

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (ExGR) APLICADO A IMAGENS RGB OBTIDAS POR UAV PARA DETECÇÃO DE DOENÇA EM CAFEIROS

Luana Mendes dos Santos²; Gabriel Araújo e Silva Ferraz³, Lucas Santos Santana⁴, Brenon Diennevan Souza Barbosa⁵, Letícia Aparecida Gonçalves Xavier⁶, Marco Thulio Andrade⁷

¹ Trabalho financiado pela FAPEMIG

² Doutoranda, Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, luanna_mendess@yahoo.com.br

³ Professor, DSc, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, gabriel.ferraz@ufla.br

⁴ Doutorando, Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, lucas.santana1@estudante.ufla.br

⁵ Doutorando, Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, b.diennevan@outlook.com

⁶ Graduanda, Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, leticiaapgxavier@hotmail.com

⁷ Graduando, Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, marcoengagricola@hotmail.com

RESUMO: A cafeicultura tem destaque na economia do estado de Minas Gerais e no Brasil. Com aumento da área e produção, o cafeeiro fica susceptível à pragas e doenças que causam danos diretos e indiretos. A Cercospora é uma doença agressiva aos cafezais, sendo possível realizar o monitoramento e alerta precoce deste tipo de doença com Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA). Portanto, o objetivo desse trabalho foi detectar doença em cafeeiros utilizando Índices de Vegetação (ExGR) em imagens obtidas por câmeras convencionais acopladas à RPA. Foi utilizado uma RPA comercial com câmera convencional acoplada, foram feitos três voos em três meses seguidos, um em cada mês. As imagens foram processadas software PhotoScan e como resultado obtive-se o ortomosaico na qual aplicou índice de vegetação no software Qgis. Obteve os valores do índice em plantas amostradas em campo e fez análises visual e em gráfico. Foi possível detectar os sintomas da doença cercospora nos cafeeiros em estudo utilizando um ortomosaico obtido por uma Aeronave Remotamente Pilotada com uma resolução espacial de 0,012 m. O índice de Vegetação ExGR segmentou de maneira satisfatória solo de vegetação, diminuindo a medida que a área foliar diminui devido a infestação da doença e da colheita.

PALAVRAS-CHAVE: café, drone, sensoriamento remoto, geoprocessamento.

VEGETATION INDEX (ExGR) APPLIED TO UAV OBTAINED RGB IMAGES FOR COFFEE DETECTION

ABSTRACT: Coffee has prominence in the economy of the state of Minas Gerais and in Brazil. With increased area and production, coffee is susceptible to pests and diseases that cause direct and indirect damage. Cercospora is an aggressive disease to coffee plantations, and it is possible to monitor and alert this type of disease with Remotely Piloted Aircraft (RPA). Therefore, the objective of this work was to detect disease in coffee trees using Vegetation Indexes (ExGR) in images obtained by conventional cameras coupled to RPA. A commercial conventional camera coupled RPA was used, three flights were made in three consecutive months, one each month. The images were processed PhotoScan software and as a result we obtained the orthomosaic which applied vegetation index in the Qgis software. It obtained the index values in plants sampled in the field and made visual and graphical analyzes. It was possible to detect the symptoms of cercospora disease in the studied coffee trees using an orthomosaic obtained by a remotely piloted aircraft with a spatial resolution of 0.012 m. The ExGR Vegetation Index satisfactorily segmented vegetation soil, decreasing as leaf area decreases due to disease and crop infestation.

KEY WORDS: coffee, drone, remote sensing, geoprocessing.

INTRODUÇÃO

A cafeicultura tem destaque na economia do Brasil, sendo o maior produtor de café arábica. A estimativa de produção do café (*Coffea spp.*) para a safra 2018/2019 em escala mundial é de 174,5 milhões de sacas (60 kg). O Brasil tem participação significativa nestes dados, ocupando a primeira posição contribuindo com 63,4 % da produção mundial de café. (USDA, 2019). Na produção nacional, o café arábica se destaca com mais de 70% da produção total (arábica e robusta), este ano se espera uma colheita média de 37,14 milhões de sacas, sendo que Minas Gerais participa com 71,9% desta produção (CONAB, 2019).

Com aumento de área e produção, o cafeeiro fica susceptível a pragas e doenças que causam danos direto ou indiretos. A cercosporiose é uma doença causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* (BERK & Cooke) e que tem aumentado sua incidência no cafeeiro nos últimos anos, a qual tem relação estreita com a nutrição das plantas (CARVALHO et al.,

2107). A doença encontra-se disseminada em todas as regiões cafeeiras do mundo e atualmente vem demonstrando grande agressividade em cafezais (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005).

O avanço da agricultura digital aliada a ferramentas computacionais, Machine Learning (Aprendizado de Máquina) Unmanned Aircraft System- UAS (Sistemas de Aeronaves Não- Tripuladas) sensores ópticos (câmeras multiespectrais, termais), tem possibilitado coleta dados que permitem a extração de índices de vegetação, parâmetros biofísicos, identificação de anomalias em lavouras. A exploração destes dados em imagens obtidas por Remotely Piloted Aircraft – RPA (Aeronaves Remotamente Pilotadas) de alta resolução espacial é uma estratégia para auxiliar na detecção de pragas e doenças, contribuindo para alerta precoce, manejo e controle efetivo de problemas fitossanitários na cultura do cafeeiro.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi detectar doença em cafeeiros utilizando Índices de Vegetação (ExGR) em imagens obtidas por câmeras convencionais acopladas à Aeronaves Remotamente Pilotadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados experimentais foram obtidos em cafeeiros de *Coffea arabia* L., cultivar Travessia, plantados no espaçamento de 2,60 x 0,60 m, cujas coordenadas geográficas da área são: latitude 21°13'33.17"S, longitude 44°58'17.54" WGr. e 936 m de altitude. Os cafeeiros passaram pelo processo de poda (esqueletamento) na terceira semana de julho de 2016. Em 2017 não houve continuação dos tratamentos impostos de irrigação e fertirrigação e a colheita foi realizada em 23 de junho de 2018.

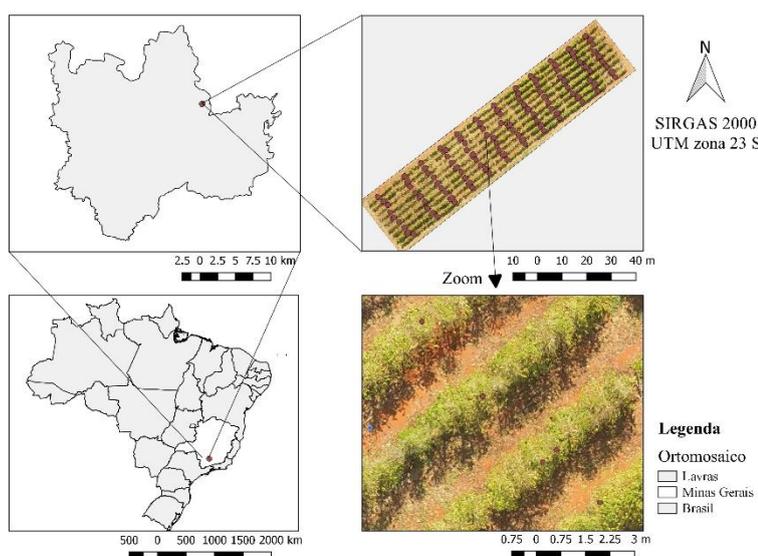


Figura 1. Localização da área de estudo.

Para o acompanhamento da lavoura por meio de imagens aéreas, foi utilizada uma Aeronave Remotamente Pilotada, modelo Phantom 3 Professional, com Sistema de Posicionamento Global (GPS) integrado e controle realizado por meio de um controle remoto e aplicativo para controle e planejamento dos voos. Foi coletada imagens nas datas: 24/05/2018, 13/06/2018 e no dia 12/07/2018.

A aeronave possuía uma câmera digital acoplada em sua estrutura da marca Sony, modelo EXMOR 1/ 2.3'', com resolução de 12 megapixels em cores verdadeiras (Red-R, Green-G, Blue-B), e resolução radiométrica de 8 bits, lente 20 mm com abertura de f/2.8, com tamanho máximo de imagem de 4000 x 3000 pixels e Cartão SD para armazenamento das imagens. As configurações de voo foram padronizadas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros definidos para missão executada pela RPA

Câmera	Sony EXMOR 1/ 2.3''
Resolução da Câmera	12 MP
Distância Focal	20 mm
Recobrimento Vertical	80%
Recobrimento Horizontal	80%
Altitude de Voo	30 m
Velocidade	3 m/s
Área imaginada	0,42 ha

As imagens foram processadas no software Agisoft PhotoScan (2018) versão 1.25, na qual o ortomosaico foi gerado como produto final do processamento e exportado para o software QuantumGis (QGis, 2018) versão 2.14.22. Foi aplicado o índice ExGR nos ortomosaicos dos três meses em estudo. O índice de vegetação é um cálculo de bandas que facilita a diferenciação de solo e vegetação na lavoura. O Excess Green-Red foi proposto por Meyer and Neto (2008) no qual é descrito pela Equação 1:

$$ExGR = \frac{2xG - R - B}{R + G + B} - \frac{1,4xR - G}{R + G + B} \quad (1)$$

Foram amostradas 144 plantas utilizando a amostragem proposta por Ferraz et al. (2017) e georreferenciadas com auxílio de um receptor de sinal GNSS com erro médio de 7mm. Para extração dos valores do índice de vegetação nas imagens, foi utilizado os pontos amostrais das plantas utilizando o plugin *point sample tools* do Qgis. Foi realizado uma estatística básica com os valores obtidos bem como a elaboração e confecção dos layouts dos mapas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão apresentados na Figura 2. Os ortomosaicos obtiveram uma resolução espacial de 0,012 m, sendo possível ter um ganho de detalhamento com este tipo de imageamento. Isso está diretamente relacionado com a altura de voo, quanto mais próximo do alvo menor a resolução espacial da imagem e mais detalhes na imagem. Com uma análise visual, percebe-se uma diminuição do enfolhamento do mês de maio para o mês de junho. E também é possível observar uma redução significativa no mês de julho, redução da área foliar devido à colheita.

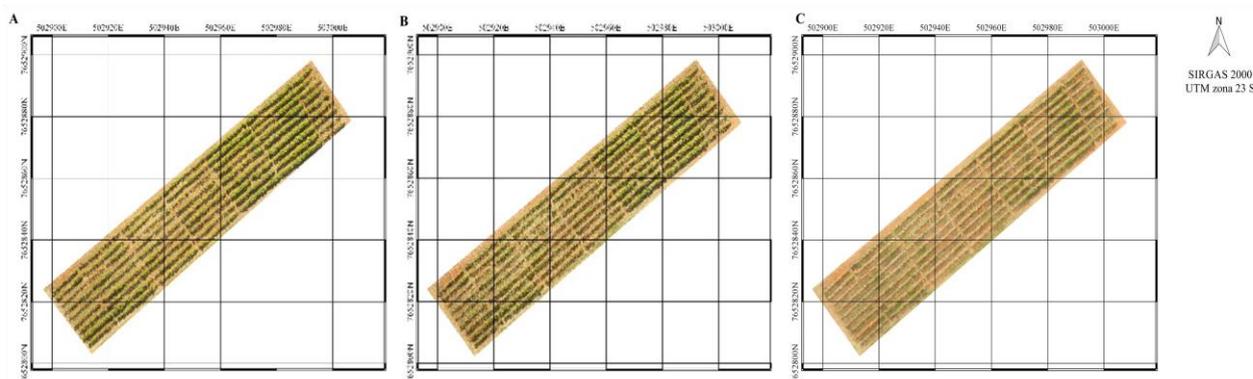


Figura 2. Ortomosaicos dos meses de A: Maio; B: Junho e C: Julho.

Neste período de duas semanas entre a coleta da imagem de maio a junho, a cultura foi atingida pela cercosporiose ou “mancha-de-olho-pardo”. Segundo a literatura, de janeiro a maio é o período que ocorre maior incidência da cercosporiose no campo, na qual em lavouras adultas, causa severa desfolha, maturação e queda prematura dos frutos, aumento do número de grãos chochos além da aderência da polpa ao pergaminho, o que dificulta a despulpa, causando diminuição da produtividade e da qualidade do produto final (SOUZA et al., 2013; CHALFOUN, 1997).

A susceptibilidade a doença ocorreu devido a nutrição deficiente da área, em função de não ter ocorrido continuidade dos tratamentos na lavoura. Na literatura alguns autores indicam que a nutrição deficiente ou desequilibrada tem efeito direto na intensidade de ataque da cercospora (SOUZA et al., 2013; POZZA et al., 2001; TALAMINI et al., 2001). Com isso foi possível observar esta redução foliar somente com uma análise visual dos ortomosaicos.

Para realçar melhor a vegetação de solo, o índice de vegetação ExGR foi utilizado e são apresentados na Figura 3.

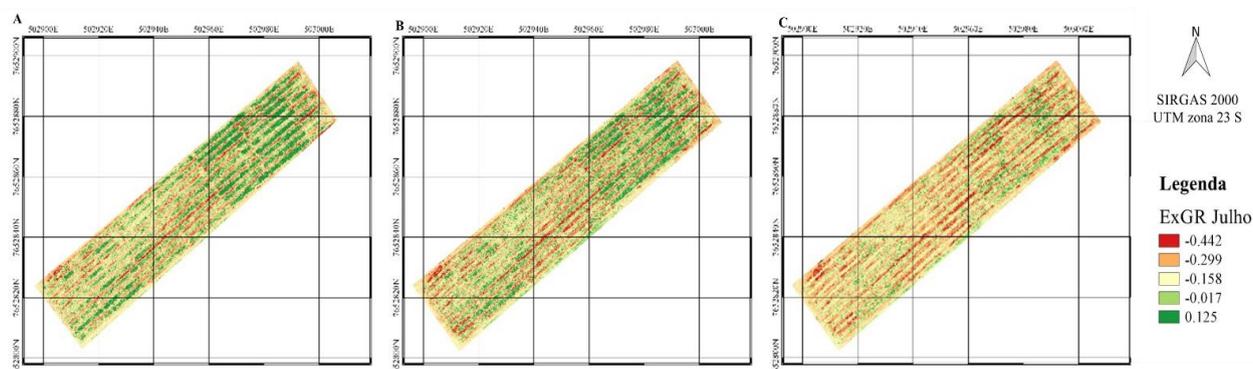


Figura 3. Índice de Vegetação nos meses de A: Maio; B: Junho e C: Julho.

Em estudos realizados por Hamuda et al. (2016), foram estudados índices de Vegetação na segmentação de imagens, ou seja, a classificação de uma imagem de pixel em plantas e não plantas e obtiveram uma boa qualidade de segmentação utilizando o ExGR para as imagens que foram tiradas sob diferentes ambientes, sendo superior aos índices como ExG e NDI na separação de plantas. Os autores ainda concluíram que o ExGR tem boa adaptabilidade em ambientes externos e pode extrair objetos verde pelo índice ExG e eliminar o fundo de ruído pelo índice ExR, no entanto tem algumas desvantagens como a super-segmentação classificando sombras como plantas e não executando bem quando a iluminação é alta ou baixa. Neste estudo não houve presença de sombras nas imagens, tendo uma classificação assertiva de cafeeiros e de solo, isso foi possível porque as coletas foram padronizadas em horários em que o sol ocupa a posição do zênite.

O ExGR também foi estudado na detecção de áreas infectadas em videiras usando UAV com imagem RGB, os autores Kerkech; Hafiane e Canals (2018) concluíram que a rede neural combinadas com o índice de vegetação ExGR produzem os melhores resultados com precisão mais de 95,8% na identificação de áreas infectadas. Assim a seleção e estudos de melhores índices de vegetação são importantes e necessários para treinar e identificar sintomas de doenças em culturas, além de alimentar redes neurais para identificação deste tipo de anomalias nas lavouras.

Em média o índice teve um valor maior no mês de maio 0,042, no mês de junho o valor na média do índice foi de -0,019, e em julho a média foi de -0,082. O maior valor obtido foi 0,362 para o mês de maio, 0,29 e 0,184 para o mês de junho e julho respectivamente. E o menor valor do índice ExGR foi de -0,334 para o mês de julho.

Na Figura 4 é possível observar os resultados do índice de vegetação nas plantas amostradas. Pode-se ainda notar que os valores de ExGR em maio de 2018 foram os maiores valores encontrados na maioria das plantas, seguindo dos valores de ExGR de junho e ExGR de julho respectivamente. Esta redução do índice ExGR indica uma redução de área foliar causada pela incidência de cercospora no mês de junho.

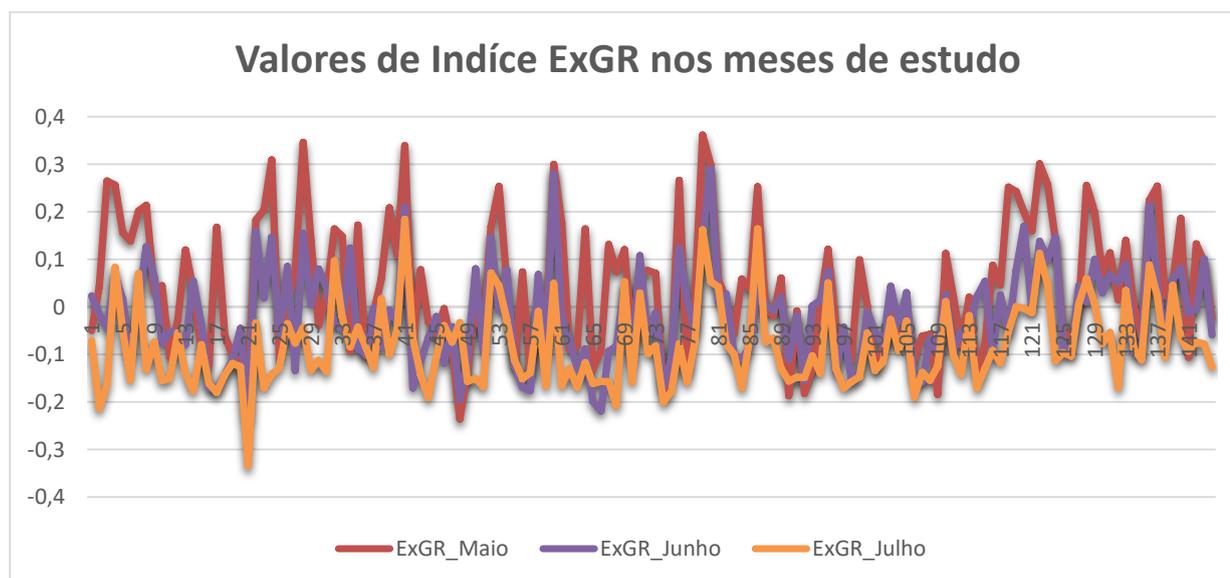


Figura 4. Variação dos valores do Índice de Vegetação ExGR nos meses de A: Maio; B: Junho e C: Julho.

Em lavouras adultas é necessário um cuidado maior na execução das adubações, a fim de evitar o desequilíbrio da relação parte aérea/sistema radicular, condição essa que favorece a doença (SOUZA et al., 2013). Esta lavoura, durante o período compreendido por este estudo, não recebeu aplicação dos tratamentos de adubação e irrigação, que foram estabelecidos durante sua implantação, assim devido ao déficit de adubação a lavoura ficou susceptível ao ataque da doença cercospora. Além disso, os frutos também são atacados ainda verdes, favorecendo uma maturação forçada da casca ao redor da mancha e causando prejuízos na qualidade da bebida (SOUZA et al., 2013).

CONCLUSÕES

1. Foi possível detectar os sintomas da doença cercospora nos cafeeiros em estudo utilizando um ortomosaico obtido por uma Aeronave Remotamente Pilotada com uma resolução espacial de 0,012 m.
2. O índice de Vegetação ExGR segmentou de maneira satisfatória solo de vegetação, diminuindo a medida que a área foliar diminui devido a infestação da doença e da colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, A. M. D., CARDOSO, D. D. A., CARVALHO, G. R., CARVALHO, V. L. D., PEREIRA, A. A., FERREIRA, A. D., & CARNEIRO, L. F. Comportamento de cultivares de cafeeiro sob a incidência das doenças da

ferrugem e cercosporiose em dois ambientes de cultivo. 2017.

CHALFOUN, S. M. Doenças do cafeeiro: importância, identificação e métodos de controle. Lavras: Ufla/Faep. 1997.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de café: Safra 2019, v. 5– Safra 2019, n. 2 - Segundo levantamento, Brasília, p. 1-61.

HAMUDA, E., GLAVIN, M., & JONES, E. A survey of image processing techniques for plant extraction and segmentation in the field. *Computers and Electronics in Agriculture*, 125, 184-199, 2016.

KERKECH, M., HAFIANE, A., & CANALS, R. Deep learning approach with colorimetric spaces and vegetation indices for vine diseases detection in UAV images. *Computers and electronics in agriculture*, 155, 237-243, 2018.

MEYER, G.E., NETO, J.C. Verification of color vegetation indices for automated crop imaging applications. *Comput. Electron. Agric.* 63 (2), 282–293, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.03.009>.

NETO, J.C. A Combined Statistical-Soft Computing Approach for Classification and Mapping Weed Species in Minimum-Tillage Systems Unpublished Ph.D. Dissertation. University of Nebraska, Lincoln, NE, 117 pp, 2004.

POZZA, A. A. A., MARTINEZ, H. E. P., POZZA, E. A., CAIXETA, S. L., AND ZAMBOLIM, L. “Intensidade da mancha de olho pardo em mudas de cafeeiro em função de doses de N e de K em solução nutritiva.” *Summa Phytopathologica* 26(1): 29-33, 2000.

SOUZA, V. C. O. D.; CUNHA, R. L. D.; ANDRADE, L. N.; VOLPATO, M. M. L.; CARVALHO, V. L. D.; ESMIN, A. A. A. Técnicas de extração de conhecimentos aplicadas à modelagem de ocorrência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke) em cafeeiros na região sul de Minas Gerais. *Coffee Science*, v. 8, n. 1, p. 91-100, 2013.

TALAMINI, V., POZZA, E. A., SOUZA, P. E., AND SILVA, A. M. “Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com diferentes épocas de início e parcelamentos da fertirrigação.” *Ciência e Agrotecnologia* 27(1): 141-149, 2003.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Disponível em: <<http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1801>> Acesso em: Junho de 2019.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). *Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas*. 4. ed. São Paulo: Ceres, v. 2, p. 165- 180, 2005.