreas onde não houve alteração entre 2007 e 2017, se mantendo cana-de-açúcar, foi adicionado dados de precipitação anual e comparado com os dados de NDVI do SATVeg [8], permitindo realizar um acompanhamento de safra.

3. RESULTADOS

3.1. Classificação da cobertura da terra

O classificador escolhido foi o SVM, tanto para a imagem Landsat 5 quanto para a Landsat 8. Essa escolha foi fundamentada através da avaliação dos índices de acurácia global, kappa e acurácias do consumidor e produtor para cultura anual e cana-de-açúcar (Tabela 1).

		random forest	**SVM**	Gradient Tree Boost	Cart	Naive Bayes
Landsat 5	acurácia	0.9837	**0.9756**	0.9756	0.9512	0.9024
	kappa	0.9784	**0.9676**	0.9676	0.9353	0.8705
	consumidor anual	0.9642	**0.9333**	0.9696	0.8666	0.8148
	produtor anual	0.9642	**1**	0.9285	0.9285	0.7857
	consumidor cana	1	**0.9687**	0.9696	0.9687	0.8888
	produtor cana	1	**0.9687**	1	0.9687	1
		random forest	**SVM**	Gradient Tree Boost	Cart	Naive Bayes
Landsat 8	acurácia	0.9591	**0.9795**	0.9659	0.9251	0.9047
	kappa	0.9462	**0.9731**	0.9552	0.9015	0.8747
	consumidor anual	0.909	**0.975**	0.9302	0.8125	0.8536
	produtor anual	0.9756	**0.9512**	1	0.9512	0.8536
	consumidor cana	0.9487	**0.9523**	0.95	0.9411	0.921
	produtor cana	0.9024	**0.9756**	0.9268	0.7804	0.8536

Tabela 1. Acurácias para escolha do classificador

Além dos índices, também foi avaliado a matriz de confusão do SVM (Tabela 2). A Figura 2 mostra o resultado da classificação. Em 2007, cerca de 98,29 km^2 de cana-de-açúcar eram cultivados, passando para 336,53 km^2 em 2017.

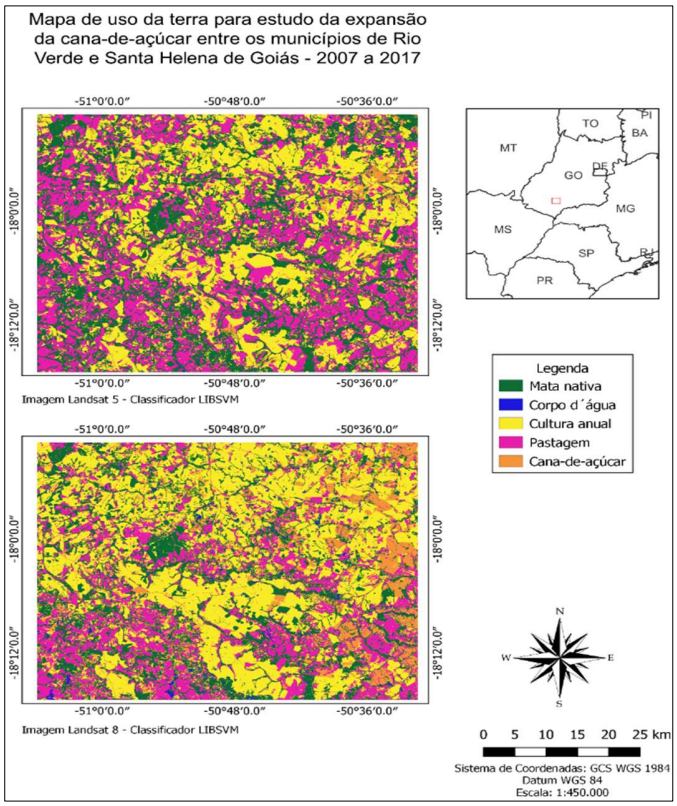


Figura 2. Imagens Landsat 5 e Landsat 8 classificadas utilizando o SVM.

	classe	nativa	água	anual	pastagem	cana	total	erro de inclu
Landsat 5	nativa	36	0	1	0	1	38	0.053
	água	0	3	0	0	0	3	0.000
	anual	0	0	28	0	0	28	0.000
	pastagem	0	0	0	22	0	22	0.000
	cana	0	0	1	0	31	32	0.031
	total	36	3	30	22	32	123	
	erro de omissão	0.000	0.000	0.067	0.000	0.031		

	classe	nativa	água	anual	pastagem	cana	total	erro de inclu
Landsat 8	nativa	30	0	0	0	0	30	0.000
	água	0	5	0	0	0	5	0.000
	anual	0	0	39	0	2	41	0.049
	pastagem	0	0	0	30	0	30	0.000
	cana	0	0	1	0	40	41	0.024
	total	30	5	40	30	42	147	
	erro de omissão	0.000	0.000	0.024	0.000	0.048		

Tabela 2. Matriz de confusão das imagens Landsat 5 e Landsat 8 para o classificador SVM

3.1. Mudança e não mudança da cobertura da terra

Através da diferença entre os mapas classificados do Landsat 5 e Landsat 8, foi possível gerar os mapas de mudança (Figura 3a) e não mudança (Figura 3b) da cobertura da terra. Analisando o mapa de mudança, percebemos que cerca de 100,8 km^2 passaram de cultura anual para cana-de-açúcar. Utilizando 5 pontos amostrais do SATVeg (Figura 4), conseguimos identificar quais anos ocorreram essa mudança.

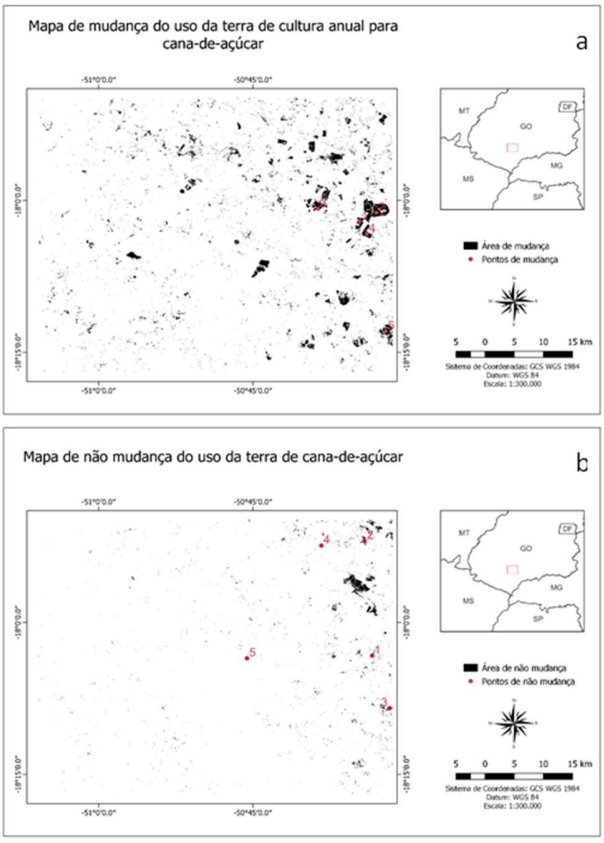


Figura 3. Mapa de mudança da cobertura da terra (a); Mapa de não mudança da cobertura da terra (b).

No mapa de não mudança, além dos pontos obtidos no SATVeg, também foram adicionados os dados de precipitação do ano inicial até o ano final do estudo (Figura 5), permitindo assim realizar o monitoramento de safra ao longo dos anos.

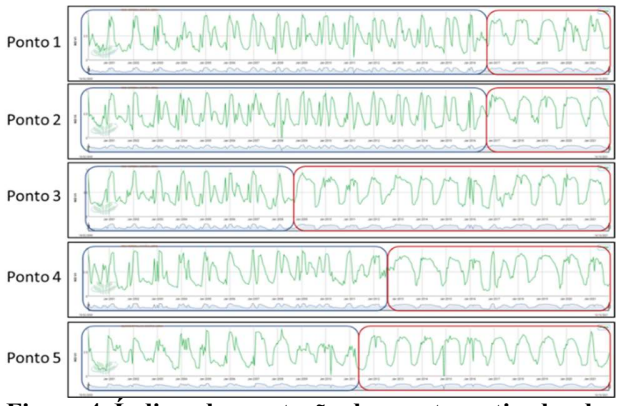


Figura 4. Índices de vegetação dos pontos retirados do SATVeg

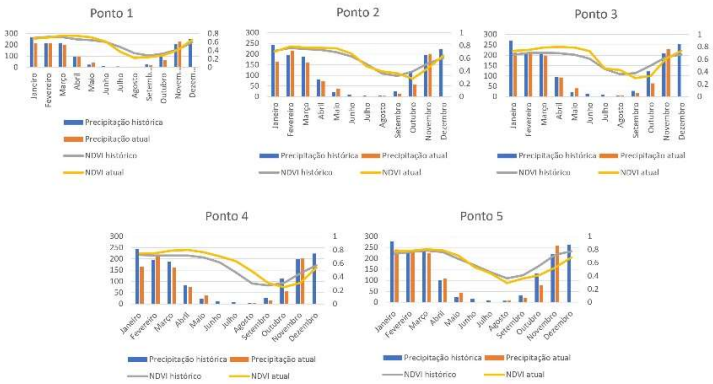


Figura 5. Gráficos de NDVI x Precipitação para acompanhamento de safra.

4. DISCUSSÃO

4.1. Classificação da cobertura da terra

O classificador SVM foi o que melhor representou a realidade da área de estudo, apesar de não ter obtido os melhores resultados de acurácia na imagem de 2007 (Tabela 1). Moreira et al. (2014) utilizou o SVM para a classificação da cobertura da terra, obtendo um índice kappa próximo à 0,77 [9]. Por outro lado, na imagem de 2017, o SVM foi o classificador que apresentou os melhores resultados de acurácia global, índice kappa, acurácia do consumidor e do produtor, tanto para cultura anual quanto para cana-de-açúcar. Outra avaliação feita para a escolha do classificador foi a da matriz de confusão (Tabela 2), que em ambos os mapas, para o classificador SVM, apresentou baixos erros de inclusão e de omissão. Analisando a Figura 2, percebemos que em 2007 havia um predomínio de pastagem e cultura

anual na área de estudo, enquanto que a cana-de-açúcar representava apenas uma pequena parcela, com cerca de 98,3 km^2. Entretanto, em 2017, houve um aumento expressivo das áreas de cana-de-açúcar, principalmente devido à abertura da Usina Cambuí no município de Santa Helena de Goiás. A cana não apenas substituiu os locais que detinham culturas anuais, como também as áreas de pastagens. Neves & Mendonça verificaram que além do aumento da cana-de-açúcar na região após o ano de 2011, também houve um avanço do plantio de cultura anual e uma diminuição das áreas de pasto, devido ao confinamento do rebanho goiano, ocasionados justamente pela expansão da cana-de-açúcar [10].

4.1. Mudança e não mudança da cobertura da terra

No mapa de mudança da cobertura da terra (Figura 3a), conseguimos ver o avanço da cana-de-açúcar pela região leste da área de estudo, assim como visto por Silva & Miziara em 2011 [11]. Nos pontos 4 e 5 da Figura 4, vemos a mudança de cultura anual para cana-de-açúcar entre os anos de 2011 e 2012, coincidindo assim com o início da implementação dos canaviais na região para abastecer a Usina Cambuí. Nos pontos 1 e 2 a mudança ocorre no fim do ano de 2016, provavelmente sendo áreas de expansão da usina, e a mudança do ponto 3 ocorre em 2008 e deve estar relacionado à Usina Vale do Verdão no município de Turvelândia.

Com a adição dos dados de precipitação aos dados do SATVeg, foi possível criar gráficos para acompanhamento de safra, como visto na figura 5. Analisando os cinco pontos, percebemos que para os meses de janeiro a junho, mesmo a precipitação atual estando abaixo da média histórica, o NDVI atual acaba sendo maior. Isso pode ocorrer devido ao manejo e correção do solo na região, e à utilização de variedades adaptadas à região, tanto na questão climática quanto ao tipo de solo. Já nos meses após a colheita, entre agosto e novembro, o NDVI atual de todos os pontos está abaixo do histórico, isso ocorre provavelmente devido à cana-de-açúcar precisar de água suficiente para uma boa brotação, e os gráficos da figura 5 mostram que a precipitação atual está abaixo da média histórica.

5. CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho foi relacionar a influência da abertura da Usina Cambuí em 2013 e a expansão da cana-de-açúcar na área de estudo. Para isso, o classificador LIBSVM classificou as imagens Landsat 5 e Landsat 8 e forneceu informações importantes para o estudo na região. Pôde-se observar que ocorreu um aumento da área plantada de cana-de-açúcar no município de Santa Helena de Goiás, bem como a abertura da Usina Cambuí contribuiu nessa expansão. Outro avanço ocorreu nas áreas de pastagem e de cultura anual, principalmente na região leste da área do estudo. A inserção das informações de NDVI junto aos dados pluviométricos foi fundamental para entender a adaptação da cana-de-açúcar na região e a importância da água para uma brotação adequada desta cultura agrícola.

6. REFERÊNCIAS

[1] S. S. Castro *et al*. Expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. *Boletim Goiano de Geografia*, 30 (v.): 171-190 (pp.), 2010.

[2] D. Stević et al. Automated identification of land cover type using multispectral satellite images. *Energy and Buildings*, 115 (v.): 131-137 (pp.), 2016.

[3] S. Fritz *et al*. A comparison of global agricultural monitoring systems and current gaps. Agricultural Systems, Volume 168, Pages 258-272, 2019.

[4] Prefeitura de Rio Verde – GO. Agricultura e Pecuária: Agricultura. Rio Verde, 2022. Disponível em: https://www.rioverde.go.gov.br/agricultura-e-pecuaria/. Acesso em: 10 out. 2022.

[5] N. Gorelick et al. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environmental, 18-27(pp.), 2017.

[6] A. R. Paz et al. Monitoramento espaço-temporal da cana-de-açúcar a partir de índices espectrais de vegetação. – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009.

[7] L. C. F. Assalve et al. Índice de vegetação (NDVI) na gestão do uso da terra na zona de amortecimento da estação ecológica de Assis – SP. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2017.

[8] J. C. D. M. Esquerdo et al. SATVeg: a web-based tool for visualization of MODIS vegetation índices in South America. Computers and Electronics in Agriculture, 175, 2020.

[9] A. A. Moreira et al. O Algoritmo Support Vector Machine aplicado ao Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo. Revista Brasileira de Geografia Física V. 07 N. 02 (2014) 291-303 (pp), 2014.

[10] P. D. M. Neves et al. Expansão do agronegócio canavieiro no sul goiano e os efeitos na produção de alimento. Confins [En ligne], 44, 2020.

[11] A. A. Silva et al. Avanço do setor sucroalcooleiro e expansão da fronteira agrícola em Goiás. Pesquisa Agropecuária, v. 41, n. 3, pp. 399-407 (pp), 2011.