

Caracterização de planos de água na área da administração da região hidrográfica do tejo e ribeiras do oeste (arhto) – inventariação e análise geoespacial por meio de dados de observação da terra

REVISTA **MAPPING**
Vol.30, 206, 36-43
2022
ISSN: 1131-9100

Water Bodies Identification in Tagus River Region, Portugal using multispectral Earth Observation data and Geospatial Data Analysis

Isabel Patriarca, Rui Gouveia, Luís Sousa, Pedro Vilar

Resumo

Tendo presente a necessidade de conhecimento atualizado sobre a inventariação, georreferenciação e caracterização dos reservatórios existentes na região hidrográfica do rio Tejo e das ribeiras do Oeste, foi desenvolvido o presente trabalho para suporte das atividades de planeamento e de licenciamento, na gestão dos recursos hídricos. A aquisição de informação geográfica para a identificação e o conhecimento de pequenas e médias barragens e charcas existentes neste território, através de técnicas de deteção remota, constitui-se como uma mais valia para a atualização das pressões existentes sobre os recursos hídricos num contexto de constrangimentos operacionais, em que a gestão dos recursos disponíveis exige uma atuação expedita. Os métodos de aquisição de informação geoespacial através de deteção remota, nomeadamente imagens de satélite captadas pela missão Sentinel-2 (S2), demonstram ser um fator diferenciador para este importante propósito. Devido à possibilidade de adquirir, com acesso gratuito, um grande volume de dados numa extensa área de cobertura do território, bem como por via da resolução espacial disponível, as imagens do S2 forneceram características adequadas para desenvolver e implementar uma metodologia através de dados de Observação da Terra. Com o trabalho desenvolvido e aqui descrito pretendeu-se atualizar o conhecimento do território na área de jurisdição da ARHTO, no que respeita à delimitação de planos de água ainda não identificados no período entre 2015 e 2018. Assim, foram utilizadas imagens Sentinel-2 com data de aquisição correspondente a ocorrências com nível de enchimento próximo do Nível de Pleno de Armazenamento (NPA) dos corpos de água para, desta

forma, extrair as áreas com o objetivo referido anteriormente. Desta forma, a informação resultante relativa aos corpos de água extraída das imagens de satélite foi integrada com informação proveniente do programa Copernicus 2015 e com outros inventários e fontes de informação existentes na Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. (APA, I.P.). A metodologia utilizada foi o pré-processamento das imagens multiespectrais Sentinel-2 (12 bandas para cada imagem S2), cuja área geográfica total correspondeu à área de jurisdição da ARHTO, o cálculo do NDWI com as bandas 03 e 08, reclassificação da imagem raster obtida do NDWI e conversão do raster para formato vetorial georreferenciado (polígono). Após obtenção da informação em formato vetorial foi efetuada a eliminação dos falsos espelhos de água passando os dados obtidos à fase de validação e controlo de qualidade. No processo de validação dos dados considerou-se, na análise dos polígonos, a precisão da delimitação obtida por meios automáticos, a rever consoante a topografia do terreno. Foi também efetuado o preenchimento de atributos nas tabelas associadas à informação geográfica por meio de análise espacial e compilada meta-informação associada.

Abstract

In this article we aim to identify water bodies in Tagus River region, Portugal using multispectral Earth Observation data acquired by Sentinel-2 mission and using geospatial data analysis techniques. The methodology applied in this study consists in using Normalized Difference Water Index (NDWI) to estimate Water bodies using remote sensing data. Furthermore, to validate the methodology several case studies are discussed.

Palabras claves: Sentinel-2, Programa Copernicus, Monitorização, Planos de Água, Análise Geoespacial

Keywords: Sentinel-2, Copernicus Programme, Monitoring, Water Bodies, Geospatial Analysis.

Isabel Patriarca. Agência Portuguesa do Ambiente
isabel.patriarca@apambiente.pt
Rui Gouveia. Agência Portuguesa do Ambiente
rui.gouveia@apambiente.pt
Luís Sousa. Agência Portuguesa do Ambiente
Luis.sousa@apambiente.pt

Pedro Vilar. Engenheiro Geógrafo
pedro_vilar18@hotmail.com

Recepción 16/11/2021
Aprobación 20/12/2021

1. INTRODUCCIÓN

Tendo presente a necessidade de conhecimento atualizado sobre a inventariação, georreferenciação e caracterização dos reservatórios existentes na região hidrográfica do rio Tejo e das ribeiras do Oeste, foi desenvolvido o presente trabalho para suporte das atividades de planeamento e de licenciamento, na gestão dos recursos hídricos. Os métodos de aquisição de informação geoespacial através de deteção remota, nomeadamente imagens de satélite captadas pela missão Sentinel-2 (S2), demonstram ser um fator diferenciador para este importante propósito. Devido à possibilidade de adquirir, com acesso gratuito, um grande volume de dados numa extensa área de cobertura do território, bem como por via da resolução espacial disponível, as imagens do S2 forneceram características adequadas para desenvolver e implementar uma metodologia através de dados de Observação da Terra (OT).

A informação obtida por meio da metodologia proposta com base em dados de OT, constitui uma base de trabalho em que utilizando Técnicas de Deteção Remota obteve-se o índice da água denominado Normalized Difference Water Index (NDWI) e que permitiu isolar os planos de água também denominados corpos de água ou espelhos de água e cujos objetivos precursores deste trabalho foram:

- Atualização do inventário já existente de pequenas / médias barragens e charcas (2015) para a área de jurisdição da Administração de Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (ARHTO) considerando que o conhecimento destas infraestruturas releva para a inventariação das disponibilidades hídricas e que podem ter algum grau de perigosidade associado e como tal é necessário inventariar e monitorizar;

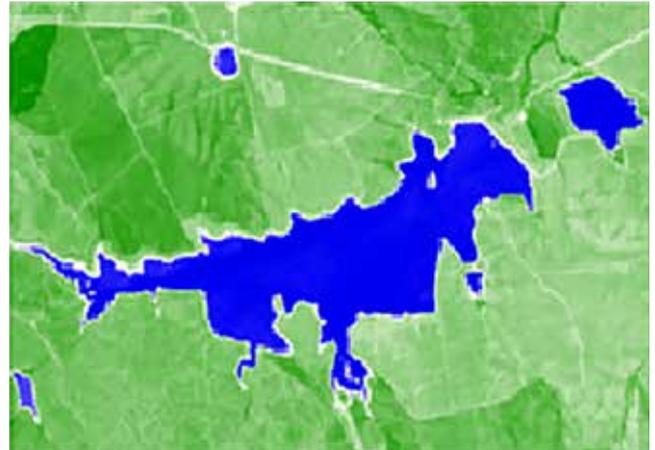


Figura 2 – Imagem do site do programa Copernicus 2015 (<https://land.copernicus.eu/>)

- Aquisição de informação de infraestruturas existentes que surgiram no período de tempo entre 2015 e 2018;
- Atualização de pressões existentes sobre os recursos hídricos;
- Esta informação sobre planos de água / corpos de água / espelhos de água encontra-se numa Layer de informação dinâmica em constante atualização podendo ter diferentes utilizações conforme as necessidades e propósitos.

Portugal continental encontra-se dividido em unidades de gestão territorial conforme indicado na figura 1 sendo que a área de jurisdição da ARHTO encontra-se conforme a Figura 1 (figura seguinte).

A máscara a utilizar para extrair os dados de observação da terra das imagens S2 será conforme evidência a Figura 1 referente à área geográfica da ARHTO.

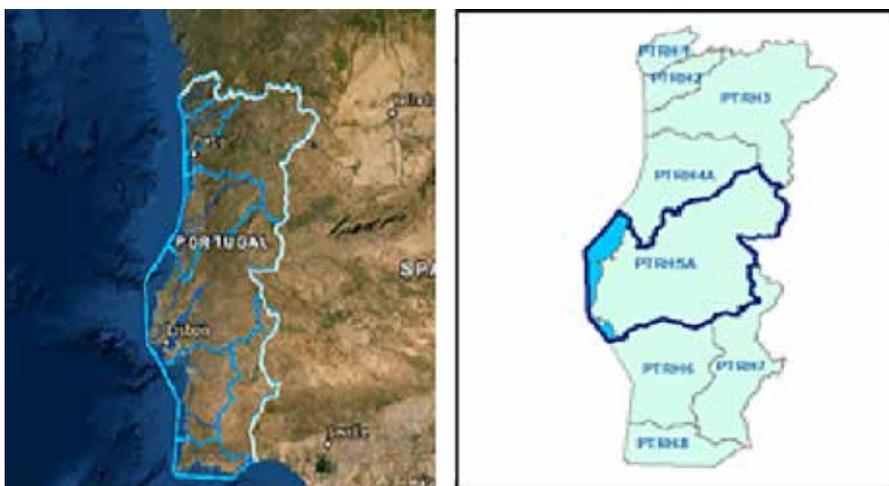


Figura 1 – Unidades de gestão territorial e área geográfica da ARHTO

2. FONTES DE INFORMAÇÃO

As fontes de informação de base para o desenvolvimento deste trabalho são dados multiespectrais de OT e informação dos limites inventariados representativos da área de jurisdição da ARHTO (Figura 1). A informação final com base nestas fontes de informação tem como propósito ser uma camada de informação dinâmica e em constante atualização que servirá os mais diferentes propósitos, conforme as

necessidades e a atividade operacional da ARHTO na APA, I.P.

2.1. Dados de Observação da Terra

Os dados de OT utilizados consistem na informação vetorial georreferenciada descarregada do site do programa Copernicus remetida ao ano de 2015 que à data de desenvolvimento do presente trabalho era a informação mais recente (Figura 2). O ponto de partida do trabalho efetuado foi a seleção dos dados de OT com as imagens de satélite da família S2. Assim, pretendeu-se obter informação da altura do ano em que as albufeiras estariam no seu máximo armazenamento, à cota do NPA (Nível Pleno de Armazenamento) pelo que se optou por obter as imagens que correspondessem à data de 15 de Maio de 2018 por ser altura do final do inverno.

2.2. Informação dos limites administrativos ARHTO

Os limites inventariados considerados para integrar os dados de OT foram os seguintes:

- Lagos, Lagoas e Albufeiras de Águas Públicas;
- Albufeiras de Águas Não Públicas;
- Informação sobre Barragens que remetem a 2009, 2010 e 2015;
- Informação do Gabinete de Segurança de Barragens;
- De acordo com o Plano de Gestão de Região Hidrográfica 2º ciclo (<https://sniamb.apambiente.pt/content/planos-de-gest%C3%A3o-de-regi%C3%A3o-hidrogr%C3%A1fica?language=pt-pt>), foi integrada informação das massas de água costeiras e de transição (estuário do Tejo);

2.3. Cartografia de Base

- Carta Militar à escala 1:25 000;
 - Ortofotomapas 2015 – Serviço WMS da Direção Geral do Território)
- A primeira informação a ser trabalhada são os da-

dos de OT nomeadamente o processamento das imagens S2. Posteriormente foram adicionados os dados de informação vetorial Copernicus (1) de 2015. Após se obter esta camada de informação estabilizada foram adicionadas todas as camadas de informação dos limites inventariados na ARHTO. No final obteve-se uma única camada de informação com os planos de água também chamados espelhos de água delimitados ou identificados em toda a área geográfica de jurisdição da ARHTO.

3. METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DE CORPOS DE ÁGUA USANDO IMAGENS DA MISSÃO SENTINEL-2

3.1. Seleção de imagens sentinel-2

As imagens da família S2 são adquiridas por sensores óticos/multiespectrais, cada imagem é constituída por um conjunto de 12 bandas que se situam em termos de comprimento de onda na zona do espectro do visível e infra-vermelho próximo. As imagens utilizadas têm uma resolução espacial de 10 metros e referem-se à data de 15 de Maio de 2018 tendo sido descarregadas na página de internet do programa Copernicus conforme a Figura 3. Através da combinação das bandas da imagem S2 calculou-se e obteve-se a imagem em formato raster do índice da água NDWI, que permitiu delimitar os corpos de água. A combinação das bandas 03 e 08 para as 9 imagens S2 que cobrem a ARHTO leva-nos a uma única imagem NDWI que cobre a área da ARHTO (Figura 3).



Figura 3 – Imagens S2 e a cobertura geográfica da ARHTO

$$NDWI = \frac{\text{Banda 03} - \text{Banda 08}}{\text{Banda 03} + \text{Banda 08}}$$

Equação 1- algoritmo de cálculo do NDWI

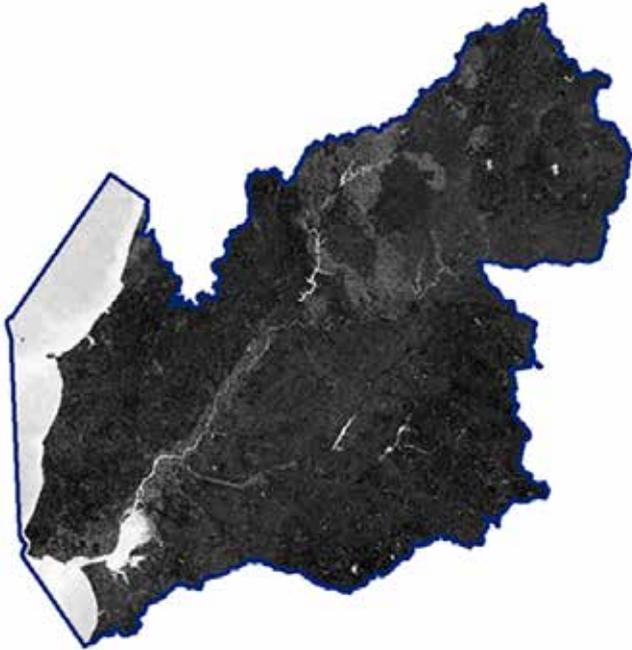


Figura 4 – Área geográfica considerada para a cobertura S2

3.2. Cálculo do NDWI

No presente trabalho o NDWI foi calculado através da combinação de bandas 3 e 8 de acordo com o seguinte algoritmo (Gao, 1996), expresso na equação 1. Através das ferramentas disponíveis em ambien-

te ArcGis© foi efetuada a união das imagens raster S2 NDWI, obtidas pelo algoritmo apresentado na equação 1, e a delimitação pelo limite da área geográfica de jurisdição da ARHTO através de algoritmos de geoprocessamento de uma camada de informação vetorial georreferenciada sobre a união das 9 imagens raster NDWI. Desta forma, obteve-se uma única imagem raster NDWI para toda a área geográfica de jurisdição da ARHTO, conforme a figura 4.

3.3. Obtenção dos polígonos representativos dos planos de água

A partir raster NDWI com os vários valores para os píxéis foi efetuada uma reclassificação da imagem obtendo-se por esse processo classificação binária uma imagem matricial com os valores “0” e “1” sendo que o valor “1” devolve-nos o que serão identificados na imagem como planos de água ou espelhos de água. O critério de classificação definiu-se pela utilização de um valor threshold no NDWI de 0.1, considerando valores acima deste como corpos de água (valor 1) e abaixo deste como zonas a não considerar (valor 0). A partir desta informação binária matricial, é feita a conversão para informação vetorial georreferenciada (polígonos) através das ferramentas ArcGis© (Figura 5).

Nesta fase obteve-se toda a informação vetorial georreferenciada na forma de polígonos que representam tanto os planos de água (valor “1”) como as áreas terra (valor “0”) sendo então necessário efetuar um filtro e pesquisa em ambiente ArcGis© (Query) de modo a isolar todos os polígonos que tenham associado o valor “1” (Figura 6).

1.2. Eliminação dos falsos espelhos de água

O passo seguinte na metodologia consistiu na eli-



Figura 5 – Conversão de imagem raster para imagem reclassificada e para informação vetorial georreferenciada.



Query em que isolamos o campo com valor "1" (Planos de Água Informação recente 2018)

Figura 6 – Query efetuada por meio das ferramentas ArcGis© para isolar corpos de água.



Enquadramento ARHTO COS 2015

Figura 7 – Delimitação da informação da COS pelo limite geográfico da ARHTOa.



Figura 8 – Classes da COS 2015 que correspondem a falsos espelhos de água

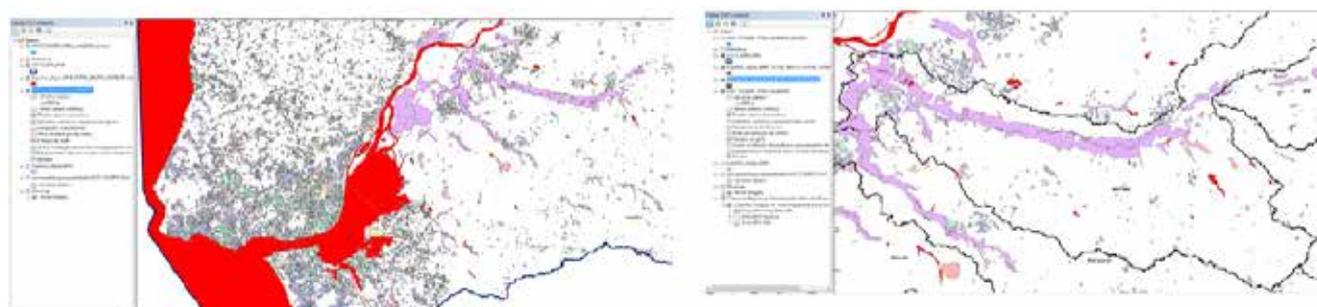


Figura 9 – Imagem da sobreposição da informação COS 2015 a eliminar a informação S2

minação dos falsos espelhos de água anteriormente obtidos. Assim, recorreu-se à Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental (COS) com data de 2015, informação da responsabilidade da Direção-Geral do Território. Através de algoritmos de geoprocessamento em ambiente ArcGis© procedeu-se à eliminação dos falsos espelhos de água. Para tal, foi efetuado primeiramente a delimitação desta informação pelo limite da área geográfica de jurisdição da ARHTO (Figura 7).

Foram consideradas várias classes da COS de 2015 a ser utilizadas para sobreposição com os polígonos obtidos através das imagens S2 de forma a se eliminarem os falsos espelhos de água. Este processo foi necessário devido a corpos e ocupações do solo que possuem um comportamento espectral similar aos corpos de água presentes nas imagens, tais como arrozais, campos de golfe, aeroportos, tecido urbano, parques verdes urbanos, etc.), conforme a Figura 8.

Os falsos espelhos de água são eliminados por um processo de geoprocessamento de sobreposição e de inspeção visual em ambiente ArcGis© entre a informação que se obteve das imagens S2 (a vermelho) e as classes selecionadas como não-espelhos de água (rosa), conforme a imagem obtida, de acordo com s Figura 9.

4. METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DOS FALSOS ESPELHOS DE AGUA NA ÁREA GEOGRÁFICA ARHTO

Nesta fase obtemos informação geoespacial que contém polígonos obtidos a partir das Imagens S2 que é informação à data de Maio de 2018 integrada com Informação Vetorial Copernicus com origem em 2015 e também integrada com toda a informação de limites inventariados da jurisdição da ARHTO. A integração de toda esta informação foi efetuada com as ferramentas ArcGis© e geoprocessamento em ambiente ArcGis©. Deste modo, foi obtida uma única camada de informação que deverá permanecer em constante atualização e que servirá de base para diferentes utilizações.

5. VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS – CASOS DE ESTUDO

A informação estruturada e descrita anteriormente necessita de processo de validação antes de entrar em



Figura 10 – Obtenção de dois polígonos somente a assinalar os planos de água Vs delimitação de plano de água onde é necessário redelimitação do NPA



Figura 11 – Obtenção de vários polígonos (mais do que um) a assinalar os planos de água

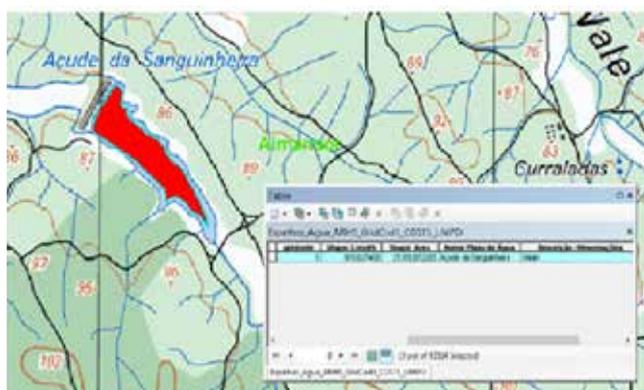


Figura 12 (arriba) – Obtenção de informação dos polígonos NDWI que correspondem à informação cartografada na Carta Militar 1/25 000

processos operacionais e de apoio à decisão. Assim, foi necessário verificar os dados obtidos na camada de informação resultante, pois existem incoerências na delimitação dos polígonos obtidos pela metodologia NDWI aqui apresentada. De seguida são apresentados (Figuras 10 a 13).

Nas figuras 10 a 13, a azul destaca-se a informação proveniente da informação Copernicus 2015 e verifica-se que não corresponde à informação cartografada da Carta Militar. Os polígonos da metodologia NDWI (informação de 2018 proveniente da metodologia anteriormente descrita) encontra-se concordante com a informação exibida na cartografia da Carta Militar 1/25 000, conforme a Figura 13.

A Figura 14 exhibe a situação em que a informação cuja fonte foi Copernicus 2015 e que se cataloga de acordo com a informação COS 2015 como “Espaços Verdes Urbanos”. Neste caso, a informação Copernicus de 2015 a azul será para eliminar da camada de informação única de espelhos de água da ARHTO obtida de todo este processo.



Figura 14 – Informação Copernicus 2015 (azul) Vs informação da COS 2015 (multicolor)

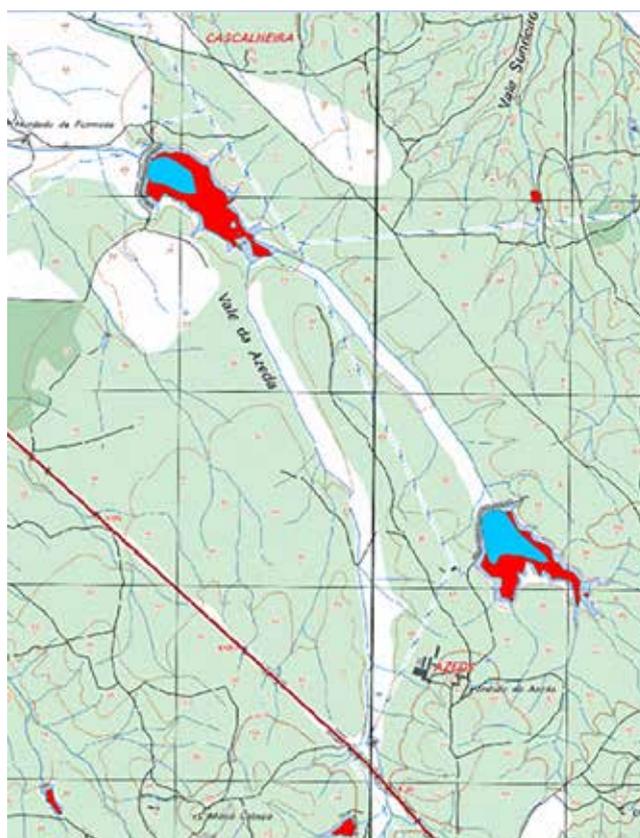


Figura 13 (derecha) – Informação Copernicus 2015 (azul) Vs informação obtida por dados OT Sentinel-2 (vermelho)

Foram efetuados ainda processos de geoprocessamento para atribuir os nomes e a toponímia existente aos planos de água e polígonos NDWI através das fontes de informação do tipo ponto e dos inventários existentes de 2009, 2010 e 2012 da ARHTO e informação do tipo ponto disponibilizada pela Administração de Região Hidrográfica do Alentejo (ARH Alentejo). Através de análise espacial nomeadamente com a ferramenta ESRI ArcGis Spatial Join®, efetuou-se uma harmonização dos atributos na tabela de atributos final resultante da união de todas as fontes de informação nomeadas e referenciadas.

CONCLUSÕES

Ao longo do presente estudo foi apresentada uma metodologia de obtenção de corpos de água através de métodos de OT de forma a monitorizar e inventariar os recursos hídricos em diferentes regiões de Portugal, bem como vários casos de estudo de validação da abordagem estudada. Como principais considerações finais do presente trabalho, referem-se as seguintes conclusões: 1) Convencionou-se que onde existir sobreposição e concordância da informação Copernicus

2015 à informação dos polígonos obtidos via NDWI, prevalece a Informação Copernicus 2015 e é eliminada a informação dos polígonos NDWI das imagens S2; 2) Por outro lado, onde se verifica inexistência de inventariação, mantém-se a informação da metodologia NDWI das imagens S2. Assim e através de métodos de uniformização, a camada de informação única obtida encontra-se harmonizada em termos de atributos e de dados alfanuméricos provenientes de diferentes fontes de dados. Este estudo realizou de forma preliminar uma abordagem que se pretende dinâmica e que se encontra em constante atualização recorrendo a dados de OT.

AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem aos vários serviços e seções a quem recorreram no decorrer deste trabalho. Destacamos a interoperabilidade entre ARH's nomeadamente entre a ARHTO e a ARH Alentejo: ARH Alentejo:

- Chefe Divisão Planeamento e informação Alice Fialho
- Divisão Planeamento e informação José Figueira Mendes

ARH TEJO E OESTE:

- Administradora da ARH do Tejo e Oeste Susana Fernandes
- Apoio à Administração ARHTO Helena Alves
- Apoio à Administração ARHTO Isabel Guilherme
- Chefe Divisão Planeamento e informação Mariana Pedras
- Chefe Divisão de Recursos Hídricos do Litoral Catarina Patriarca

REFERENCIAS

- <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
<https://land.copernicus.eu/>
<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>
<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>
<https://www.copernicus.eu/pt-pt/acerca-do-copernicus/infraestrutura/conheca-os-nossos-satelites>
Lira, C., Amorim, A., Silva, A. N. e Taborda, R., (2016). Sistemas de Informação Geográfica: Análise de Dados de Satélite.
DGRM, Lisboa, Portugal
Gao, B., "NDWI – A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space," Remote Sens. Environ., 58(3), 257-266 (1996).

Sobre os autores

Rui Gouveia

Licenciado em Engenharia de Recursos Naturais e Ambiente, possui duas.

Isabel Silva Patriarca

Licenciada em Engenharia Geográfica Pré-Bolonha, fez parte de um organismo pertencente ao Ministério da Defesa até 2018, tendo sido pioneira em Portugal e integrado a equipa responsável pelo lançamento da cartografia náutica digital eletrónica oficial baseada em Sistemas de Informação Geográfica, contribuindo para uma maior segurança na navegação. Seguiu-se um período em que foi responsável pela gestão dos sistemas de informação na produção de cartografia náutica oficial eletrónica e em papel e atualização destes produtos cartográficos. Atualmente encontra-se a exercer funções de técnico especialista de SIG e Observação da Terra dando também apoio aos sistemas de informação na Agência Portuguesa do Ambiente I.P. Tem conhecimentos em linguagem de programação Phyton, Machine Learning e manipulação de imagens de satélite. Graduações em SIG. Responsável pelo Gabinete Técnico Florestal da Câmara Municipal do Fundão. Membro Técnico de Proteção Civil Municipal do Fundão. Foi Comandante dos Bombeiros do Fundão e atualmente Técnico da Agencia Portuguesa do Ambiente, I.P.

Luís Miguel Sousa

Licenciado em Engenharia do Ambiente, Agronómica, Florestal ou Segurança e Higiene no Trabalho. Exerceu funções de Técnico do Ambiente no Projeto Tejo Limpo na Agencia Portuguesa do Ambiente, I.P. Exerceu funções de Técnico de Ambiente de Campo, Técnico de Planeamento e Técnico de Controlo de Campo.

Pedro Vilar

Possui Mestrado em Engenharia Geográfica pela Universidade de Lisboa e a pós-graduação em Gestão do Conhecimento e Business Intelligence pela Universidade Nova de Lisboa. Integrou diferentes projetos em Observação da Terra com aplicação em áreas marítimas e costeiras e no setor agro-florestal, bem como projetos de sistemas de informação geográfica.