



## Deteção remota aplicada aos espaços verdes urbanos do Mediterrâneo

C. M.G. Pedras<sup>1</sup>, H.M. Fernandez<sup>2</sup>, R. Lança<sup>3</sup>, F. M. Granja-Martins<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), Instituto Superior de Agronomia, University of Lisbon, Universidade Algarve; cpedras@ualg.pt

<sup>2</sup> Research Centre for Spatial and Organizational Dynamics (CIEO), Universidade Algarve, Faro, Portugal; hfernand@ualg.pt

<sup>3</sup> Universidade Algarve, Faro, Portugal; rlanca@ualg.pt

<sup>4</sup> Research Centre for Spatial and Organizational Dynamics (CIEO), Universidade Algarve, Faro, Portugal; fmmartin@ualg.pt

**Resumo:** A tendência crescente de urbanização tem gerado uma maior procura pela água para a rega dos espaços verdes urbanos. Em clima mediterrâneo (Algarve, Portugal) a rega é necessária quase todo o ano. Sempre que o sistema de rega não é o mais adequado, ou as plantas não são as menos exigentes em água, resulta num aumento da evapotranspiração, do escoamento superficial e/ou percolação profunda. O consumo de água (potável) pode ser bastante reduzido com uma cuidadosa seleção das plantas, sistemas de rega eficientes e boas práticas de condução da água. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do uso da água nos espaços verdes urbanos de São Brás de Alportel (Algarve) no que se refere à caracterização da vegetação, aos dados climáticos, à análise dos sistemas de rega, ao cálculo das necessidades hídricas das plantas e ao índice de vegetação, NDVI. Este índice permitiu estudar a paisagem urbana através da observação mensal das diferenças no estado e no desenvolvimento da vegetação. Na maioria dos jardins foi possível estabelecer uma relação entre as necessidades de água de rega e o NDVI, e entender se a atual manutenção é a mais adequada à paisagem urbana regada e sustentável.

**Palavras chave:** NDVI, Espaços verdes urbanos, Evapotranspiração, Consumo de água, Desempenho dos sistemas de rega.

### 1. Introdução

A área dos espaços verdes tem vindo a aumentar consideravelmente nos meios urbanos por assegurarem um conjunto de funções e serviços dos quais dependem a qualidade de vida dos utentes das cidades. Dentro dos vários serviços e funções que reúnem, destaca-se a permeabilidade para o escoamento de águas superficiais, a atenuação de efeitos de poluição atmosférica e acústica, a melhoria estética das cidades, as áreas de habitat, entre outras características, que têm motivado o aumento de áreas verdes no interior das cidades. Mas, se por um lado, estes espaços apresentam vários aspetos positivos, por outro, um dos grandes problemas da manutenção de um espaço verde é a quantidade de água que é utilizada na rega.

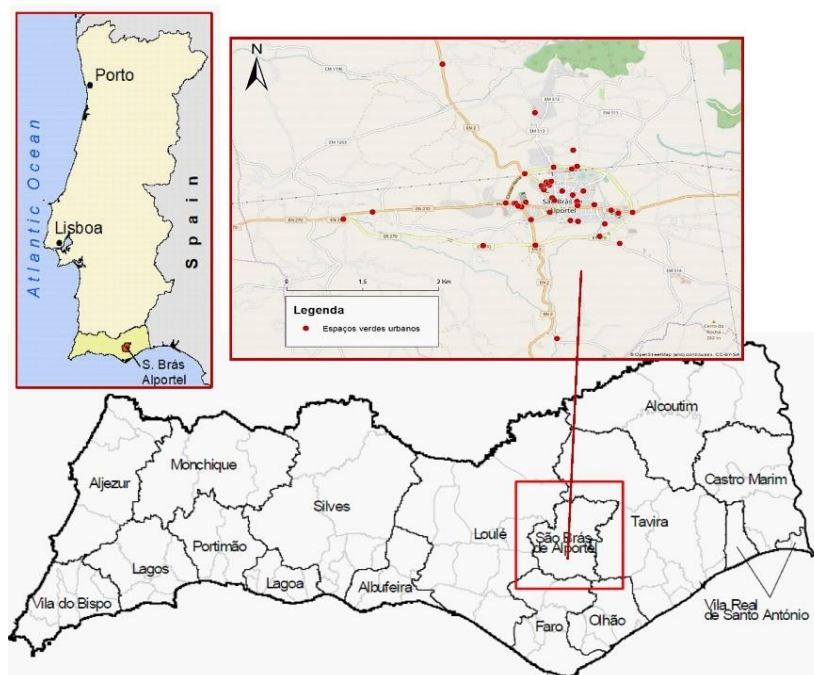
A água de rega dos espaços verdes das cidades tem vindo a representar uma parte crescente no consumo total de água urbana, na maior parte dos casos potável, em zonas mediterrâneas onde é necessário recorrer à rega durante quase todo o ano. Estes espaços são caracterizados por apresentarem uma grande heterogeneidade de espécies de plantas no que se refere às necessidades hídricas. Assim, é necessária a determinação das necessidades hídricas para

entender se o sistema de rega satisfaz os objetivos para o qual foi projetado ou se pelo contrário a água está a ser aplicada por excesso ou por defeito.

Tendo como base a qualidade visual de um espaço verde, estudos na área dos sistemas de informação geográfica e da deteção remota têm vindo a oferecer novas perspetivas de interagir com o ambiente. A recolha de imagens aéreas tinha um elevado custo de aquisição, mas o paradigma mudou com a utilização dos veículos aéreos não tripulados. A estes veículos pode ser acoplado sensores que permitem recolher informação sobre determinados parâmetros biofísicos da vegetação [1] pelo que têm vindo a ser, cada vez mais, usados como indicadores de qualidade ambiental. Uma vegetação saudável apresenta um claro contraste entre a luz refletida na banda do visível e a banda do infravermelho próximo [2]. Dada a relação entre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o coeficiente de cultura (Kc) [3], esta pode ser usada para análise da distribuição geográfica da evapotranspiração e da gestão da água em grandes áreas com vegetação. Este estudo visou, assim, estudar a atual manutenção dos jardins urbanos públicos da vila de São Brás de Alportel e definir as estratégias que permitem melhorar a eficiência no uso da água de rega e minimizar o seu impacto no ambiente, mantendo a qualidade paisagística dos mesmos. Para tal foi analisada em simultâneo a informação relativa às necessidades hídricas dos espaços verdes, a água rega aplicada pela Câmara de São Brás de Alportel, o desempenho dos sistemas de rega e o índice de vegetação NDVI.

## 2. Materiais e métodos

O estudo decorreu nos espaços verdes urbanos da vila de São Brás de Alportel (Algarve, sul de Portugal) em 2016 (Figura 1). Esta vila encontra-se na transição entre o litoral e a serra e apresenta 45 espaços verdes urbanos (Figura 2) com área de 3.6 ha. O clima é temperado com invernos suaves e verões quentes e secos (classificação Köppen: Csa). A temperatura média mensal varia entre 10.3°C e 24.2°C em janeiro e agosto, respetivamente ([4]: 31J/01C, serie 1942-2018). A precipitação concentra-se principalmente nos meses de novembro a fevereiro com 59% da precipitação anual (797 mm) ([4]: 31J/01C, serie 2010-2018).



**Figura 1** – Localização da Vila de São Brás de Alportel.



**Figura 2** – Localização dos 45 espaços verdes urbanos na vila de São Brás de Alportel

A rega dos espaços verdes urbanos usa a rede de distribuição pública de água potável. Os métodos de rega mais usados são aspersão e microrrega. No entanto, há ainda espaços verdes regados manualmente. Alguns jardins têm dois tipos de rega em simultâneo, por exemplo, aspersão e microrrega (Quadro 1).

**Quadro 1** - Sistemas rega dos espaços verdes urbanos de São Brás de Alportel.

| Nº JARDIM | TIPO DE REGA | Nº JARDIM | TIPO DE REGA | Nº JARDIM | TIPO DE REGA |
|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| 1         | AMR          | 16        | A            | 31        | AMRM         |
| 2         | A            | 17        | MR           | 32        | A            |
| 3         | MR           | 18        | A            | 33        | A            |
| 4         | A            | 19        | A            | 34        | A            |
| 5         | A            | 20        | A            | 35        | A            |
| 6         | A            | 21        | A            | 36        | AMR          |
| 7         | A            | 22        | AM           | 37        | A            |
| 8         | A            | 23        | AMRM         | 38        | A            |
| 9         | A            | 24        | A            | 39        | AMR          |
| 10        | A            | 25        | A            | 40        | MR           |
| 11        | A            | 26        | A            | 41        | MR           |
| 12        | MR           | 27        | A            | 42        | MR           |
| 13        | MR           | 28        | A            | 43        | MR           |
| 14        | AMR          | 29        | A            | 44        | AMR          |
| 15        | AMR          | 30        | AMR          | 45        | MR           |

Legenda:  
A – Aspersão; AM – Aspersão e Manual; AMR – Aspersão e Microrrega; AMRM – Aspersão, Microrrega e Manual; MR – Microrrega.

A cobertura mais comum é a relva (*stenotaphrum secundatum* e *zoysia* sp.) complementada com outra vegetação, nomeadamente oliveiras (*olea europaea*), alecrim (*rosmarinus officinalis*), rosmaninho (*lavandula* spp.), loendro (*nerium oleander*) e cipreste (*cupressus sempervirens*).

A evapotranspiração do espaço verde ou da paisagem [5],  $ET_L$  (mm/dia) foi calculada pela da seguinte equação:

$$ET_L = K_L \times ET_0 \quad (1)$$

onde,  $ET_o$  é a evapotranspiração de referência (mm/dia),  $K_L$  é o coeficiente da paisagem (adimensional). O valor de  $K_L$  [5] obtém-se da equação:

$$K_L = K_v \times K_d \times K_{mc} \times K_{sm} \quad (2)$$

em que,  $K_v$  é o coeficiente de vegetação, que caracteriza a  $ET_L$  para um solo quase ou totalmente coberto por um dado tipo de vegetação, não sujeita a sombreamento nem stress hídrico, e em condições de máxima evapotranspiração (ET) para a sua espécie,  $K_d$  é o coeficiente de densidade de plantação e serve para adequar  $ET_L$  a diferentes densidades das plantas de um dado tipo de vegetação,  $K_{mc}$  é o coeficiente de microclima, para tomar em consideração o microclima onde as plantas se desenvolvem no que se refere às condições que favorecem ou limitam a ET da vegetação e  $K_{sm}$  é o coeficiente de stress intencional que traduz a condução da rega, com ou sem stress hídrico.

As necessidades brutas de rega ( $GIWR$ ) são obtidas da equação:

$$GIWR = \frac{ET_L - P}{UD} \quad (3)$$

sendo  $P$  a precipitação efetiva (mm) e  $UD$  é a uniformidade de distribuição (%).

As avaliações aos sistemas de rega em funcionamento foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos em [6] e [7], sendo  $UD$  dada pela seguinte equação:

$$UD = 100 \times \frac{Z_{lq}}{Z_{la}} \quad (4)$$

em que:  $Z_{lq}$  é a altura média de água recolhida no menor quartil (mm) e  $Z_{la}$  é a média das alturas de água recolhidas (mm).

O índice de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) definido por [1] é a razão entre a diferença das refletâncias máximas e mínimas da vegetação, pela soma dessas mesmas refletâncias, permitindo distinguir a vegetação saudável (mais próximo de 1) da vegetação que sofre algum tipo de stress (mais próximo de 0). O NDVI é definido pela equação:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (5)$$

sendo:  $\rho_{NIR}$  a refletância do infravermelho próximo e  $\rho_{Red}$  a refletância do vermelho.

No presente estudo foram recolhidas imagens com a camara Canon SX260 HS acoplada num veículo aéreo não tripulado (Phantom2). Esta camara regista imagem NIR-green-blue (bandas: infravermelho próximo, verde e azul), por isso foi substituído na Equação 5 a refletância do vermelho pela refletância do azul, obtendo-se o designado NDVI modificado [8].

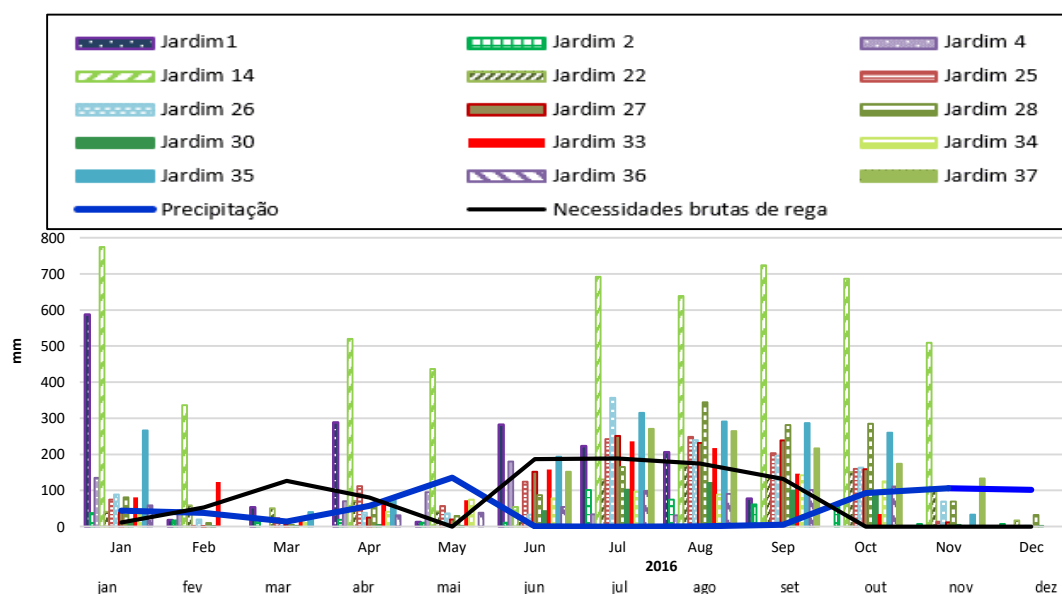
### 3. Resultados e discussão

A Figura 3 apresenta a localização dos sistemas de rega avaliados: A) a rega por aspersão e B) sistema de microrrega. Na rega por aspersão obtiveram-se valores de  $UD$  40% determinados a partir de 50 coletores distribuídos na parcela. Na microrrega foram recolhidos volumes de água em 32 gotejadores e obteve-se  $UD$  60%.



**Figura 3** – Localização da zona da avaliação dos sistemas de rega.

Esta análise recaiu sobre os jardins com sistema de rega por aspersão: 1, 2, 14, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 34, 35, 36 e 37. Nestes jardins  $ET_L$  foi determinado considerando as plantas mais exigentes em água. A Figura 4 mostra, para o ano de 2016, os valores de precipitação (linha azul), a água de rega aplicada pelo município (barras verde) e das necessidades brutas de rega (linha preta). Nos meses de verão a precipitação foi praticamente nula, no entanto, em maio 2016 verificou-se um valor elevado de precipitação (135 mm) o que não é comum ocorrer. Por outro lado, verificou-se ainda que na maioria dos meses desse ano, o volume de água aplicado pela rega foi maior que os valores de  $GIWR$ . Há assim, um potencial de poupança de água (de cerca de 19800 mm/ano) que poderá trazer benefícios económicos e ambientais.



**Figura 4** –Precipitação (linha azul), evapotranspiração (barras de várias cores) e necessidades brutas de rega (linha preta) mensais dos jardins com aspersão em São Brás de Alportel.

A Figura 5 mostra os ortofotomosaicos onde estão espacializados os 45 espaços verdes urbanos existentes em São Brás de Alportel. A produção dos ortofotomosaicos foi realizada com imagens aéreas *NIR-Green-Blue* a 100 m de altitude. Os ortofotomosaicos são de falsa cor, em que a vegetação está representada por uma coloração laranja.

A Figura 6 mostra mapa de NDVI modificado dos jardins públicos se São Brás de Alportel: 1, 2, 3, 6, 8, 9, 20, 30, 32, 33, 34, 35, 36 e 40. Os elementos antrópicos e os corpos de água estão representados com uma coloração laranja (valores negativos), o solo nú e vegetação com stress com cor amarela (valores próximos de zero) e vegetação saudável representada com cor verde (valores próximos de 1).

A Figura 7 mostra os mapas de valores de NDVI modificado do jardim numero 33 para duas datas distintas: 20 de maio (esquerda) e 9 de junho (direita). A imagem de 20 maio apresenta valores de NDVI mais elevados (zona A e B), o que sugere uma maior atividade fotossintética da cobertura verde, isto é, mais biomassa. É também neste mês de maio que a precipitação é mais elevada (135 mm) e simultaneamente o jardim é regado (73 mm). A imagem de 9 de junho apresenta um decréscimo de NDVI, principalmente na zona B, em que a precipitação foi quase nula e a rega (158 mm) não foi suficiente para colmatar o valor de GIWR (187 mm). Numa análise geral, verifica-se que há um bom aspeto visual em todos os jardins durante o ano (valores médios de NDVI acima de 0.5), mesmo nos meses em que não ocorreu precipitação, tendo sido utilizada a rega para satisfazer as necessidades hídricas das plantas.

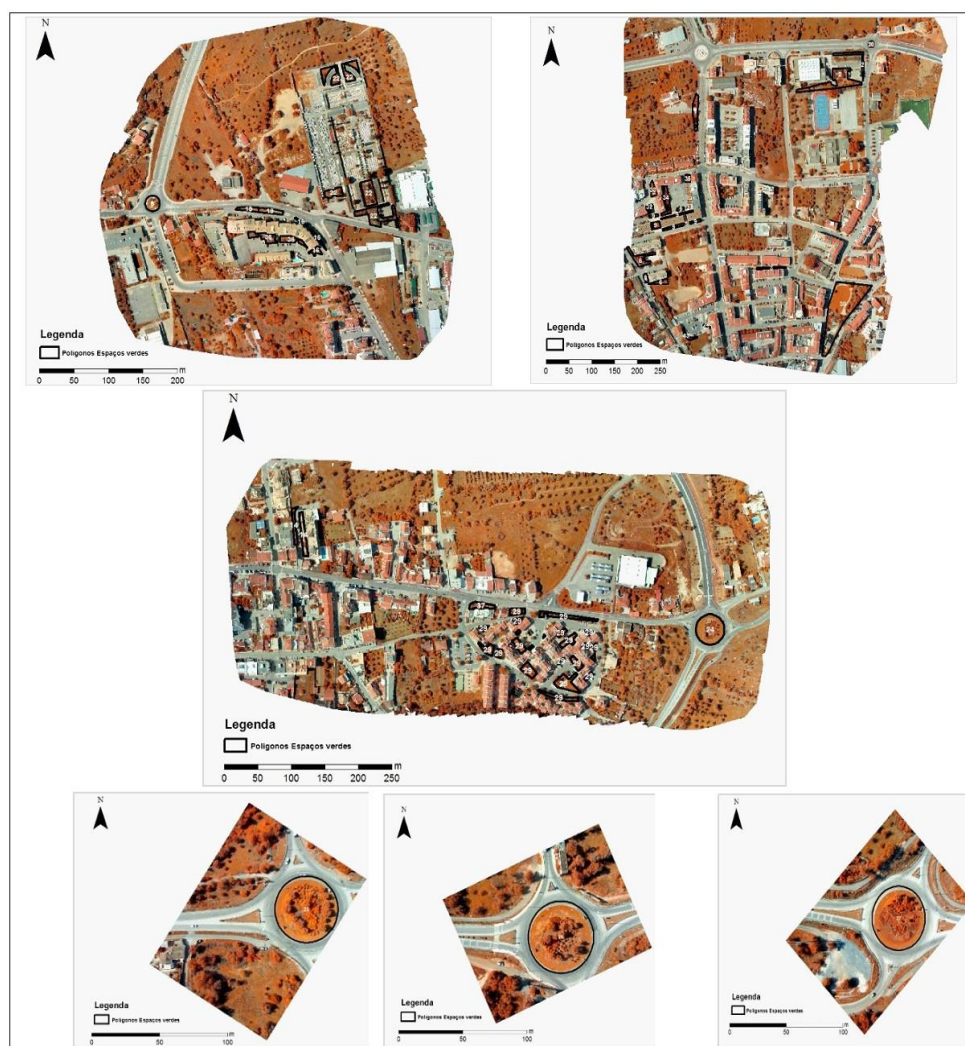
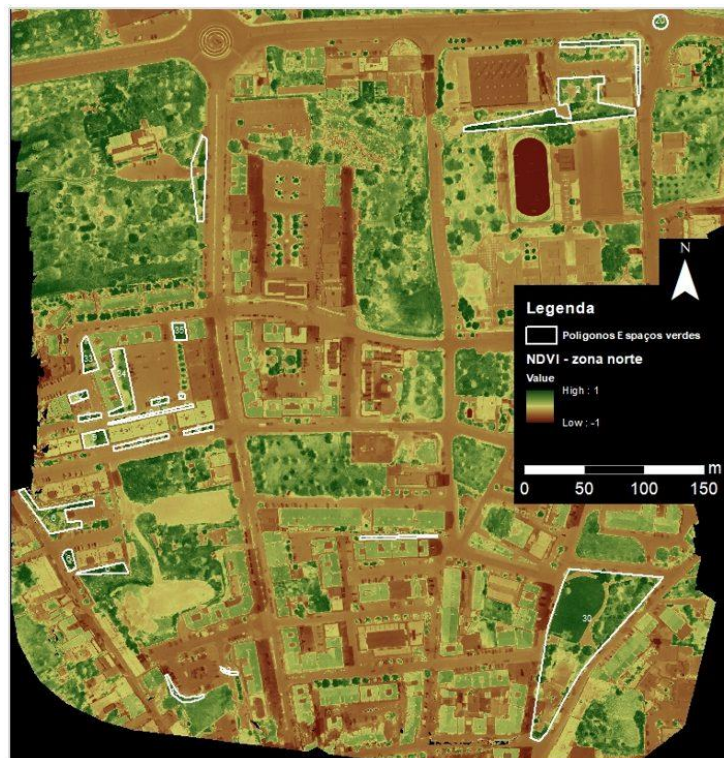
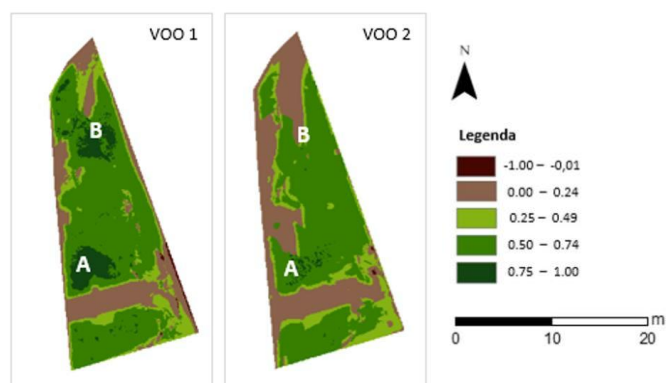


Figura 5 – Imagens aéreas *NIR-green-blue* de seis jardins urbanos existentes em São Brás de Alportel

O município pretendeu promover a sustentabilidade jardins fornecendo conhecimento que ajudasse a população a entender estratégias promovem a eficiência do uso da água em zonas mediterrâneas. Assim, foi desenvolvido um aplicativo para telemóvel denominado: São Brás de Alportel GARDENS (Figura 8). Nesta aplicação podemos selecionar o jardim do mapa e visualizar todas as informações relacionadas, nomeadamente a vegetação, características do sistema de rega e as práticas sustentáveis implementadas. Por outro lado, a aplicação também permite calcular a evapotranspiração.



**Figura 6** – NDVI modificado nos jardins (delimitados a branco) da Câmara Municipal de São Brás de Alportel.



**Figura 7** – NDVI do jardim 33 recolhido duas datas distintas: 20 de maio e 9 de junho.



Figura 8 – Aplicação: GARDENS de São Brás de Alportel.

#### 4. Conclusões

As metodologias de deteção remota aplicadas aos espaços verdes urbanos do mediterrâneo juntamente com o estudo à microescala dos jardins permitiram analisar espaços verdes urbanos de São Brás de Alportel. Deste modo foi possível identificar os jardins que registaram valores de consumo de água superiores às necessidades brutas de rega e determinar o potencial de poupança de água (de cerca de 19800 mm/ano) que poderá trazer benefícios económicos e ambientais para o município. O NDVI permitiu ainda mapear níveis de produção de biomassa o que mostra que a vegetação pode ser sujeita a ligeiro défice hídrico mantendo a sua qualidade visual.

#### 5. Agradecimentos

A Câmara Municipal de São Brás de Alportel que viabilizou a realização deste estudo.

#### Referencias

1. Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A. & Deering D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ETRS. In: 3º ERTS-1 symposium. Nasa SP-351, Washington D.C. NASA, (1974), (pp. 309-317).
2. Chuvieco S. E. Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio. Ariel, Madrid. 2002.
3. Tasumi M., Allen R. G., Trezza R. & Wright J. Satellite-Based Energy Balance to Assess Within-Population variance of crop coefficient curves. J. Irrig. Drain. Eng. 2005, 131, (pp. 94-109).
4. SNIRH (2001). Dados da estação meteorológica de São Brás de Alportel. Autoridade Nacional da água, Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Consultado a 26/07/2018, in: [http://snirh.apambiente.pt/snirh/\\_dadosbase/site/simplex.php?OBJINFO=DADOS&FILTRA\\_BACIA=992&FILTRA\\_COVER=920123704&FILTRA\\_SITE=920685676](http://snirh.apambiente.pt/snirh/_dadosbase/site/simplex.php?OBJINFO=DADOS&FILTRA_BACIA=992&FILTRA_COVER=920123704&FILTRA_SITE=920685676)
5. Allen R. G., Wright J. L., Pruitt W. O., Pereira L. S., & Jensen M. E. Water Requirements. In Design and Operation of Farm Irrigation Systems (2nd Edition), American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2007, pp. 208-288.
6. [6] Merriam J. L. & Keller. Farm irrigation system evaluation. A guide for management. 3ª Ed, Utah State University, Logan, 1978.
7. ASAE-EP458. - Design and installation of microirrigation systems, in: ASAE Standards 2004.
8. Standards Engineering Practices Data, St Joseph (EUA), 2004, ASAE, pp. 992-928.
9. Zhao, T., Stark, B., Chen, Y., Ray, A. L., & Doll, D. A detailed field study of direct correlations between ground truth crop water stress and normalized difference vegetation index (ndvi) from small unmanned aerial system. In 2015 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 2015, pp. 520-525.