



ANÁLISE TEMPORAL DAS VARIAÇÕES DE PARÂMETROS BIOFÍSICOS DA CANA-DE-AÇÚCAR EM JAÍBA - MG

Rayssa Balieiro RIBEIRO, Roberto FILGUEIRAS,
Maria Camila Alves RAMOS, Cristina Rodrigues NASCIMENTO

Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais Brasil.

*E-mail: rayssabalieiro@gmail.com

Recebido em fevereiro/2015; Aceito em agosto/2015.

RESUMO: A cana-de-açúcar possui grande expressividade na atividade agrícola do país, o que torna importante investir em pesquisas que visem ao monitoramento de suas áreas cultivadas, de forma a buscar facilidades em seu manejo. Surgem neste contexto, os produtos advindos das técnicas de sensoriamento remoto, como os índices de vegetação, que permitem a aquisição de informações de extensas áreas em curto período de tempo. Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi obter albedo, IAF, NDVI e SAVI, para diferentes estádios fenológicos da cana-de-açúcar irrigada por pivô central, e analisá-los em escala temporal. Para tal, foram utilizadas imagens captadas pelo satélite LANDSAT-5/TM, órbita/ponto 218/71, correspondentes a área do município de Jaíba/MG. Primeiramente, foi feito contato com a empresa Sada-Bio-Energia, responsável pelo fornecimento de dados para a pesquisa. No processamento, as imagens adquiridas passaram por georreferenciamento, correção atmosférica, calibração radiométrica, e então foram geradas as imagens índices e albedo. Seguiu-se com a seleção dos pivôs de interesse e extração dos dados para as datas disponíveis. Os resultados mostraram que as imagens índices tenderam a decrescer os valores na fase de maturação, enquanto o albedo aumentou com o ciclo da cultura, demonstrando eficiência na caracterização do comportamento do ciclo.

Palavras-chave: índices de vegetação, monitoramento da cana-de-açúcar, estágio fenológico, sensoriamento remoto.

TEMPORAL ANALYSIS OF BIOPHYSICALS PARAMETERS CHANGES OF SUGAR CANE IN JAÍBA - MG

ABSTRACT: The sugar cane has great expressiveness in agricultural activity in the country, which makes it important to invest in research aimed at monitoring their cultivated areas in order to seek facilities in their management. In this context, the products arising from remote sensing techniques, such as the vegetation indexes, which allow information acquisition of large areas in a short time period. Thus, the objective of this study was to obtain albedo, LAI, NDVI and SAVI, at different growth stages of sugar cane irrigated by center pivot, and analyze them in time scale. We used images captured by Landsat-5 satellite / TM, orbit / point 218/71, corresponding area in the city of Jaíba / MG. First, we contacted the Sada-Bio-Energy company, responsible for providing data. In processing, acquired images have gone through georeferencing, atmospheric correction and radiometric calibration, and then the index and albedo images were generated. Followed by the selection of the interest centers and extract the values to available data dates. The results showed that the images index values tended to decrease during the maturation phase, while the albedo increased with the growing cycle, showing efficiency characteristics of the cycle behavior.

Keywords: vegetation indexes, sugar cane monitoring, phenological stage, remote sensing.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é um produto de grande importância para a economia brasileira, sendo o Brasil o maior produtor. Essa cultura é típica de regiões tropicais e por isso apresenta uma boa adaptabilidade na maioria das regiões do país. Além disso, a cana-de-açúcar está associada a produção de alimentos, tanto para consumo humano como para alimentação de animais. Sobressai-se também na produção de álcool combustível, o qual se apresenta como uma importante fonte de energia alternativa, principalmente, para o setor automobilístico.

Esses fatores, por sua vez, contribuem em peso para

expansão de cultivos de cana-de-açúcar pelo país. Neste contexto, é interessante o estudo da dinâmica do desenvolvimento da mesma. Uma ciência promissora para esses tipos de pesquisas é o sensoriamento remoto, que apesar de ser relativamente nova, tem possibilitado o aprofundamento em estudos de diversas áreas como a identificação e quantificação de áreas degradadas, a análise do comportamento espectral da vegetação, em estudos meteorológicos, dentre outros. Essa técnica possui a vantagem de possibilitar a obtenção detalhada de informações de uma extensa área a partir de uma visão sinótica. Em razão disso, o uso do sensoriamento remoto é

cada vez mais constante devido à grande eficiência no monitoramento espaço-temporal da superfície terrestre.

A partir de técnicas de sensoriamento remoto é possível obter parâmetros como os índices de vegetação - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado para Solo (SAVI) e Índice de Área Foliar (IAF) - os quais consistem na combinação de duas ou mais bandas espectrais, que permitem uma melhor identificação e caracterização de superfícies vegetadas. Esses índices estão relacionados a parâmetros como biomassa e porcentagem de cobertura vegetal. Dentre outras informações que podem ser obtidas por meio dessas técnicas tem-se o albedo, o qual, de acordo com Allen et al. (2002), é um parâmetro meteorológico que consiste na razão entre a radiação refletida e a incidente. Portanto, diferentes alternativas para estimativa deste são importantes para complementação de dados meteorológicos que são escassos na região de estudo.

O objetivo da pesquisa foi caracterizar o comportamento espectral da cana-de-açúcar através da análise das variações do albedo, NDVI, SAVI e IAF. Esses índices foram obtidos a partir de imagens de sensoriamento remoto, em fases fenológicas distintas com um período correspondente a quatro anos de safras e cultivos irrigados por pivô central no município de Jaíba/MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo representada na Figura 1, pertence à empresa SADA Bio-Energia. Possui uma área de 4.735 ha de cultivos de cana-de-açúcar. Esta área, por sua vez, localiza-se no município de Jaíba no Norte de Minas Gerais delimitado pelas coordenadas geográficas 15°00' e 15°20' de Latitude Sul, 43°40' e 44°05' de Longitude Oeste e 449 m de altitude, Datum WGS 84, Zona 23S. Sendo caracterizado pelo intenso desenvolvimento da agricultura irrigada ocorrido em consequência da presença de um grande projeto de irrigação, o Jaíba, projetado para ser o maior da América Latina (SIMÃO et al., 2009).

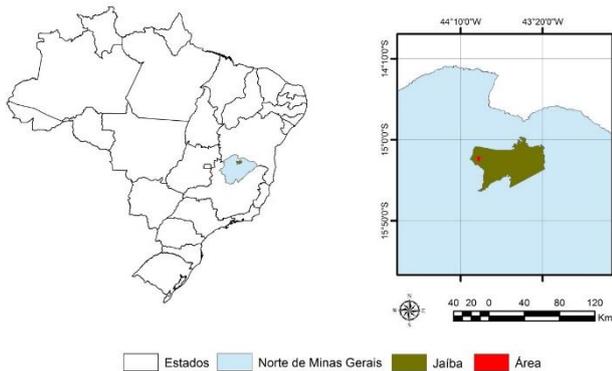


Figura 1. Localização da área de estudo com a composição RGB 453 na mesorregião Norte de Minas Gerais.

Primeiramente, foi realizado o contato com a empresa SADA Bio-Energia proprietária da maior parte dos cultivos de cana-de-açúcar irrigados por pivô central no Projeto Jaíba. Nesse momento selecionaram-se os pivôs para o desenvolvimento da pesquisa. Esta escolha baseou-se no fornecimento dos dados pela empresa. Assim, o alvo de estudo consistiu em seis pivôs como mostrado na Figura 2, cultivados com a variedade de cana-de-açúcar

RB867515. Essa espécie, de acordo com Santiago; Rosetto (2008) foi desenvolvida pelo departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e se destaca pela produtividade de açúcar e tolerância às principais doenças que atingem essa planta.

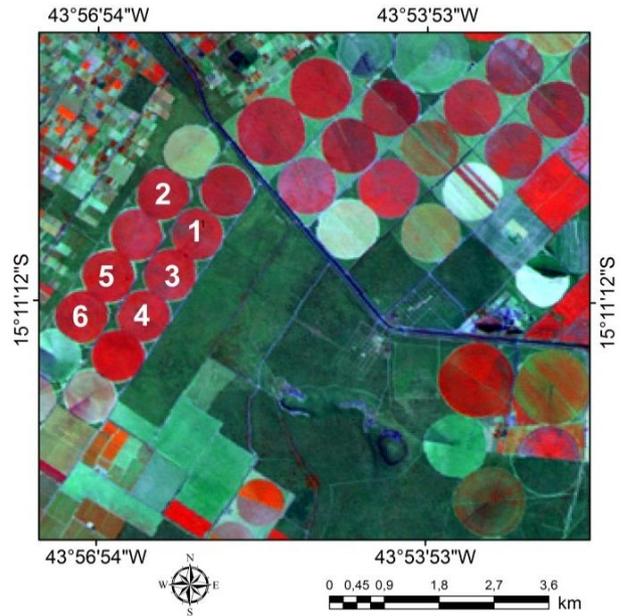


Figura 2. Localização espacial dos seis pivôs de estudo.

Grande parte dos plantios foi realizada em outubro de 2007 em uma região de latossolo amarelo e textura franca arenosa. A cana de açúcar é dividida em quatro estádios de desenvolvimento: germinação e emergência, com duração em torno de um mês; perfilhamento e estabelecimento da cultura, de dois a três meses; desenvolvimento vegetativo, de seis a sete meses e a maturação, que ocorre em aproximadamente dois meses. Com base nessa informação, juntamente com as datas de plantio fornecidas pela empresa e na disponibilidade de imagens do satélite LANDSAT-5 sensor TM, foram selecionadas as épocas de estudo dos quatro anos safras (2007/2008, 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011), conforme mostra a Tabela 1. As imagens de órbita/ponto 218/71 foram adquiridas gratuitamente na página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013).

Os procedimentos foram realizados nos softwares ENVI 4.2 e no SPRING 5.1.8 com a ferramenta Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico – LEGAL utilizada para correção atmosférica, calibração radiométrica e cálculo dos parâmetros de interesse. O início do processamento das imagens ocorreu com o georreferenciamento destas a partir de uma imagem base, *Geocover*, obtida no site *Global Land Cover* pertencente a NASA. Para realizar a correção atmosférica utilizou-se a metodologia DOS (*dark object subtraction*) proposta por Chávez (1988) aplicada a partir da planilha eletrônica desenvolvida por Gürtler et al. (2005), sendo requeridos os seguintes parâmetros referentes a imagem a ser corrigida: nome do sensor, data da imagem, valores de número digitais e frequência da banda de referência, isto é, da banda 1 e ângulo de elevação solar.

Tabela 1. Datas de estudo com as correspondentes fases fenológicas.

Data	Plantio	Fase fenológica	Observações
07/05/08	1° Plantio	Desenv.	----
14/10/08	1° Plantio	Mat.	Dois pivôs colhidos (pivô 4 e 5)
13/07/09	1° Corte	Desenv.	Dois pivôs fase de maturação (4 e 5)
15/09/09	1° Corte	Mat.	Próxima da colheita
01/08/10	2° Corte	Desenv.	Dois e Cinco fase de maturação
18/09/10	2° Corte	Mat.	Menos de um mês para colheita
17/06/11	3° Corte	Desenv.	----
21/09/11	3° Corte	Mat.	Dois pivôs colhidos (3 e 4)

Desenv = desenvolvimento; Mat. = maturação

Após a correção, foi feita a efetivação da calibração radiométrica com a transformação dos números digitais em valores de radiância espectral pela (Equação 1) A conversão de radiância para refletância planetária foi realizada a partir da (Equação 2) (CHANDER; MARKHAM, 2003). Após os procedimentos de correção atmosférica e de calibração radiométrica procedeu-se com a modelagem dos parâmetros: albedo, NDVI, SAVI e IAF. O albedo planetário foi adquirido com base na refletância das bandas (1, 2, 3, 4, 5 e 7), pela metodologia empregada por Bastiaanssen (2000), válido para dias de céu claro, sendo definido pela Equação 3.

$$L_{\lambda i} = \left(\frac{L_{i\max} - L_{i\min}}{255} \right) * ND + L_{i\min} \quad \text{(Equação 1)}$$

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta_s} \quad \text{(Equação 2)}$$

$$\alpha_{toa} = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7 \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que: $L_{i\max}$ e $L_{i\min}$: são coeficientes de calibração mínimo e máximo para o sensor TM/Landsat-5 para cada banda da imagem. ρ_{λ} : é a refletância; L_{λ} : a radiância espectral, a qual representa a energia refletida medida em cada banda por unidade de pixel ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$); $ESUN_{\lambda}$: a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1}$); θ o ângulo zenital solar ($0^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$); d : é a distância relativa Terra-Sol, em unidades astronômicas, varia entre 0,97 e 1,03; $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5$ e ρ_7 são as refletâncias monocromáticas das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, respectivamente.

Contudo, considerando que a atmosfera terrestre produz interferência na radiação solar e na radiação refletida, o albedo calculado no topo da atmosfera carece de correções, devidas aos processos de absorção e espalhamento. Essas correções podem ser obtidas pela Equação 4. Posteriormente foi estimado os índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF pelas equações 5, 6 e 7 respectivamente, baseados no algoritmo SEBAL. O NDVI foi obtido pela razão da diferença das refletividades da banda do infravermelho próximo (ρ_4) e da banda do vermelho (ρ_3) e pela soma destas (ALLEN et al., 2002), de acordo com a Equação 5. O cômputo do SAVI foi realizado com a Equação 6 proposta por Huete (1988).

$$a = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad \text{(Equação 4)}$$

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad \text{(Equação 5)}$$

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{iv} - \rho_v)}{(L + \rho_{iv} - \rho_v)} \quad \text{(Equação 6)}$$

Em que: α_{toa} : albedo no topo da atmosfera; α_p é a radiação solar refletida pela atmosfera que varia de 0.025 a 0.04, o valor considerado foi 0.03 de acordo com Bastiaanssen, (2000); τ_{sw} é a transmissividade atmosférica.

O valor da constante L foi considerado como 0,5, que para Huete (1988) deve ser utilizado para estudos que envolvem vegetação com densidade intermediária e o qual de acordo com Allen et al. (2002) é o que frequentemente aparece na literatura. O índice de área foliar foi calculado pela Equação 7. O máximo valor para o IAF é de 6,0 o qual corresponde ao máximo SAVI de 0,687. Acima desse valor, o SAVI satura com o aumento do IAF e não muda significativamente. Cada parâmetro calculado corresponde a uma imagem com valores dos índices associados. Para se obter a informação referente a cada pivô central estudado foi necessário realizar uma vetorização destes, com intuito de extrair os valores médios da área de interesse.

$$IAF = \frac{-\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad \text{(Equação 7)}$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Albedo

As Figuras 3 a 6 a seguir mostram os resultados de albedo extraídos das imagens LANDSAT-5/TM para as fases fenológicas de desenvolvimento vegetativo e maturação para os quatro anos safras estudados. Na análise dos resultados representados na Figura 3 pode-se perceber que o menor valor para a média de albedo na fase de desenvolvimento vegetativo (07/05/2008) foi de 0,079 para o pivô 1 com 182 dias após o plantio (DAP) e o maior valor foi de 0,0897 para o pivô 6 com 197 DAP. Para a fase de maturação da mesma safra (14/10/2008) os valores de albedo apresentaram-se um pouco maiores que o da fase anterior, sendo o valor mínimo encontrado para o pivô 1, com 341 DAP, de 0,099 e o máximo para o pivô 4 de 0,228 com 352 DAP.

Os dados de albedo para o ano safra 2008/2009, conforme mostra a Figura 4, para o estágio de desenvolvimento (13/07/2009) apresentou valores entre 0,095 e 0,104, sendo o valor médio encontrado de 0,099 para esta data. O menor valor foi correspondente ao pivô 1 com 245 dias após o corte (DAC), enquanto o maior para o 5 com 326 DAC o qual já havia entrado na fase de maturação. A fase de maturação (15/09/2009) teve como resultados albedos de 0,096 a 0,159, estando os cultivos, nesta data, bem próximos da colheita. Nos anos safras 2009/2010 e 2010/2011 o comportamento foi semelhante, isto é, aumentou com o desenvolvimento da cultura.

Os valores encontrados para o albedo apresentaram-se em uma baixa magnitude, isto pode ser justificado pela passagem do satélite sobre a área, a qual ocorre por volta do meio dia (12:44h) horário em que o albedo apresenta valores mínimos. Esse resultado é corroborado por Esteves et al. (2012) que, em estudos com cana-de-açúcar no Norte Fluminense, obtiveram valores de albedo máximos em

horários próximos ao nascer e pôr-do-sol e valores mínimos perto do meio dia.

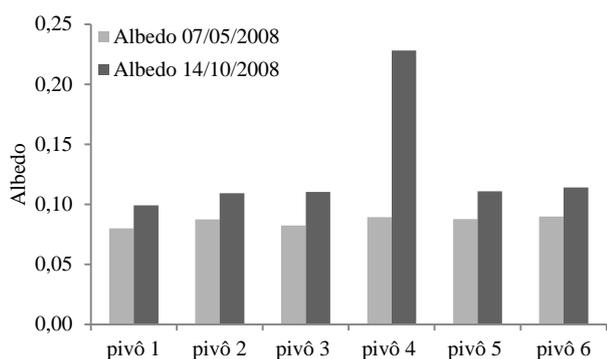


Figura 3. Resultados de albedo referentes ao ano safra 2007/2008.

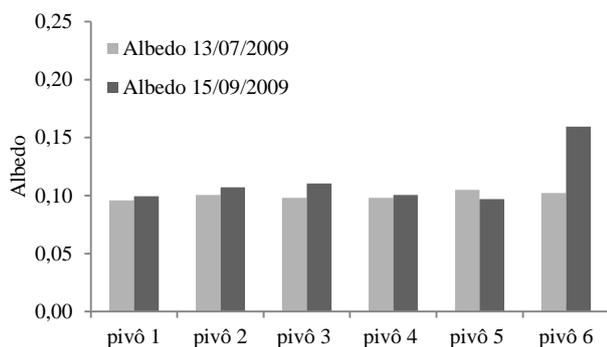


Figura 4. Resultados de albedo referentes ao ano safra 2008/2009.

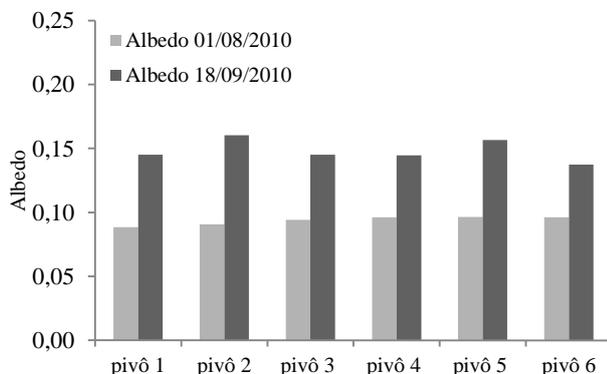


Figura 5. Resultados de albedo referentes ao ano safra 2009/2010.

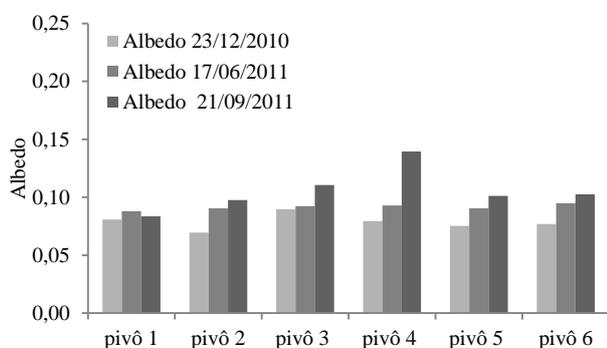


Figura 6. Resultados de albedo referentes ao ano safra 2010/2011.

Observou-se também nos resultados obtidos, o aumento do albedo com o desenvolvimento da cultura. Esse comportamento, conforme André et al. (2010), ocorre

em razão do aumento da cobertura do solo. Outro resultado constatado foi uma maior diferença entre os valores de albedo do pivô 1 para o pivô 4, o que pode ser justificado pelo fato de que nesta data o pivô 4 se encontrava com colheita da cana recente, por isso, o comportamento verificado para essa área deve-se então a presença de solo exposto devido a retirada da vegetação. Esse fato é coerente pois os maiores valores de albedo foram observados em áreas com ocupação de pastagem com vegetação rala e solo exposto, encontrando valores para essa última classe em torno de 0,181. Como se pode observar no Quadro 1 o pivô 5 também já havia passado pela colheita na data em questão, entretanto, o valor de albedo para esse pivô foi menor que o encontrado para o pivô 4, pois a sua colheita foi feita no dia 27/08/2008, ou seja, ele se encontrava a 47 dias após o corte (DAC) momento em que a planta está em fase de perfilhamento.

Dantas et al. (2010) encontraram valores para frutíferas irrigadas entre 0,13 a 0,20 na região de Quixeré no Ceará. Segundo Leite; Brito (2012), os valores de albedo possuem influência de diversos fatores como a ocorrência de ventos fortes, características das superfícies, presença de áreas irrigadas dentre outros.

3.2. NDVI, SAVI e IAF

Em seguida tem-se os resultados obtidos para o NDVI, SAVI e IAF nas diferentes datas de estudo representados da Figura 7 a Figura 14. Sendo que, as letras A correspondem as fases de desenvolvimento vegetativo da cultura e as B à maturação. Em relação ao índice de vegetação NDVI foram encontrados valores médios no intervalo de 0,697 para 193 DAP a 0,729 para 204 DAP na safra 2007/2008, Figura 7, caracterizado pelo plantio da cana-de-açúcar o qual a leva a denominação de cana planta. Sendo a amplitude máxima dos valores de NDVI igual a 0,032. O SAVI para mesma época foi de 0,475 a 0,513 para 182 DAP e 197 DAP respectivamente, sendo a variação máxima de 0,038. Para a fase de maturação do mesmo ano, Figura 8, os NDVI obtidos foram 0,641 a 0,556 para pivôs com 182 DAP e com 211 DAP respectivamente e o SAVI teve como máximo e mínimo: 0,227 com 182 DAP e 0,450 com 348 DAP. O pivô 4 apresentou valores de NDVI e SAVI bastante baixo 0,275 e 0,227 em virtude da colheita recente. No período de 2008/2009, Figura 9, o NDVI esteve entre 0,685 e 0,696 com 245 e 235 DAC, respectivamente, e o SAVI de 0,471 com 225 DAC e 0,692 com 251 DAC. Para a fase de maturação, Figura 10, o NDVI e SAVI de maior valor foram 0,656 com 314 DAC e 0,451 com 359 DAC, nesta data o pivô 6 se encontrava a 15 dias da colheita e devido a isso apresentou NDVI de 0,451 e SAVI de 0,332. Pode-se notar, então, que tanto os valores de NDVI quanto os de SAVI diminuem no sentido das fases de desenvolvimento vegetativo e maturação. Sendo que esse mesmo comportamento foi observado nos outros anos safras (2009/2010 e 2011/2011).

Os resultados do IAF mostram que o valor máximo obtido para a fase de desenvolvimento do ano safra 2007/2008, Figura 7, foi de 2,17 no pivô 6 o qual estava a 197 DAP e o valor mínimo de 1,583 para o pivô 1 com 182 DAP. Na fase de maturação, representada pela data 14/10/2008, Figura 8, houve uma diminuição desses números sendo o maior deles 1,42 para o pivô 3 com 348 DAP e o menor 0,904 para o pivô 2 com 370 DAP.

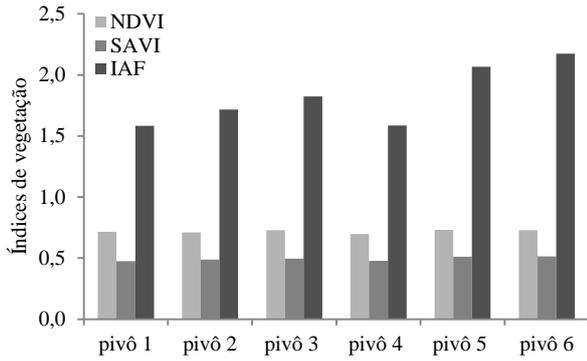


Figura 7. Valores para os parâmetros analisados referentes ao ano safra 2007/2008, desenvolvimento (dados 07/05/2008).

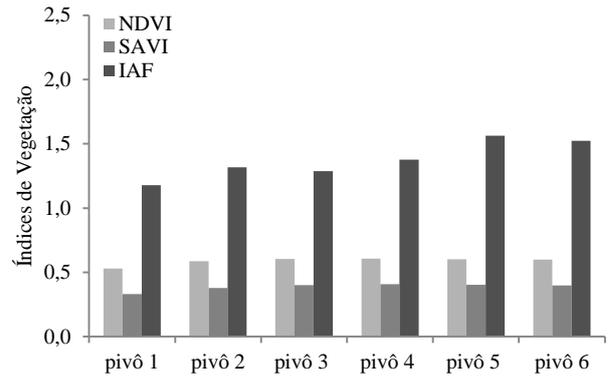


Figura 11. Valores para os parâmetros analisados referentes ao ano safra 2009/2010, desenvolvimento (dados 01/08/2010).

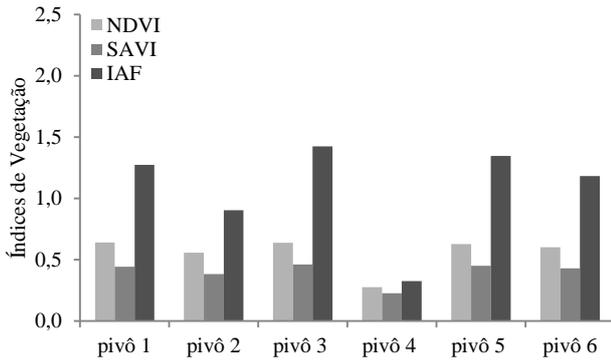


Figura 8. Valores para os parâmetros analisados referentes ao ano safra 2007/2008, maturação (dados 14/10/2008).

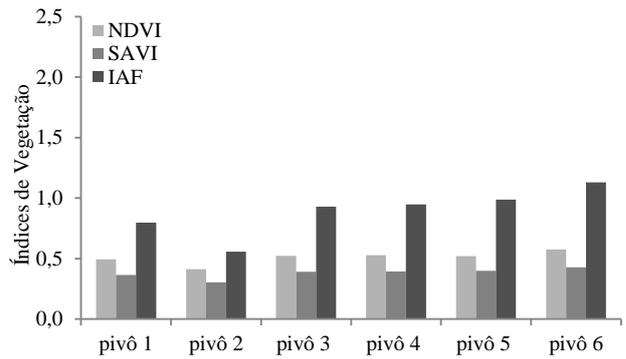


Figura 12. Valores para os parâmetros analisados referentes ao ano safra 2009/2010, maturação (dados 18/09/2010).

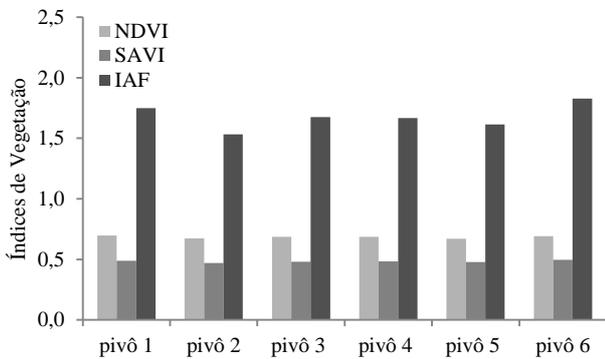


Figura 9 - Valores para os parâmetros analisados referentes ao ano safra 2008/2009, desenvolvimento (dados 13/07/2009).

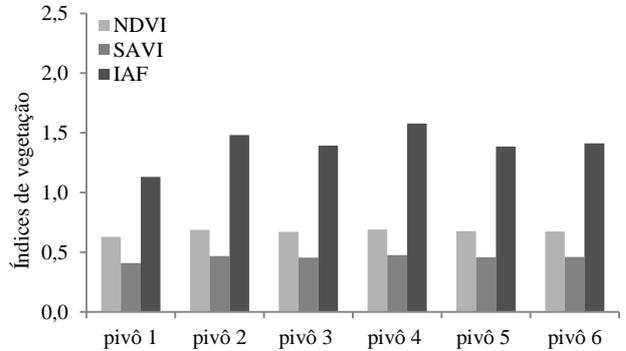


Figura 23. Valores para os parâmetros analisados referentes ao ano safra 2010/2011, desenvolvimento (dados 17/06/2011).

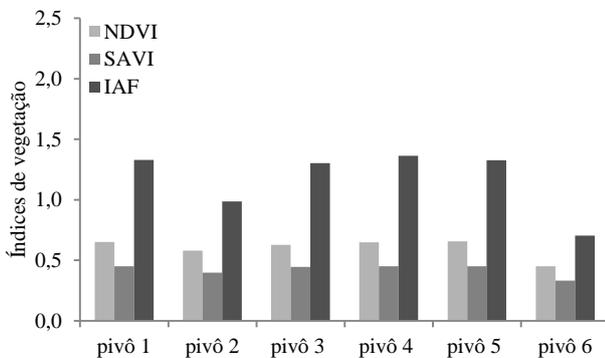


Figura 10. Valores para os parâmetros analisados referentes ao ano safra 2008/2009, maturação (dados 15/09/2009).

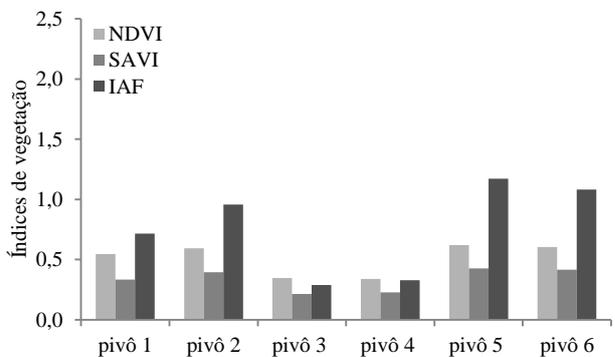


Figura 14. Valores para os parâmetros analisados referentes ao ano safra 2010/2011, maturação (dados 21/09/2011).

Na safra seguinte, Figura 9 e 10, foi observado um comportamento semelhante em que o maior IAF foi 1,82 a 251 DAC e 1,53 a 225 DAC, isto é, na fase de desenvolvimento. Esses valores reduziram quando na fase de maturação sendo estimado em 0,70 com 310 DAC e 0,98 com 285 DAC. Por conseguinte, o IAF no desenvolvimento vegetativo encontra-se em altos valores que reduzem quando a cana-de-açúcar entra para o estágio de maturação, assim como ocorreu com os índices de vegetação NDVI e SAVI.

Assim como ocorreu com os resultados de albedo, os valores de NDVI para os pivôs não se distanciaram muito entre eles em razão das condições semelhantes a que são submetidos. Em geral o NDVI, SAVI e IAF apresentaram comportamentos semelhantes, isto é, quando no desenvolvimento vegetativo apresentam-se em altos valores que reduzem quando a cana-de-açúcar entra para o estágio de maturação. Além disso, comparando o SAVI e o NDVI, pode-se inferir que o NDVI foi mais sensível na caracterização do comportamento espectral da cana-de-açúcar em seus diferentes estádios de desenvolvimento. Sendo que o NDVI apresentou maior variação de uma fase para outra em todos os anos safras analisados.

Wiegand et al. (1991) e Simões et al. (2009) apontam que o fato de os dados do comportamento espectral seguirem a evolução temporal de variáveis agrônomicas ratificam a potencialidade do sensoriamento remoto na detecção de dados para monitorar as condições de produção de culturas agrícolas.

4. CONCLUSÕES

Para uma mesma data, os seis pivôs cultivados com cana-de-açúcar expressaram através dos parâmetros analisados comportamentos semelhantes na série temporal analisada. Os índices NDVI, SAVI e IAF foram maiores na fase de desenvolvimento vegetativo marcada pelo intenso crescimento da cultura e decresceram na maturação.

O albedo apresentou comportamento inverso aos outros parâmetros, ou seja, aumentou com o desenvolvimento da cultura. Dentre os parâmetros analisados, o NDVI foi o mais sensível na caracterização dos diferentes estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar. Os parâmetros utilizados caracterizaram os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura e poderão subsidiar trabalhos futuros de estimativa da produtividade e/ou previsão de safras, baseados na criação de modelos matemáticos associados a estas variáveis.

5. AGRADECIMENTOS

A empresa SADA Bio Energia pelo fornecimento dos dados essenciais a realização desse estudo.

6. REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. **Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL)** - Advanced training and User's Manual. Kimberly: Idaho Implementation, 2002. 98p.

ANDRÉ, R. G. B. et al. Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana-de-açúcar. Parte 1: balanço de radiação e parâmetros derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.25, n.3, p.375 - 382, set. 2010.

BASTIAANSSEN, W. G. M. SEBAL – Based Sensible and Latent Heat Fluxes in the Irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.229, n.1-2, p.87-100, mar. 2000.

DANTAS, F. R. C. et al. Determinação do albedo da superfície a partir de dados AVHRR/NOAA e TM/LANDSAT-5. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, n.1, p.24-31, mar. 2010.

ESTEVEES, B. S. et al. Variações do albedo, NDVI e SAVI durante um ciclo da cana-de-açúcar no Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.7, n.4, p.663-670, out./dez. 2012.

GÜRTLER, S. et al. Planilha eletrônica para o cálculo da reflectância em imagens TM e ETM+ LANDSAT. **RBC - Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v.57, n.2, p.162-167, ago. 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em ago. 2013.

LEITE, R. L.; BRITO, J. L. S. Sensoriamento remoto aplicado à análise temporal da relação uso da terra / temperatura e albedo de superfície na bacia do Rio Vieira no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.10, n.8, p.98-120, jan./jun. 2012.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Arvore do conhecimento: cana-de-açúcar**. Brasília: AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2008.

SIMÃO, F. R. et al. **Coletânea e análise de impactos ambientais gerados pelo Perímetro Irrigado de Jaíba**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009. 68p.

SIMÕES, M. S. et al. Orbital spectral variables, growth analysis and sugarcane yield. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.66, n.4, p.451-461, maio/jun. 2009.

WIEGAND, C. L. et al. Vegetation indices in crop assessments. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.35, n.2, p.105-119, maio 1991.