

Alterações na resposta espectral da cana-de-açúcar cultivada em diferentes condições edáficas.

Juliano Araujo Martins ²
Peterson Ricardo Fiorio ¹
Pedro Paulo da Silva Barros ¹
Rodrigo de Almeida Muniz ¹
Hugo Tameirão Seixas ¹

¹ Universidade de São Paulo - USP/ESALQ
Av. Pádua Dias, 11 – Departamento de Topografia e Geoprocessamento
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Piracicaba - SP, Brasil
{fiorio, pedropaulo, muniz.ra, hugo.seixas} @usp.br

² Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT
Avenida Tancredo Neves 543 - 78890-000 - Sorriso - MT, Brasil
julianoaraujo3@gmail.com

Abstract. In order to verify the alterations in the spectra of a sugarcane variety cultivated in different soil classes, an experiment in a completely randomized design was installed in the São Paulo state, Brazil. The treatment was three soil types (sand, medium and clay texture), with 8 repetitions. The FieldSpec 4 device was used to evaluate the canopy spectral response. Were performed visual and statistical analyses do describe the spectra differences between the studied soils. There were differences in the spectral response of sugarcane, when cultivated in different edaphic conditions visual and statistically. The Tukey test HSD showed that the visible region (519, 677, 685 e 689 nm) explains most of the variation of canopy spectra between the soil types.

Palavras-chave: edaphic conditions, reflectance, spectra differentiation, condições edáficas, reflectância, diferenciação espectral

1. Introdução

Vários países estão buscando diminuir o uso desses combustíveis fósseis, seja pela substituição do produto ou pela adição de outros combustíveis para diminuir a carga poluidora. O Brasil vem se destacando no cenário econômico mundial como o principal produtor de energia alternativa, que é considerado fonte de energia limpa, renovável e economicamente viável.

Atualmente, a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das melhores opções dentre as fontes de energia renováveis, apresentando grande importância no cenário agrícola brasileiro e um futuro promissor no cenário mundial.

Como o Brasil é um dos mais tradicionais produtores de cana-de-açúcar e possui grande extensão territorial, a cana-de-açúcar é cultivada em vários tipos de solos que estão sob influência de diferentes climas, o que resulta em vários tipos de ambientes para a produção desta cultura (DIAS, 1997).

Vários fatores interferem na produção e maturação da cultura da cana-de-açúcar, sendo os principais: a interação edafoclimática, o manejo da cultura e a cultivar escolhida (CESAR et al., 1987). Esses fatores que interferem na produção e qualidade da cana-de-açúcar, estão sendo constantemente estudados sob diferentes aspectos.

Estudar a cultura no seu ambiente de desenvolvimento pode gerar uma enorme quantidade de informações para adequar o melhor manejo e cultivar para os específicos ambientes (solo e clima). Assim é possível explorar ao máximo o local de produção para promover o melhor rendimento da cultura e conseqüentemente maior lucratividade ou competitividade para as agroindústrias da cana-de-açúcar.

O solo é apenas um dos componentes de um conjunto complexo de fatores de produção, destacando-se pelo seu importante papel de fornecer às plantas suporte físico, água e nutrientes. Portanto, o conhecimento das características inerentes a cada solo, os chamados fatores edáficos, é importante para julgar o potencial de produção agrícola (LEPSCH, 1987).

O sensoriamento remoto é uma ferramenta que permite o estudo de diversas variáveis ambientais, devido a sua aplicabilidade nas ciências físicas, biológicas e sociais. A fundamentação das técnicas do sensoriamento remoto é baseada na porção da radiação eletromagnética que é refletida e/ou emitida pelos diferentes alvos da superfície terrestre.

Formaggio (1983) ressalta que a superfície terrestre, conforme é detectada pelos sensores remotos, pode ser vista como uma paisagem composta pelos elementos água, vegetação e solos. Para o estudo da vegetação e sua interação com o ambiente através de sensoriamento remoto é imprescindível conhecer a fisiologia e a assinatura espectral da planta estudada. Pullanagari et al. (2011) afirma que o produto obtido dessa interação é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais.

Existem inúmeras investigações sobre a utilização do sensoriamento remoto, na mensuração de parâmetro biofísicos das culturas, visando auxiliar em seu manejo. No entanto, estas pesquisam se mostram susceptíveis a existência de respostas espectrais variadas para um mesmo cultivar, submetido a mesmas condições de manejo em diferentes classes de solos.

Assim o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência edáfica no comportamento espectral do dossel de uma variedade de cana-de-açúcar, cultivada sobre os mesmos níveis de adubação em condições climáticas similares.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido em áreas experimentais em diferentes localidades do estado de São Paulo (Tabela 1) em parceria com a equipe de pesquisa do IAC coordenada pelo Pesquisador Heitor Cantarella. O clima da região segundo a classificação de Koppen é

denominado subtropical úmido (CWA), com pluviosidade média anual inferior a 1400 mm, sendo o verão chuvoso e inverno seco.

Tabela 1. Localização e descrição das áreas experimentais

| | Área 1 | Área 2 | Área 3 |
|------------------------------|---|--|-----------------------------|
| Localização | Jaú | Piracicaba | Santa Maria da Serra |
| Descrição | Polo Centro-Oeste (APTA) | Polo Centro-Sul (APTA) | Fazenda Itaúna - Raizen |
| Coordenadas | 22°15'08"S; 48°34'04"O | 22°41'05"S; 47°38'54"O | 22°33'26"S; 48°16'42"O |
| Classificação do solo | Latossolo Vermelho (LV) | Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA) | Neossolo Quartzarênico (RQ) |
| Textura do solo | Franco Arenosa (0-20 cm), Franco argiloarenosa (20-40 cm) | Argilosa (0-20 cm) Muito Argilosa (20-40 cm) | Arenosa (0-40 cm) |

O experimento foi instalado em Delineamento Inteiramente Casualizado, sendo o tratamento o tipo de solo, com 8 repetições em cada área, em parcelas com 10 metros de comprimento por 6 metros de largura. A variedade estudada nas três áreas foi a SP 81-3250 que se encontrava no terceiro ciclo de soqueira. A correção inicial do pH do solo e adubação de base anual, foi realizada de acordo com a necessidade da cultura após análise de rotina para a fertilidade do solo. Os tratos culturais seguiram o padrão adotado pelo sistema produtivo da cana-de-açúcar para a região.

Os dados espectrais foram coletados no mês de janeiro de 2014 para as três áreas utilizando o sensor hiperespectral FieldSpec Spectroradiometer (ASD – Analytical Spectral Devices Inc., Boulder, CO, EUA) que opera no intervalo espectral de 350 a 2500 nm, com resolução espectral de 1,4 nm de 350 a 1050 nm e 2 nm de 1050 a 2500 nm, sendo seu campo de visada de 25°.

As avaliações de dossel foram realizadas em dias ensolarados, entre 10:00 e 14:00 horas. Primeiramente, para cada bloco foi realizada a calibração, utilizando a placa padrão que acompanha o aparelho; posteriormente as leituras foram realizadas em cada subparcela, com 5 pontos representativos previamente demarcados.

Para cada ponto foram realizadas 5 leituras com o sensor posicionado a 1 m acima do dossel da cultura, sendo leituras pontuais perpendicular a fileira de plantas conforme representado na Figura 1. O esquema de avaliação proposto visa coletar informação sobre a fileira de plantas e posteriormente a 25 e 50% do espaçamento, para os dois lados da sua linha central obtendo num total de 25 leituras por parcela.

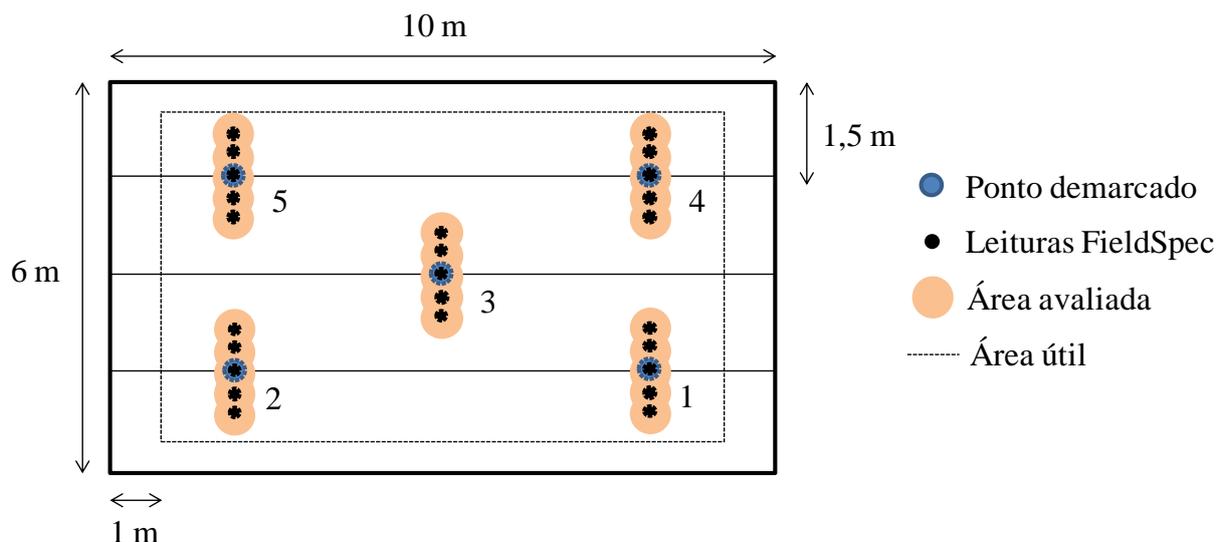


Figura 1. Esquema de uma subparcela da área experimental e plano de avaliação.

Para avaliação das bandas que melhor representavam as diferenças entre as áreas, foram realizadas ANOVA com as bandas que mais se diferenciaram e posterior comparação múltipla de médias, utilizando o teste de Tukey, por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

Análise de variância (ANOVA) tem como importância averiguar diferenças entre reflectâncias médias entre os diferentes ambientes. Foi realizada a análise de variância para as médias de cada banda espectral, com o objetivo de identificar a existência de diferenças significativas entre as reflectâncias de cada ambiente, para cada banda.

Na ocorrência de um F calculado significativo ao nível de probabilidade determinado, aplicou-se o teste de Tukey, que analisa entre quais pares de ambientes ocorreram diferenças significativas na reflectância em cada banda e entre quais pares as diferenças foram maiores. Utilizou-se o teste de Tukey HSD, variante do teste de Tukey, que sequênciava as médias por ordem de importância ou influência sobre o resultado da variância.

Resultados e discussão

Foi observada uma diferença na amplitude do fator de reflectância entre os diferentes solos (Figura 2). Em Santa Maria da Serra onde o solo é um Neossolo Quartzarênico apresentou maior reflectância seguido por Jaú que possui um Latossolo Vermelho e Piracicaba que possui um Podzólico Vermelho-Amarelo. Como a análise visual depende da escala dos eixos e da interpretação do pesquisador, a análise estatística faz-se necessária, pois ela define se ocorrem ou não diferenças significativas na reflectância da cana-de-açúcar entre os três diferentes solos.

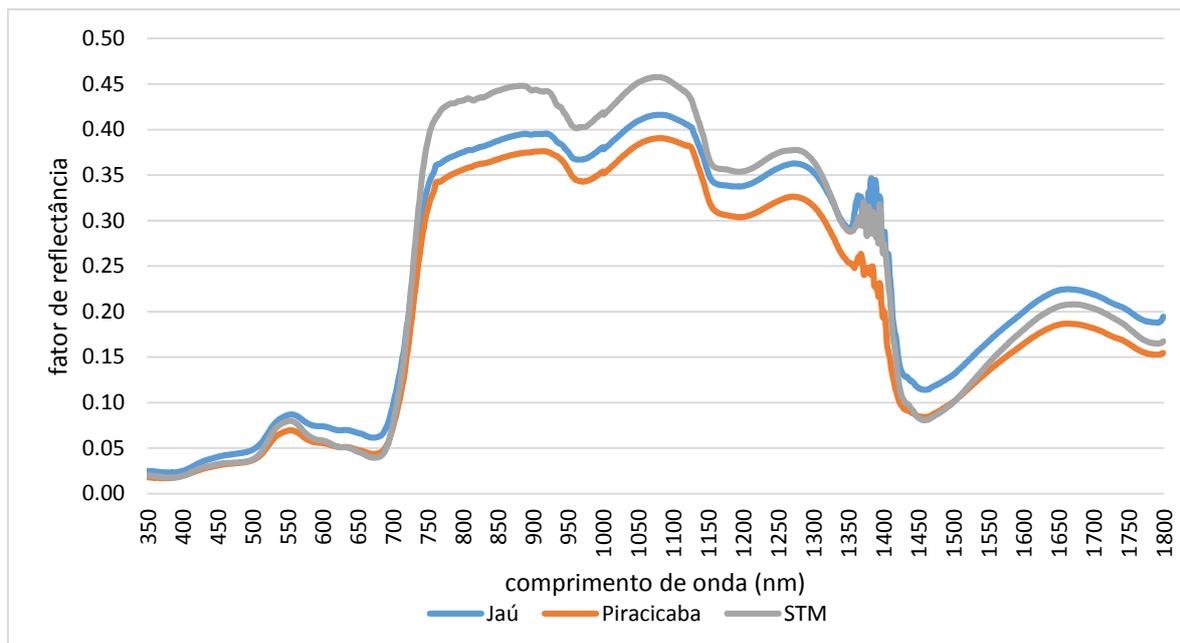


Figura 2. Curvas espectrais médias para diferentes ambientes

Pela análise de variância (ANOVA) houve diferença estatisticamente dos dados espectrais nas bandas (519, 677, 685 e 689 nm) entre as médias em pelo menos uma área. Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade observa-se nos três cruzamentos realizados, que na banda 519 (Figura 3), é estatisticamente diferente entre as áreas Piracicaba-Jaú e Santa Maria-Jaú, porém não há diferença entre as áreas Santa Maria-Pira. Todas as bandas selecionadas se encontram na região do visível. Nesta região, segundo Ponzoni & Shimabukuro (2007), as folhas têm uma baixa refletância (menos de 10%), devido aos pigmentos existentes nas folhas (clorofilas a e b, carotenoides e xantofilas) que exercem alta absorção na energia eletromagnética.

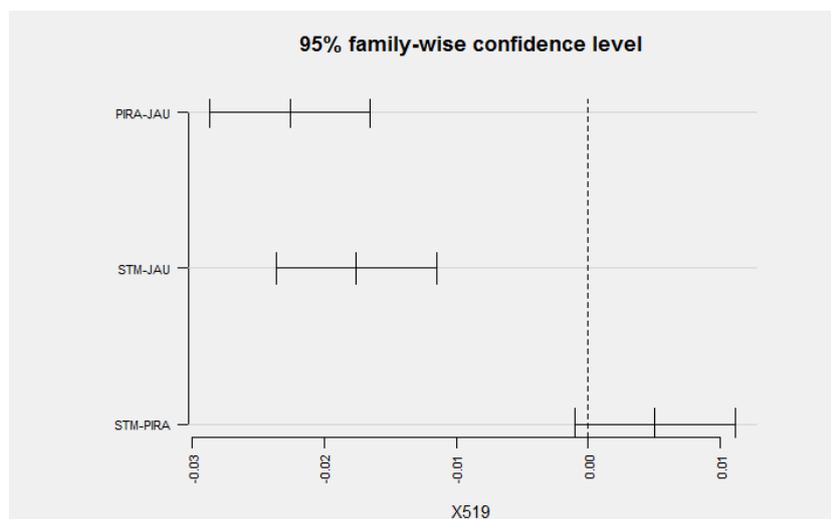


Figura 3. Teste de Tukey HDS para verificar entre quais ambientes ocorrem diferenças significativas, na banda 519

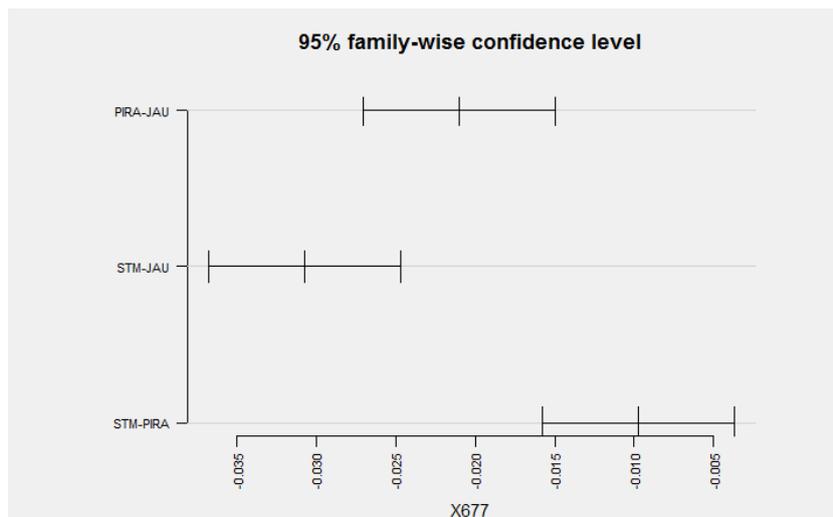


Figura 4. Teste de Tukey HDS para verificar entre quais ambientes ocorrem diferenças significativas, na banda 677

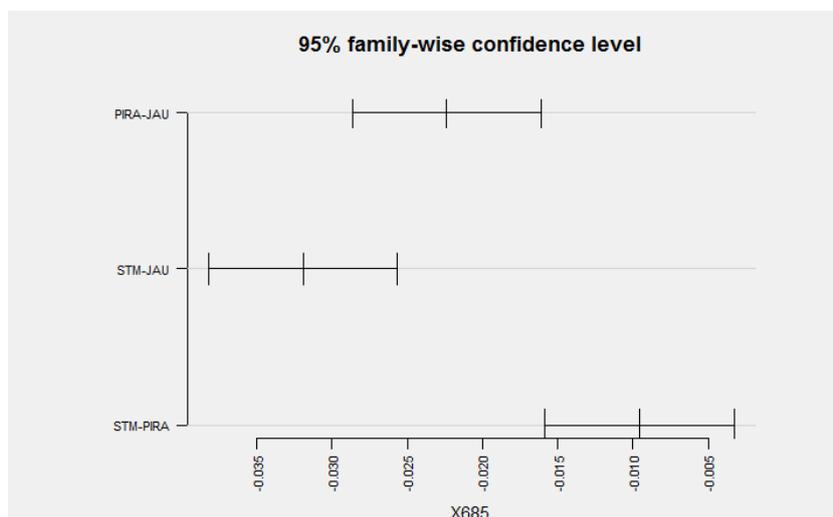


Figura 5. Teste de Tukey HDS para verificar entre quais ambientes ocorrem diferenças significativas, na banda 685

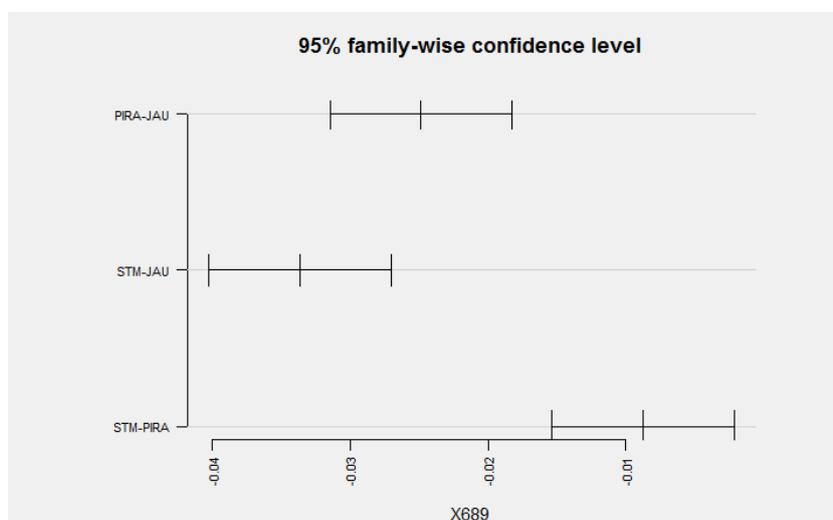


Figura 6. Teste de Tukey HDS para verificar entre quais ambientes ocorrem diferenças significativas, na banda 689

As bandas 677, 685 e 689 se encontram na região do vermelho que segundo Ponzoni et al. (2012), é onde ocorre a menor reflectância da vegetação devido à alta absorção da radiação pela clorofila. A energia absorvida é utilizada nos processos de fotossíntese, assim como também pode ser convertida em calor e fluorescência. Este comportamento indica que as diferentes condições de solo as quais a cultura foi submetida, exerceu influência sobre a eficiência fotossintética da variedade analisada.

Para melhor avaliação da diferença dos ambientes e sua influência na resposta espectral nas bandas selecionadas foram confeccionados gráficos de probabilidade condicional para as bandas selecionadas. No eixo x está a reflectância de uma determinada banda e no eixo y a área, então, lê-se a probabilidade de reflectância na banda ser um determinado valor dado uma determinada área. Você observará que quanto maior a reflectância na banda 519, por exemplo, maior é a probabilidade de ser da área de Jaú.

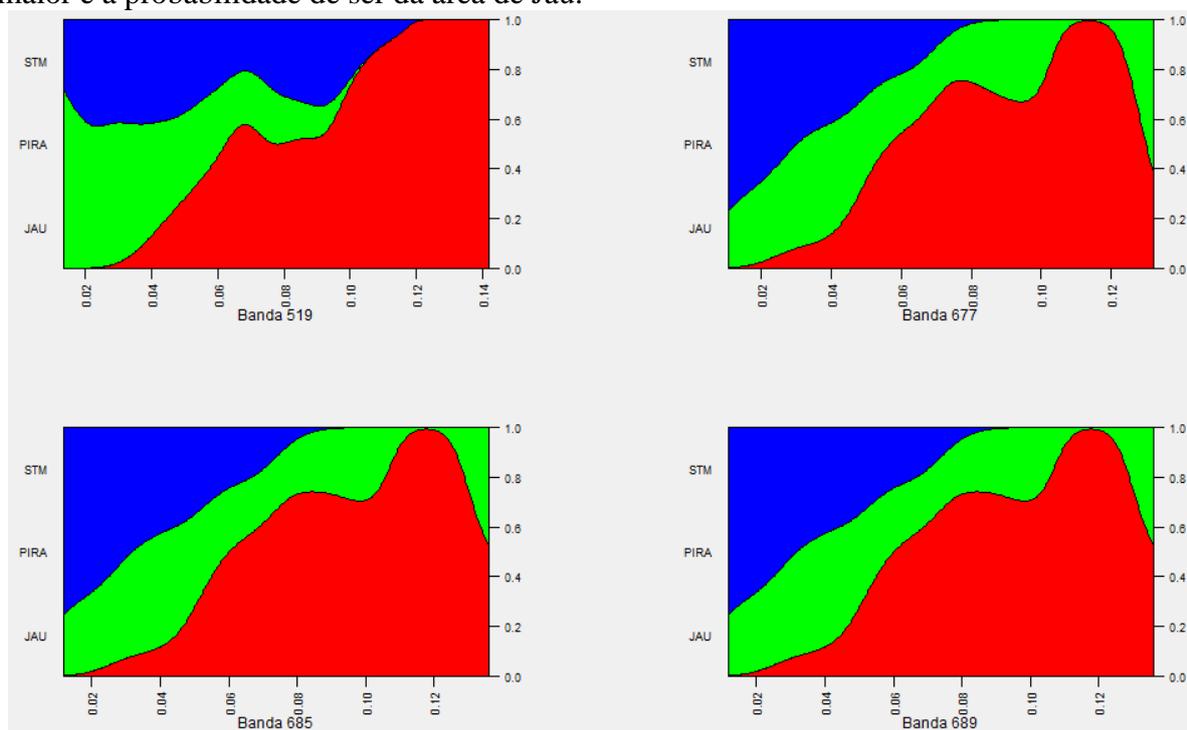


Figura 7. Gráfico de probabilidade condicional

Conclusão

Houve diferenças entre a resposta espectral da cultura da cana-de-açúcar, quando cultivada em diferentes condições edáficas. As análises estatísticas confirmam as análises visuais e apontam com maior precisão onde as diferenças apresentam as maiores significâncias. O teste Tukey HSD apontou, ao nível de 5% ($p < 0,05$), a região do visível (519, 677, 685 e 689 nm) como expressiva na diferenciação da resposta espectral do dossel da cana-de-açúcar cultivada em diferentes condições edáficas.

Referências

CESAR, M.A.A.; DELGADO, A.A.; CAMARGO, A.P. de; BISSOLI, B.M.A.; SILVA, F.C. da. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo industrial. **STAB:Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.6, p.32-38, 1987.

DIAS, F.L.F. Relação entre a produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na Região Noroeste do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1997. 64p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FORMAGGIO, A. R. **Comportamento espectral de quatro solos do Estado de São Paulo nos níveis orbitais, de campo e de laboratório**. 1983. 140 p. (INPE-2878-TDL/144). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos. 1983.

LEPSCH, I.F. Influência dos fatores edáficos na produção. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Coord.) **Ecofisiologia da produção**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.83-98.

PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnóstico a Mata Atlântica**. Disponível em: < http://ecologia.ib.usp.br/lepac/bie5759/CAP8_FJPonzoni.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2014.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. (2007) **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São Jose dos Campos, SP. Editora: Parêntese. 127p.

PULLANAGARI, R. R. et al. Multi-spectral radiometry to estimate pasture quality components. **Precision Agriculture**, v. 13, n. 4, p. 442-456, 2012.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2008). **R: A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.