

MAPEAMENTO DO NDVI EM DIFERENTES ALTITUDES CORRELACIONADOS COM ÍNDICES FENOLÓGICOS DA CULTURA DO ALGODÃO

FABIO H. R. BAIIO¹, HELOISA B. SOUZA², DANILO C. NEVES³,

¹ Engº Agrônomo, Professor Adjunto UFMS Chapadão do Sul-MS, (67) 35626314, fabiobaio@ufms.br

² Mestranda em Agronomia, UFMS Chapadão do Sul – MS.

³ Engº Agrônomo, Mestrando em Agronomia, UFMS Chapadão do Sul - MS

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo analisar a aquisição de NDVI do sensor passivo Tetracam em diferentes altitudes e do sensor ativo Greenseeker, correlacionando-os com dados fenológicos da cultura do algodão. O experimento foi realizado em área de algodão na fazenda Amambaí no município de Chapadão do Céu, GO na safra 2013/14. O sensor Greenseeker foi montado em suporte manual, operando a 0,80 m acima da planta. A captura das imagens do sensor da Tetracam foi dividida em duas etapas, uma acoplado-a em um avião convencional com altitude próxima de 1.000 m, denominando-se o tratamento como Tetracam aérea (TCAMar), e a outra acoplada em um suporte manual á 4 m de altura do solo, denominado de Tetracam suporte (TCAMsup). Sendo as imagens Tetracam processadas pelos softwares Autopano-Pro e Spring 5.1.8. A maior correlação com os índices fenológicos da cultura foi entre o sensor da Tetracam no suporte e a menor foi com o mesmo sensor á 1.000m. Portanto o sensor Tetracam em altitude de 4 m possui maior resolução espacial sendo o mais indicado em experimentos em pequenas parcelas.

PALAVRAS-CHAVE: NDVI, altitude, sensores multiespectrais.

CORRELATING NDVI MAPPING IN TWO ALTITUDE WITH PHENOLOGICAL INDICES OF COTTON CROP

ABSTRACT: The present study aimed to evaluate the acquisition of NDVI using a passive sensor Tetracam at two altitudes and GreenSeeker active sensor (GS) correlating them with phenologicals factors from cotton crop. The experiment was conducted in a cotton crop area at Amambaí farm in the municipality of Chapadão do Céu/GO in 2013/14 harvest season. The GS sensor was mounted in a manual support, holding it at 0.80 m above the soil. The images were taken by a Tetracam camera and the collection were divided into two stages, one engaged in a conventional airplane flying at 1.000 m of altitude, which was named as air Tetracam (TCAMar), and the other mounted on the manual support at 4 m, named Tetracam support (TCAMsup). The images were processed by Tetracam - Autopano Pro software and Spring 5.1.8. The sensor Tetracam on the support gained the highest correlation with the phenological crop indices and the lowest was by the same sensor on the airplane. Thus, the Tetracam sensor at low altitudes has higher spatial resolution, being the most suitable for experiments in small areas.

KEYWORDS: NDVI, altitude, multispectral sensor.

INTRODUÇÃO

O sucesso do cultivo em sistema de produção em escala, com variedades adaptadas e arquitetura favorável para colheita mecanizada, adoção de altas tecnologias e insumos, fez com que o cultivo do algodoeiro se concentrasse na região central do país e também na região dos chapadões (LEAL et al., 2009).

Uma das inovações utilizadas hoje nessa região destaca-se o uso de técnicas de agricultura de precisão. Dentro dessa uma ferramenta passível seria a utilização de sensores ópticos para captação de índices de vegetação. Sendo o NDVI (Índice Vegetativo por Diferença Normalizada), o mais conhecido e utilizado para estudos de caracterização e monitoramento da vegetação (SOUSA e PONZONI, 1998), possibilitando um mapeamento da cultura e posterior aplicação insumos em taxa variável, como destacado por Queiros (2010).

Segundo Ma et al. (2001), as técnicas de sensoriamento remoto, em particular a reflectância multiespectral do visível e do infravermelho, podem proporcionar dados para realizar correlações entre a reflectância do dossel da planta e a biomassa existente acima do solo, que podem ser usadas para obtenção de estimativas do rendimento das culturas, como observado por Walsh et al. (2012), que trabalhando com sensor de NDVI estimando biomassa de trigo e avaliando potencial de produção e rendimento de grãos no inverno, concluíram que o NDVI possui um grande potencial como preditor de rendimento de grão de trigo.

Esses sensores podem ser instalados em VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) para a aquisição de dados em diferentes altitudes de voo, contudo, ao alterar sua altitude a resolução espacial da imagem formada é também alterada (Figura 1), podendo levar a diferenças no índice de vegetação.

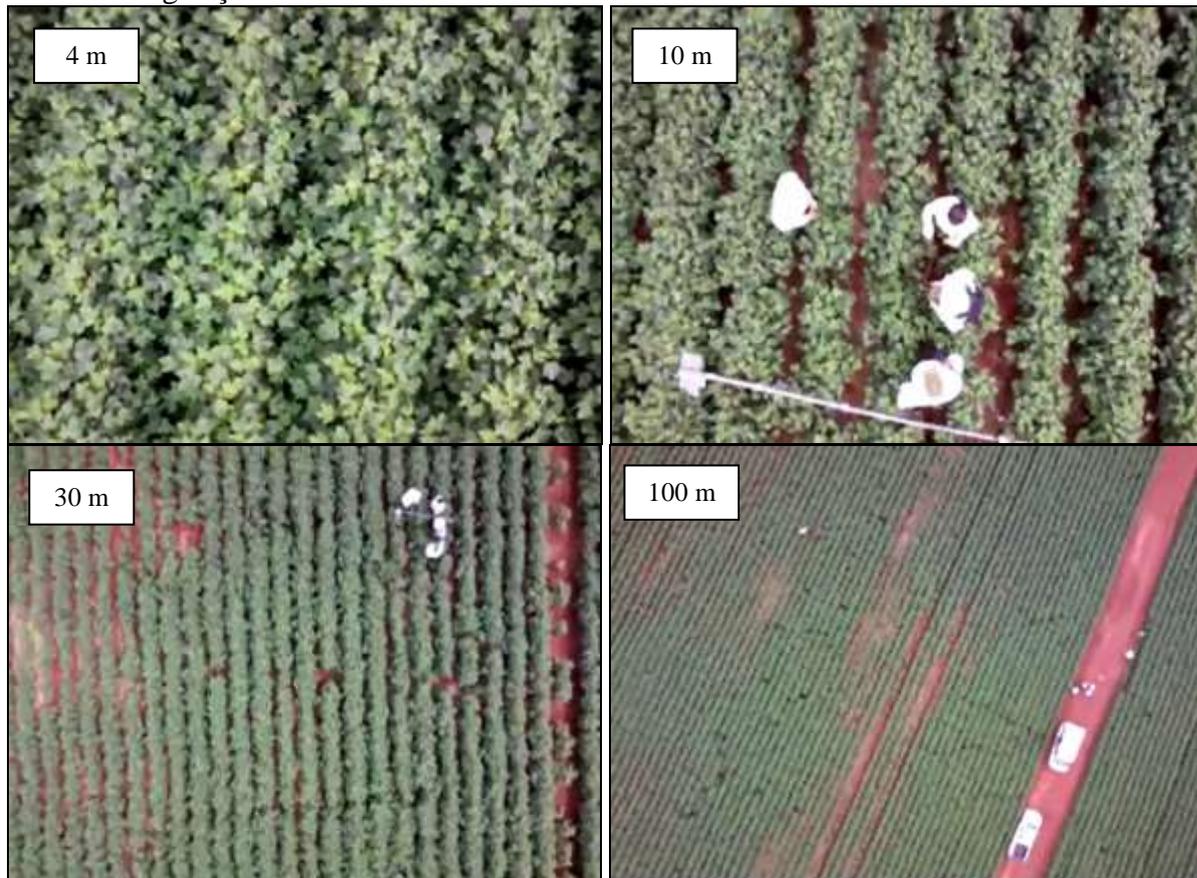


FIGURA 1. Fotografias aéreas em diferentes altitudes de voo tomadas com o auxílio de um VANT no momento do ensaio.

Gehrke e Greiwe (2013) utilizaram uma câmera multiespectral Tetracam ADC Lite adaptada em um multirotor para o mapeamento agrícola aéreo. Os autores observaram que a velocidade do vento pode interferir na qualidade do mapa resultante, uma vez que pode ocorrer o deslocamento do veículo aéreo durante a missão de voo. Valente et al. (2013) relatam que os multirotores possuem capacidade de sobrevoos com uma carga útil maior do que outros VANTS, como também possibilitam a tomada de imagens com maior estabilidade de voo em áreas de vinhedo. Esses autores desenvolveram um procedimento para determinar o trajeto de voo com maior eficiência de forma a tornar mais rápido o processo de mosaicação das imagens.

Para Salvador (2005), a utilização do NDVI é viável, uma vez que, em condições de desuniformidade dos fatores que afetam a produção das culturas, permite mensurá-los de maneira localizada dentro das áreas, permitindo um tratamento individualizado dessas pequenas porções de áreas dentro de um campo de produção.

Por existir sensores que trabalham em diferentes altitudes, este trabalho teve como objetivo analisar os índices de vegetação (NDVI) obtidos pelo sensor Tetracam ADC (TCAM) em diferentes altitudes e pelo sensor comercial Greenseeker RT 200 (GS) correlacionando-os com os índices fenológicos da cultura do algodão.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área de algodão na fazenda Amambaí no município de Chapadão do Céu, GO na safra 2013/14, com coordenadas geográficas 52°37'17.79"O e 18°21'21.40"S. O solo da área é classificado como LATASSOLO Vermelho Amarelo distrófico, textura média (EMBRAPA, 2006). A altitude média é de 815 m, com relevo predominantemente suave de inclinação entre 1 e 2%. A semeadura foi realizada no dia 02/01/2014, com o cultivar WideStrike.

O delineamento foi conduzido em cinco blocos com nove repetições. Cada parcela possui 10 m de comprimento e a largura com seis fileiras de plantas com espaçamento de 0,80 m. As coletas de fenologia e as leituras do NDVI foram realizadas aos 82 DAE (Dias Após Emergência).

Os dados de NDVI (1) foram coletados nas duas fileiras centrais, descartando-se duas fileiras de bordadura de cada lado da parcela. As leituras foram realizadas pelo sensor ativo GreenSeeker® RT 200 (NTech Industries, Inc Ukiah, CA) e pelo sensor passivo da câmera multiespectral TETRACAM® ADC Lite (TETRACAM Industries, Inc. Chatsworth, CA).

O sensor comercial GS foi montado em suporte manual, trabalhando à 0.80 m acima da planta, como pode ser observado na Figura 1. O georeferenciamento desse sensor foi obtido pelo uso de um GNSS Trimble, modelo Nomad® 2014. O sensor é composto por uma caixa de controle, computador móvel (PDA- *personal digital assistants*) e dois LED's que emitem radiação ativa em dois comprimentos de onda centralizada no vermelho (660 nm) e no infravermelho próximo (770 nm), com largura de banda 25 nm. A magnitude de luz refletida pelo alvo é medida por fotodiodo detector, onde determina os valores de refletância para as duas bandas e calcula o NDVI (NTech Industries, 2013).

A câmera multiespectral Tetracam (TCAM) possui as bandas Verde/GREEN (520-600nm), Vermelho/RED (630-690nm) e Infravermelho/NIR (760-900nm), necessita da luz do sol para obter as imagens, classificada como passivo (TETRACAM Industries, 2014). A captura das imagens pelo sensor da Tetracam foi dividida em duas etapas: uma acoplando-a em um avião convencional com altitude de voo próxima de 1000 m local, denominando-se de Tetracam aérea (TCAM ar); e a outra acoplando-a em um suporte manual a 4 m de altura, como mostra a Figura 2, denominado de Tetracam suporte (TCAM sup).



FIGURA 2. Câmera multiespectral Tetracam ADC lite instalada em suporte a 4 m e posição relativa acima de duas fileiras da cultura no momento da tomada de uma parcela.



FIGURA 3. Composição RGB falsa-cor, obtida pela câmera multiespectral no momento da colheita das parcelas experimentais.

As imagens multiespectrais em falsa-cor (Figura 3) obtidas pela câmera Tetracam foram processadas pelos programas Autopano-Pro para o processo de retificação e mosaicagem e Spring 5.1.8 no georeferenciamento e cálculo do NDVI. A fórmula utilizada para calcular o NDVI foi:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

em que,

NIR - Valor da Banda do Infravermelho;

RED - Valor da Banda Vermelha.

Os resultados das análises estatísticas foram obtidas pelo uso do programa Infostat versão 2013.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observa-se a estatística descritiva para os valores das leituras NDVI aos 82 DAE, onde a maior média foi obtida pelo sensor ativo GS 0,89, sendo próximo ao valor das imagens aéreas Tetracam, as quais levaram a média do NDVI em 0,84. Já a média das imagens no suporte foi inferior a 0,55, porém, todos os dados obtiveram um coeficiente de variação baixo e apresentaram distribuição de frequência normal pelo teste de Shapiro-Wilk. Verifica-se também que o índice de vegetação pelo NDVI alterou sua média quando o sensor foi instalado em plataforma aérea.

TABELA 1. Análise descritiva das leituras de NDVI do sensor da Tetracam e do sensor Greenseeker na cultura do algodão, Chapadão do Céu, GO, 2014.

Atributos	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente			Teste W	
			Max	Min		Variação (%)	Curtose	Assimetria	Pr<w	DF
TCAM ar	0,84	0,83	0,864	0,814	0,01	0,01	-0,73	0,48	P > 0,05	NO
TCAMsup	0,52	0,53	0,597	0,394	0,05	8,91	0,00	-0,62	p > 0,05	NO
GS	0,89	0,89	0,900	0,869	0,01	0,83	-0,72	-0,37	p > 0,05	NO

Na Figura 4 observamos na primeira imagem a divisão das parcelas em área comercial, cada parcela possuindo uma área de aproximadamente 48 m², a segunda mostra o estágio fenológico da planta aos 82 DAE. Os dados de NDVI dos sensores foram correlacionados com os índices fenológicos da planta pelo Coeficiente de Correlação Pearson (r) onde seus valores são adimensionais variando de -1 a 1, o sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis, para Cohen (1988) os valores positivos fraco vão de 0,10 a 0,29, moderado de 0,30 a 0,49 e forte de 0,50 a 1, já para Dancey e Reidy (2005) os valores positivos fraco vão de 0,10 a 0,30, moderado de 0,40 a 0,60 e forte de 0,70 a 1.

A melhor correlação observada foi entre o sensor da TCAM sup e a altura da planta, sendo a menor correlação de 0,10 entre a altura e o sensor TCAM ar, fator esse explicado pela alta resolução espacial de 0,002 m das imagens TCAM sup, obtendo mais de 24 mil pontos amostrais por parcela e pela melhor estabilidade, já as imagens aéreas possuem menor resolução espacial de 0,70 m, obtendo em média 50 pontos amostrais por parcela e uma menor estabilidade da câmera, já o sensor Greenseeker capturou em média 20 pontos por parcela.

Observa-se pela Tabela 2 que os dados de correlação entre os valores de NDVI do sensor ativo e da fenologia se mantiveram próximo aos valores de NVI da imagem pelo sensor passivo instalado no suporte a 4m. Os índices de vegetação da imagem da câmera multiespectral instalada no suporte obtiveram maior correlação com os índices fenológicos da

cultura do que quando a câmera foi instalada em plataforma aérea. Portanto, quando se trabalha com experimentos em pequenas parcelas, o maior nível de detalhamento da imagem é indispensável para a obtenção de dados com alto grau de representatividade da cultura.



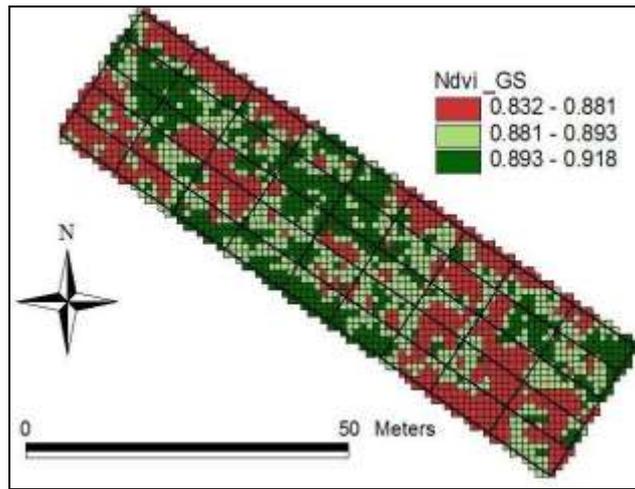
FIGURA 4. Imagem das parcelas experimentais em campo logo após a emergência da cultura e da cultura do algodão ilustrando o seu enfolhamento aos 82 DAE.

TABELA 2. Correlações de Pearson entre NDVI dos diferentes sensores com dados fenológicos da planta: altura e número de ramos.

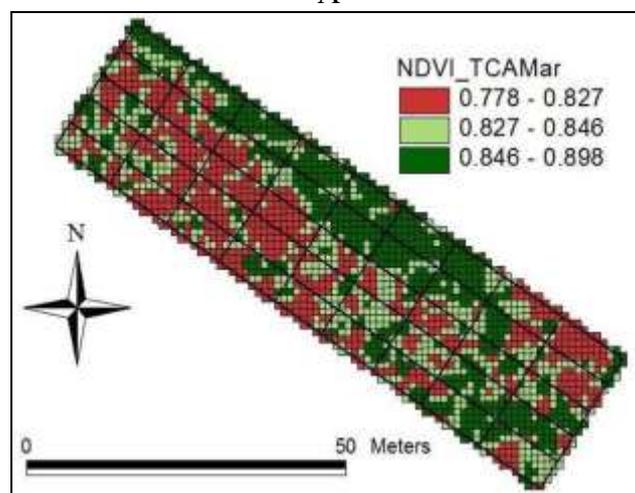
Sensores	Altura (cm)	Nº de Ramos
TCAM ar	0,10*	0,33*
TCAM sup	0,63*	0,44*
GS	0,57*	0,46*

*:valores significativos para o nível de 5% pela correlação de Person.

Na Figura 5 podemos ver os mapas interpolados pelo inverso da distancia dos valores de NDVI do sensor Greenseeker e da Tetracam em plataforma aérea, havendo pouca similaridade na tendência por uma análise visual. Para Koundauri et al (2006), uma imagem de maior qualidade e maior nível de detalhamento é o requisito básico em aplicações de agricultura de precisão para obter análise robusta e resultados confiáveis. Samseemoung et al. (2012), trabalhando com sensoriamento de soja em baixa altitude de captação de imagem em diferentes plataformas, o guindaste (estável) e o veículo aéreo não tripulado (instável), observaram que as imagens com maior qualidade foram aquelas acopladas no guindaste a 5 m, devido a sua maior estabilidade.



‘A’



‘B’

FIGURA 5. Mapas dos valores de NDVI interpolados do sensor ativo Greenseeker ‘A’ e do sensor passivo pela Tetracam aérea ‘B’ a 1.000 m.

CONCLUSÕES

As imagens do sensor passivo Tetracam instalada no suporte a 4 m de altitude obteve melhor correlação com a fenologia da planta de algodão do que quando esse sensor foi instalado em plataforma aérea a 1000 m.

Os mapas de NDVI obtidos pelo sensor ativo em solo e pelo sensor passivo a 1000 m não possuíram a mesma tendência de distribuição espacial.

AGRADECIMENTOS

À FUNDECT pelo aporte financeiro, ao engenheiro agrônomo e ao técnico da Fazenda Amanbaí pela paciência, disponibilidade, cooperação, acesso e confiança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

EMBRAPA **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed., Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 306p. 2006.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2.ed. Hillsdale: Routledge, 590p. 1988.

GEHRKE, R.; GREIWE, A. Multispectral image capturing with foveon sensors. **International Archives of the Photogrammetry**, v.15, n.2, p.151-156, 2013.

LEAL, A. J. F., TOSTA, F. S., ANSELMO, J. L., FURLANI J. E. Comportamento de do algodoeiro cultivado em região de cerrado com diferentes espaçamentos e densidades de plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. CD-ROM.

KOUNDAURI, P., NAUGES, C., TZOUVELEKAS, V. Technology adoption under production uncertainty: theory and application to irrigation technology. **American Journal of Agricultural Economics**, v.88, n.3, p.657-670, 2006.

MA, B.L.B.; DWYER, L.M; COSTA, C.; COBER, E.R.; MORRISON, M.J. Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. **Agronomy Journal**, v.93, n.6, p.1227-1234, 2001.

NTECH Industries. **Model 505GreenSeeker Hand Held™Optical Sensor Unit: Operating Manual**. Disponível em:<<http://www.ntechindustries.com/pdf/Model-505-Hand-Held-Manual-rev-I.pdf>>. Acesso em 26 jun. 2014.

QUEIROS, L. R.; SHIRATSUCHI, L.S.; VINHAL, C.D.N. Desenvolvimento de um sistema protótipo para o mapeamento da altura de plantas de algodão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2005, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA, p. 1-4. 2005. CD-ROM.

SAMSEEMOUNG, G., SONI, P., JAYASURIYA, H. P. W., SALOKHE, V. M. Application of low altitude remote sensing (LARS) platform for monitoring crop growth and weed infestation in a soybean plantation. **Precision Agriculture**, v.13, p. 611-627, 2012.

SOUSA, C.L.; PONZONI, F.J. Avaliação de índices de vegetação e de bandas TM/Landsat para estimativa de volume de madeira em floresta implantada de pinus spp. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 15., 1998, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos, p.1537-1547, 1998.

TETRACAM Industries, **Agricultural Digital Camera User's Guide**: Inc. Chatsworth, USA. Disponível em: <http://www.tetracam.com/pdf/ADC/ADC%20User%20Manual.pdf>. Acesso em 18 maio 2014.

VALENTE, J.; SANZ, D.; CERRO, J.D.; BARRIENTOS, A.; FRUTOS, M.A. Near-optimal coverage trajectories for image mosaicing using a mini quad-rotor over irregular-shaped fields. **Precision Agriculture**, v.14, n.2, p.115-132, 2013.