

# Gestão de recursos hídricos – Uma metodologia para a estimativa do cálculo de volumes de corpos de água com dados de observação da terra e análise espacial

REVISTA **MAPPING**  
Vol.32, 211, 6-16  
2023  
ISSN: 1131-9100

*Water resources management - a methodology for water bodies volume estimation using earth observation data and spatial analysis*

Isabel Patriarca, Pedro Vilar, Rui Gouveia, Luís Sousa

## Resumo

A eficiente monitorização dos Planos de Água (PA) existentes na área geográfica de jurisdição da Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (ARHTO), bem como a gestão dos recursos hídricos (RH) existentes, passa pela caracterização eficiente das disponibilidades hídricas dos reservatórios, albufeiras e barragens. A extração de informação geoespacial através de imagens de Observação da Terra (OT) adquiridas pela missão Sentinel-2 (S2), que disponibilizam um enorme volume de dados quase em tempo real e em áreas extensas do território, mostrou ser diferenciadora para a atualização da caracterização dos reservatórios de água na forma de pequenas e médias barragens existentes na região da ARHTO, nomeadamente a sua localização e delimitação ao Nível de Pleno Armazenamento (NPA) dos PA, conforme metodologia proposta em (Patriarca et al., 2021). Estes resultados apresentaram-se promissores para o estudo e gestão das pressões existentes sobre os RH resultantes de fenómenos tais como secas cada vez mais frequentes e escassez de água nos reservatórios e albufeiras com impacto nomeadamente na agricultura de regadio. A metodologia estudada em ambiente ESRI ArcGIS © pretendeu desenvolver uma abordagem operacional de gestão dos RH do território de Portugal Continental na área de jurisdição da ARHTO. A metodologia abordada divide-se em duas componentes: a inventariação e caracterização dos PA pelo NPA baseado em dados de OT (fase 1) e a determinação do volume de reservatórios com técnicas de Análise Espacial de dados geoespaciais (fase 2). A estimativa de volumes de Corpos de Água (CA) identificados

na zona de estudo da ARHTO, foi testada com alguns casos de estudo como os exemplos das albufeiras de Meimoa e da Marateca. A disponibilidade de informação vetorial altimétrica georreferenciada à escala 1:25000 foi utilizada para obter modelos Triangulated Irregular Network (TIN) e Modelos Digitais do Terreno (MDT). Com base nos MDT obtidos, recorrendo a técnicas de análise e interpolação espacial determinaram-se os valores de Volume dos CA em estudo.

## Abstract

*Efficient water bodies management techniques require an accurate characterization of water availability on reservoirs and dams. Some studies using Earth Observation (EO) and Spatial Analysis of data, namely Vilar et al. (2015) and Patriarca et al. (2021), have been studying and automating methodologies using multispectral satellite images to manage water resources in environmental context and agricultural water management. Based on geospatial information extracted from EO data using multispectral Sentinel-2 (S2) mission, this study shown the efficiency to inventory and characterize water bodies on ARHTO region, centre of Portugal, early demonstrated by Patriarca et al. (2021). The methodology presented here was implemented on ESRI ARCGIS® software. The main objective of this methodology was to assure operational capabilities for water bodies management, comprising two steps: phase I – water bodies inventorying by using S2 images; phase II – water bodies volume (WBV) estimating using spatial analysis techniques.*

Palavras chave: Sentinel-2, Planos de Água, Corpos de Água, Observação da Terra, Análise Geoespacial, Volumes

Keyword: Sentinel-2, Surface Water Bodies, Water Bodies, Earth Observation, Spatial Analysis, Spatial Interpolation, Volumes

Isabel Patriarca. Engenheira Geógrafa, Agência Portuguesa do Ambiente  
[isabel.patriarca@apambiente.pt](mailto:isabel.patriarca@apambiente.pt)  
Pedro Vilar. Engenheiro Geógrafo/Sistemas do Espaço, GMV SkySoft  
[pedro.vilar@gmv.com](mailto:pedro.vilar@gmv.com)  
Rui Gouveia. Engenheiro Ambiente, Agência Portuguesa do Ambiente  
[rui.gouveia@apambiente.pt](mailto:rui.gouveia@apambiente.pt)

Luís Sousa. Engenheiro Ambiente, Agência Portuguesa do Ambiente  
[luis.sousa@apambiente.pt](mailto:luis.sousa@apambiente.pt)

DOI: <https://doi.org/10.59192/mapping.390>  
Recepción 19/12/2022  
Aprobación 23/01/2023

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem crescido o interesse no estudo do impacto das alterações climáticas em diversos contextos e setores, bem como das respetivas medidas preventivas e de adaptação a adotar na gestão de recursos hídricos. Atualmente, o desenvolvimento do setor Espacial, através de várias missões de Observação da Terra (OT) por satélite, e da maturidade das técnicas de análise dados, em particular, de dados geoespaciais, tem potenciado o surgimento de diferentes estudos e técnicas para desenvolver medidas operacionais de apoio à decisão na gestão da água em vários setores, como por exemplo na agricultura de precisão (Vilar et al., 2015) ou na obtenção de limites de NPA (Nível de Pleno Armazenamento) em reservatórios de água ou pequenos reservatórios e charcas em que o NPA não era conhecido (Patriarca et al., 2021). O presente estudo foi desenvolvido no âmbito da atividade operacional da ARHTO (área da Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste), onde se pretendeu promover a utilização de dados de OT e de técnicas de análise geoespacial para gestão e conhecimento dos corpos de água presentes nesta região através da estimativa do volume dos mesmos dando continuidade à investigação e aos resultados apresentados por Patriarca et al. (2021). Deste modo, os principais objetivos do presente estudo foram os seguintes: atualizar o inventário existente de pequenas e médias barragens da ARHTO com imagens de OT adquiridas pela missão Sentinel-2 (S2) com consequente atualização do conhecimento das pressões sobre os recursos hídricos e finalmente investigar e desenvolver uma metodologia para a obtenção do volume de corpos de água de forma a operacionalizar uma ferramenta de apoio à decisão.

## 2. ENQUADRAMENTO

### ÁREA DE JURISDIÇÃO DA ADMINISTRAÇÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TEJO E RIBEIRAS DO OESTE

A área geográfica de jurisdição da ARHTO engloba 103 concelhos dos 278 municípios portugueses correspondendo a cerca de 37,5 % da área total do território de Portugal Continental (Figura 2). Em termos de população, abrange cerca de 39,8 % do total da população portuguesa. Conforme evidenciado Figura

1, em Portugal Continental a área abrangida pela Bacia Hidrográfica do Tejo é cerca de 31 % (25 016 km<sup>2</sup>) da sua área total que engloba Portugal e Espanha - 80 797 km<sup>2</sup> (Fernandes, 2022).

Ainda no âmbito da caracterização da área geográfica de jurisdição da ARHTO, a Figura 3A evidencia a distribuição das massas de água superficiais nomeadamente rios, massas de água de transição, lagos, etc. A Figura 3B evidencia informação da COS – Carta de Ocupação do Solo de Portugal Continental, informação oficial disponibilizada ao público pela DGT – Direção Geral do Território.



Figura 1. Área de Jurisdição da ARHTO (Fernandes, 2022)

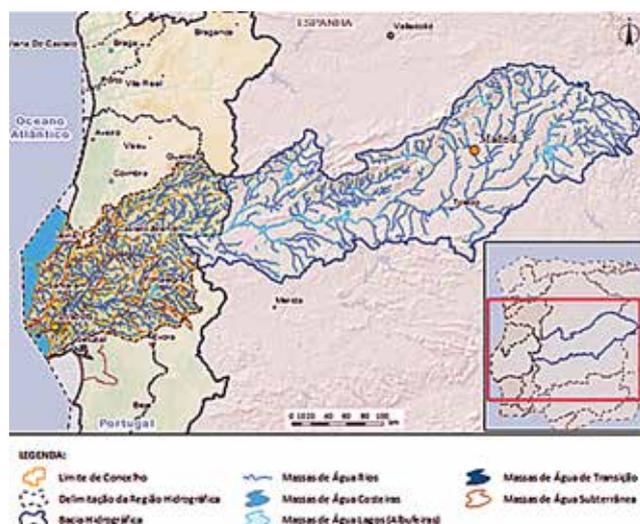
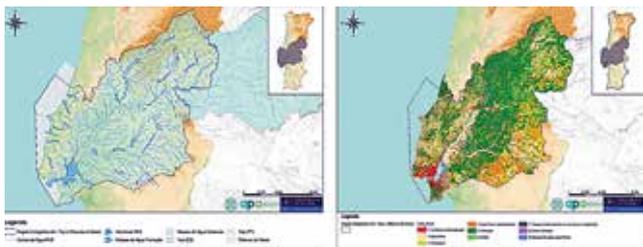


Figura 2. Área de Jurisdição da ARHTO e distritos abrangidos de Portugal Continental



Figuras 3A e 3B. Distribuição das massas de água e informação da COS disponibilizada pela DGT na área geográfica da ARHTO (Fonte: PGRI, 2022)

### 3. ÁREA GEOGRÁFICA DA ARHTO E COBERTURA COM IMAGENS SENTINEL-2

Para obtenção dos resultados pretendidos com este trabalho, foi necessário o acesso a imagens de satélite da missão Sentinel-2 (S2) no site do programa Copernicus (Figura 4A) para cobertura total da área geográfica de jurisdição da ARHTO num mosaico de cobertura como mostra a Figura 4B.

Foram utilizadas imagens S2 que datam de 15 de maio de 2018 por coincidirem com o final do inverno e em que o NPA das albufeiras e pequenas barragens teria sido atingido pelos níveis de precipitação verificados na estação anterior.

Em termos de precipitação, verifica-se uma distribuição não uniforme ao longo da região hidrográfica sendo que



Figura 4A. Site do programa Copernicus (<https://scihub.copernicus.eu/>)

Figura 4B. Imagens Sentinel-2 em mosaico na área geográfica da ARHTO

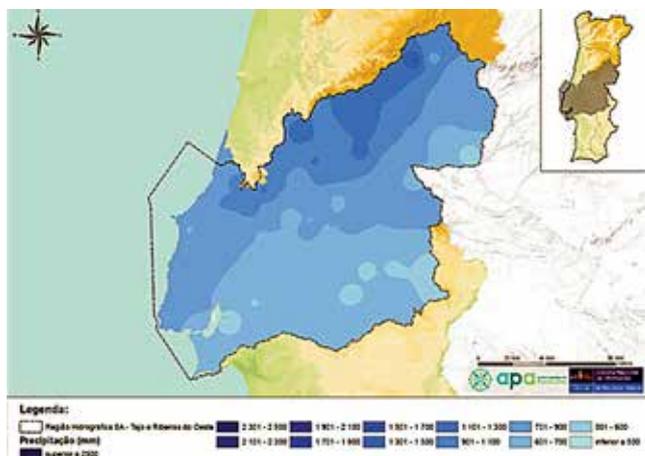


Figura 5. Distribuição da Precipitação (Fonte: PGRI, 2022)

a precipitação anual média nas bacias hidrográficas do rio Tejo e Ribeiras do Oeste varia entre os 300 mm e os 1300 mm. A precipitação anual média, na última década, apresenta valores abaixo da média e uma ausência de anos húmidos ( PGRI, 2022).

## 4. METODOLOGIA NA IDENTIFICAÇÃO E DELIMITAÇÃO DE PLANOS DE ÁGUA COM DADOS DE OBSERVAÇÃO DA TERRA

Foram utilizadas 9 imagens da missão S2 descarregadas no site do Programa de Observação da Terra da União Europeia Copernicus. Cada imagem S2 é composta por 12 Bandas e fornecem no seu conjunto a base para o trabalho num único mosaico na cobertura total da área geográfica da ARHTO (Figura 4B). Posteriormente obteve-se a informação vetorial georreferenciada sob forma de polígonos com a delimitação dos Planos de Água pelo seu NPA, identificados por dados de Observação da Terra, após a reclassificação da imagem matricial binária obtida no mosaico e a partir da imagem matricial NDWI (Normalized Difference Water Index) (Gao, 1996) para toda a região ARHTO (Patriarca et al., 2021).

### 4.1. Obtenção do NDWI das Imagens Sentinel-2

As imagens da missão S2 utilizadas têm uma resolução espacial de 10 metros e são imagens multiespectrais nas bandas do visível e do infravermelho próximo. Foi efetuado um pré-processamento das imagens multiespectrais da missão S2 corrigidas à refletância Bottom Of Atmosphere (BOA) com o posterior cálculo do NDWI. Das 12 bandas que compõem as imagens, a partir da combinação das Bandas 03 e 08 obtém-se o NDWI com base no algoritmo apresentado na Figura 7 para delimitação dos Corpos de Água.

O algoritmo da Figura 7 (Gao, 1996) permitiu obter a imagem matricial NDWI, tal como mostra a Figura 8. De seguida, foi realizada a união das 9 imagens NDWI numa única imagem matricial de forma a identificar todos os planos de água na região ARHTO.

### 4.2. Reclassificação da Imagem NDWI e Conversão para Polígono

Por meio de geoprocessamento em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) e software ESRI© é realizado o recorte da imagem matricial NDWI



Figura 6A. Banda 03 da imagem S2



Figura 6B. Banda 08 da imagem S2

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

Figura 7. Algoritmo aplicado para obter o NDWI (Gao,1996)

obtida pelo limite da área geográfica de jurisdição da ARHTO, informação disponível em formato vetorial georreferenciado. Após este procedimento, é feita uma Reclassificação de todos os pixels da imagem, convertendo a imagem NDWI numa imagem matricial binária (0 – «terra», 1 – «água»), após a qual segue-se novo processamento para conversão da imagem binária para os polígonos finais, ou seja, é feita a conversão dos pixels de valor (0,1) em informação vetorial georreferenciada em que se obteve os polígonos «terra» e os polígonos «água». Obtidos estes polígonos georreferenciados encontra-se definida a delimitação dos Planos de Água também designados Espelhos de Água para obtenção futura dos volumes de Corpos de Água (Figura 9).

#### 4.3. Eliminação dos Falsos Espelhos de Água

Nesta fase do trabalho foi necessário proceder à Eliminação dos Falsos Espelhos de Água para os polígonos obtidos. Com base na informação temática disponibilizada pela Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental (COS) da Direção-Geral do Território (DGT) referente a 2015 (Figura 10), foi possível isolar todas as classes de informação que permitiriam eliminar do Universo de informação vetorial obtida, os polígonos que não correspondessem a Espelhos de Água, também denominados Planos de Água. O

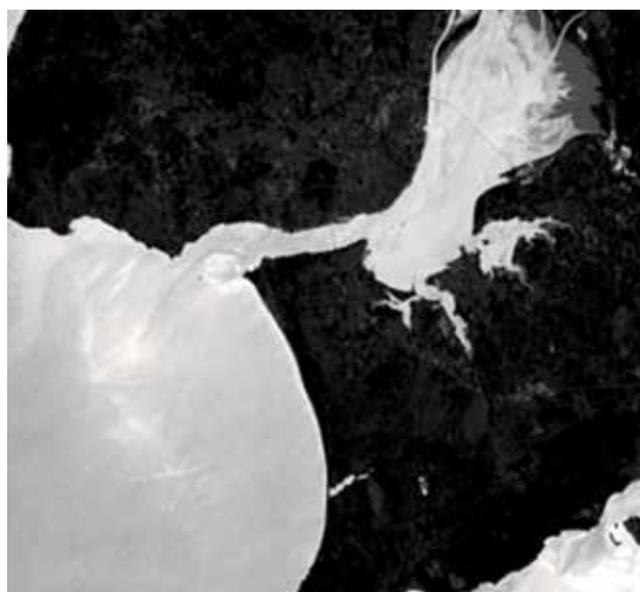


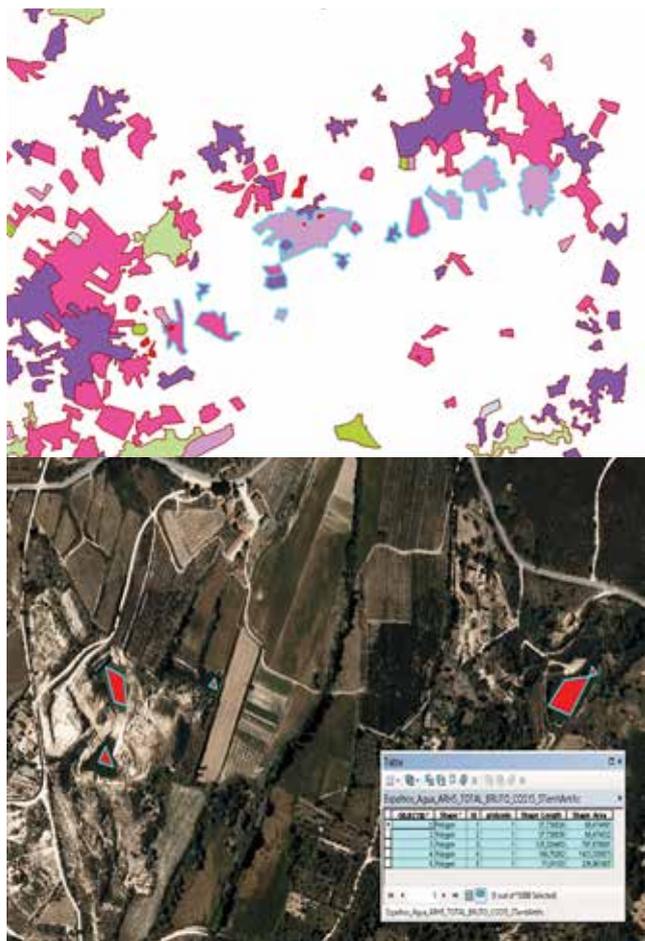
Figura 8. Imagem Matricial do Índice NDWI



Figura 9. Imagem Matricial NDWI vs. Imagem Matricial Binária (0 e 1) vs. Planos de Água



Figura 10. Enquadramento da área geográfica da ARHTO com informação da COS 2015 e respetivas classes consideradas como falsos espelhos de água.



Figuras 12A e 12B. Polígonos a eliminar (a vermelho) em zonas de extração de inertes confirmado com o Serviço WMS de Ortofotos de 2015 oficial e homologado pela DGT

Universo de informação vetorial obtido corresponde à totalidade da área geográfica da área de jurisdição da ARHTO, tal como já referido na Secção 2 cerca de 31 % (25 016 km<sup>2</sup>) da área total da Bacia Hidrográfica do Tejo (Fernandes, 2022).

As classes da COS utilizadas para eliminar falsos polígonos de interesse, foram entre outras zonas identificadas como territórios artificializados, lagos em espaços urbanos, campos de golfe, arrozais, etc.

Através das ferramentas de geoprocessamento em ambiente SIG ESRI®, foi feita a sobreposição dos polígonos com as Classes da COS selecionadas e os que coincidiam com as Classes da Figura 11, foram eliminados do Universo de informação obtido de dados de OT.

#### 4.4. Albufeira da Meimoa – Eliminação de Falsos Espelho de Água

A albufeira da Meimoa localiza-se no distrito de Castelo Branco e no concelho de Penamacor, fazendo parte da Bacia Hidrográfica do Tejo, sendo o curso de água que lhe dá origem a Ribeira de Meimoa (Figura 13A). O polígono obtido por dados de Observação da Terra (OT) correspondente ao NPA da albufeira (Figura 13 C) não é coincidente com a área a branco na imagem NDWI identificada no Plano de Água desta albufeira (Figura 13B). Tanto a água à superfície como as estruturas artificializadas entre outras, como as identificadas nas Classes da COS nomeadas na Secção 4.4. têm o mesmo comportamento espectral nas imagens S2. Aparentemente o polígono NPA obtido não está correto.



Figuras 13A, 13B e 13C. Localização e Imagem Sentinel-2 NDWI com a Delimitação Vetorial obtida da Albufeira da Meimoa



Figuras 14A, 14B e 14C. Delimitação pelo NPA em sobreposição com o Serviço WMS dos Ortofotos 2018 da DGT e imagem da Albufeira de Meimoa do site das Barragens de Portugal

A sobreposição do vetor obtido pela metodologia NDWI a partir de dados de OT, sobreposto com o serviço WMS de Ortofotos de 2018 oficial e homologado pela DGT (Figura 14A), mostra que a mancha a branco na imagem NDWI não abrangida pelo polígono (Figuras 13B e 13C) não faz parte do Plano de Água (Figura 14C).

A Albufeira da Meimoa tem um paredão em talude e como esta é uma estrutura artificializada, apresenta um comportamento espectral semelhante em relação ao próprio Plano de Água, gerando um falso polígono como Espelho de Água a eliminar. Pode aceder-se ao site das Barragens de Portugal: [https://cnpqg.apambiente.pt/gr\\_barragens/gbportugal/Meimoa.htm](https://cnpqg.apambiente.pt/gr_barragens/gbportugal/Meimoa.htm)

## 5. VALIDAÇÃO E CONTROLO DE QUALIDADE DOS POLÍGONOS OBTIDOS COM A METODOLOGIA NDWI

Nesta fase do trabalho é necessário proceder à validação da informação vetorial obtida por meio dos dados de OT das imagens multiespectrais da missão S2. Conforme os exemplos da Figura 15 demonstram é necessário a intervenção das ferramentas de edição geoespacial em ambiente SIG ESRI® ou em outro software.

Em alguns casos, para o mesmo Plano de Água (PA) obtiveram-se vários polígonos (Figura 15A). Em outras situações, o PA foi assinalado por um pequeno polígono embora não fossem adquiridos com boa aproximação o limite ao NPA desse PA (Figuras 15B e 15C). A delimitação correta ao NPA é o que se pretende, informação vetorial essa que será usada como área de superfície para o futuro cálculo de Volumes. Futuramente, a partir das imagens de satélite S2 ou Sentinel-1, perspetiva-se a obtenção dos polígonos de PA de águas superficiais através de scripts em linguagem de programação Python no âmbito de técnicas de Machine Learning (IA – Inteligência Artificial), de forma a reduzir a edição manual destes polígonos.



Figuras 15A, 15B e 15C. Controlo de qualidade a efetuar na informação obtida por dados de OT

## 6. CASOS DE ESTUDO PARA ESTIMATIVA DE VOLUMES DE CORPOS DE ÁGUA

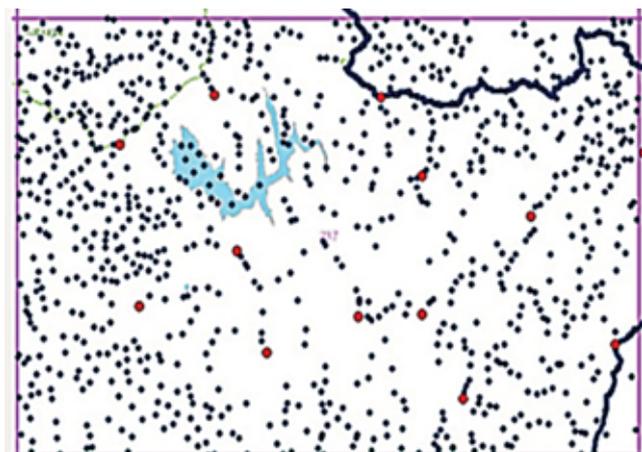
A disponibilidade de informação vetorial altimétrica georreferenciada à escala 1:25 000, nomeadamente informação de pontos cotados e curvas de nível, foi utilizada para obter modelos TIN (Triangulated Irregular Network) e modelos MDT (Modelos Digitais do Terreno) no formato matricial para as albufeiras em estudo. Com base nos modelos MDT obtidos, recorrendo a técnicas de análise e interpolação espacial determinaram-se estimativas de valores para a informação do Volume dos Corpos de Água em estudo. A informação vetorial georreferenciada à escala 1:25 000 utilizada para modelar o terreno e obter os modelos TIN refere-se à anterior existência das albufeiras em estudo que são relativamente recentes, pelo que esta informação permite o acesso à topografia existente no terreno antes da construção da barragem ou charca e do aparecimento/enchimento das albufeiras em estudo, dado que não se dispõe de dados batimétricos destas albufeiras para o cálculo de Volumes. A informação vetorial utilizada à escala 1:25 000, tem origem nas Cartas Militares, Série M888 do CiGeoE (Centro de Informação Geoespacial do Exército).

## 7. CASOS DE ESTUDO – ALBUFEIRA DE MEIMOA – ESTIMATIVA DE VOLUMES DE CORPOS DE ÁGUA

A albufeira da Meimoa, tal como já referido na Secção 4.4., localiza-se no distrito de Castelo Branco, no concelho de Penamacor e faz parte da Bacia Hidrográfica do Tejo, sendo o curso de água que lhe dá origem a Ribeira de Meimoa (Figuras 16A, 16B e 16C).



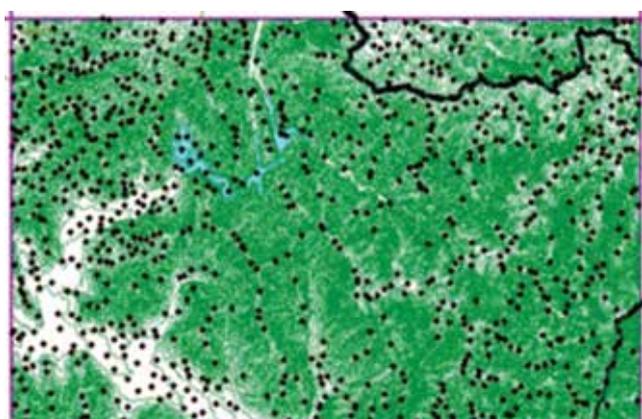
Figuras 16A, 16B e 16C. Albufeira da Meimoa localização e representação no serviço WMS Ortofotos 2018 da DGT e na Carta Militar 1:25000 do CiGeoE



17A Sobreposição da informação altimétrica para obter o modelo TIN



17B Sobreposição da informação altimétrica para obter o modelo TIN



17B Sobreposição da informação altimétrica para obter o modelo TIN

### 7.1. Albufeira da Meimoa – Informação Vetorial Georreferenciada 1:25 000

A delimitação ao NPA da Albufeira da Meimoa obtida por meio de dados de OT e a metodologia NDWI, foi sobreposta com a informação vetorial disponível de Pontos Cotados (Figura 17A) e Curvas de Nível (Figura 17B). A sobreposição destas camadas de informação permite obter o relevo e acidentes do terreno no leito da albufeira.

Foram também considerados além das camadas de informação referidas, para obtenção dos modelos a gerar, os dados da Rede Geodésica Nacional disponíveis no site da DGT em que foram considerados os Vértices Geodésicos (VG) existentes na área geográfica envolvente à albufeira, tendo sido incluído no geoprocessamento o valor da Altitude Ortométrica da Cota à Base da estrutura dos VG. Esta informação tem associadas coordenadas no sistema de referência oficial de Portugal Continental PT-TM06-ETRS89 (EPSG: 3763).

### 7.2. Albufeira da Meimoa – Modelo TIN (Triangulated Irregular Network)

A área geográfica de que dispomos da informação altimétrica e que contém a área de superfície do Plano de Água permite obter Modelos TIN também na envolveria da albufeira através de técnicas de análise e interpolação espacial (Figura 18).

### 7.3. Albufeira da Meimoa – Modelo MDT (Modelo Digital de Terreno)

A partir do modelo TIN (Figura 18) e por meio de ferramentas de análise espacial em ambiente SIG ESRI© foi feita a conversão para formato matricial e obteve-se o modelo MDT com a modelação do terreno (Figura 19).

### 7.4. Resultado Caso de Estudo Albufeira da Meimoa – Estimativa de Volume

Foi feito o recorte da imagem do MDT com a informação vetorial obtida por dados de Observação da Terra e a metodologia NDWI e por meio de ferramentas de análise espacial em ambiente SIG obteve-se uma estimativa de Volume (Figura 20). Na estimativa do volume, foi considerado como Plano de Referência a cota da superfície do Plano de Água.

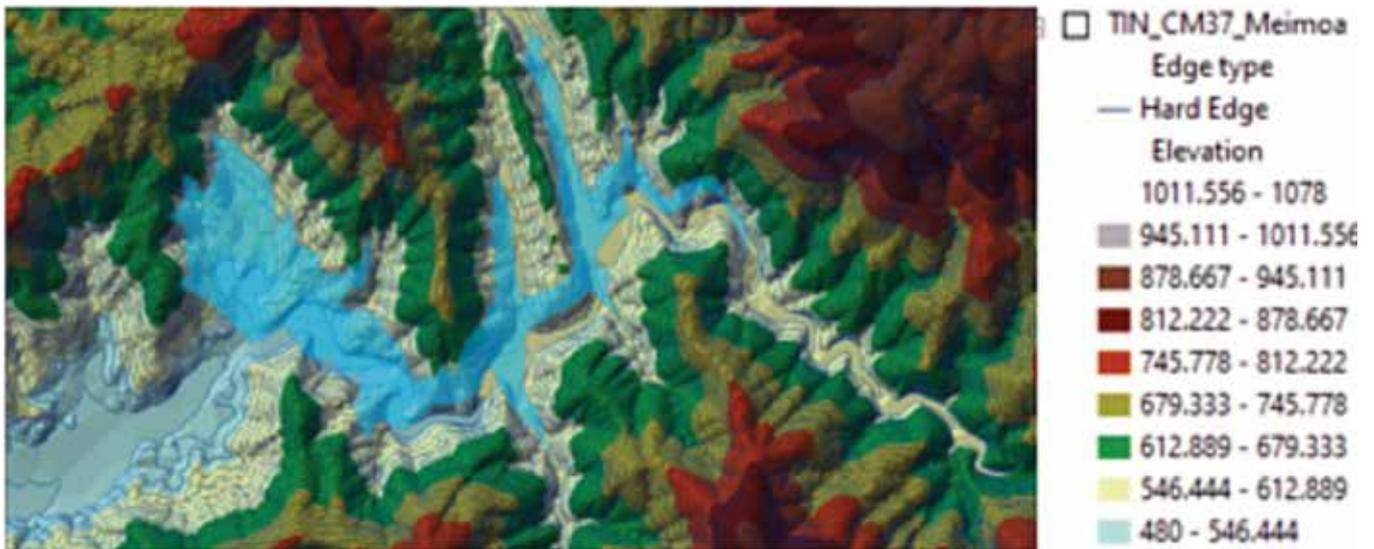


Figura 18. Modelo TIN (Triangulated Irregular Network) em sobreposição com a delimitação do Plano de Água a azul com destaque para a modelação do leito

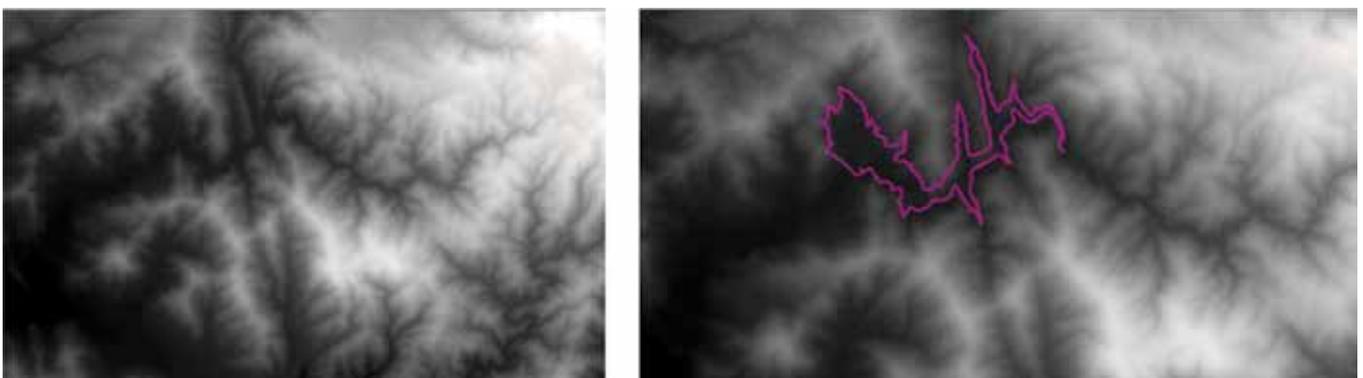


Figura 19. Modelo MDT com a sobreposição da informação obtida do Plano de Água

Table							
SURFACE_VOLUME_TEXTO_BELOW_4							
	Dataset	Plane Height	Reference	Z Factor	Area 2D	Area 3D	Volume
	..cGIS\Default.gdb\RAST_POL_MEM	646.652	BELOW	1	1717916.539291	1751473.55621	148830036.57356

Figuras 20. Estimativa de Volume obtido para a Albufeira de Meimoa

## 8. CASOS DE ESTUDO – ALBUFEIRA DE SANTA ÁGUEDA/MARATECA – ESTIMATIVA DE VOLUME

A albufeira da Marateca também designada de Santa Águeda, localiza-se no distrito de Castelo Branco,

no concelho de Castelo Branco (Figuras 21A, B e C) e faz parte da Bacia Hidrográfica do Tejo, sendo o curso de água que lhe dá origem o Rio Ocreza.

### 8.1. Albufeira da Marateca – Informação Vetorial Georreferenciada 1:25 000

Tal como já referido na Secção 7.1, foram também considerados os dados da Rede Geodésica Nacional

disponíveis no site da DGT nomeadamente os VG existentes na área geográfica envolvente à albufeira tendo sido incluído no geoprocessamento o valor da Altitude Ortométrica da Cota à Base da estrutura dos VG (Figuras 22A e B).

Figuras 22A, 22B. Sobreposição da informação altimétrica pontos cotados e curvas de nível com o polígono vetorial ao NPA da albufeira e sobreposição com o serviço WMS Ortofotos 2018 da DGT.

### 8.2. Albufeira da Marateca – Modelo TIN (Triangulated Irregular Network)

Ver figuras

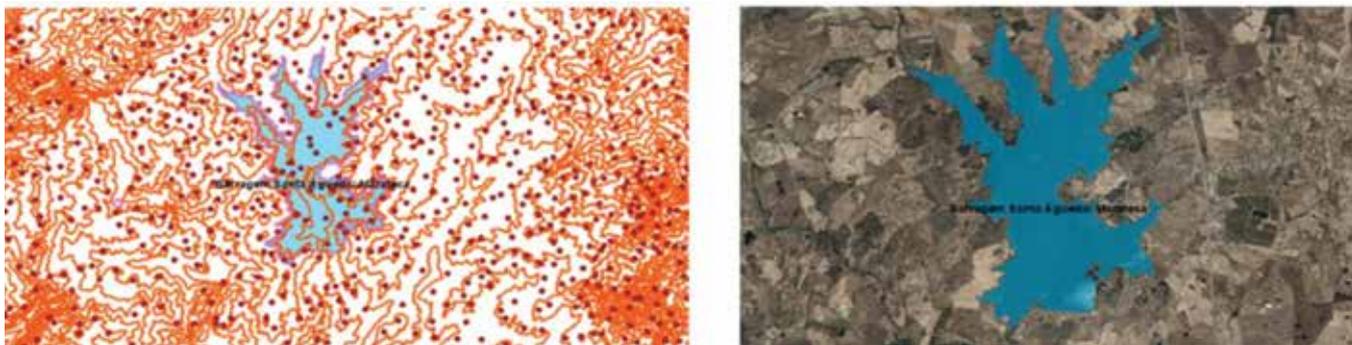
### 8.3. Albufeira da Marateca – Modelo MDT (Modelo Digital de Terreno)

Foi obtido o MDT da zona do leito da albufeira da Marateca e envolvente a partir do modelo TIN por meio das ferramentas de análise espacial em ambiente SIG (Figuras 24A e B).

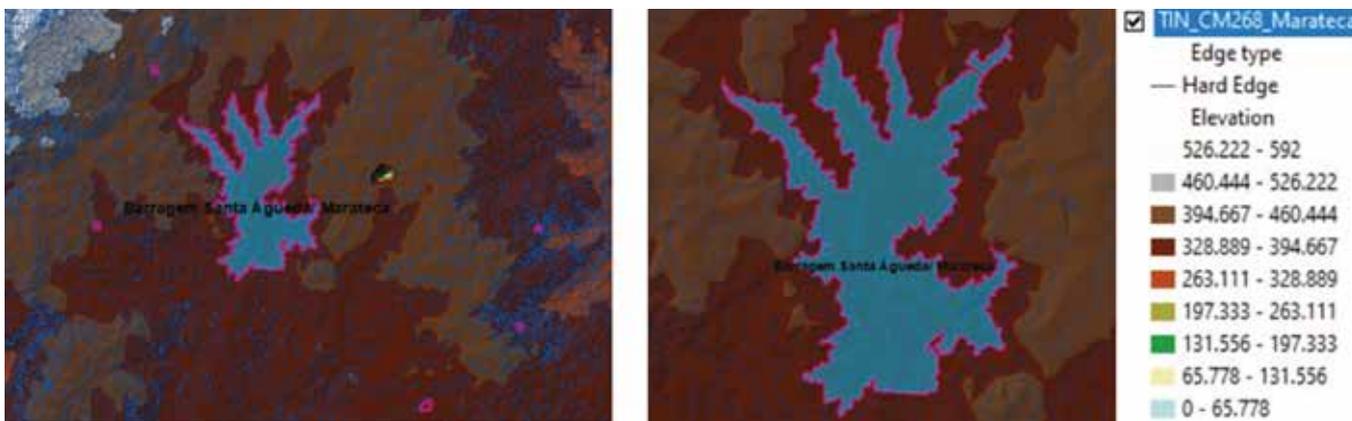
Revendo a obtenção do polígono ao NPA da albufeira a partir de dados de OT (Figura 25A e 25B), o polígono será usado para recorte do MDT, procedimento que precede a obtenção do Volume do correspondente corpo de água da Marateca(Figuras 26A, B e C).



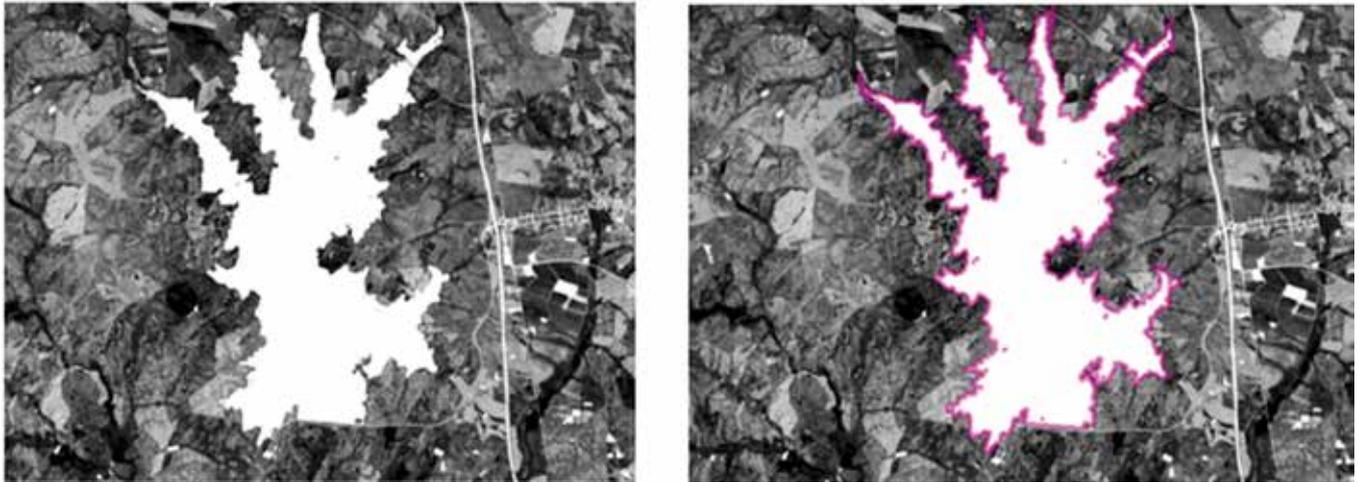
Figuras 21A, 21B e 21C. Albufeira da Marateca localização e representação no serviço WMS Ortofotos 2018 da DGT e na Carta Militar 1:25 000 do CiGeoE



Figuras 21A, 21B e 21C. Albufeira da Marateca localização e representação no serviço WMS Ortofotos 2018 da DGT e na Carta Militar 1:25 000 do CiGeoE



Figuras 23A e 23B. Modelo TIN (Triangulated Irregular Network) em sobreposição com a delimitação do Plano de Água a azul com destaque para a modelação do leito



Figuras 24A e 24B. Modelo MDT com a sobreposição da informação obtida do Plano de Água

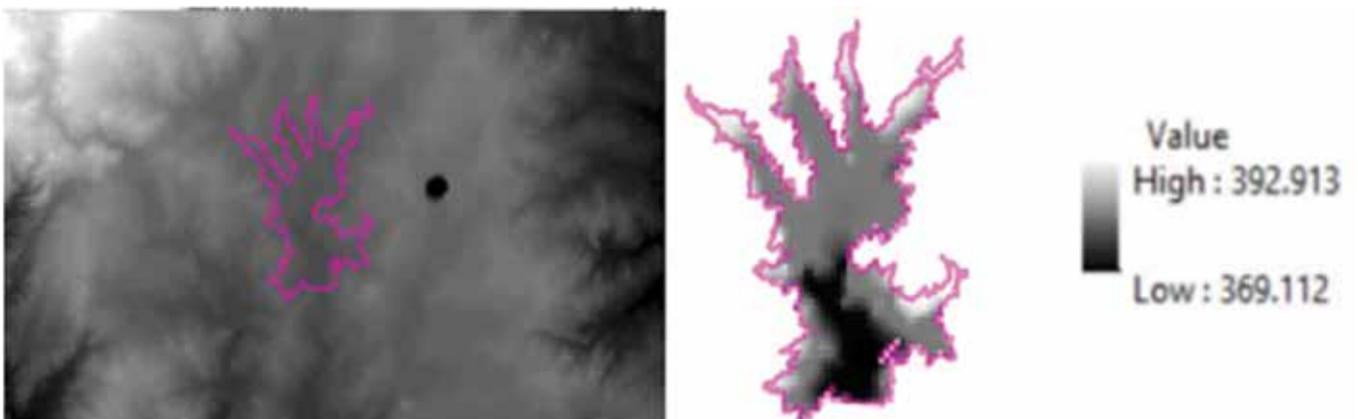


Figura 26A, 26B e 26C. Sobreposição do polígono que define o NPA ao MDT para recorte da imagem matricial MDT; variação dos valores dos pixels do MDT

Table							
SURFACE_BELOW_Marateca_VOLUME							
	Dataset	Plane Height	Reference	Z Factor	Area 2D	Area 3D	Volume
▶	rcGIS\Default.gdb\IRAS_POLMarat	392.913	BELOW	1	4386699.789707	4388757.840832	61307594.896057

Figura 27. Estimativa de Volume obtido para a Albufeira da Marateca

#### 8.4. Resultado Caso de Estudo Albufeira da Marateca – Estimativa de Volume

Foi considerado como Plano de Referência o valor da superfície do Plano de Água. Na Figura 27 é possível obter a estimativa do volume para a Albufeira da Marateca.

## 9. CONCLUSÕES

Através do presente estudo foi possível derivar uma metodologia para a inventariação dos polígonos de corpos de água com dados de OT, bem como, com

base nestes, estimar os respetivos volumes através de técnicas de análise espacial. Os resultados obtidos com esta metodologia mostraram-se dependentes do acesso a dados da topografia antes da existência das albufeiras consideradas na área de estudo, como é o caso das albufeiras mais recentes, devido à ausência de dados batimétricos. Mais ainda se conclui que com informação altimétrica de maior escala (por exemplo, 1:5000 ou 1:10 000) e em zonas mais restritas obter-se-ão estimativas de volumes de corpos de água ainda mais fiáveis, devido à maior resolução e detalhe espacial da informação. Como perspetivas futuras, objetiva-se a integração deste processo numa metodologia que permita incluir algoritmos de Machine Learning na classificação de

imagens de satélite para obtenção de Volumes em toda a área geográfica de jurisdição da ARHTO.

## AGRADECIMENTOS

Os autores pretendem expressar o seu agradecimento devido aos seus contributos para o presente artigo às seguintes entidades: ARH Alentejo, nomeadamente Alice Fialho (Chefe da Divisão de Planeamento e Informação) e José Figueira Mendes (Divisão de Planeamento e Informação); ARH Tejo e Oeste, nomeadamente Susana Fernandes (Administradora da ARH Tejo e Oeste), Mariana Pedras (Chefe de Divisão Planeamento e Informação), Helena Alves (Apoio Administração ARHTO), Isabel Guilherme (Apoio Administração ARHTO) e Catarina Patriarca (Chefe Divisão de Recursos Hídricos do Litoral).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gao, B. (1996). NDWI-A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water

from Space. Remote Sensing of Environment, Vol., 58, No. 3, Pag.257-266.

Susana Fernandes (2022) – “Uso eficiente da água ApR - água para reutilização” - Conversas na Biblioteca sobre: Água, recurso vital e escasso – Apresentação em Guarda, 21 de abril de 2021.

PGRI - 2.º Ciclo de Planeamento Apresentação - RH5 – Tejo e Ribeiras do Oeste (2022) – Apresentação em Constância, 12 de Outubro de 2022.

Patriarca, I., R. Gouveia, L. Sousa, P. Vilar (2021). Caracterização de Planos de Água na Área da Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (ARTHO) – Inventariação e Análise Geoespacial por meio de dados de Observação da Terra. XII Jornadas Ibéricas de Infraestruturas de Dados Espaciais, Portugal, 15 a 19 de novembro de 2021.

Vilar, P., A. Navarro, J. Rolim (2015). Utilização de Imagens de Detecção Remota para Monitorização das Culturas e Estimação da Necessidades de Rega. VIII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, Academia Militar, Amadora, Portugal, 29 e 30 de outubro de 2015.

<https://land.copernicus.eu/>

### Sobre os autores

#### Isabel Silva Patriarca

Licenciada em Engenharia Geográfica (pré-Bolonha), integrou os quadros do Instituto Hidrográfico da Marinha Portuguesa, 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 (SIG), 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 SIG e Observação da Terra dando também apoio aos sistemas de informação na Agência Portuguesa do Ambiente I.P.

#### Pedro Vilar

Atualmente exerce funções como Engenheiro de Sistemas do Espaço na empresa GMV Portugal para o desenvolvimento de sistemas e software de Observação da Terra por Satélite. Anteriormente participou em vários projetos na área da Observação da Terra e Sistemas de Informação

Geográfica em varias entidades portuguesas: Ministério da Administração Interna, Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa e Instituto Hidrográfico da Marinha Portuguesa. É Licenciado e Mestre em Engenharia Geográfica pela Universidade de Lisboa e possui uma Pós-graduação em Gestão do Conhecimento e Business Intelligence pela Universidade Nova de Lisboa.

#### Rui Gouveia

Licenciado em Engenharia de Recursos Naturais e Ambiente, possui duas pós-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 é atualmente Técnico da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

#### Luís Sousa

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