

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.4, p.663-670, out.-dez., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i4a1597

Protocolo 1597 - 25/06/2011 • Aprovado em 08/05/2012

Barbara dos S. Esteves^{1,2}

Elias F. de Sousa^{1,3}

José C. Mendonça¹

Lidiane de L. Lousada^{1,2}

Rodrigo de A. Muniz^{1,5}

Rosely M. da Silva¹

Variações do albedo, NDVI e SAVI durante um ciclo da cana-de-açúcar no Norte Fluminense

RESUMO

O albedo é um parâmetro relevante no balanço de radiação de uma superfície e bastante utilizado em modelos climáticos e agrometeorológicos, tais como estimativas do fluxo de vapor d'água e do saldo de radiação, dentre outros; entretanto, este parâmetro nem sempre está disponível. O objetivo deste estudo foi apresentar as variações do albedo, do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e do Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) durante o ciclo da cultura da cana-de-açúcar; para tal, instalou-se uma estação micrometeorológica em uma área de 13 ha, em cultivo comercial da Fazenda Partido. O cultivo foi acompanhado periodicamente aos 85, 102, 128, 149, 174, 194, 215, 235, 255 e 280 dias após o corte (DAC) para obtenção da matéria seca e do índice de área foliar (IAF). O albedo foi obtido a partir dos dados gerados pelos piranômetros, instalados na estação. O NDVI e o SAVI foram obtidos durante obtidos o ciclo da cultura, foram obtidos a partir de imagens Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) da plataforma Terra, sendo todas as rotinas computacionais necessárias executadas através do programa Erdas 8.7. As variações do albedo foram afetadas pelas condições hídricas do período. De maneira geral, o albedo acompanhou as variações do IAF. O NDVI e o SAVI foram influenciados pelas condições hídricas do período mas acompanharam as variações da interação IAF-albedo.

Palavras-chave: balanço de radiação, IAF; índices de vegetação

Variations of albedo, SAVI and NDVI during one cycle of sugarcane in the Norte Fluminense

ABSTRACT

The albedo is an important parameter in the radiation balance of a surface and is commonly used in climate models and crop weather, such as estimates of the flow of water vapor and net radiation, among others, however, this parameter is not always available. The aim of this study was to show the variations of albedo, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) during the growing cycle of sugarcane. For the purpose a micrometeorological station was installed in an area of 13 ha in commercial cultivation of Farm Partido. The crop was regularly monitored at 85, 102, 128, 149, 174, 194, 215, 235, 255 and 280 days after cutting (DAC), to obtain the total dry weight and leaf area index (LAI). The albedo was obtained from the data generated by pyranometers, installed at the station. The SAVI and NDVI during the crop cycle were obtained from images Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), Terra platform, with all the necessary computational algorithms implemented by the program Erdas 8.7. The albedo variations followed LAI. The NDVI and SAVI were influenced by water conditions of the period, but generally followed the variations of the LAI-albedo interaction.

Key words: net radiation, LAI, vegetation index

1 Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil.

Fone: (22) 2739-7243, Ramal 97243. E-mail:

barbbarase@yahoo.com.br;

efs@uenf.br; mendonca@uenf.br;

delimalousada@yahoo.com.br;

uenf.rodrigo@gmail.com;

menezesrosely@yahoo.com.br

2 Bolsista de Doutorado da CAPES

3 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

4 Bolsista de Mestrado da FAPERJ

5 Bolsista de Doutorado do CNPq

INTRODUÇÃO

A Região Norte fluminense, especialmente o Município de Campos dos Goytacazes, se destaca um polo da cultura da cana-de-açúcar (Reis Júnior & Monnerat, 2002). Apesar da atividade canavieira fluminense não ter acompanhado o crescimento nacional do setor, ela continua sendo um dos principais suportes da agricultura do Estado do Rio de Janeiro, quer na geração de receita ou de empregos diretos e indiretos (Oliveira, 2005).

A cana-de-açúcar é cultura produzida em grandes extensões territoriais, cuja produção é afetada por variações climáticas, porém, por se tratar de um monocultivo que ocupa extensas áreas, suas relações afetam também o ambiente em que está inserida. Para que se possa compreender e analisar os impactos de determinada cultura em uma região, é preciso conhecer suas relações e trocas energéticas com o ambiente.

O albedo é um parâmetro muito importante no balanço de radiação de uma superfície e bastante utilizado em modelos climáticos e agrometeorológicos, tais como estimativas do fluxo de vapor d'água e do saldo de radiação, dentre outros; entretanto, este parâmetro nem sempre está disponível visto que sua medida não é efetuada de forma rotineira, como ocorre com muitos outros parâmetros meteorológicos (Leitão, et al. 2002). Em sistemas ecológicos o albedo controla as condições microclimáticas das culturas e sua absorção de radiação, afetando aspectos físicos, fisiológicos e processos biogeoquímicos, tais como o balanço de energia, evapotranspiração, fotossíntese e respiração (Wang et al., 2001).

Os índices de vegetação podem ser definidos como funções matemáticas entre duas ou mais bandas espectrais, selecionadas com o objetivo de melhorar a relação desses dados com características da vegetação, sendo o NDVI o mais utilizado. Este índice é a razão entre a diferença e a soma da reflectância da região espectral do infravermelho próximo (IVP) e a reflectância na região espectral do vermelho (V) e varia de -1 a +1, sendo os valores negativos para solo nu e corpos hídricos. O estudo de fenologia da cultura constitui um parâmetro relevante para a avaliação do desenvolvimento e manejo da cana-de-açúcar, através do NDVI, associados à precipitação, dando suporte ao monitoramento da biomassa (Lucas & Shuler, 2007) mas, mesmo que o solo esteja completamente coberto pela vegetação, ele influencia os índices de vegetação gerados. Nos primeiros estádios de desenvolvimento das culturas esta influência deve ser considerada pois não há cobertura total do solo. Huete (1988) adicionou uma constante denominada L, à equação do NDVI criando, assim, o SAVI.

Para a obtenção dos índices de vegetação a maioria das pesquisas em sensoriamento remoto para o monitoramento agrícola emprega imagens com resolução espacial média podendo-se citar, como exemplo, os sensores TM e ETM+, com resolução espacial de 30 m (Goltz et al., 2007). Porém os mesmos autores citam que o período de revisita desses sensores é muito longo, geralmente de 16 em 16 ou de 26 em 26 dias, dificultando o acompanhamento do crescimento das culturas. Como solução a este problema, tem-se os sensores com alta resolução temporal, sendo o sensor MODIS uma alternativa, destacando-se o produto MOD09GQK, pelo fato do período de revisita ser diário e com resolução espacial de 250 m. Mendonça (2007) utilizou dados MODIS para obtenção de índices de vegetação na Região Norte fluminense em diferentes coberturas vegetais, incluindo a cana-de-açúcar. Goltz et al. (2007) utilizaram dados MODIS para o cálculo dos índices de vegetação, em soja, no estado de Minas Gerais, obtendo dados com coeficiente de variação pequenos em relação à radiometria de campo.

Tendo em vista a importância da agrossistema da cana-de-açúcar no Norte Fluminense, o objetivo deste estudo foi apresentar as variações do albedo, NDVI e SAVI durante o ciclo da cultura da cana-de-açúcar, nas condições de clima e solo locais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em cultivo comercial de cana-de-açúcar na Fazenda Partido, da empresa Feliz Terra Agrícola, não irrigado, em Campos dos Goytacazes, Norte-fluminense: coordenadas geográficas: 21°48'17"S e 41°16'29' W. A variedade da cana-de-açúcar utilizada foi a SP81-3250, plantada em um espaçamento de 1,5 m, estando na ressoça de 3° corte. O solo, que apresenta drenagem moderada, ausência de pedregosidade e propriedades vérticas, foi classificado como Cambissolo Háplico Eutrófico (Embrapa, 2006). A composição granulométrica e a densidade de partículas dos diferentes horizontes do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw, ou seja, tropical úmido com verão chuvoso e inverno seco, sendo a temperatura do mês mais frio superior a 18 °C. As médias anuais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, são respectivamente, iguais a 1023 mm, 24 °C e 77 %.

Na área do experimento foi instalada, no dia 12 de outubro de 2009, 30 dias após o corte, uma estação micrometeorológica contendo os seguintes sensores: 1 saldo radiômetro NR

Tabela 1. Composição granulométrica e densidade de partículas para os horizontes identificados no perfil do solo

Table 1. Composition of particle size and particle density of the horizons identified in the soil profile

Símbolo	Horizonte Espessura (cm)	Frações granulométricas			Densidade de partículas (Mg m ⁻³)
		Argila	Silte (g kg ⁻¹)	Areia	
A _p	0 -15	341,5	306,5	351,9	2,583
A ₂	15 - 35	407,9	379,5	212,6	2,598
Bi1	35 - 70	378,7	436,6	184,7	2,697
Bi2	70 - 95	373,0	465,8	161,2	2,743
Bi3	95 - 130	496,1	400,5	103,4	2,795
C1	130 - 150+	320,0	360,2	319,9	2,806

Lite; 2 piranômetros LI 200 X-Li-cor; 2 termo-higrômetros HMP45C-L, da Vaissala; 2 anemômetros Met One, da RM Young; 3 fluxímetros HFP01SC-L, da Hukseflux. Todos os dados foram coletados a cada minuto e armazenados em valores médios a cada 15 minutos, por um coletor de dados (datalogger) CR21X, da Campbell Scientific. As hastes horizontais foram dispostas a 0,50 m sobre o dossel da cultura (1ª haste) e a 2,5 m sobre o dossel (2ª haste), as quais foram elevadas de acordo com o crescimento da cultura. Junto à estação foi instalado um pluviômetro registrador da Squitter do Brasil, com 0,25 mm de sensibilidade.

Para acompanhamento do cultivo foram feitas coletas de campo periódicas em 13 ha da área cultivada, aos 85, 102, 128, 149, 174, 194, 215, 235, 255 e 280 dias após o corte (DAC). Em cada coleta foram obtidas, aleatoriamente, amostras em 40 m do cultivo, sendo determinadas as massas frescas totais de colmos e das folhas e coletada a palhada, a cada metro. As amostras de folhas foram levadas para determinação da área foliar, que foi realizada com auxílio do equipamento LICOR-3100 no laboratório, para posterior estimativa da área foliar total e cálculo do IAF, após este procedimento as amostras de colmos e folhas foram levadas para secagem do material verde, identificadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a uma temperatura média de 70°C até peso constante, seguidos da pesagem do massa da matéria seca total, para posterior estimativa da massa da matéria seca total por hectare.

Obteve-se o albedo (α) como sendo a razão entre a irradiância solar refletida (R_{\uparrow}) e a irradiância solar incidente (R_{\downarrow}) da radiação global, apresentada na Equação 1:

$$\alpha = \frac{R_{\downarrow}}{R_{\uparrow}} \quad (1)$$

As imagens digitais orbitais utilizadas para obtenção dos índices de vegetação foram provenientes do sensor MODIS da plataforma Terra, obtidas gratuitamente no portal da National Aeronautics and Space Administration (NASA) (NASA, 2010). Pelo fato do período de revisita ser diária, o produto MOD09GQK foi considerado mais adequado para o monitoramento da cana-de-açúcar. Este produto é oriundo da superfície de reflectância, disponível no MODLAND (produtos destinados ao continente). Os dados MODIS foram obtidos originalmente na projeção *integerized sinusoidal* e no formato *.hdf*, sendo convertidos para a projeção UTM e formato GeoTiff através do MODIS Reprojection Tool (Goltz et al., 2007).

Todas as rotinas computacionais necessárias à geração do NDVI e do SAVI foram executadas no módulo Model Maker do programa Erdas Imagine 8.7. Os dias julianos analisados foram: 346/2009, 355/2009, 20/2010, 36/2010, 125/2010, 150/2010 e 168/2010. Esses dias foram selecionados devido à ausência de nuvens e ao fato de estarem próximos aos acompanhamentos de campo. Obtiveram NDVI e o SAVI de acordo com as Equações 2 e 3, respectivamente, em que IVP é a refletância no infravermelho próximo; V é a refletância no vermelho e L é a constante de correção para fatores do solo,

sendo de 0,1, como recomendado por Mendonça (2007), para a Região Norte-fluminense.

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (2)$$

$$SAVI = \frac{(IVP - V)(1 + L)}{(IVP + V + L)} \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase de estabelecimento, no perfilhamento, no desenvolvimento dos colmos e na fase de maturação da cultura da cana-de-açúcar, as curvas da variação do albedo (Figura 1) permitiram constatar, para quatro dias, que nos dias apresentados os valores do albedo máximos ocorreram próximo ao nascer e pôr-do-sol e os valores mínimos ocorreram perto do meio-dia.

Querino et al. (2006) observaram, estudando áreas de pastagens e florestas na Amazônia, que os valores mais elevados de albedo ocorreram em dois períodos distintos; ao nascer e ao por-do-sol, os quais apresentaram valores menores próximos ao meio dia indicando, segundo os autores, que o albedo não está relacionado com a radiação solar global e, sim, com o ângulo zenital, que apresenta seu menor valor próximo ao meio dia. Ainda segundo os autores, este fato ocorre porque os valores das radiações refletidas são essencialmente dependentes da inclinação dos raios solares. Na fase de desenvolvimento dos colmos observou-se que os valores do albedo se iniciaram mais baixos elevando-se próximo às 8 horas, seguindo depois o padrão das outras fases.

O albedo médio para a fase de estabelecimento da cana-de-açúcar foi de $0,20 \pm 0,03$; para o perfilhamento foi de $0,26 \pm 0,03$; para a fase de desenvolvimento dos colmos foi de $0,28 \pm 0,03$ e para a fase de maturação da cana-de-açúcar foi de $0,26 \pm 0,02$. O valor médio do albedo para todo o ciclo da cultura foi de $0,26 \pm 0,04$. André et al. (2010) encontraram, estudando o balanço de radiação no Norte-fluminense, para a variedade RB5536 encontraram 0,24 para o estágio de perfilhamento, 0,30 para o desenvolvimento dos colmos e 0,31 para a maturação, sendo o valor médio de 0,28 para todo o ciclo.

O albedo mostrou grande variação com a pluviosidade do período, sendo maior em períodos com menor disponibilidade hídrica e menor em períodos chuvosos. Para os períodos chuvosos foi observado o valor médio do albedo de 0,24; para os períodos secos a média foi de 0,28. A correlação negativa de 40%, foi obtida entre os valores da pluviosidade e do albedo, sendo significativa a nível de 1%. O mesmo padrão obtido neste estudo foi observado por Lima et al. (2009), estudando pastagens e a caatinga na região Nordeste do Brasil. Leitão & Oliveira (2000) observaram que em condições irrigadas o albedo do amendoim reduziu demonstrando também sua dependência em relação ao teor de umidade do solo. O solo mais úmido absorve mais radiação eletromagnética e, por estar mais hidratado, causa redução da refletância, abaixando o albedo. Este resultado também concorda com os obtidos por Leitão e Oliveira (2000). Wang & Davidson (2007) afirmaram

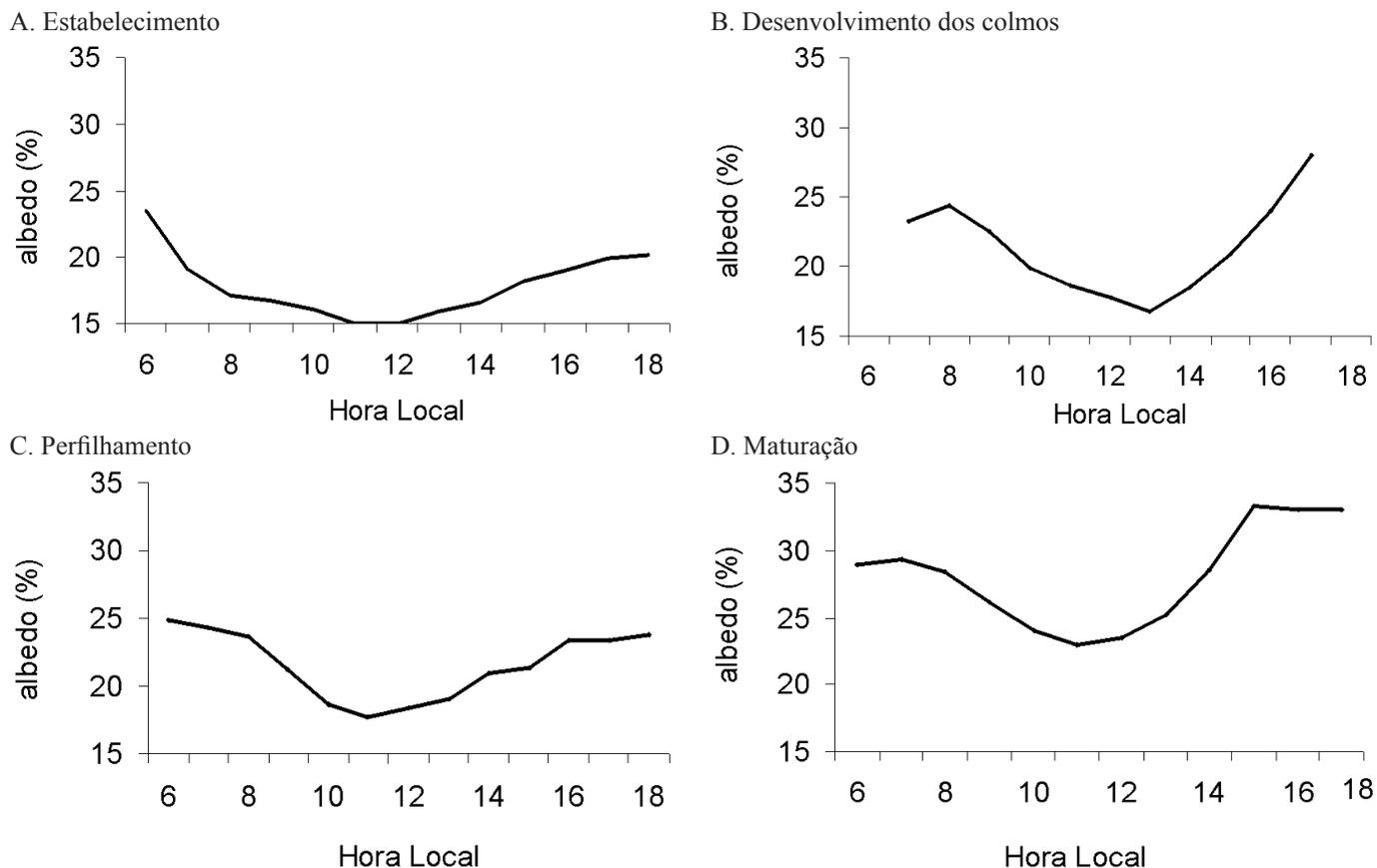


Figura 1. Variação horária diurna do albedo para cada estágio fenológico da cana-de-açúcar durante o ciclo da cultura (setembro de 2009 a junho de 2010) em sequeiro, variedade SP81-3250, Campos dos Goytacazes, RJ

Figure 1. Diurnal time variation of albedo for each developmental stage of sugarcane during the crop cycle (September 2009 to June 2010) in a rainfed, variety SP81-3250, Campos dos Goytacazes, RJ

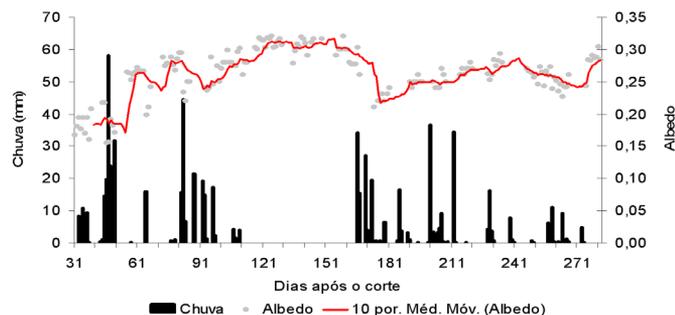


Figura 2. Variação do albedo diário em relação à ocorrência de chuvas durante o período de estudo na cultura da cana-de-açúcar, em Campos dos Goytacazes, RJ (12 de outubro de 2009 a 26 de junho de 2010)

Figure 2. Variation of the albedo in relation to daily rainfall during the study period of the sugarcane crop, in Campos dos Goytacazes, RJ (October 12, 2009 to June 26, 2010)

que as condições hídricas do solo e da planta influenciam diretamente nos padrões sazonais do albedo.

Nas quatro primeiras observações de campo (Figura 3) o albedo foi crescente com a MST e a altura do dossel, concordando com André et al. (2010) ao afirmarem que os valores do albedo têm a tendência de aumentar com o desenvolvimento da cultura devido ao aumento da cobertura do solo. Este padrão ocorreu para as três primeiras observações do IAF que também acompanhou a crescente do albedo, concordando com Souza et

al. (2010) que trabalharam com a cultura da soja. Os resultados (Figura 4) mostraram que também a palhada da cana-de-açúcar também foi crescente ao longo de todo o cultivo.

As chuvas ocorridas durante o período experimental (Figura 2) permitiram constatar que entre os 110 e 165 DAC, há um período prolongado de estiagem. Este período influenciou diretamente no IAF da cultura, reduzindo-o, ocorrendo os valores máximos do albedo. Observa-se que, em torno dos 170 DAC, há redução dos valores do albedo devido, possivelmente, à diminuição da quantidade de radiação refletida, sobretudo durante o período chuvoso e também pela reidratação da cultura, que vinha sofrendo estresse hídrico, condição esta observada também por Silva et al. (2011). Desta forma, o aumento do albedo não foi contínuo durante o ciclo, fato que pode explicar, também, o motivo pelo qual o maior albedo não coincidiu com o maior IAF da cultura da cana-de-açúcar, discordando de Souza et al. (2010) que encontraram o albedo máximo da soja associado ao máximo IAF.

As variáveis NDVI e o SAVI foram obtidas pelo uso de técnicas de sensoriamento remoto orbital e permitiram constatar que, em geral, os índices de vegetação acompanharam o índice de área foliar (Figura 5, A e C) e o albedo (Figura 5, B e D) com exceção dos 255 DAC.

Neste período a cultura passou por um breve período de baixa disponibilidade hídrica em razão de baixas precipitações (Figura 2) porém este evento não interferiu no IAF.

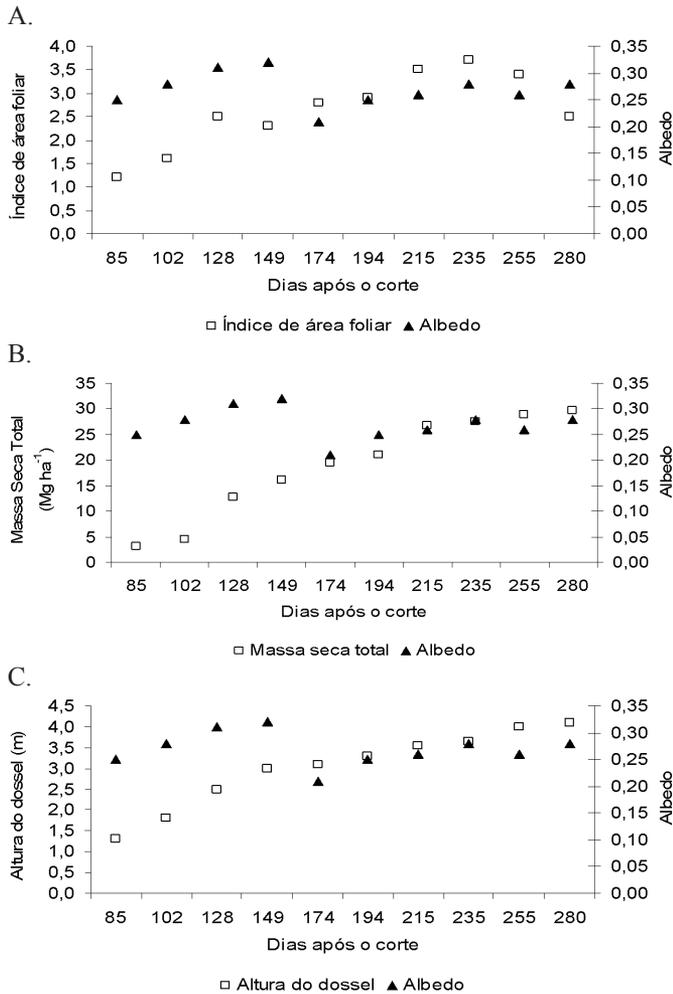


Figura 3. Variações do albedo junto ao IAF (A), da MST (B) e da altura do dossel (C), durante o ciclo da cultura da cana-de-açúcar (setembro de 2009 a junho de 2010) em sequeiro, variedade SP81-3250, Campos dos Goytacazes, RJ

Figure 3. Variations of the albedo from the LAI (A), MST (B) and canopy height (C) during the crop cycle of sugarcane (September 2009 to June 2010), in rainfed variety SP81-3250, Campos dos Goytacazes, RJ

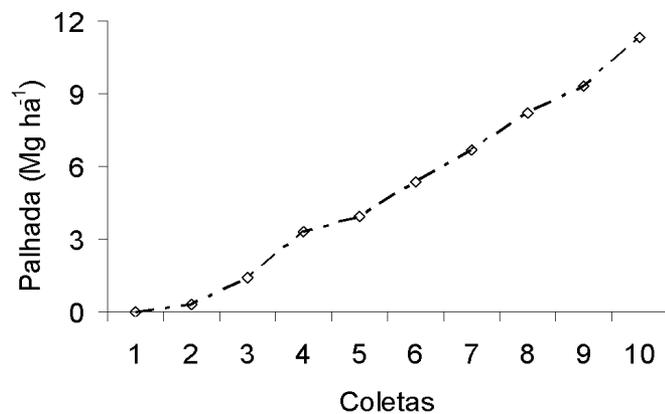


Figura 4. Evolução da palhada da cana-de-açúcar durante o ciclo da cultura (setembro de 2009 a junho de 2010) em sequeiro, variedade SP81-3250, Campos dos Goytacazes, RJ

Figure 4. Evolution of the straw of sugarcane during the crop cycle (September 2009 to June 2010) in a rainfed variety SP81-3250, Campos dos Goytacazes, RJ

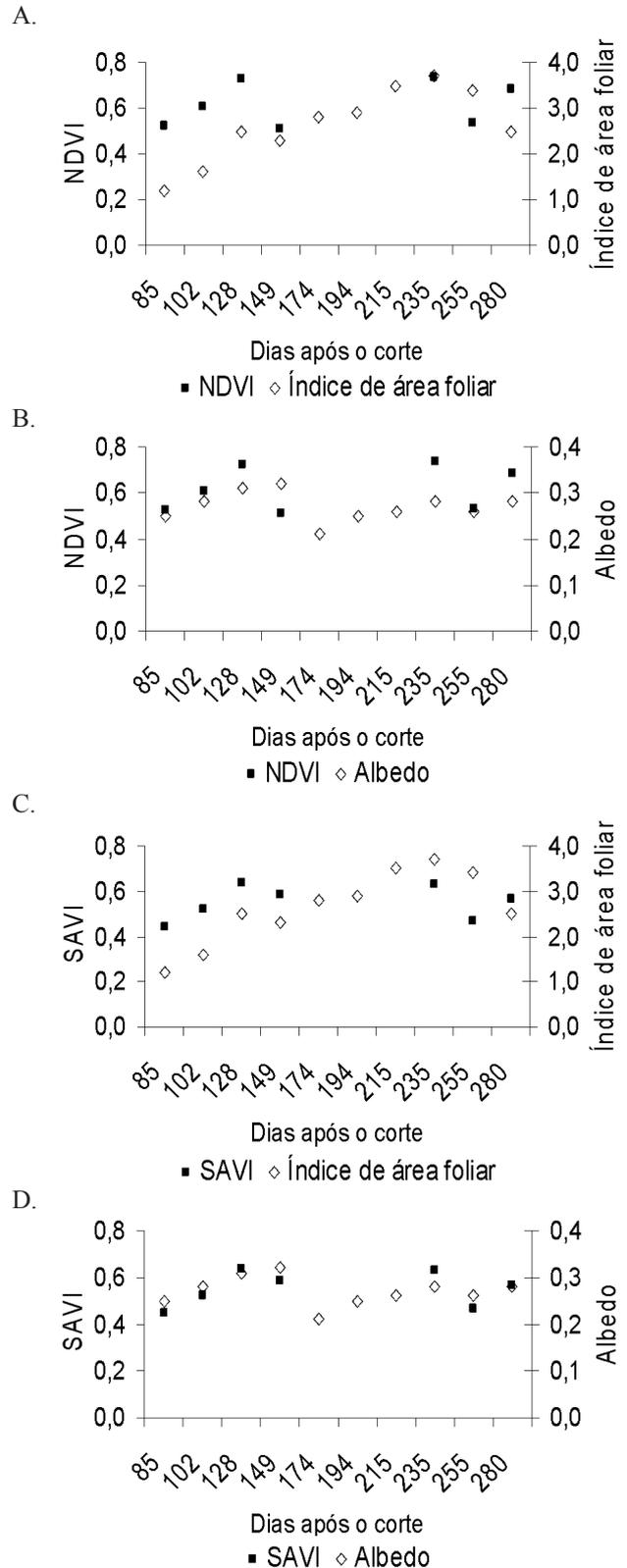


Figura 5. Variações do NDVI e do SAVI em relação ao IAF (A e C) e ao albedo (B e D) nos acompanhamentos de campo durante o ciclo da cultura da cana-de-açúcar (setembro de 2009 a outubro de 2010) em sequeiro, variedade SP81-3250, Campos dos Goytacazes, RJ

Figure 5. Variations of NDVI and SAVI in relation to LAI (A and C) and albedo (B and D) in the monitoring of the field during the crop cycle of sugarcane (September 2009 to October 2010), in rainfed, variety SP81-3250, Campos dos Goytacazes, RJ

As relações do NDVI e do SAVI com a interação IAF-albedo (Figura 6) mostraram que o coeficiente r para o SAVI foi de 0,94 e para o NDVI foi de 0,96, demonstrando correlação satisfatória dos índices de vegetação analisados com a interação dessas variáveis agrônômicas, mesmo com uma nuvem de dados reduzida. Simões et al. (2009) obtiveram correlações significativas entre variáveis agrônômicas e índices de vegetação para a cana-de-açúcar, no estado de São Paulo, demonstrando que os dados espectrais podem ser utilizados no monitoramento da cultura.

Aos 85 DAC, com o IAF de 1,2, quando o solo se encontrava parcialmente coberto, o albedo da cana-de-açúcar foi de 0,25. O NDVI para este dia foi de 0,524 e o SAVI foi de 0,445. Aos 102 DAC, o IAF encontrado foi de 1,6, sendo acompanhado pelo aumento do albedo de 0,25 para 0,28. O NDVI e o SAVI obtidos também foram maiores em relação aos da primeira coleta, sendo de 0,605 e 0,521, respectivamente.

Nos acompanhamentos dos 128 e 149 DAC a cultura da cana-de-açúcar estava sofrendo um intenso estresse hídrico por conta da falta de chuvas do período em análise (Figura 2). O IAF reduziu de 2,5 para 2,3, respectivamente, sendo também observado aumento da palhada (Figura 4). Os albedos desses dias ficaram próximos, sendo 0,31 para o primeiro e 0,32 para o segundo. O NDVI é fortemente relacionado à umidade do solo, como já mencionado. Observou-se, durante o período de estiagem, que quando o IAF for reduzido, o NDVI também se reduziu de 0,726 para 0,511. Segundo Silva et al. (2007) embora o NDVI não seja uma medida direta da umidade do solo, estudos anteriores mostram que ele pode ser utilizado para monitorá-la, pois durante períodos de estiagem a cobertura vegetal sofre diretamente os impactos da queda da umidade no solo. Observa-se que o SAVI também reduziu porém de maneira menos acentuada que o NDVI; seus valores foram de 0,638 para os 128 DAC e 0,584 para os 149 DAC.

Aos 174, 194 e 215 DAC, sendo essas avaliações da cultura feitas após a chuva, os IAFs encontrados para esses dias foram de 2,8, 2,9 e 3,5, respectivamente, e os valores do albedo foram de 0,21, 0,25 e 0,26. Os NDVIs e SAVIs da cultura não foram observados neste período em virtude da grande nebulosidade, sendo que não foram encontradas imagens passíveis de utilização.

Aos 235 DAC o albedo sofreu um incremento em relação aos dias anteriores, sendo de 0,28. O aumento dos valores do albedo foi acompanhado do incremento do IAF, sendo de 3,7. O NDVI obtido para este dia foi de 0,738 e o SAVI foi de 0,633, sendo esses os máximos valores obtidos para esses índices, durante o período de estudo, coincidindo com o máximo IAF da cultura, no ciclo da cana-de-açúcar. Lira et al. (2009) observaram, para a cultura da cana-de-açúcar na região de Juazeiro, BA, valores para o NDVI variando de 0,45 a 0,82. Os autores afirmaram que os altos índices de vegetação corresponderam às características de uma vegetação densa, em pleno desenvolvimento e em boas condições hídricas. Simões (2004) obteve, para a cana-de-açúcar, uma variação do SAVI de 0,16, na situação do dia do corte da cultura, até o máximo de 0,68, durante a fase de desenvolvimento dos colmos. Lopes (2003) encontrou no perímetro irrigado de cana-de-açúcar, em

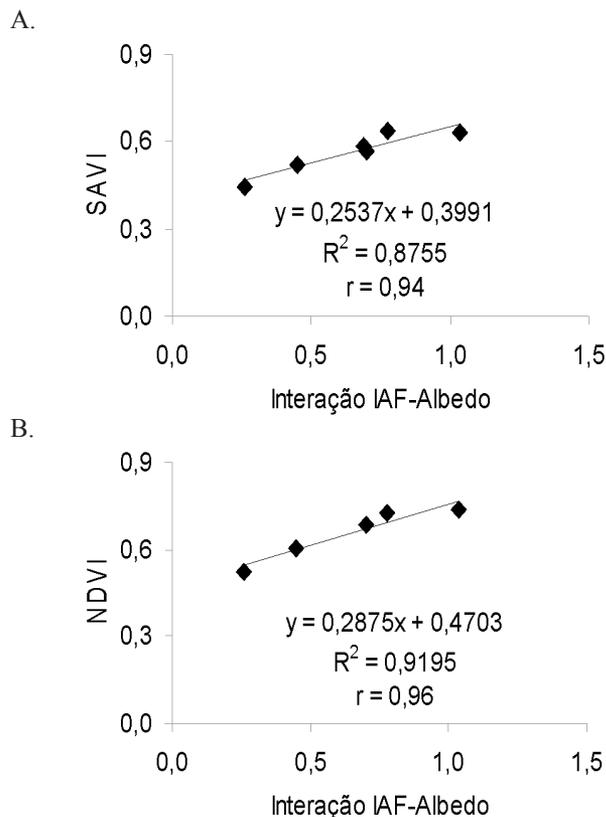


Figura 6. Relações do NDVI e do SAVI com a interação IAF-albedo, durante o ciclo da cana-de-açúcar (SP81-3250) em sequeiro, Campos dos Goytacazes, RJ

Figure 6. Relationship of NDVI and SAVI with interaction LAI-albedo during the cycle of sugarcane (SP81-3250), in rainfed, Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil

Petrolina, PE, em dois ciclos da cultura, valores máximos de NDVI iguais a 0,75 e 0,78 próximo aos obtidos pelo presente estudo.

Para a fase de maturação o IAF encontrado para os dias analisados (255 e 280 DAC) foi de 3,4 e 2,5, mostrando redução em relação aos valores anteriores, sendo o albedo desses dias de 0,26 e 0,28, respectivamente. Os valores mais elevados do albedo no período de maturação podem ser relacionados à maior quantidade de palhada, material mais claro e, por conseguinte, com maior poder reflexivo (Figura 4). Para os dias analisados na fase de maturação os NDVIs encontrados foram, respectivamente, de 0,534 e 0,684 e os SAVIs foram de 0,468 e 0,565, sendo menores que os valores obtidos no monitoramento anterior, tal qual os valores do IAF.

CONCLUSÕES

As variações do albedo foram afetadas pelas condições hídricas do período.

O valor médio do albedo para todo o ciclo da cultura da cana-de-açúcar, foi de 0,26.

Os resultados indicam alta correlação dos índices de vegetação analisados com a interação IAF-albedo, sendo necessário aumento do número de dados para melhor análise.

LITERATURA CITADA

- André, R. G. B.; Mendonça, J. C.; Pinheiro, F. M. A.; Marques, V. S.; Marques, J. Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana-de-açúcar Parte 1: Balanço de radiação e parâmetros derivados. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.3, p.375-382, 2010. <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n3/a09v25n3.pdf>>. 05 Mai. 2011. doi:10.1590/S0102-77862010000300009.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 2006. 306p. <http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Livro+SBCS_2-ed_000fzvhmj5j02wx5ok0q43a0rx9wj0bm.PDF>. 10 Fev. 2011.
- Goltz, E.; Moreira, M. A.; Alvarenga, B. S.; Rodrigues, J. L. Y. Avaliação do produto (MOD09) originado do sensor MODIS/TERRA através de radiometria de campo em uma área de soja. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 13., 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE, 2007. p. 213-220. <<http://marte.dpi.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.17.22?languagebutton=pt-BR>>. 12 Fev. 2011.
- Huete, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/003442578890106X>>. 21 Mar. 2011. doi:10.1016/0034-4257(88)90106-X.
- Leitão, M. M. V. B. R.; Santos, J. M.; Oliveira, G. M. O. Estimativas do albedo em três ecossistemas da floresta Amazônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.2, p.256-261, 2002. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n2/v6n2a13.pdf>>. 17 Mai. 2011. doi:10.1590/S1415-43662002000200013.
- Leitão, M. M. V. B. R.; Oliveira, G. M. Influência da irrigação sobre o albedo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.2, p.214-218, 2000. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v4n2/v4n2a14.pdf>>. 17 Mai. 2011. doi:10.1590/S1415-43662000000200014.
- Lima, P. C. S.; Leitão, M. M. V. B. R.; Azevedo, P. V.; Oliveira, G.M.; Espínola Sobrinho, J.; Moura, M. S. B.; Menezes, H. E. A.; Pinto, M. G. C. L. Albedo de pastagem e coating. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 16., 2009, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBA/UFV/Embrapa Milho e Sorgo, 2009. CD Rom. <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/747068/1/OPB2482.pdf>>. 18 Mai. 2011.
- Lira, V. M. de; Silva, B. B. da; Dantas Neto, J.; Farias, M. S. S. de; Bezerra, M. V. C.; Franco, E. S.; Marengo Centeno, Cruz R. Análise espectral de índice de vegetação em área irrigada com cana-de-açúcar. *Engenharia Ambiental*, v.6, n.1, p.113-120, 2009. <<http://189.20.243.4/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=183&layout=abstract>>. 18 Mai. 2011.
- Lopes, G. M. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat5-TM. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2003. 80 p. Dissertação Mestrado.
- Lucas, A. A.; Schuler, C. A. B. Análise do NDVI/NOAA em cana-de-açúcar e Mata Atlântica no Litoral Norte de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.6, p.607-614, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n6/v11n06a09.pdf>>. 17 Mai. 2011. doi:10.1590/S1415-43662007000600009.
- Mendonça, J. C. Estimativa da evapotranspiração regional utilizando imagens digitais orbitais na Região Norte Fluminense, RJ. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2007.145p. Tese Doutorado. <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=66596>. 31 Mar. 2011.
- NASA - National Aeronautics and Space Administration. Modis Web. <<http://modis.gsfc.nasa.gov/>>. 20 Jun. 2010.
- Oliveira, A. R. Levantamento fitossociológico e controle de capim camalote (*Rottboellia exaltata* L.) na cultura da cana-de-açúcar. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2005. 97p. Tese de doutorado.
- Querino, C. A. S.; Moura, M. A. L.; Lyra, R. F. F.; Mariano, G. L. Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zênital na região amazônica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.3, 42-49, 2006. <http://rbmet.org.br/port/revista/revista_artigo.php?id_artigo=205>. 12 Mai. 2011.
- Reis Júnior, R. A.; Monnerat, P. H. Diagnóstico nutricional da cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, n.2, p.367-372, 2002. <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Diagnose_nutricional_da_cana-de-acucarID-adcUJmZxVc.pdf>. 18 Mai. 2011.
- Silva, M. R.; Ribeiro, M. G.; Centeno, J. A. S. Monitoramento de estiagens com imagens MODIS. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 13., 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE, 2007. p.6229-6236. <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.22.26/doc/6229-6236.pdf>>. 12 Fev. 2011.
- Silva, T. G. F.; Moura, M. S. B.; Zolnier, S.; Soares, J. M.; Souza, L. S. B.; Brandão, E. O. Variação do balanço de radiação e de energia da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.2, p.139-147, 2011. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n2/v15n2a05.pdf>>. 08 Mai. 2011. doi:10.1590/S1415-43662011000200005.
- Simões, M. S.; Rocha, J. V.; Lamparelli, R. A. C. Orbital spectral variables, growth analysis and sugarcane yield. *Scientia Agrícola*, v.66, n.4, p.451-461, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v66n4/a04v66n4.pdf>>. 07 Mai. 2011. doi:10.1590/S0103-90162009000400004.
- Simões, M. dos S. Relação entre indicadores de crescimento e de produção da cana-de-açúcar e dados espectrais terrestres e orbitais. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2004, 117p. Tese Doutorado. <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000420571&fd=y>>. 12 Fev. 2011.
- Souza, P. J. O. P.; Ribeiro, A.; Rocha, E. J. P.; Loureiro, R. S.; Bispo, C. J.; Sousa, A. M. L. Albedo da cultura da soja em área de avanço da fronteira agrícola na Amazônia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.1, p.65-73, 2010. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n1/v14n01a09.pdf>>. 15 Fev. 2011. doi:10.1590/S1415-43662010000100009.

- Wang, S.; Davidson, A. Impact of climate variations on surface albedo of a temperate grassland. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.142, n.2-4, p.133-142, 2007. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192306002966>>. 12 Mar. 2011. doi:10.1016/j.agrformet.2006.03.027.
- Wang, S.; Grant, R. F.; Versegny, D. L.; Black, T. A. Modelling plant carbon and nitrogen dynamics of a boreal aspen forest in CLASS - the Canadian Land Surface Scheme. *Ecology Modelling*, v.142, n.1-2, p.135-154, 2001. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380001002848>>. 12 Mar. 2011. doi:10.1016/S0304-3800(01)00284-8.