

Uso do NDVI para avaliação de *Saccharum spp.* em ensaio de tolerância à seca

*Gabriel Henrique das Chagas Noqueli Casari*¹, *Nelson Geraldo de Oliveira*²,
*Hugo Bruno Correa Molinari*³, *Adilson Kenji Kobayashi*⁴

Resumo

O trabalho teve como objetivo estabelecer um protocolo de coleta e processamento de imagens multiespectrais para geração de dados NDVI a fim de avaliar plantas de cana-de-açúcar SP80-3280 GMs contendo os genes relacionados com tolerância ao déficit hídrico (denominados genes A, B, C, D e E), utilizando sensores multiespectrais embarcados em aeronave remotamente pilotada, para a captura das imagens foi considerado um plano de voo com cobertura precisa da área de interesse para geração de um ortomosaico com GSD (*Ground Sample Distance*) de pelo menos 5,5 cm/pixel. As imagens foram coletadas mensalmente e processadas em três datas após o término do período de chuvas, os dados de umidade do solo foram monitorados utilizando uma sonda PR2 em seis diferentes profundidades distribuídos na área experimental. Este protocolo foi eficiente para mensurar precocemente a resposta das plantas sob déficit hídrico utilizando o índice de diferença normalizada de vegetação (NDVI). Dados preliminares de NDVI demonstraram que o evento 2 com gene B vem apresentando menor diferença de NDVI entre condições irrigada e não-irrigada, e evento 2 com o gene C, vem apresentando maior diferença entre o mesmo material no campo irrigado.

Palavras-chave: déficit hídrico, fenotipagem por imagem, cana-de-açúcar, sensores multiespectrais.

Introdução

Uma das principais características das empresas de biotecnologia agrícola é a capacidade de inovação no desenvolvimento de novas cultivares que incorporem biotecnologia avançada. Para isso, contam com *pipelines* robustos de pesquisa e desenvolvimento que combinam melhoramento genético (convencional e assistido por marcadores moleculares), modificação genética (transgenia) e fenotipagem de alto desempenho para a geração de novas cultivares mais produtivas. Um dos principais desafios da produção agrícola nas próximas décadas é sua vulnerabilidade às mudanças climáticas. Particularmente nos últimos anos, estresses hídricos severos causaram perdas agrícolas globais da ordem de centenas de milhões de toneladas. Assim, esforços

¹ Graduando em Engenharia de Energia, bolsista da Embrapa Agroenergia, gabrielnoquelicasari@gmail.com

² Doutor em Agronomia, consultor técnico em pesquisa científica da Embrapa Agroenergia, dr.nelson74@gmail.com

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroenergia, hugo.molinari@embrapa.br

⁴ Biólogo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Agroenergia, adilson.kobayashi@embrapa.br

para o desenvolvimento de variedades mais tolerantes à seca são urgentes para garantir a produção de alimentos e energia nas próximas décadas.

A etapa de fenotipagem é um dos principais gargalos na identificação e seleção de plantas melhoradas para tolerância à seca, principalmente durante a avaliação no campo, uma vez que muitas das características desejadas são complexas, exigindo técnicas sensíveis de mensuração. Em programas de melhoramento, nos quais milhares de plantas são avaliadas, é desejável a utilização de um sistema de fenotipagem de alto desempenho. Com a aplicação de tecnologias de aquisição de dados não destrutivas, é possível incrementar a qualidade, quantidade e pluralidade dos dados fenotípicos. O presente trabalho visa estabelecer um protocolo para avaliação de cana-de-açúcar em condições de déficit hídrico utilizando imagens multiespectrais em campo.

Material e Métodos

O objetivo geral deste experimento é avaliar características agrônômicas e fisiológicas, componentes de produtividade, tecnológicos e aspectos fenotípicos em eventos de cana-de-açúcar var. SP80-3280 GM (Geneticamente Modificadas) contendo os genes relacionados à tolerância ao déficit hídrico (denominados A, B, C, D e E), em condições de campo. Tais eventos foram previamente testados e selecionados em casa de vegetação por apresentarem fenótipos tolerantes ao déficit hídrico. A LPMA (Liberação Planejada no Meio Ambiente) para a condução do experimento foi autorizada pela CTNBio, processo: 01250.040987/2018-53 e foi instalada na área de campo credenciada no CQB 345/12 da Embrapa Agroenergia, localizada na Fazenda Sucupira, Rodovia DF 001 km 69, Fazenda Sucupira, Bairro: Riacho Fundo II, Brasília/DF, CEP: 71.882-080.

Ensaio Sucupira 1A e 1B: São compostos de 16 tratamentos, sendo 3 eventos de cada um dos genes e 1 tratamento controle (SP80-3280 não-transgênica - NT), estes genes possuem expressão correlacionada com respostas de tolerância ao déficit hídrico. Cada tratamento é constituído de 4 repetições dispostas em blocos dentro da área do ensaio. As parcelas possuem 4 linhas de 6 metros com espaçamento entre plantas de 0,5m, entrelinha de 1,5m e dispostas aleatoriamente dentro de cada bloco. Cada parcela possui 48 plantas com parcela útil de 20 plantas (2 linhas centrais). O experimento possui área total de 0,518ha, incluindo a bordadura. O ensaio 1A é irrigado e o 1B não irrigado (Figura 1). O plantio foi realizado em outubro de 2019.

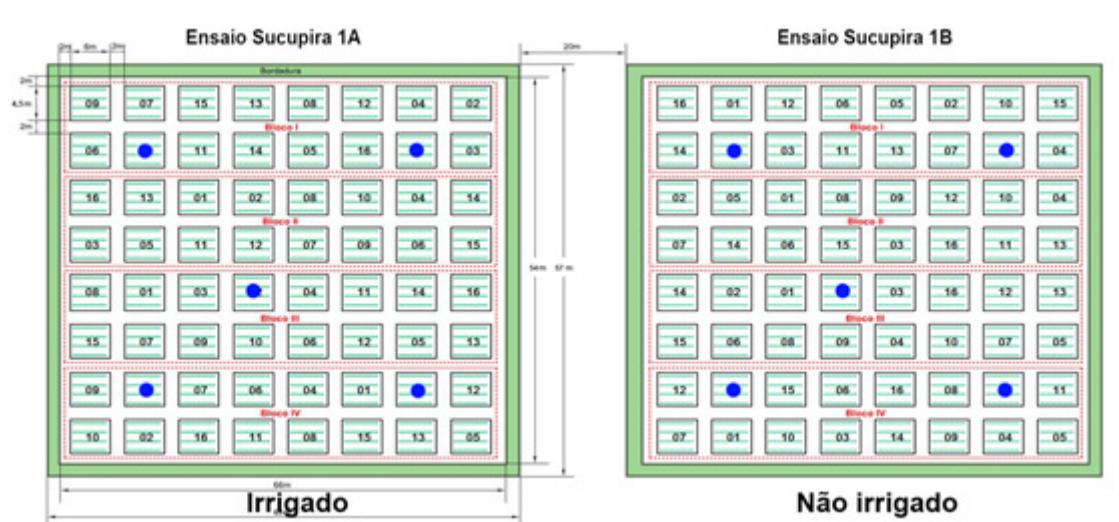


Figura 1. Croqui do experimento de tolerância ao déficit hídrico com cana-de-açúcar geneticamente modificadas instalado na área credenciada no CQB da Embrapa Agroenergia. Os círculos azuis representam o posicionamento dos tubos de acesso para sonda PR2.

A pluviosidade, temperatura, radiação solar, velocidade e direção de vento foram registrados utilizando uma estação meteorológica WS-GP1, posicionada dentro da área credenciada no CQB. Para o monitoramento da umidade do solo durante o experimento, foram instalados 10 tubos de acesso para sonda PR2, 5 no campo 1A e 5 no 1B (Figura 1). A sonda PR2 possui sensores de umidade nas profundidades de 100 mm, 200 mm, 300 mm, 400 mm, 600 mm e 1000 mm.

As imagens multiespectrais foram adquiridas utilizando um sensor multiespectral RedEdge (MicaSense, EUA) com resolução de 1280x960 pixels em cinco bandas espectrais: *Blue* (azul, 465-485 nm), *Green* (verde, 550-570 nm), *Red* (vermelho, 663-673 nm), *RedEdge* (vermelho, 712-722 nm), *Near Infra Red* (Infravermelho próximo, 820-860 nm). O sensor foi embarcado no drone X800 (XFly Tecnologia, SP, BR) para captura de imagens ortogonais ao campo experimental para geração do ortomosaico multiespectral (Figura 3).

Para a captura das imagens, processamento dos dados multiespectrais e obtenção dos valores do índice NDVI, o fluxo de atividade a seguir foi utilizado. Inicialmente, foi elaborado um plano de voo utilizando o *software QGroundControl*, com cobertura completa da área de interesse (Figura 2). Para este experimento, foi definida a altitude de 80 m AGL (*above ground level*), sobreposição de frontal e lateral de 75%, velocidade de 4 m/s, a fim de obter imagens com 5,5 cm/pixel. Para o drone utilizado, foi definido uma área de manobra excedendo a área mapeada em 15 m, para que as imagens coletadas nas fronteiras do experimento não fossem prejudicadas pela manobra.



Figura 2. Plano de voo sobre a área experimental no software *QGroundControl*.

Os voos foram realizados nos horários entre 10h e 11h para padronização dos registros. Antes de cada voo, uma foto ortogonal ao painel de refletância com comprimento de onda conhecido foi capturada para obter a imagem de calibração das imagens multiespectrais.

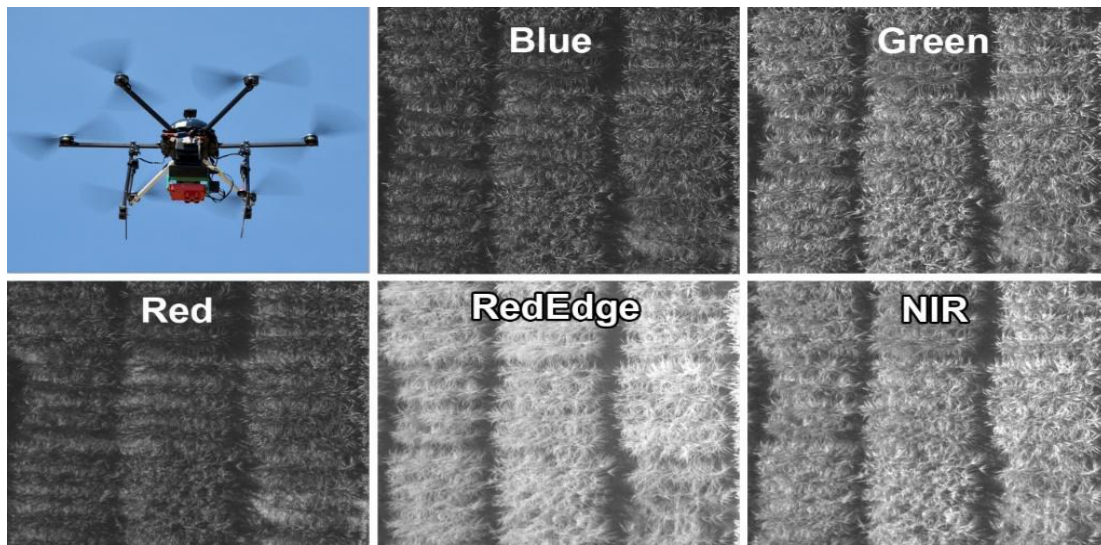


Figura 3. Drone XFly X800 embarcado com sensor Micasense RedEdge (indicado pela seta), e registros do experimento com cinco bandas espectrais.

As imagens obtidas em campo foram processadas no *software Agisoft Metashape*, onde inicialmente é feita a calibração das imagens utilizando a imagem do painel de refletância, e sequencialmente foram feitos o alinhamento das fotos, nuvem de pontos, geração do modelo digital de superfície utilizando como base de dados a nuvem de pontos, e por fim, a geração do ortomosaico com as 5 bandas (*Red, Green, Blue, RedEdge* e *NIR*).

O índice de vegetação NDVI foi calculado no *software QGIS 3.14.15* utilizando o ortomosaico obtido anteriormente, o cálculo do índice utiliza as bandas *NIR* e *Red*, pela equação (Camargo, 2013):

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Com o NDVI calculado, foram criados 128 arquivos *shapefile* com as dimensões da parcela útil e dispostos sobre cada parcela do experimento. O NDVI foi calculado utilizando os arquivos *shapefile* para delimitar as parcelas úteis e processados com a ferramenta de Estatística Zonal do QGIS.

O NDVI apresentado no mapa (Figura 5) foi calculado considerando a média dos valores dentro da parcela útil. A escala é representada de forma graduada com intervalos iguais e com 10 classes para melhor visualização.

Resultados e Discussão

A avaliação por imagem do experimento teve início após o final do período chuvas. A última precipitação ocorreu no dia 25 de maio de 2020, monitorado pela estação meteorológica posicionada dentro da área credenciada no CQB. O acompanhamento da umidade do solo foi feito utilizando a sonda PR2. No campo não irrigado, em um período de 3 meses, foi observada uma redução significativa da umidade do solo no

decorrer do experimento particularmente na profundidade de até 600 mm, onde está localizada a maior parte da rizosfera da planta (Figura 4). No mesmo tempo amostral, houve também uma redução significativa no NDVI que possui relação com a redução da densidade foliar provavelmente causado pelo déficit hídrico.

O campo irrigado apresentou maiores valores de NDVI quando comparados ao campo sob déficit hídrico. O menor valor do NDVI para o campo não irrigado está relacionado com a menor quantidade de área foliar exposta ao sensor, perda de folhas e senescência mais avançada. Os valores reduzidos de NDVI podem ter relação com a taxa fotossintética e concentração de clorofila (Zhang, 2019).

O índice NDVI está relacionado com as características estruturais e fisiológicas, estas são expressivamente afetadas quando em condições de déficit hídrico. A geometria da parte aérea (distribuição e espaçamento foliar), teor de pigmentos, conteúdo relativo de água, grau de senescência e estresses ambientais são fatores que modificam a refletância da planta (Baret; Guyot, 1991).

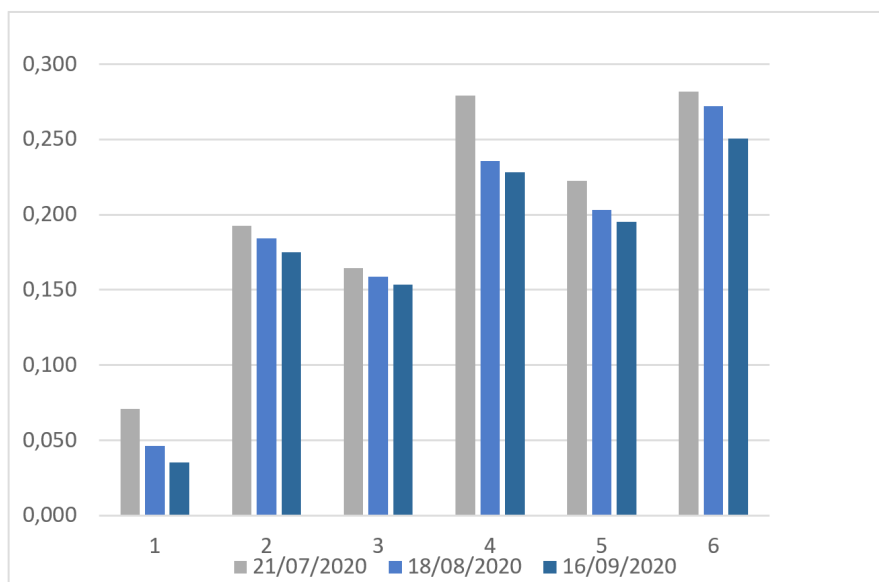


Figura 4. Redução da umidade do solo no campo experimental durante o experimento de tolerância à seca, medida em diferentes profundidades utilizando uma sonda PR2, 1 = 100 mm, 2 = 200 mm, 3 = 300 mm, 4 = 400 mm, 5 = 600 mm, 6 = 1000 mm.

Os mapas NDVI mostram a variação dos valores do índice de vegetação com o decorrer do experimento, onde o campo irrigado retorna valores mais próximos de 1, que indicam que as plantas estão mais saudáveis, e o campo não irrigado sob condições de déficit hídrico, com senescência mais avançada, redução de densidade foliar, retorna valores de NDVI menores em relação ao campo irrigado (Figura 5).

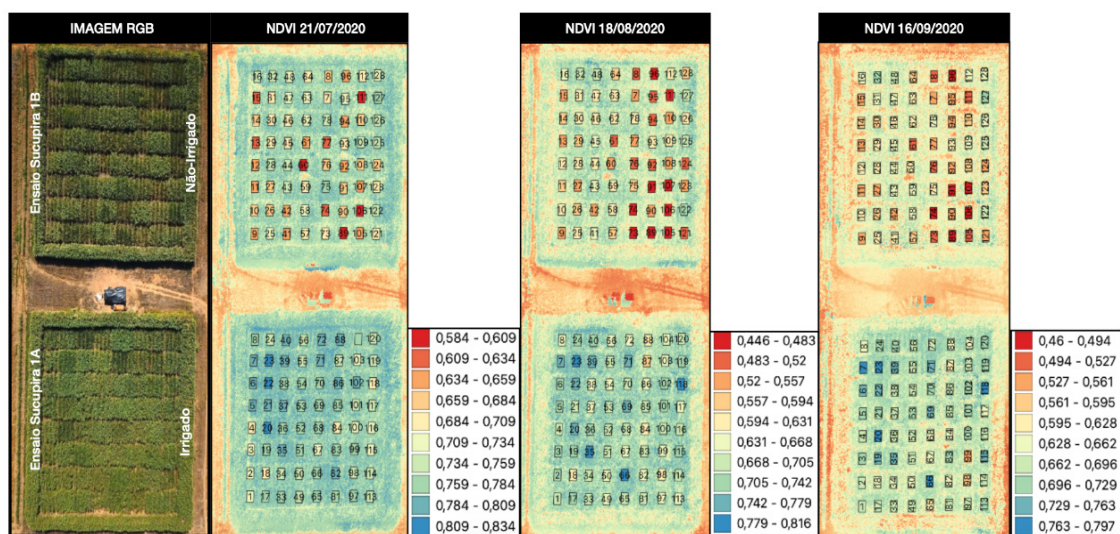


Figura 5. Mapas NDVI demonstrando a redução do índice com a intensificação do déficit hídrico. A imagem à esquerda mostra uma vista aérea da mesma área utilizando sensor RGB.

A menor diferença entre o NDVI dos mesmos eventos em campo irrigado e não irrigado, corresponde a um melhor desempenho do material sob déficit hídrico. O evento que vem apresentando menor diferença entre os tratamentos, no período desta avaliação, foi o Ev.2 Gene B com variação de 0,01, e o evento que vem apresentando a maior diferença foi o Ev.2 Gene C com variação de 0,47, o NT apresentou uma variação de 0,04 (Figura 6).

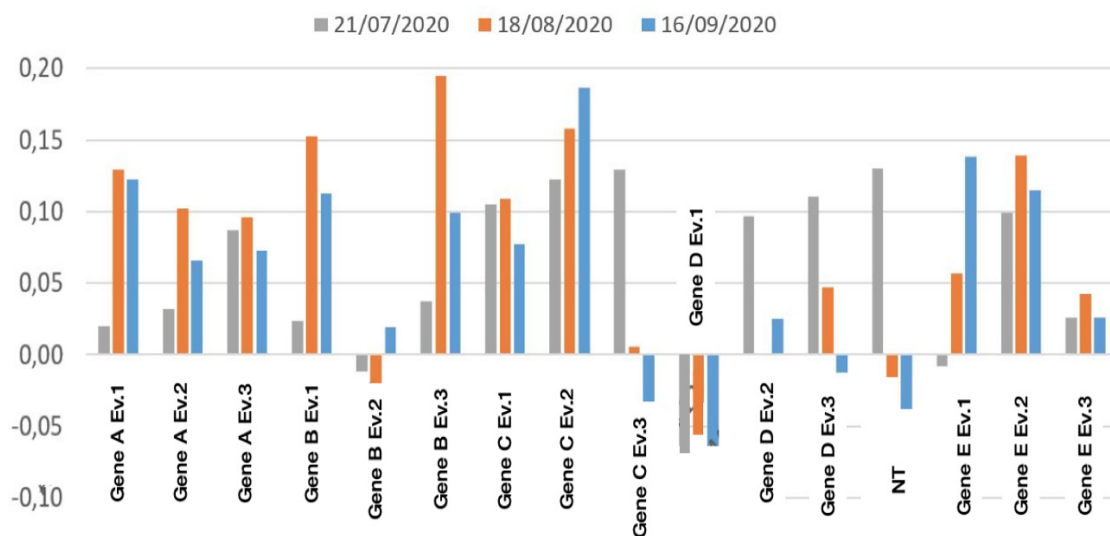


Figura 6. Diferença do NDVI entre o campo irrigado e não irrigado de cada evento, calculado em três períodos distintos.

Conclusão

Foi estabelecido um protocolo para captura e processamento de imagens multiespectrais visando o levantamento de dados NDVI para avaliação de cana-de-açúcar em condições de campo.

Foram plotados mapas de avaliação preliminar capazes de demonstrar diferença de NDVI entre as plantas do campo irrigado e não irrigado.

O experimento encontra-se em andamento, e avaliando apenas os dados de NDVI e umidade do solo, conclui-se que dentro dos eventos observados o material do Gene B Ev.2, foi o que apresentou uma menor redução do índice em relação ao mesmo material em campo irrigado, no material observado em relação ao NT.

Próximas etapas: avaliação de performance dos diferentes eventos em condições de déficit hídrico está em andamento. Os dados de NDVI serão correlacionados com dados da avaliação tecnológica e agrônômica, principalmente TCH (tonelada de cana por hectare) e conteúdo de sacarose.

Referências

BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI e APAR assessment. **Remote Sensing of Environmental**, Basingstone, v. 35, n. 2-3, p.161-173, 1991.

CAMARGO, A. Mapeamento da Expansão Agrícola no Estado do Mato Grosso em 11 anos a partir de técnica baseada em séries temporais de imagens de NDVI. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013.

ZHANG, L.; ZHANG, H.; Niu, Y.; WENTING, H. Mapping maize water stress based on UAV multispectral remote sensing. **Remote Sensing**, v. 11, n. 605,p. 1-24, 2019.