



MONITORIZAÇÃO DE OLIVAIS ATRAVÉS DO USO DE TÉCNICAS DE DETEÇÃO REMOTA



Luís Alcino Conceição^{1,2}
Francisco Mondragão-Rodrigues^{1,2}

¹Instituto Politécnico de Portalegre (IPPortalegre)

²Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development, Universidade de Évora (MED – UEvora)

USO DE DETEÇÃO REMOTA NO ACOMPANHAMENTO DAS CULTURAS

A nova revolução verde que hoje se impõe ao setor agroalimentar requer a necessidade da intensificação sustentável da produção, através do uso de novas tecnologias que garantam o aumento da produtividade em função da eficiência do uso de recursos. À semelhança de outras culturas, também no olival, o uso de sensores e a automação de funções para recolha de dados de forma mais expedita que métodos tradicionais, o tratamento de informação e o envio dessa informação à distância, contribui para o desenvolvimento de uma atividade agrícola mais racional e equilibrada que permite o crescimento económico e sustentável do território (Clevers *et al.*, 2012).

A deteção remota (DR) consiste num conjunto de técnicas que permitem obter informação sobre um objeto, sem estar em contacto direto com o mesmo. No caso do olival, através de imagens aéreas, hoje é possível conhecer a variação no tempo e no espaço de diferentes condi-

ções da cultura, entre as quais o vigor das plantas, o grau de hidratação, o estado fitossanitário, a presença de plantas infestantes no solo, e desta forma decidir sobre a implementação de ações corretivas que se entendam necessárias.

O processo de DR utiliza maioritariamente técnicas de radiação eletromagnética com diferentes gamas espectrais, em que as gamas da radiação visível (RGB) e do infravermelho (IV) são das mais utilizadas em agricultura. Neste processo, uma fonte de emissão emite uma radiação que interage com o objeto alvo ou outro tipo de sensores, cujas ondas eletromagnéticas são recebidas por instrumentos instalados numa plataforma, convertidas em imagens mediante processos digitais e interpretadas de acordo com diferentes tipos de Índices (Brisco *et al.*, 1998). A interação entre essa radiação e os objetos de estudo, além de depender das condições atmosféricas, pode ocorrer na forma de reflexão, refração, difração ou absorção, sendo que para cada tipo de deteção são utilizadas as faixas de frequência mais adequadas, que produzem maior diferenciação entre os alvos estudados e o seu ambiente ou entre diferentes objetos alvos de interesse.

No caso das culturas agrícolas, e também do olival, o princípio do mapeamento da vegetação baseia-se na assinatura espectral das plantas que apresentam diferentes padrões de absorção de radiação

eletromagnética e, portanto, diferentes padrões de reflexão. As folhas ao realizarem funções de respiração, transpiração e fotossíntese utilizam a radiação visível, em que a medida da luz refletida é uma medida indireta da radiação absorvida, ou seja, a de interesse para conhecer o estado da vegetação. Assim, a fase de maturação de uma cultura pode ser inferida pelas imagens de DR, pois as folhas maduras absorvem menos luz visível devido à deterioração da clorofila, o mesmo acontece com quadros de *déficit* hídrico e ou de carência de nutrientes que pela mesma redução da taxa clorofilina, diminui a respetiva radiação absorvida.

As plataformas ou veículos nos quais os sensores estão montados podem classificar-se em três tipos: terrestre para o caso de sistemas de aquisição manual ou quando transportados por veículos em regra não tripulados (drones), aérea ou suborbital quando transportados por aeronaves em regra tripuladas e orbital constituídas por satélites artificiais. Por sua vez, os sensores ou câmaras de deteção remota podem apresentar-se de quatro tipos: visíveis com uma banda espectral de 380 a 780 nm, multiespectrais de 500-900 nm, hiperespectrais de 450 a 950 nm e térmicos com uma banda espectral entre 8 a 12 micrómetros e capazes de realizar imagens no IV distante e registar as temperaturas que emitem os objetos do solo ou plantas.

O resultado dos sensores de DR é representado em conjuntos de dados ou imagens formadas por píxeis, em que cada um deles representa um quadrado que contém informações sobre o objeto a ser estudado por um determinado comprimento de onda. O interesse e características destas imagens depende da sua resolução espacial, temporal e espectral.

A resolução espacial determina o tamanho do píxel, sendo que quanto menor for, maior é a resolução espacial. Em regra, os sistemas assentes em plataformas terrestres têm maiores resoluções espaciais (de 1-6 cm/Píxel a 25 cm/Píxel, dependendo da altura ao objeto) que os orbitais (10-20 m/Píxel para a grande maioria das imagens obtidas da constelação Sentinel_2), a 30-60 m/Píxel para o sistema Landsat). Em olivais, o compasso

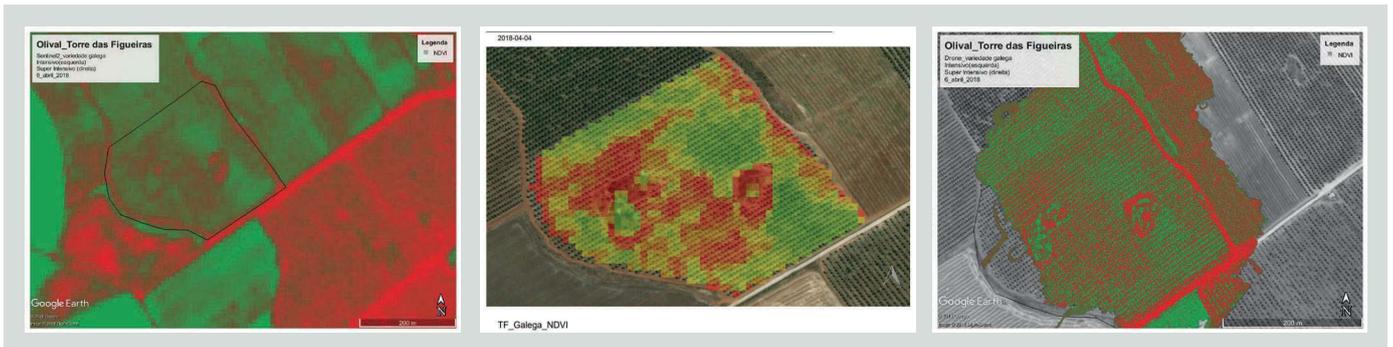


FIGURA 1. Sequência de 3 imagens da mesma parcela de olival com diferentes resoluções espaciais, obtidas a partir de imagens de Satélite sem processamento (à esquerda), de Satélite com processamento (Plataforma Agromap, <https://agroinsider.com/>) (ao centro) e a partir de voo de baixa altitude com drone (à direita).

da cultura pode condicionar o tipo de imagem que mais interesse tem para o agricultor, sendo que a imagem de satélite não processada, pode não representar *per se* e de forma fidedigna uma determinada característica que pretenda avaliar (Figura 1). Contudo a existência atualmente no mercado de várias plataformas digitais para processamento das imagens de satélite, permite de forma expedita e na grande maioria das situações ultrapassar essa dificuldade, sem necessidade de recorrer a outros meios. Ainda assim, em situações de maior exigência de resolução da imagem pretendida, como seja no caso do olival quando se pretenda a identificação de variedades, a solução pode passar pela programação de um voo de baixa altitude, cobrindo uma área de amostragem suficientemente representativa da área em estudo (Avola *et al.*, 2019).

A resolução temporal tem a ver com o intervalo de tempo necessário para a recolha sequencial de imagens numa mesma área, sendo esta uma característica principalmente associada às imagens de satélite. A título de exemplo, cite-se o caso da constelação Sentinel_2, em que salvaguardadas as condições meteorológicas, é hoje possível uma resolução temporal de 5 a 10 dias. Mais recentemente, a disponibilidade de imagens da missão Sentinel-1, operando na região das micro-ondas permite a realização de observações de RADAR, que não estando limitadas às condições meteorológicas podem constituir um importante complemento às primeiras e assim reduzir o período de resolução temporal (Sivasankar *et al.*, 2018). Esta característica é particularmente interessante no caso do olival, já que viabiliza por um lado, o acompanhamento da cultura ao longo de todo o seu ciclo de desenvolvimento evitando custos acrescidos decorrentes da logística associada a

voos tripulados ou drones, que conforme referido anteriormente se podem justificar apenas em condições mais exigentes de diagnóstico.

Por fim, a resolução espectral refere-se à capacidade que um sensor tem de distinguir a radiação eletromagnética de diferentes comprimentos de onda, sendo que as imagens de sensores hiperespectrais que equipam as plataformas orbitais, mostram maior resolução espectral que as de sensores multiespectrais.

ÍNDICES VEGETATIVOS USADOS NA MONITORIZAÇÃO

Os índices vegetativos servem para o processamento de dados em DR, sintetizando a informação em diferentes bandas espectrais e maximizando as propriedades que se pretendem identificar nas áreas em estudo, salvaguardando os efeitos poten-

cialmente causadores de ruído como a topografia ou as condições atmosféricas. A Tabela 1 mostra alguns dos índices utilizados em olivicultura de precisão.

TABELA 1. Índices vegetativos usados na interpretação de informação de imagens por de detecção remota em olivais.

Índice	Fórmula	Referência
NDVI	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	Rouse <i>et al.</i> , 1974
GNDVI	$GNDVI = \frac{NIR - GREEN}{NIR + GREEN}$	Gitelson <i>et al.</i> , 1996
SAVI	$SAVI = \frac{(1 + L)(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)}$ L = 0,5	Huete, 1988
SR	$SR = \frac{NIR}{RED}$	Jordan, 1969
NDWI	$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$	Gao, 1996
GRVI	$GRVI = \frac{NIR}{GREEN}$	Sripada <i>et al.</i> , 2006

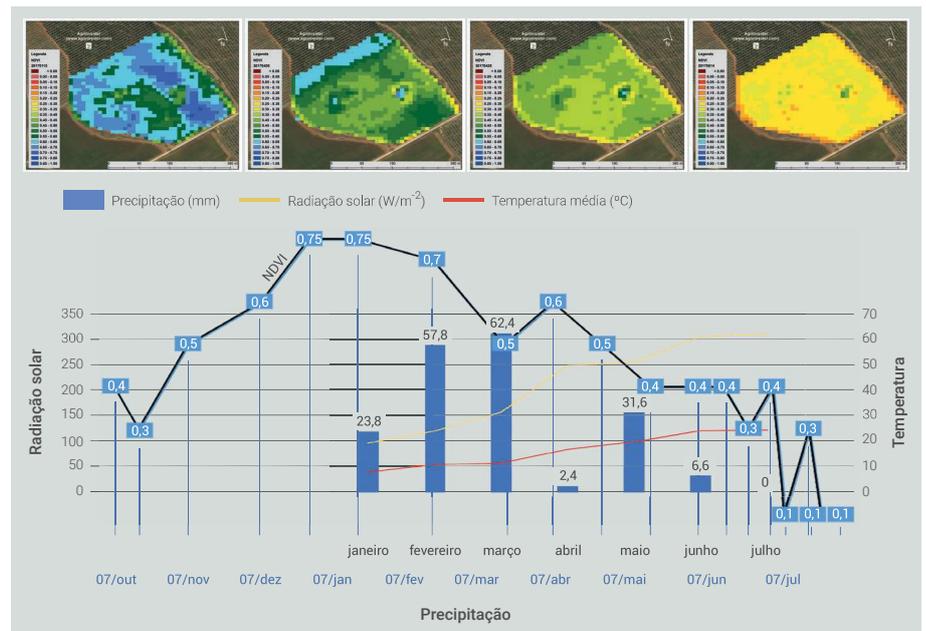


FIGURA 2. Imagens de satélite da variação espacial e temporal do índice NDVI (em cima), e variação do índice com os valores de temperatura, radiação solar e precipitação ao longo da campanha de 2018 para uma parcela de olival da variedade Galega vulgar.

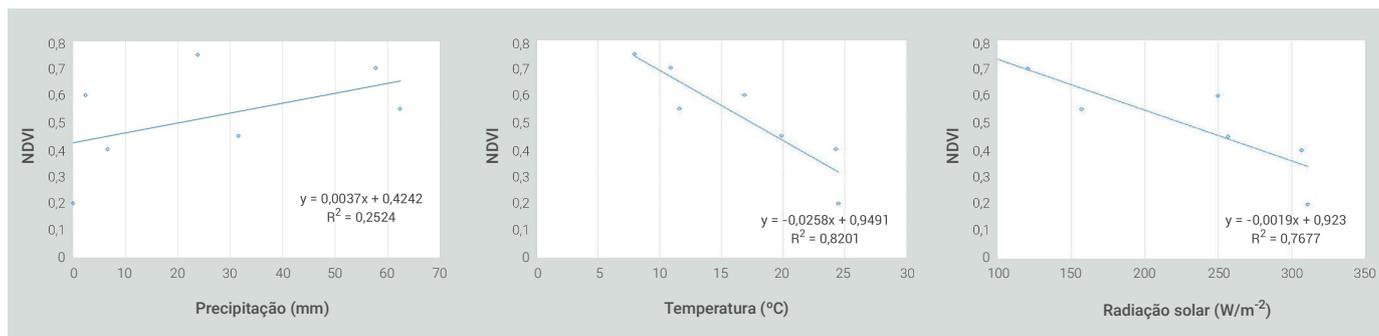


FIGURA 3. Retas de regressão e respetivos coeficientes de determinação do índice NDVI com precipitação (à esquerda), temperatura (ao centro) e radiação solar (à direita).

No decorrer do projeto Oleavalor têm sido realizadas diferentes avaliações assentes em deteção remota, nomeadamente a partir de imagens de satélite processadas pela plataforma Agromap. A **Figura 2** mostra um exemplo de uma sequência de imagens relativas à variação no tempo (ano de 2018) e no espaço (9 ha de olival) do índice NDVI, para uma parcela de olival da variedade Galega vulgar, e a curva de evolução do índice com os registos climáticos de precipitação, temperatura e radiação solar.

«No caso do olival, através de imagens aéreas, hoje é possível conhecer a variação no tempo e no espaço de diferentes condições da cultura, entre as quais o vigor das plantas, o grau de hidratação, o estado fitossanitário (...).»

Neste ensaio, observaram-se correlações significativas entre o índice NDVI e precipitação (R^2 ; $p < 0,25$), o índice NDVI e a temperatura (R^2 ; $p < 0,82$) e o índice NDVI e a radiação solar (R^2 ; $p < 0,77$) (**Figura 3**).

Noutro exemplo é possível observar a evolução dos estados fenológicos da cultura de acordo com a escala BBCH com os índices NDVI e NDWI (**Figura 4**).

Também neste ensaio, além da interpretação académica entre ambos os índices explicada por um modelo de regressão linear de coeficiente de determinação (R^2) 0,90; foi possível identificar uma abrupta redução de ambos os índices nos meses de verão associada à avaria de um setor de rega da parcela. Em ambos os exemplos, a informação disponibilizada ao agricultor por deteção remota foi validada pela relação entre os índices observados e a realidade prática da cultura.

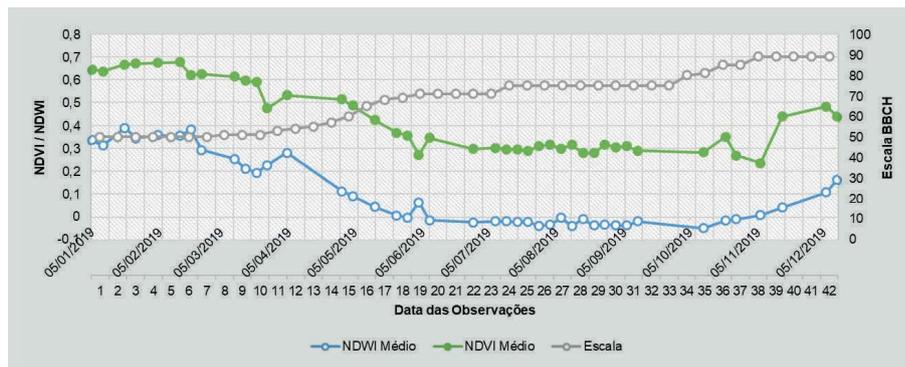


FIGURA 4. Variação no tempo dos índices NDVI e NDWI com a evolução dos estados fenológicos de uma parcela de olival durante a campanha de 2019.

A evolução constante das tecnologias sensoriais e a expectativa na nova PAC de verem a ser implementadas políticas para a digitalização, cria cada vez mais oportunidades ao setor da olivicultura para realizar uma gestão integrada das práticas agrícolas através do uso racional de fatores de produção e sustentabilidade do território, em que o uso de deteção remota desempenhará um papel fundamental.

«No caso das culturas agrícolas, e também do olival, o princípio do mapeamento da vegetação baseia-se na assinatura espectral das plantas que apresentam diferentes padrões de absorção de radiação eletromagnética e, portanto, diferentes padrões de reflexão.»

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Professor José Rafael da Silva e à AgroInsider a cedência de imagens de satélite no âmbito dos ensaios realizados do projeto OLEAVLOR. Este trabalho foi financiado pelo FEDER e por Fundos Nacionais, através do Programa Operacional Regional ALENTEJO 2020, Operação ALT20-03-0145-FEDER-000014 - “Valorização das Variedades de Oliveira Portuguesas (OLEAVLOR)”.



BIBLIOGRAFIA

- Avola, G., Di Gennaro, S.F., Claudio, C., Riggi E., Muratore F., Tornambè C., Matese, A. 2019. Remotely sensed vegetation indices to discriminate field-grown olive cultivars. *Remote sensing*, 11, 1242. doi:10.3390/rs11101242.
- Brisco, B., Brown, R.J., Hirose, T., McNairn, H., Staenz, K. 1998. Precision agriculture and the role of remote sensing: A review,” *Canadian Journal of Remote Sensing*, 24. 3: 315-327.
- Clevers, J.G.P.W., Kooistra, L. 2012. Using hyperspectral remote sensing data for retrieving canopy chlorophyll and nitrogen content. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5: 574-583.
- Gao, B. 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58, 3, 257-266.
- Gitelson, A.A., Kaufman, Y., Merzlyak, M.N. 1996. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sens. Environ.*, 58: 289-298.
- Huete, A.R. 1988. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25:295-309.
- Jordan, C.F. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. *Ecology* 1969, 50, 663-666.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In *Proceedings of the Third ERTS-1 Symposium*, Washington, DC, USA, 10-14.
- Sivasankar, T., Kumar D., Srivastava, H.S., Patel, P. 2018. Advances in radar remote sensing of agricultural crops: a review. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 8.4:1126-1137.
- Sripada, R.P., Heiniger, R.W., White, J.G., Weisz, R. 2006. Aerial color infrared photography for determining late-season nitrogen requirements in corn. *Agron. J.* 97: 1443-1451.