

DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICA PARA APLICAÇÃO DE DESFOLHANTE EM TAXA VARIÁVEL NO ALGODOEIRO

Data de aceite: 03/07/2023

Ziany Neiva Brandão

Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA Cotton), Campina Grande, PB. CEP: 58428-095, Brasil

Franciele Morlin Carneiro

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Santa Helena, PR. CEP: 85892-000, PR, Brasil

Carlos Antonio da Silva Junior

State University of Mato Grosso (UNEMAT), Sinop 78550-000, MT, Brazil

Luciano Shozo Shiratsuchi

Louisiana State University (LSU), School of Plant, Environmental and Soil Sciences, Baton Rouge LA, 70803, USA

adotado foi um quadrado latino 4x4, sendo quatro doses de desfolhante e quatro abordagens de aplicação, que foram: (i) dose usada na fazenda; (ii) taxas variáveis baseada somente em sensor ativo proximal, tendo sido usado o *GreenSeeker® da Trimble*; (iii) taxas variáveis baseadas em sensores ópticos proprietários instalados em avião tripulado da TerrAvion e (iv) redução da dose da fazenda em 20%. As imagens aéreas foram geradas em 22 de maio e 10 de junho de 2019, nas faixas espectrais do infravermelho próximo (NIR) e visível RGB (*Red, Green, Blue*), com resolução espacial de 18 cm. As datas foram escolhidas próximo ao final do ciclo do algodoeiro, considerando que a senescência das plantas reduz o índice de área foliar e o vigor da cultura está em decréscimo. As imagens foram tratadas e os índices de vegetação (IVs) foram determinados usando a ferramenta Semi-Automatic Classification do QGIS. Foram testados quatro IVs (SR, NDVI, CIRed-Edge e o SAVI) e modelos matemáticos visando otimizar a confecção de um mapa de prescrição para dessecação do algodoeiro em taxas variáveis. Dentre os índices testados observou-se um melhor delineamento de zonas contrastantes de vigor com o índice SAVI (*Soil Adjusted*

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia de mapeamento do vigor da cultura do algodoeiro utilizando imagens aéreas multiespectrais obtidas por aeronave tripulada para subsidiar a aplicação de desfolhante em taxas variáveis. O experimento foi conduzido na fazenda Sete Povos, localizada na região de Luis Eduardo Magalhaes – BA, em um talhão de 212 hectares. O delineamento experimental

Vegetation Index), que foi desenvolvido por Huete (1988) para minimizar os efeitos da refletância do solo. Neste IV, a constante L foi tomada como 0,5, sendo esse o valor encontrado como ótimo para minimizar o efeito da interferência do solo na refletância total do alvo (dossel do algodoeiro em senescência e solo exposto). Com o delineamento escolhido foi possível comparar diversas abordagens levando em consideração a variabilidade espacial da área. Assim, o mapa de prescrição para aplicação de desfolhante foi baseado no SAVI com valores ajustados e validados pelo sensor proximal, considerando a variação das doses de desfolhante desde a dose reduzida, apresentando dessa forma uma grande vantagem comparativamente à aplicação de taxa uniforme em termos de eficiência e economia.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão; produtividade do algodoeiro; sensoriamento remoto; experimentação *On-farm*, Índices de Vegetação.

ABSTRACT: The objective of this work was to develop a methodology for mapping the vigor of cotton crop using multispectral aerial images obtained by a manned aircraft to support defoliant application at variable rates. The experiment was carried out at Sete Povos farm, located near Luis Eduardo Magalhães, on Bahia State, in a plot of 212 hectares. The experimental design adopted was a 4x4 Latin square, with four doses of defoliant and four application approaches, which were: (i) dose used on the farm; (ii) variable rates based on proximal active sensor only, using Trimble's GreenSeeker®; (iii) variable rates based on proprietary optical sensors of TerrAvion®, installed on a manned aircraft, and (iv) farm dose reduction by 20%. The aerial images were generated on May 22, and June 10, 2019, in the near-infrared (NIR) and visible RGB (Red, Green, Blue) spectral bands, with a spatial resolution of 18 cm. The data were chosen near of the cotton's growth cycle season end, considering that the senescence of the plants reduces the leaf area index and, the vigor of the crop is decreasing. The images were treated and vegetation indices (VIs) were determined using the QGIS Semi-Automatic Classification tool. Four VIs (SR, NDVI, CIRed-Edge and SAVI) and mathematical models were tested in order to optimize the prescription map creation for cotton desiccation at variable rates. Among the indices tested, a better delineation of contrasting zones of vigor was observed with the SAVI index (Soil Adjusted Vegetation Index), which was developed by Huete (1988) to minimize the effects of soil reflectance. In this VI, the L constant was taken as 0.5, which is the value found to be optimal to minimize the effect of soil interference on the total reflectance of the target (cotton canopy in senescence and exposed soil). With the chosen design, it was possible to compare different approaches taking into account the spatial variability of the area. Thus, the prescription map for defoliant application was based on the SAVI with values adjusted and validated by the proximal sensor, considering the variation in defoliant doses from the reduced dose, thus presenting a great advantage compared to the application of a uniform rate in terms of efficiency and economy.

KEYWORDS: Precision agriculture, cotton yield, remote sensing, *on-farm* experimentation, vegetation indices.

1 | INTRODUÇÃO

A planta do algodão tem crescimento peculiar, apresentando em determinado estágio fenológico, folhas em senescência, maduras ou novas, assim como estruturas

reprodutivas em vários estádios, desde botões florais até capulhos abertos. Para evitar problemas na colheita é realizada a desfolha química, que quando realizada corretamente, com a determinação da época de aplicação e definição dos produtos a serem usados, além da observação de elementos do clima e do estado geral da cultura (BOGIANI e ROSOLEM, 2009), proporciona ao cotonicultor várias vantagens, tais como: melhoria na performance das colheitadeiras; aumento na abertura das maçãs (este processo tem dois componentes, radiação solar e hormônios, especialmente o etileno, ambos aumentados com a desfolha química); redução do apodrecimento de maçãs pela maior penetração da luz e do ar e facilidade para o operador da colheitadeira (OOSTERHUIS, 1993; AZEVEDO *et al.*, 2004; AZEVEDO *et al.*, 2008).

A utilização dos reguladores de crescimento reduz a altura das plantas permitindo que a luz seja captada no meio e parte baixa da planta, auxiliando assim para uma melhor uniformização da maturação dos frutos e evitando apodrecimento no terço inferior. Entretanto, a escolha da data de aplicação, que depende da maturidade do fruto, é uma avaliação nem sempre fácil de ser realizada, sendo objeto do estudo de diversas técnicas manuais (OOSTERHUIS, 1990; LANDIVAR *et al.* 1996; AZEVEDO, *et al.* 2004) ou técnicas usando sensores proximais de dossel (BAIO *et al.*, 2018; TREVISAN *et al.*, 2018). As técnicas existentes são difíceis de serem implantadas especialmente em grandes áreas que apresentam grande variabilidade de solos e de disponibilidade de água, alterando as características fisiológicas das plantas. Como não ocorre maturação dos frutos após a remoção das folhas (AZEVEDO, *et al.* 2004), e os métodos de observação são por vezes realizados de forma manual ou visual, a data de aplicação e as doses adequadas têm grande impacto na resposta da cultura e na produtividade (PAZZETTI e FERNANDO, 2020; BILLMAN e CAMPBELL, 2023).

Considerando a dificuldade de determinação da época adequada para aplicação do desfolhante em grandes áreas, esse trabalho se propôs a desenvolver uma metodologia de mapeamento do vigor da cultura do algodoeiro utilizando imagens aéreas multiespectrais obtidas por aeronaves tripuladas para subsidiar a aplicação de desfolhantes em taxas variáveis.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda Sete Povos localizada no oeste baiano na região do município de Luis Eduardo Magalhães, estado da Bahia, cujas coordenadas centrais são 12°53'58"S, 46°09'29"O, em um talhão comercial de 212 hectares. O clima da região é tropical semiúmido do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com chuvas de outubro a abril e inverno seco. As temperaturas médias variam de 20°C a 26°C, com máximas de 42°C e mínimas podendo chegar a 14,3°C. A precipitação média anual é de 1000 mm, com chuvas distribuídas irregularmente.

As adubações foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura, baseadas na análise da fertilidade do solo realizadas pela fazenda. O delineamento experimental adotado foi um quadrado latino 4x4, usando quatro doses de desfolhante para quatro estratégias de aplicação, baseadas nas seguintes abordagens:

- (i) Dose de desfolhante já usada na fazenda;
- (ii) Taxas variáveis baseadas em dados do sensor ativo Greenseeker;
- (iii) Taxas variáveis baseadas em dados de imagens aéreas multiespectrais obtidas por aeronave tripulada da TerrAvion em vôo de baixa altitude, e
- (iv) Dose reduzida em 20% da dose estipulada pela fazenda.

Foram utilizadas imagens aéreas de duas medições, obtidas com sensor proprietário da Terravion® instalado em avião tripulado de pequeno porte (Cesna), em altitude de vôo inferior a 1km. As medições foram realizadas em 22 de maio e 10 de junho de 2019, nas faixas espectrais do infravermelho próximo (NIR) e no visível (RGB), com resolução espacial de 18 cm (Figura 1). As datas foram escolhidas no final do ciclo do algodoeiro, pois a senescência das plantas reduz o índice de área foliar e o vigor da cultura está em decréscimo. O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) foi estimado pelo provedor de dados usando a banda do vermelho ($\lambda_{\text{central}} = 614 \text{ nm}$, largura da banda = 76 nm) e o NIR ($\lambda_{\text{central}} = 855 \text{ nm}$, largura da banda = 50 nm).

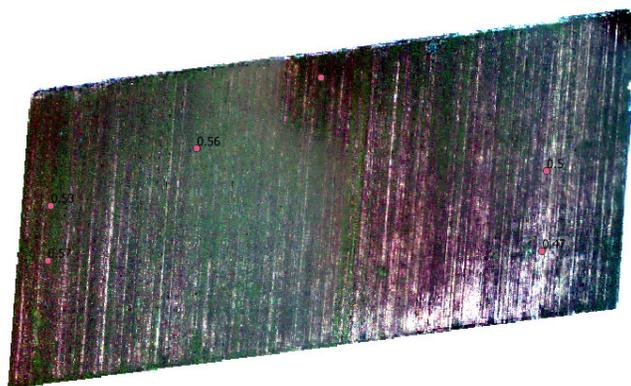


Figura 1: Imagem aérea obtida por sensor proprietário da TerrAvion®, instalada em avião pilotado, sobrevoando a área experimental em 2019 na Fazenda Sete Povos, BA.

Baseado nas dimensões do maquinário da fazenda, cujos pulverizadores possuem 30 metros de largura, o grid experimental foi de lotes com 0,18 ha (60 x 30 m²), totalizando 1178 lotes. Para cada tratamento, os dados gerados nas imagens foram calibrados com os valores obtidos por um sensor óptico ativo proximal, o *GreenSeeker*® da Trimble (VELLIDIS

et al., 2009), que foram coletados nas datas dos vôos. As imagens foram tratadas usando a ferramenta *Semi-Automatic Classification* do QGIS 3.4. Usando as bandas espectrais do NIR e do vermelho (RED) no QGIS 3.4, foram preparados quatro índices de vegetação nas duas medições. Além do convencional NDVI, foram avaliados outros índices de vegetação como o SR (*Simple Ratio*), o CIRed-Edge (*Red-Edge Chlorophyll Index*) e o SAVI, que são apresentados na Tabela 1. Após a calibração, foram desenvolvidos mapas dos índices de vegetação e comparados ao NDVI para as imagens aéreas nas duas datas de avaliação.

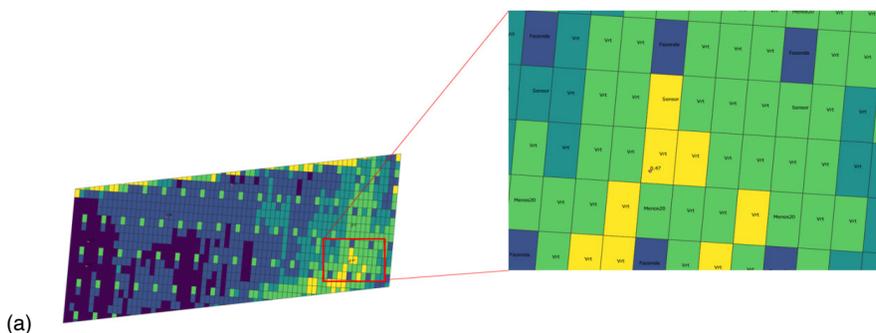
Descrição	Abreviação	Fórmula	Referência
<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	NDVI	$(NIR - RED) / (NIR + RED)$	(ROUSE, 1974)
<i>SimpleRatio</i>	SR	NIR / RED	(BIRTH e McVEY, 1968)
<i>Red-Edge Chlorophyll Index</i>	CIRed-Edge	$(NIR / Red - Edge) - 1$	(GITELSON <i>et al.</i> , 2003)
<i>Soil Adjusted Difference Vegetation Index</i>	SAVI	$(1 + L) \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)}$	(HUETE, 1988)

Tabela 1: Índices de vegetação testados no experimento

Em que L é uma constante que variam dependendo do estágio fenológico da cultura.

Em seguida, extraímos os valores médios dos índices de vegetação para os lotes experimentais de aproximadamente 0,18 ha (60 x 30,0 m²), conforme apresentado na Figura 2. Ao contrário das imagens por satélite, a boa resolução das imagens obtidas através da aeronave de baixa altitude permitiu a extração de valores em escala menor que 1m², melhorando a precisão do mapa de prescrição para o desfolhante.

Apesar da desfolha do algodoeiro ser um processo natural, que ocorre quando há maturidade fisiológica das estruturas reprodutivas, a desfolha induzida quimicamente permite à formação antecipada da chamada zona de abscisão (queda das folhas) no pecíolo da folha. Essa antecipação é vital para o algodoeiro que possui crescimento indeterminado, e mesmo após produzir, continua emitindo estruturas frutíferas que não contribuirão para a produção e dificultam a colheita (AZEVEDO *et al.*, 2004). Devido a essa característica de contínuo crescimento do algodoeiro, são usadas combinações de desfolhantes com maturadores, que fazem o controle hormonal da planta e permitem a abertura uniforme dos capulhos.



(a)

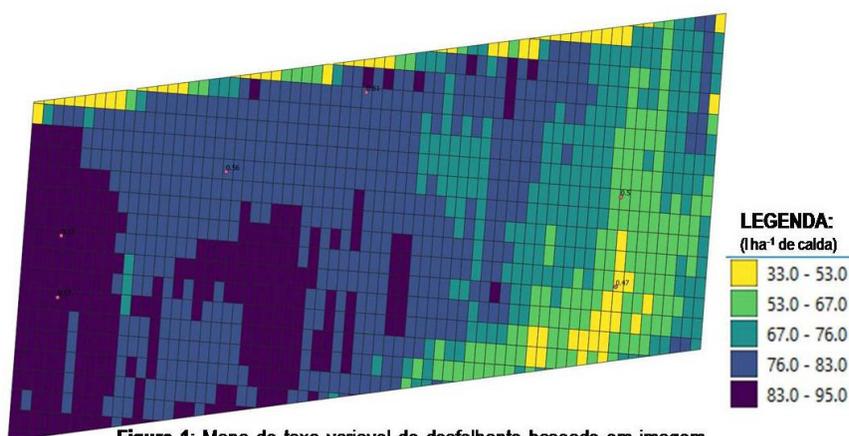


Figura 1: Mapa de taxa variável de desfolhante baseado em imagem Terravision calibrada com Greenseeker

(b)

Figura 2: Mapa de prescrição da aplicação de desfolhante+maturador à taxa variável, baseado em imagem TerrAvion® calibrada com sensor proximalGreenseeker®. (a) Tratamentos em lotes de 30 x 60 m2. (b) Mapa de prescrição pronto baseado no índice de vegetação SAVI(*Soil Adjusted Vegetation Index*),.

Assim, foi utilizado para a desfolha uma combinação do maturador Cotton Quik®, que propicia a abertura uniforme dos capulhos, com o desfolhante Punto®, que também possui propriedades de regulador de crescimento, e que reduz a ocorrência de contaminação da pluma com folhas (SUMITOMO CHEMICAL, 2022). Após a aplicação do desfolhante, a verificação da eficiência da aplicação foi realizada através de imagens do satélite Planet Scope (PLANET SCOPE, 2022), usando pontos previamente georreferenciados, que podem ser vistos na Figura 2b, para avaliação da qualidade da desfolha em lotes experimentais com diferentes tratamentos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A metodologia proposta permitiu a coleta de dados de alta precisão durante a senescência do algodoeiro, otimizando a avaliação e escolha da data de aplicação do

composto de maturador+desfolhante. Foi possível obter imagens para todos os índices de vegetação propostos e compará-los entre si, bem como compará-los aos valores obtidos por sensor proximal nos lotes de previamente georreferenciados.

Dentre os IVs testados apresentados na Tabela 1, observou-se um melhor delineamento de zonas contrastantes de vigor com o índice SAVI, corroborando o trabalho desenvolvido por Huete (1988) para vegetação em senescência, e com Yuhao et al (2020), que compararam o SAVI e o NDVI com valores obtidos através de câmera multiespectral instalada em UAV (*unmanned aerial vehicle*) com os do sensor ativo SPAD® para determinar teores de clorofila em arroz. A constante L foi tomada como 0,5. Esse valor de L foi encontrado como ótimo para minimizar o efeito da interferência do solo na refletância total do alvo, visto que o algodoeiro se encontrava em senescência e já havia solo exposto. Com o delineamento escolhido foi possível comparar diversas abordagens levando em consideração a variabilidade espacial da área.

3.1 Geração do Mapa de Prescrição

3.1.1 Geração de equação para conversão de imagens TerrAvion calibradas com NDVI coletado por sensores ativos terrestre

Foi observada boa correlação, positiva e significativa, entre o NDVI gerado por imagens TerrAvion® e o sensor Greenseeker® terrestre, possibilitando o uso deste protótipo para conversão de imagens NDVI e SAVI bandas espectrais calibradas da TerrAvion®. A comparação entre os valores obtidos pelo sensor proximal obtido em pontos previamente georreferenciados e o NDVI obtido por imagens TerrAvion® calibradas é mostrado na Figura 2.

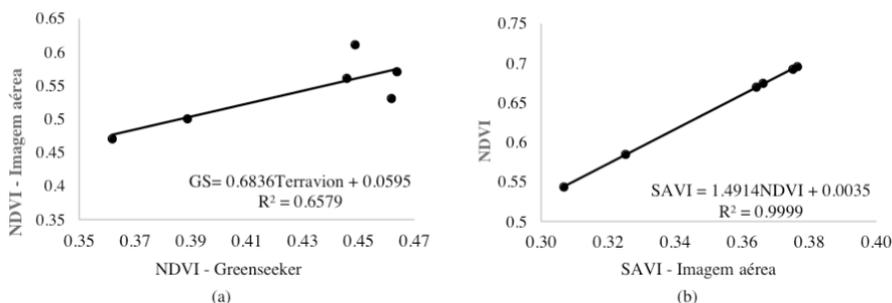


Figura 2: Índices de determinação obtidos pelas análises comparativas entre dados do sensor proximal Greenseeker® e IVs baseados em imagens TerrAvion®, coletadas na Fazenda Sete Povos, BA em 2019. (a) Comparativo entre o NDVI por imagem e o NDVI fornecido pelo sensor; (b) Comparativo entre os IVs SAVI e NDVI, fornecidos pelas imagens aéreas.

3.1.2 Algoritmos: protótipo

O mapa de prescrição para aplicação de desfolhante foi baseado no SAVI, considerando a variação das doses de desfolhante entre -20 até +20% da dose recomendada na fazenda. Os algoritmos gerados a partir das doses selecionadas pela fazenda foram baseados em variação da razão entre a calda total pela vazão do pulverizador (calda total vazão⁻¹), e não em injeção direta de desfolhante na área (XIN *et al.*, 2018). A partir das equações obtidas (Figura 3), o mapa final de prescrição foi originado seguindo os tratamentos propostos sempre utilizando o índice SAVI (Figura 3a), uma vez que este se mostrou ligeiramente superior na identificação das áreas com maiores teores de Clorofila, corroborando com o trabalho desenvolvido por, Rudd (2019) para o algodão, Yuhao *et al.* (2020), para o arroz e Gao *et al.* (2022), para o trigo.

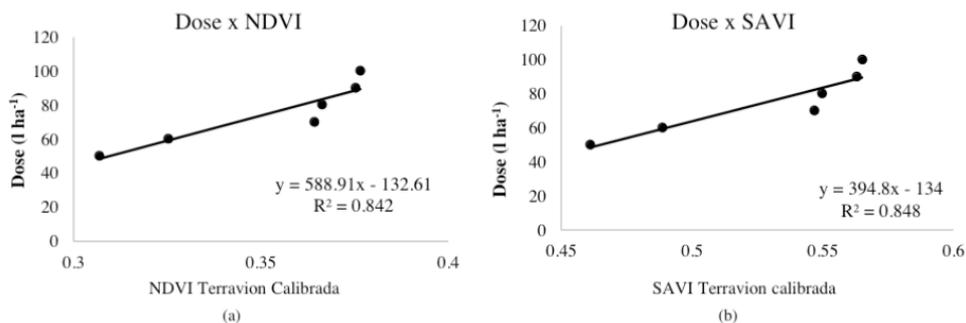
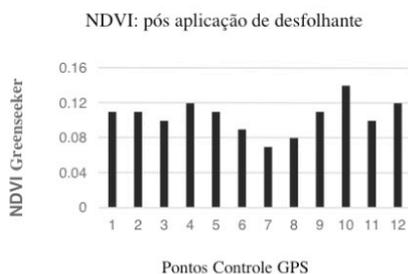


Figura 3: Avaliação dos índices de vegetação das imagens calibradas para determinação da equação de prescrição da dose de desfolhante a ser aplicada no algodoeiro em experimento na fazenda Sete Povos, BA, 2019. (a) Equação usando o NDVI por imagens calibradas da TerrAvion®; (b) Equação usando o NDVI por imagens calibradas da TerrAvion®.

3.2 Implantação e Validação

Após a aplicação do desfolhante, a área experimental foi monitorada através de imagens do do satélite *Planet Scope* (PLANET SCOPE, 2022), cuja resolução espacial é de 3 m e oferece frequência diária de revisita. Usando-se dados do sensor proximal *Greenseeker*® nos pontos de verificação previamente georreferenciados, verificou-se em imagens do satélite *Planet Scope* (PLANET SCOPE, 2022), apresentada na Figura 4, que a aplicação o desfolhante promoveu 89% de desfolha. A imagem *Planet Scope* obtida em 14 de agosto de 2019 mostrou valores muito baixos de NDVI nos pontos de controle, onde foram realizadas as medições com o sensor proximal antes da aplicação (Figura 4a). Pontos com NDVI médio em torno de 0,61 antes da aplicação, diminuíram para 0,12, que é um valor similarà refletância de palha seca, valores estes obtidos pelo sensor proximal, e com alta correlação ($r=81\%$) nos mesmos pontos dentro da imagem do satélite (Figura 4b).



(a)

(b)

Figura 4: (a) NDVI obtido com Greenseeker após a aplicação de desfolhante em área experimental. (b) Imagem Planet Scope da área experimental antes da colheita, com data de 14 de agosto de 2019.

4 | CONCLUSÕES:

As imagens aéreas de alta resolução permitiram a determinação da melhor época de aplicação de desfolhante no algodoeiro, onde a aplicação em taxa variada usando os índices de vegetação obtidos por imagens forneceu doses adequadas para todas as manchas do talhão.

Dos índices de vegetação avaliados, o SAVI apresentou a maior correlação com o avanço da senescência do algodoeiro, tendo sido usado para a criação do algoritmo de prescrição do composto desfolhante+maturador. O mapa de prescrição resultante da calibração de imagens aéreas com a utilização de sensores ativos ópticos terrestres mostrou que existe uma grande oportunidade para um melhor ajuste às doses de desfolhantes na cultura do algodão, permitindo a economia de insumos.

A dessecação das plantas foi uniforme e eficiente. O desenvolvimento do algoritmo e procedimento para geração de mapas de prescrição de desfolhante em taxas variáveis a partir das imagens aéreas de grande cobertura, mostrou-se promissor, sendo necessário o uso dos sensores ativos para calibração e ajuste de sensores passivos. Este trabalho é um indicativo que doses menores de desfolhantes podem ser usadas através da aplicação em taxa variada, promovendo redução dos custos, desde que algoritmos adequados sejam desenvolvidos. Estudos futuros para desenvolvimento e validação de algoritmos são necessárias para plena adoção

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, D.M.P. de; CORTEZ, J. R. B; BRANDÃO, Z.N. **Uso de Desfolhantes, Maturadores e Dessecantes na Cultura do Algodoeiro Irrigado**. Campina Grande: EMBRAPA ALGODÃO, 2004. 8 p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 78).

AZEVEDO, D. M. P. de.; BELTRÃO, N. E. de M.; NÓBREGA, L. B.; LEÃO, A. B.; CARDOSO, G. D.; VIEIRA, D. J. **Reguladores de crescimento, desfolhantes e dessecantes**. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; BELTRÃO, N. E. de M. (eds). O agronegócio do algodão no Brasil, 2ª ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 2, cap. 25. p.834-855.

BAIO, F. H. R.; NEVES, D. C.; SOUZA, H. B.; LEAL A. J. F.; LEITE, R. C.; MOLIN, J. P.; SILVA, S. P. Variable rate spraying application on cotton using an electronic flow controller. **Precision Agriculture**, v. 19, p.912–928. 2018 <https://doi.org/10.1007/s11119-018-9564-7>

BILLMAN, E. D.; CAMPBELL, B. T. Cover cropping history affects cotton boll distribution, lint yields, and fiber quality. **CropScience**, p. 1–12. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/csc2.20931>

BIRTH, G. S.; McVEY, G. Measuring the colour of growing turf with a reflectance spectrophotometer. **Agronomy Journal**. v. 60, p. 640. 1968.

BOGIANI, J. C.; ROSOLEM, C. A. Sensibilidade de cultivares de algodoeiro ao cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.10, p.1246-1253. 2009.

GAO, D.; QIAO, L.; SONG, D.; LI, M.; SUN, H.; AN, L.; ZHAO, R.; TANG, W.; QIAO, J. In-field chlorophyll estimation based on hyperspectral images segmentation and pixel-wise spectra clustering of wheat canopy. **Biosystems Engineering**, v. 217, p. 41-55. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.03.003>

GITELSON, A. A.; GRITZ, Y.; MERZLYAK, M. N. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. **Journal of Plant Physiology**, n. 160, p. 271-282. 2003.

HUETE, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, 1988.

LANDIVAR, J. A.; COTHREN J. T.; Livingston, S. **Development and evaluation of the average five internode length technique to determine time of mepiquat chloride application**. In: Proc. Beltwide Cotton Conf. P. Dugger and D.A. Richter (Ed). Natl. Cotton Council of Am., Memphis, TN. p. 1153-1156. 1996.

OOSTERHUIS, D. M. Growth and development of a cotton plant. In W. N. Miley & D. M. Oosterhuis (Eds.), **Nitrogen nutrition of cotton: Practical issues**. 1990. p. 1–24. ASA, CSSA, and SSSA Books. <https://doi.org/10.2134/1990.nitrogennutritionofcotton.c1>

OOSTERHUIS, D.M.; ZHAO, D. **Physiological Effects of PGR IV on the Growth and Yield of Cotton**. 1993 *Beltwide Cotton Conference Proceedings*, p. 1,270. 1993.

PAZZETTI, G.; FERNANDO, J. **Manejo de desfolha**. In: BÉLOT, J-L; VILELA, P. M. C. A. (eds). Manual de Boas Práticas de Manejo do Algodoeiro em Mato Grosso, 4ª ed. Cuiabá: IMA-MT. 2020. p. 320-324. Disponível em: <https://imamt.org.br/manual-de-boas-praticas-de-manejo-do-algodoeiro-em-mato-grosso-4a-edicao/>. ISBN 978-85-66457-06-3.

RUDD, J. D.; ROBERSON, G. T. CLASSEN, J. J.; OSBORNE, J. A. Data collection by unmanned aircraft systems (UAS) to develop variable rate prescription maps for cotton plant growth regulators and defoliant. In Proceedings of the 2019 ASABE Annual International Meeting, Boston, MA, USA, p. 358-392. doi:10.13031/aim.201900148

PLANET SCOPE. Earth Online - Planet Scope. 2022. Disponível em: <https://earth.esa.int/eogateway/missions/planetscope>

SUMITOMO CHEMICAL. Cotton Quik e Punto. 2022. Disponível em: <https://www.sumitomochemical.com/asd/br-pt/regulador-de-crescimento-brasil/punto/>

TREVISAN, R. G.; VILANOVA-JÚNIOR, N. S.; EITELWEIN, M. T.; MOLIN, J. P. Management of plant growth regulators in cotton using active crop canopy sensors. **Agriculture**, v. 8, n. 101. 2018. <https://doi.org/10.3390/agriculture8070101>

XIN, F.; ZHAO, J.; ZHOU, Y.; WANG, G.; HAN, X.; FU, W.; DENG, J.; LAN, Y. Effects of Dosage and Spraying Volume on Cotton Defoliants Efficacy: A Case Study Based on Application of Unmanned Aerial Vehicles. **Agronomy**. v. 8, n. 85. 2018. 15p. doi:10.3390/agronomy8060085

YUHAO, A.; CHE'Ya, N. N.; ROSLIN, N. A.; ISMAIL, M. R. Rice Chlorophyll Content Monitoring using Vegetation Indices from Multispectral Aerial Imagery. **Pertanika Journal of Science and Technology**, v. 28, n.3, p.779-795. 2020.

VELLIDIS, G.; ORTIZ, B.; RITCHIE, G.; PERISTEROPOULOS, A.; PERRY, C.; RUCKER, K. **Using GreenSeeker®** to drive variable-rate application of plant growth regulators and defoliants on cotton. In 7th European Conference on Precision Agriculture. Proceedings. Wageningen, Netherlands. 2009 (CD-ROM).

RUDD, J. D.; ROBERSON, G. T. CLASSEN, J. J.; OSBORNE, J. A. Data collection by unmanned aircraft systems (UAS) to develop variable rate prescription maps for cotton plant growth regulators and defoliants. In Proceedings of the 2019 ASABE Annual International Meeting, Boston, MA, USA, p. 358-392. doi:10.13031/aim.201900148