

Olga Dziuba

Seleção de potenciais locais para a
implantação de reservatórios de água para o
apoio à agricultura no concelho de São Brás
de Alportel



Faculdade de Ciências e Tecnologia

Instituto Superior de Engenharia

2023

Olga Dziuba

Seleção de potenciais locais para a implantação de reservatórios de água para o apoio à agricultura no concelho de São Brás de Alportel

Relatório do Estágio

Mestrado em Geomática

Análise de Sistemas Ambientais (ASA)

Orientado por:

Prof. Doutora Helena Maria Neto Paixão Vazquez Fernandez, Universidade do Algarve

Prof. Doutor Rui Miguel Madeira Lança, Universidade do Algarve

Dra. Cláudia Isabel Vicente Custódio, Município de São Brás de Alportel



Faculdade de Ciências e Tecnologia

Instituto Superior de Engenharia

2023

Seleção de potenciais locais para a implantação de reservatórios de água para
o apoio à agricultura no concelho de São Brás de Alportel

DECLARAÇÃO DE AUTORIA DE TRABALHO

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Olga Dziuba

©**Copyright:** (Olga Dziuba)

A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos.

Agradecimentos

A realização do presente trabalho só foi possível com a colaboração e apoio de várias pessoas, às quais gostaria de manifestar os meus agradecimentos, em particular:

À geógrafa Dra. Cláudia Isabel Vicente Custódio, colaboradora da Câmara Municipal de São Brás de Alportel, pela sugestão deste tema, pela sua orientação e interesse que demonstrou na concretização deste estágio, e pelo tempo que disponibilizou ao longo da realização do mesmo.

À Unidade de Urbanismo, Planeamento e Ordenamento do Território, Divisão Técnica Municipal da Câmara Municipal de São Brás de Alportel, pelo apoio que demonstraram ao longo do decorrer do estágio.

À professora Doutora Helena Maria Fernandez, docente da Universidade do Algarve, pelo auxílio e esclarecimentos sempre que foi necessário, com conselhos ponderados e coerentes que levaram à boa construção deste Relatório.

Ao Professor Rui Lança, docente da Universidade do Algarve, pela sua disponibilidade, e por todas as sugestões transmitidas ao longo da concretização deste relatório de estágio.

Ao Professor Fernando Martins, docente da Universidade do Algarve, pelo conhecimentos transmitidos e pela sua disponibilidade.

À geógrafa Mariana Seara por toda a disponibilidade e ajuda prestada.

À minha família, pelo apoio que me deram no desenrolar deste estágio e a todos os meus colegas e amigos, que sempre me apoiaram.

Resumo

No concelho de São Brás de Alportel por forma a fomentar a prática da agricultura de regadio, torna-se necessário proceder-se à construção de reservatórios para a acumulação de água de origem superficial.

Foi fundamental iniciar este trabalho caracterizando esta região por isso numa primeira fase, procedeu-se à descrição do clima, da rede viária, da geologia, dos solos, da hidrografia, da agricultura do concelho.

Com recurso à Deteção Remota e a Sistemas de Informação Geográfica começaram por ser identificadas as parcelas de regadio do concelho. O estudo foi desenvolvido a partir da aquisição, processamento e análise de imagens de Índice da Diferença Normalizada e Índice de Humidade da Diferença Normalizada de verão e inverno do satélite *Sentinel-2*, aplicando técnicas de processamento de imagem para extração das áreas de regadio.

Com recurso aos modelos digitais de elevação foram delimitadas as bacias hidrográficas. Foi realizada uma caracterização das mesmas e foi possível obter os dados relativos às características da rede de drenagem e direções do escoamento.

Identificaram-se áreas propícias para a construção de reservatórios, considerando variáveis específicas na tomada de decisão. Os critérios incluíram a localização a uma distância superior a 100 metros da rede viária e de linhas de alta tensão, a exclusão de áreas situadas nos polígonos destinados à agricultura no concelho e a preferência pela zona da serra devido às características do solo que asseguram uma menor impermeabilização do fundo, resultando em custos reduzidos. Por fim, foi calculado o balanço hidrológico dos reservatórios com vista a estimar a capacidade de armazenamento e disponibilidade hídrica para a rega ao longo do ano.

Neste estudo, de facto, é apresentado um exemplo de como a elaboração do balanço hidrológico pode ser apoiada nos SIG e de como pode ser construída uma base de apoio na gestão de recursos hídricos para o abastecimento da agricultura.

Palavras-Chave: Município de São Brás de Alportel; Bacia Hidrográfica, Deteção remota, Índices de vegetação, Sistemas de Informação Geográfica

Abstract

In the municipality of São Brás de Alportel, in order to encourage the practice of irrigated agriculture, it is necessary to build surface water reservoirs.

It was essential to begin this work by characterising the region, so the first step was to describe the climate, road network, geology, soils, hydrography and agriculture of the municipality.

Remote Sensing and Geographic Information Systems were used to identify irrigated plots in the municipality. The study made by acquiring, processing and analysing summer and winter *Normalized Difference Vegetation Index* and *Normalized Difference Moisture Index* images from the *Sentinel-2* satellite and applying image processing techniques to extract the irrigated areas.

Using digital terrain models, the river basins were delimited and an exhaustive characterization of the basins was obtained, from which it was possible to obtain data on the characteristics of the drainage network, in which the flow directions were defined.

Favourable areas were found for the construction of reservoirs. The variables included in the choice were: location more than 100 metres from the road network and high voltage power lines, being outside the polygons that correspond to the existing agriculture in the municipality, and the best conditions for building a reservoir were found to be in the mountains.

Finally, the hydrological balance of the reservoirs was calculated in order to estimate storage capacity and water availability for irrigation throughout the year.

In fact, this study provides an example of how the preparation of the hydrological balance can be supported by GIS and how a basis can be built to support the management of water resources for agricultural supply.

Key words: Municipality of São Brás de Alportel; Watershed, Remote sensing, Vegetation indices, Geographic Information Systems

Lista de símbolos

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

ASCE – American Society of Civil Engineers

CAOP – Carta Administrativa Oficial de Portugal

CCDR – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional

CD – Change Detection

COS – Carta de Ocupação do Solo

DGADR – Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

DGT – Direção Geral do Território

DTM – Divisão Técnica Municipal

DR – Detecção Remota

D8 – Oito direções

EG – Exatidão global

ESA – European Space Agency

GEE – Google Earth Engine

GIS – Geographic Information System

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPMA – O Instituto Português do Mar e da Atmosfera

MDE – Modelo Digital de Elevações

MSI – Multi-espectral

NASA – National Aeronautics and Space Administration

NDMI – Índice de humidade da diferença normalizada

NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NIR – Reflectância do infravermelho próximo

PDM – Plano Diretor Municipal

PDSI – Palmer Drought Severity Index

PP – Precisão do Produtor

PU – Precisão do utilizador

RAN – Reserva Agrícola Nacional

RADAR – Radio Detection and Ranging

RH8 – Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve

RED – Reflectância do vermelho

RGB – Red Green Blue

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

SROA – Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário

SWAT – Soil & Water Assessment Tool

TIN – Triangulated Irregular Network

UPTDE – Unidade de Planeamento, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Económico

QGIS – Quantum GIS (Geographic Information System)

Índice

Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract.....	vii
Lista de símbolos	viii
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento Geral.....	2
1.2. Indicação e justificação do tema escolhido	3
1.3 Objetivos e motivação.....	4
1.4. Enquadramento do estágio	4
2. Revisão bibliográfica	6
2.1 Deteção Remota	6
2.1.1 Programa <i>Copernicus</i> e <i>Sentinel</i>	7
2.1.2 Google Earth Engine	8
2.1.3 Bandas de espectro eletromagnético	9
2.2 Índices de vegetação.....	10
2.2.1 Índice de Vegetação de Diferença Normalizada	10
2.2.2 Índice de humidade da diferença normalizada	10
2.3 Change Detection	11
2.4 Classificação das imagens.....	11
2.4.1 Matriz de confusão	12
2.5 Sistemas de Informação geográfica.....	14
2.6 Modelo Digital de Elevações	15
2.6.1 Modelo de direcção de escoamento.....	16
2.6.2 Modelo de acumulação do escoamento.....	17
2.6.3 Rede de drenagem	18
2.6.4 Ordenação de rede de drenagem e delimitação das bacias hidrográficas.....	18
2.6.5 Rede geométrica de drenagem	19
2.7 Balanço hidrológico	19
2.7.1 Evapotranspiração	20
2.7.2 Evapotranspiração de referência	20
2.7.3 A evapotranspiração de uma determinada cultura.....	21
2.7.4 Escoamento	22
3 Materiais e métodos.....	23
3.1. Área de estudo.....	23

3.1.1 Geografia Administrativa e Dados Demográficos	23
3.1.2 Clima	24
3.1.3 Rede viária.....	24
3.1.4 Geologia, solos.....	25
3.1.5 Hidrografia	27
3.1.6 Agricultura	28
3.2 Aquisição de informação.....	29
3.3 Aplicação dos SIG para preparação da camada de informação relativa à atividade agrícola no concelho de São Brás de Alportel	30
3.4 Obtenção das imagens de <i>Sentinel-2</i> da plataforma do <i>Google Earth Engine</i>	37
3.4.1 Índice de Vegetação de Diferença Normalizada	38
3.4.2 Índice de humidade da diferença normalizada	38
3.5 Processamento das imagens	39
3.5.1 Classificação da diferença de Imagens de NDVI e NDMI entre inverno e verão.....	39
3.5.2 Classificação da imagem de NDVI e NDMI de verão	40
3.5.3. Obtenção da informação da imagem reclassificada para cada parcela agrícola no concelho	41
3.5.4 Determinação da qualidade de classificação através da matriz de confusão.....	42
3.6 Elaboração do Modelo Digital de Elevações	43
3.7 Delimitação da bacia hidrográfica e da rede de drenagem.....	44
3.8 Determinação dos locais para os reservatórios.....	45
3.9 Criação de rede geométrica de drenagem.....	47
3.10 Geração das Curvas Cota-Área-Volume	48
3.11 Elaboração do balanço hidrológico	50
3.11.1 Caracterização e determinação dos volumes de saída.....	51
3.11.2 Caracterização e determinação dos volumes de entrada	54
3.11.3 Elaboração do balanço hidrológico dos reservatórios a montante	55
3.11.4 Elaboração do balanço hidrológico dos reservatórios a jusante.....	55
4 Resultados e Discussão.....	57
4.1 Caracterização da Agricultura existente no Concelho	57
4.2. Criação e seleção das bacias hidrográficas para a implantação dos reservatórios	64
4.3 Identificação dos pontos onde é possível implantar os reservatórios e seleção dos reservatórios onde vai ser realizada o cálculo do balanço hidrológico	69
4.4 Criação de rede geométrica no <i>ArcMap 10.8</i>	70
4.5 Área das parcelas agrícolas situadas a jusante de reservatórios	71
4.6 Cálculo do balanço hidrológico para os reservatórios escolhidos.....	73
4.6.1 Elaboração de balanço hidrológico de reservatórios	76

4.6.2 Balanço hidrológico dos reservatórios a jusante	85
Conclusões.....	89
Bibliografia.....	94
Anexo 1 – Lista dos polígonos para verificar no campo	102
Anexo 2 – Códigos para obtenção imagens de GEE.....	103
Anexo 3 – Resultados da reclassificação de deferneça das imagens de NDVI, de deferença das imagens de NDMI, da reclassificação da imagem do verão de NDMI.....	110
Anexo 4 – Mapa da agricultura do concelho (Fonte: Autor).....	112
Anexo 5 – Mapa de atividade agrícola no concelho (Fonte: Autor)	113
Anexo 6 – O mapa dos pontos que satisfazem os condições para reservatórios (Fonte: Autor).....	114
Anexo 7 – Mapa com as bacias da água que vai chegar nos reservatórios (Fonte: Autor).....	115
Anexo 8 – Parcelas agrícolas situadas a jusante dos reservatórios (Fonte: Autor)	116
Anexo 9 – Parcelas agrícolas situadas a jusante dos reservatórios no concelho de São Brás de Alportel (Fonte: Autor).....	117
Anexo 10 – Reservatórios a jusante da Bacia da Ribeira das Mercês e da bacia da Ribeira de Alportel (Fonte: Autor).....	118

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Processos básicos envolvidos na detecção remota (Fonte: Lillesand <i>et al</i> , 2015).	6
Figura 2.2 – Espectro eletromagnético (Fonte: NASA, 2023).	9
Figura 2.3 – Estrutura de triangulação TIN - base da construção do MDE (Fonte: ArcGis, 2023).	16
Figura 2.4 – Matriz de direções de escoamento e codificação da direção de escoamento (Fonte: Adaptado de ArcGis Pro, 2023).	17
Figura 2.5 – Determinanação de escoamento acumulado (Fonte: Adaptado de ArcGis Pro, 2023).	17
Figura 2.6 – Método de ordenação de escoamentos de <i>Strahler</i>	19
Figura 3.1 – Mapa dos concelhos da região do Algarve com localização do Município de São Brás de Alportel (Fonte: Autora).	23
Figura 3.2 – Clima de Portugal Continental segundo a classificação de Köppen (Fonte: Adaptado de IPMA, 2023).	24
Figura 3.3 – Área de estudo, coincide com o limite do concelho, segundo a Carta Administrativa Oficial de Portugal de 2016 e a rede viária (Fonte: Município de São Brás de Alportel, Mapa-base: ©OpenStreetMap).	25
Figura 3.4 – Carta solos do concelho. Fonte: Autor (Fonte: Adaptado da Carta de solos de Portugal 1998 SROA à escala 1:50000).	26
Figura 3.5 – Rede hidrográfica do concelho de São Brás de Alportel (Fonte: Município de São Brás de Alportel).	27
Figura 3.6 – Área de RAN no concelho de São Brás de Alportel (Fonte: Município de São Brás de Alportel).	29
Figura 3.7 – Processo para extração da informação relativa à agricultura.	31
Figura 3.8 – Exemplo correção da informação vetorial de agricultura.	32
Figura 3.9 – Localização das parcelas agrícolas alvo de recolha de informação no campo do município de São Brás de Alportel (Fonte: Autor, Mapa-base: ©OpenStreetMap).	33
Figura 3.10 – Polígono antes e depois da correção.	34
Figura 3.11 – Polígono de COS 2018 antes de correções e depois.	34
Figura 3.12 – Processo para aquisição da informação da agricultura da COS 2018.	35
Figura 3.13 – Processo para aquisição da informação da união da agricultura da COS 2018 e topografia de 10000.	35

Figura 3.14 – Processo de <i>dissolve</i>	36
Figura 3.15 – Fluxograma do processamento do <i>raster</i> do MDE.	43
Figura 3.16 – Processamento de “Flow accumulation” do MDE.....	44
Figura 3.17 – Processamento de criação da rede drenagem.	44
Figura 3.18 – Processo de delimitação das bacias hidrográficas.....	45
Figura 3.19 – Processamento ordenação a rede drenagem.....	45
Figura 3.20 – Processamento de definição da bacia de drenagem para cada ponto.....	46
Figura 3.21 – Linha de jusante com percurso.....	47
Figura 3.22 – Processo de seleção das parcelas agrícolas situadas a jusante do reservatório.....	48
Figura 3.23 – Processamento da curva cota-area e curva cota-volume.....	49
Figura 3.24 – Metodologia de cálculo da área e volume de cada secção (Fonte: Autor)....	50
Figura 3.25 – Relação entre a precipitação anual em São Brás de Alportel e a precipitação anual registada na estação meteorológicas de São Bartolomeu Messines em período de 2006 até 2022.	52
Figura 4.1 – Mapa de agricultura do concelho de acordo com a informação da agricultura de topografia à escala 1:10000. (Fonte: Autor).....	57
Figura 4.2 – Mapa da agricultura do concelho de acordo com a COS 2018. (Fonte: Autor).....	58
Figura 4.3 – Mapa de união das camadas de agricultura de de topografia de 10000 e COS 2018. (Fonte: Autor).....	59
Figura 4.4 – Mapa da agricultura do concelho. (Fonte: Autor).....	60
Figura 4.5 – Imagem de verão de NDVI com máscara. (Fonte: Autor).....	61
Figura 4.6 – Resultado da reclassificação da imagem de NDVI de verão. (Fonte: Autor). 62	
Figura 4.7 – Mapa de atividade agrícola no concelho. (Fonte: Autor).....	63
Figura 4.8 – Modelo digital de elevações no formato <i>raster</i> . (Fonte: Autor).	65
Figura 4.9 – Modelo de direção de escoamento. (Fonte: Autor).....	66
Figura 4.10 – Modelo acumulação do escoamento de São Brás de Alportel. (Fonte: Autor).....	66
Figura 4.11 – Rede de drenagem. (Fonte: Autor).....	67
Figura 4.12 – Bacias hidrográficas e rede de drenagem do concelho. (Fonte: Autor).	68
Figura 4.13 – Linhas da água ordenadas segundo o método <i>Strahler</i> . (Fonte: Autor).....	68
Figura 4.14 – Mapa com as bacias hidrográficas dos reservatórios. (Fonte: Autor).....	70
Figura 4.15 – Rede geométrica com as direções de escoamento. (Fonte: Autor).	71

Figura 4.16 – Parcelas agrícolas situadas a jusante do reservatório. (Fonte: Autor).....	73
Figura 4.17 – Gráfico da cota área-volume da Ribeira da Gaifona.	74
Figura 4.18 – Gráfico da cota área-volume da Ribeira das Mercês.	75
Figura 4.19 – Gráfico da cota área-volume da Ribeira de Alportel.	76
Figura 4.20 – Reservatórios a jusante da Bacia da Ribeira das Mercês e da bacia da Ribeira de Alportel. (Fonte: Autor).	81
Figura 4.21 – Gráfico de cota - área - volume para o reservatório a jusante	81
Figura 4.22 – Gráfico de cota - área - volume para o reservatório a jusante	82
Figura 4.23 – As parcelas agrícolas situadas a jusante dos reservatórios. (Fonte: Autor). .	85

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Representação da Matriz de Confusão. (Adaptado de Congalton, 2009).	13
Tabela 3.1 – Dados vetoriais	29
Tabela 3.2 – Resolução espacial e comprimento de onda central das bandas B4, B8 e B11 do <i>Sentinel-2</i> (Fonte: Adaptado de Copernicus (2023)).	37
Tabela 3.3 – Interpretação de valores do NDMI	38
Tabela 3.4 – Qualidade de classificação de acordo com coeficiente de concordância K (Fonte: Adaptado de Landis & Koch, 1977).	42
Tabela 3.5 – Dados de evapotranspiração de referência mensal como valor médio de dados mensais da estação meteorológica São Bartolomeu de Messines no período de 2006 até 2022, em mm (Fonte: DRAPALG, 2023).	52
Tabela 3.6 - Coeficiente cultural de citrinos (Fonte:Rosa, 2019).....	53
Tabela 3.7 - Coeficiente cultural de oliveiras (Fonte: Rosa, 2019).....	53
Tabela 3.8 – Coeficiente cultural de vinha (Fonte: Rosa, 2019).	53
Tabela 3.9 – Evaporação tina mensais médias em mm (Fonte: SNIRH, 2023)	54
Tabela 3.10 – Valores média mensais de escoamento em regime natural de sub-bacia de Arade em mm (Fonte: APA, 2016).	55
Tabela 4.1 – A reclassificação da imagem do inverno de NDVI.	60
Tabela 4.2 – Reclassificação da imagem de verão de NDVI de acordo com os valores de pixéis de áreas de regadio.	61
Tabela 4.3 – Matriz de confusão para a imagem de NDVI obtida na reclassificação do mês de julho de 2021.	63
Tabela 4.4 – Valores da área das bacias hidrográficas e das bacias hidrográficas nos pontos de açude dos reservatórios	70
Tabela 4.5 – Área das parcelas agrícolas da bacia da Ribeira da Gaifona.	71
Tabela 4.6 – Área das parcelas agrícolas da bacia da Ribeira das Mercês.....	71
Tabela 4.7 – Área das parcelas agrícolas da bacia da Ribeira de Alportel.....	72
Tabela 4.8 – Somas de áreas de rega da cada bacia, km ²	72
Tabela 4.9 – Resultado das áreas e volumes relativas a cada cota da bacia da Ribeira da Gaifona.....	74
Tabela 4.10 – Os resultado das áreas e volumes relativas a cada cota da bacia da Ribeira das Mercês	75
Tabela 4.11 – Resultado das áreas e volumes relativas a cada cota da bacia da Ribeira de	

Alportel.....	76
Tabela 4.12 – Cálculo do balanço hidrológico do reservatório da bacia da Ribeira da Gaifona.....	77
Tabela 4.13 – Cálculo do balanço hidrológico do reservatório da bacia da Ribeira das Mercês.....	78
Tabela 4.14 – Cálculo do balanço hidrológico do reservatório da bacia da Ribeira de Alportel.....	79
Tabela 4.15 – Área e volume relativos a cada cota	82
Tabela 4.16 – Área e volume relativos a cada cota	83
Tabela 4.17 – Área da parcela agrícola a jusante do reservatório da bacia da Ribeira das Mercês.....	83
Tabela 4.18 – Área das parcelas agrícolas a jusante do reservatório da bacia da Ribeira de Alportel.....	84
Tabela 4.19 – Somas de áreas de rega da cada bacia, km ²	84
Tabela 4.20 – Áreas das bacias dos 2 ^{os} reservatórios a jusante e áreas dos reservatórios (do espelho da água).....	85
Tabela 4.21 – Cálculo do balanço hidrológico do segundo reservatório a jusante da bacia da ribeira das Mercês.....	86
Tabela 4.22 – Cálculo do balanço hidrológico do reservatório a jusante da bacia da Ribeira de Alportel.....	87

1. Introdução

O presente relatório é realizado no âmbito da unidade curricular “Dissertação, Projeto ou Estágio” do mestrado em Geomática. A opção em realizar um estágio curricular teve como objetivo principal proporcionar experiência profissional na área dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitindo consolidar, adquirir e desenvolver as competências adquiridas ao longo do curso. O estágio decorreu no Município de São Brás de Alportel, na Unidade de Planeamento, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Económico (UPOTDE), no Serviço de Planeamento e Ordenamento do Território, de 13 de fevereiro a 13 de maio de 2023 por um período de 500 horas (63 dias).

O relatório encontra-se estruturado em cinco capítulos:

No primeiro capítulo “Introdução”, é feito um enquadramento geral do tema do estágio, a motivação para o tema escolhido, os objetivos que se propõem alcançar e o enquadramento do estágio.

No segundo capítulo, “Revisão bibliográfica”, são descritos os conceitos prévios com uma breve análise dos temas desenvolvidos.

No terceiro capítulo, “Materiais e métodos”, é apresentada a descrição da área de estudo e a metodologia utilizada no trabalho apresentado.

No quarto capítulo, “Resultados e Discussão”, é realizada uma análise aos resultados obtidos.

No quinto capítulo, “Conclusões”, é apresentada uma avaliação global do estágio e dos seus resultados.

1.1 Enquadramento Geral

As atividades antrópicas, principalmente a queima de combustíveis fósseis, potencializa o efeito das alterações climáticas. As suas consequências são a principal ameaça ao desenvolvimento sustentável do planeta e, portanto, o maior desafio ambiental, económico e social a ser enfrentado no século XXI (Marengo, 2008).

Estas mudanças climáticas têm efeitos negativos nas atividades agrícolas, causando eventos meteorológicos extremos, inundações e secas, com impactos significativos na economia. Regiões de clima mediterrâneo, como aquelas marcadas por irregularidades na precipitação, são particularmente vulneráveis a essa incerteza resultante das mudanças globais (Trnka *et al.*, 2011).

O desenvolvimento sustentável da sociedade depende da boa gestão dos recursos naturais e, particularmente, da boa gestão dos recursos hídricos. A água é a base da vida, assim como de todas as atividades produtivas das quais o homem depende para a sua sobrevivência (Pedroso, 2014).

De todos os setores de atividade humana, a agricultura é o que apresenta maiores possibilidades de contribuir para uma gestão integrada da água, através da melhoria das práticas agrícolas e da interiorização da justificação do uso da água em termos económicos e ambientais (Rijo, 2011).

A agricultura desempenha um papel vital na economia de uma região. A Detecção Remota (DR) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm provado grande potencialidade no que concerne à identificação de áreas agrícolas, à gestão do uso da água na rega, à identificação das áreas com necessidades hídricas, contribuindo assim para uma melhor gestão dos recursos hídricos (Gebeyehu, 2019).

Na região do Algarve, com clima mediterrâneo, em que pouco chove nos meses mais quentes, para qualquer cultura que se pretenda instalar é fundamental a existência de água para rega. Culturas de “sequeiro” é um mito urbano, sem água não é possível fazer agricultura, sem água as plantas não produzem, não vivem, quanto muito sobrevivem (Rosa, 2019).

Segundo informações do Instituto Português do Mar e da Atmosfera, ao analisar o Palmer Drought Severity Index (PDSI) em Faro desde 1941, mostra que o território enfrentou secas severas em 1993, 2005, 2012, 2019 (IPMA, 2023a).

Na agricultura, onde a água é um recurso essencial, compreender e aplicar a lei do balanço hídrico é fundamental para garantir a eficiência no uso da água e minimizar as perdas. Através dessa abordagem, é possível avaliar e equilibrar as necessidades hídricas das plantas com a disponibilidade de água no sistema agrícola, uma vez que essa lei estabelece que as entradas para qualquer sistema ou área de água são iguais às suas saídas mais a mudança no armazenamento durante um intervalo de tempo (Sutcliffe, 2004).

Ao seguir essa abordagem, os agricultores podem otimizar o uso da água, minimizar as perdas e tomar decisões de como fazer a gestão da água nas atividades agrícolas. Isso irá contribuir para a sustentabilidade da agricultura, a conservação dos recursos hídricos e a mitigação dos efeitos da escassez hídrica na produção de alimentos (Trnka *et al.*, 2011).

Os SIG e os Modelos Digitais do Terreno (MDE) são fundamentais na análise e gestão do balanço hídrico na agricultura. Eles desempenham papéis complementares e essenciais para perceber a distribuição espacial da água, avaliar a topografia do terreno e tomar decisões relacionadas ao uso da água e à gestão dos recursos hídricos de forma mais eficiente, enfrentando o desafio da escassez hídrica na agricultura (Melo e Silva, 2008, Machado *et al.*, 2010).

1.2. Indicação e justificação do tema escolhido

O estágio tem como tema a “Seleção de potenciais locais para a implantação de reservatórios de água para o apoio à agricultura no concelho de São Brás de Alportel”. Esta opção pela vertente do estágio deve-se ao interesse em estabelecer um primeiro contacto a nível profissional e pretender adquirir experiência profissional na área dos SIG, permitindo assim desenvolver e consolidar as competências adquiridas no curso de Mestrado.

O tema foi proposto pela orientadora do estágio do Município de São Brás de Alportel, uma vez que foi considerada interessante e oportuna a identificação dos locais onde existem melhores condições para criar reservatórios de água para apoio à agricultura no concelho de São Brás de Alportel. O objetivo principal é contribuir para a redução da utilização de águas

subterrâneas na agricultura, privilegiando a água de origem superficial, a armazenar em reservatórios a construir no futuro.

1.3 Objetivos e motivação

O trabalho de estágio proposto será desenvolvido no concelho de São Brás de Alportel. Um concelho com agricultura, na sua maioria de sequeiro, tendo o regadio pouca expressão. Por forma a fomentar a prática da agricultura de regadio, torna-se necessário proceder-se à construção de reservatórios da água superficial.

Este trabalho terá como objetivos: (i) a determinação dos melhores locais para implementação de reservatórios de água para fins agrícolas, recorrendo às tecnologias disponíveis no SIG e na DR; (ii) calcular o balanço hidrológico desses reservatórios, por forma a estimar a capacidade de armazenamento dos mesmos.

No presente relatório estão documentadas as tarefas realizadas no estágio curricular para a obtenção do grau de mestre em Geomática, ramo análise de sistemas ambientais, da Universidade do Algarve. O relatório descreve, de forma detalhada, os procedimentos para seleção de potenciais locais para a implementação de reservatórios de água e do balanço hidrológico dos mesmos para o apoio à agricultura no concelho de São Brás de Alportel.

1.4. Enquadramento do estágio

O estágio decorreu na Divisão Técnica Municipal (DTM) da Unidade de Planeamento, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Económico (UPOTDE) no Município de São Brás de Alportel. A UPOTDE está a cargo de seis funcionários: 3 técnicas administrativas, 3 técnicos superiores (Uma Arquiteta, um Engenheiro e uma Geógrafa).

Ao Serviço de Planeamento e Ordenamento do Território compete:

- Proceder à elaboração, revisão, alteração, avaliação e suspensão dos instrumentos de gestão territorial municipal, das condicionantes e restrições de utilidade pública;
- Dar pareceres e submeter à apreciação superior, planos municipais de ordenamento do território, de São Brás de Alportel ou Concelhos vizinhos, recolher informação relevante para a elaboração dos planos territoriais;

- Conceder, implementar e gerir um sistema informático de informação geográfica (recolha, tratamento e gestão da informação);
- Fomentar a implementação de aplicações informáticas no âmbito do sistema de informação geográfica de forma a automatizar procedimentos;
- Colaborar na elaboração de outros planos municipais com interferência na gestão territorial, como é o caso do Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios, Plano Municipal de Emergência, Carta Educativa, no domínio do património, da habitação e outros.

2. Revisão bibliográfica

No presente capítulo são descritos de forma genérica os conceitos que serviram de apoio para realizar o trabalho de estágio e uma abordagem aos dados.

2.1 Detecção Remota

De acordo com Lillesand *et al*, (2015) a detecção remota é a ciência e a arte de obter informações sobre um objeto, área ou fenómeno através da análise de dados adquiridos por um dispositivo que não está em contacto com o objeto, área ou fenómeno sob investigação.

Na Figura 2.1 são apresentados esquematicamente os dois processos básicos envolvidos na detecção remota: a aquisição e a análise de dados.

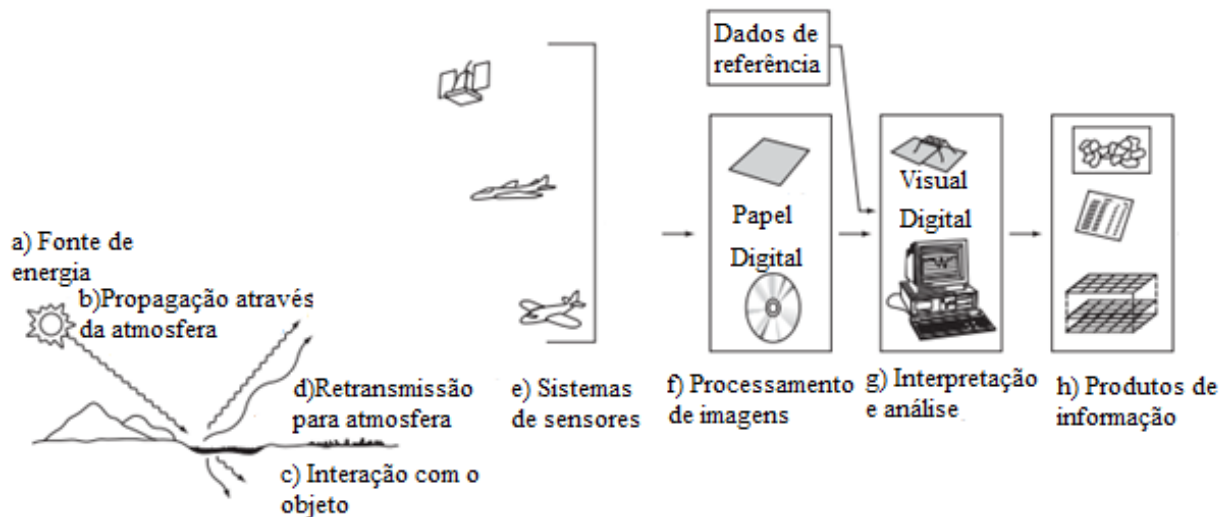


Figura 2.1 – Processos básicos envolvidos na detecção remota (Fonte: Lillesand *et al*, 2015).

Os elementos do processo de aquisição de dados são as Fontes de energia (a), a propagação da energia através da atmosfera (b), as interações da energia com as características da superfície terrestre (c), a retransmissão da energia através da atmosfera (d), os sensores espaciais (e), resultando na geração de dados dos sensores em forma digital de papel ou digital (f). O processo de análise de dados (g) envolve interpretação dos dados para analisar dados de sensores digitais. Finalmente, a informação é apresentada aos utilizadores (h), que a aplicam no seu processo de tomada de decisões (Lillesand *et al*, 2015).

Um dos métodos utilizados na detecção remota é a obtenção de informação a partir de satélites, os quais possuem grande capacidade de adquirir dados com grande resolução espacial e temporal do nosso planeta.

Os satélites incorporam sensores com espectros para além da luz visível necessários para muitos tipos de estudos, incluindo índices de vegetação, que permitem avaliar o estado e saúde da vegetação.

2.1.1 Programa *Copernicus* e *Sentinel*

Baseado em observações por satélite e no local, os serviços *Copernicus* fornecem dados quase em tempo real a fim de ajudar a compreender melhor o nosso planeta e gerir de forma sustentável o ambiente no qual vivemos.

Os satélites *Sentinel* fornecem um conjunto de observações muito importantes. O projeto *Sentinel* encontra-se dividido em missões de 1 a 6, sendo baseado numa constelação de dois satélites para cada missão.

As principais aplicações da missão *Sentinel-1* incluem: monitorização de gelo terrestre, da agricultura, de florestas, de ventos marinhos, alterações climáticas, deformação da terra, apoio à gestão de emergências como inundações e terremotos. Utilizam o espectro das microondas *Radio Detection and Ranging* (RADAR). O objetivo da missão *Copernicus Sentinel-2* é monitorizar a variabilidade das condições da superfície terrestre e apoiar a monitorização das alterações da superfície da Terra. Utilizam o espectro do visível ao infravermelho. A missão *Copernicus Sentinel-3* inclui uma constelação de dois satélites *Sentinel-3A* e *Sentinel-3B* e fornece dados óticos, de radar e de altimetria de alta precisão para serviços marítimos e terrestres. Utilizam o espectro das do visível ao microondas. O *Sentinel-4* fornecer dados para a monitorização da composição atmosférica para monitorizar os principais gases vestigiais e aerossóis da qualidade do ar na Europa. Utilizam o espectro do ultravioleta ao infravermelho próximo. O *Sentinel-5* dedica-se à monitorização da composição atmosférica e fornecerá medições exatas dos principais constituintes atmosféricos, utilizam o espectro do ultravioleta ao infravermelho. O *Sentinel-6* fornece altimetria de alta precisão para medir a altura global da superfície do mar, usam o espectro da ultravioleta ao infravermelho (Copernicus, 2023).

As imagens dos satélites *Sentinel* são distribuídas com base numa política de acesso aberto e sem custos. Neste trabalho foram usadas as imagens de satélite de missão *Sentinel-2* a partir da plataforma GEE.

A missão *Copernicus Sentinel-2* inclui uma constelação de dois satélites de órbita polar colocados na mesma órbita sincronizada com o sol, com uma fase de 180° relativamente ao outro. O *Sentinel-2* é uma missão de imagiologia multiespectral de grande envergadura e alta resolução espacial, que apoia os estudos de monitorização da Terra do *Copernicus*, incluindo a monitorização da vegetação, do solo e da cobertura de água (ESA, 2023).

A conceção do Instrumento Multi-Espectral (MSI) a bordo do *Sentinel-2* foi motivada pela exigência de um elevado desempenho geométrico e espectral das medições em grandes faixas. O MSI tem uma largura de faixa espectral de 290 nm. O instrumento multi-espectral (MSI) do *Sentinel-2* recolhe 13 bandas espectrais: quatro bandas a 10 metros, seis bandas a 20 metros e três bandas a 60 metros de resolução espacial (ESA, 2023).

O MSI mede a radiância reflectida da Terra do visível ao infravermelho do visível, o que permite o mapeamento do stress hídrico e a aplicação de diversos índices de vegetação como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Humidade da Diferença Normalizada (NDMI).

2.1.2 Google Earth Engine

O Google Earth Engine (GEE) é uma plataforma que permite a análise de informação geoespacial em nuvem para observação da terra, com o objetivo de monitorizar, analisar e visualizar dados relacionados com a Terra (Gorelick *et al.*, 2017).

O catálogo de dados públicos do GEE oferece acesso a um vasto conjunto de dados de observação da Terra e ferramentas de processamento e análise de imagens geoespaciais.

A biblioteca do GEE possui uma enorme variedade de funções, desde funções matemáticas, geoestatística, aprendizagem automática e operações no processamento de imagens, entre outras. Essa diversidade de recursos torna a plataforma versátil e capaz de lidar de forma eficiente com os objetivos propostos. A infraestrutura é baseada num modelo de programação cliente-servidor onde a biblioteca de cliente proporciona um *script* para a escrita do código. Esta abordagem torna o processo mais acessível e intuitivo para os

utilizadores, facilitando as análises geoespaciais. Pelo seu carácter de trabalhar em nuvem é possível extrair parâmetros importantes, como o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI), o Índice de Humidade da Diferença Normalizada (NDMI), entre outros outros, a partir de imagens de satélite, o que permite entender a dinâmica da Terra e as suas alterações ao longo do tempo (Gorelick *et al.*, 2017).

2.1.3 Bandas de espectro eletromagnético

A utilização da radiação eletromagnética é muito útil para as tecnologias de deteção remota. O espectro eletromagnético varia entre os comprimentos de onda mais curtos para os comprimentos de onda mais longos. No espectro eletromagnético estão representados sete tipos de ondas eletromagnéticas: ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios x e raios gama (Figura 2.2).

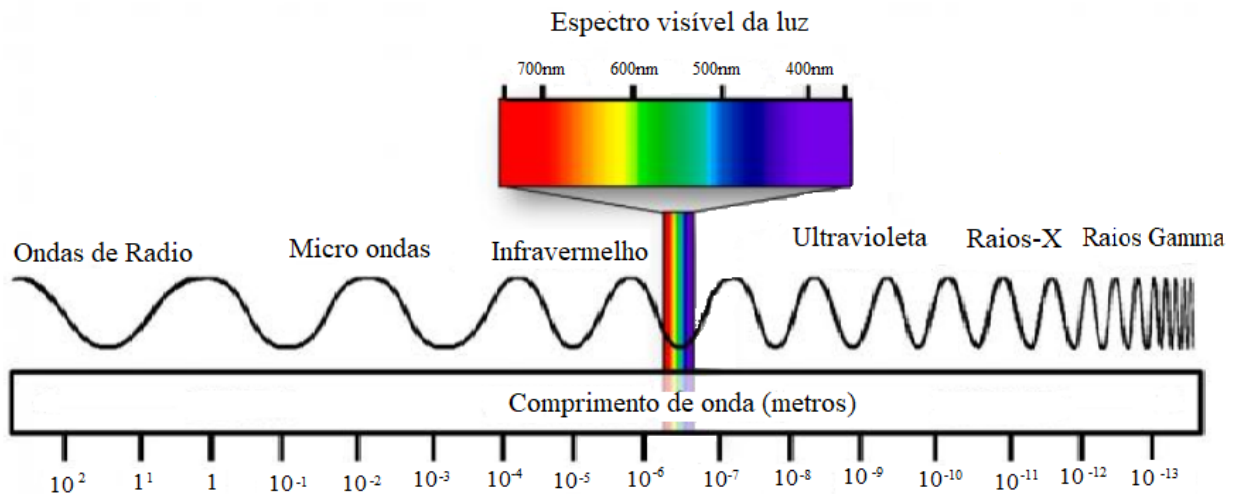


Figura 2.2 – Espectro eletromagnético (Fonte: NASA, 2023).

Os estudos sobre a vegetação baseiam-se em grandes diferenças na refletância da vegetação verde nas regiões do visível (0,4 a 0,7 μm) e do infravermelho próximo (0,7 a 3 μm). As plantas absorvem a luz visível em especial o vermelho para usar na fotossíntese e refletem a luz infravermelha próxima (Dias da Silva, 2017).

2.2 Índices de vegetação

Existem vários índices de vegetação que permitem obter os parâmetros biofísicos das plantas. Neste trabalho foram utilizados os seguintes índices para determinação o estado da vegetação da agricultura no concelho: o índice de vegetação por diferença NDVI e o NDMI.

2.2.1 Índice de Vegetação de Diferença Normalizada

A vegetação apresenta uma característica de absorção solar pelos pigmentos da clorofila que apresenta baixa refletância na banda do espectro da radiação visível e alta refletância na região do infravermelho próximo (De Moraes Novo, 2010). O NDVI é o índice de vegetação mais comum e fácil de obter para detetar coberturas de plantas verdes vivas com base na reflectância espectral na regiões do visível (banda vermelha) e do infravermelho próximo, respetivamente (James *et al.*, 2015). O NDVI é determinado pela Equação 2.1 (Rouse *et al.*, 1974).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (2.1)$$

Onde, *NIR* é a reflectância do infravermelho próximo e *RED* é reflectância do vermelho.

Os valores de NDVI variam de -1 (sem vegetação) a 1 (cobertura vegetal máxima). A faixa comum para vegetação verde é 0,2 a 0,8 e valores próximos a zero representam solo nu (Pedras *et al.*, 2014).

2.2.2 Índice de humidade da diferença normalizada

O NDMI é um índice que avalia a humidade ou a quantidade de água da vegetação. É particularmente útil para estudar e monitorizar as alterações ao nível do solo e da vegetação ao longo do tempo, o que é essencial para entender a saúde das culturas agrícolas, os impactos das secas ou inundações stress hídrico das culturas e variando entre os valores entre -1 e +1 (Serrano *et al.*, 2019). Cada valor obtido corresponde a uma determinada situação agronómica (Taloor *et al.*, 2021). Valores negativos próximos de -1 indicam stress hídrico, enquanto o que +1 pode indicar um alagamento.

Os indicadores de NDMI têm uma forte correlação com a matéria seca das folhas (Wang, 2011).

A Equação 2.2 mostra de cálculo do NDMI (Berca *et al.*, 2022):

$$NDMI = \frac{NIR-SWIR1}{NIR+SWIR1} \quad (2.2)$$

Onde, *NIR* é a reflectância do infravermelho próximo e *SWIR1* é a reflectância da onda curta de infravermelho na faixa de 1.55 a 1.75 μm .

2.3 Change Detection

A técnica de *Change Detection* (CD) permite encontrar alterações em duas ou mais imagens de satélite obtidas da mesma determinada área em momentos diferentes.

A técnica CD pode ser dividida em três etapas principais: (i) o pré-processamento das imagens (ii) a diferença entre imagens, que consiste na subtração entre pixels; (iii) a limiarização da diferença e a respetiva reclassificação em dois clusters (com ou sem alteração) (Maithree *et al.*, 2020).

Como resultado, as áreas inalteradas têm valores iguais ou próximos de zero, enquanto as áreas com alterações significativas têm valores positivos ou negativos.

Podem ser utilizados vários procedimentos para CD na ocupação do solo, incluindo a diferenciação de índices de vegetação (Coppin *et al.*, 2004).

2.4 Classificação das imagens

A classificação de imagens é um processo de extração de informações que visam o reconhecimento de padrões e elementos homogêneos utilizados para fazer o mapeamento de áreas da superfície terrestre. Essa classificação pode ser feita através de método supervisionado e não supervisionado (Barbosa, 2009).

No método de classificação supervisionada são utilizados algoritmos para caracterizar os pixels numa imagem de forma a representar os tipos específicos de cobertura terrestre, ou seja, as classes, baseando-se num treino de conjuntos de dados de entrada associados às coberturas terrestres que se pretende identificar.

(Lillesand *et al.*, 2015). A classificação supervisada permite a identificação e a diferenciação de objetos presentes na imagem através do padrão da assinatura espectral. Este processo

associa os pixéis a classes de acordo com a assinatura espectral de cada objeto presente na imagem (Paula Ruggeri, 2022).

No método de classificação não supervisionada são estabelecidos algoritmos que examinam os pixéis desconhecidos numa imagem e agregam-nos num certo número de classes com base em agrupamentos naturais ou clusters presentes nos valores da imagem (Lillesand *et al*, 2015). A classificação não supervisionada consiste na agregação de *pixéis (clusters)* de forma automática (realizada pelo *software*) de acordo com as suas características espectrais. O utilizador apenas intervém na escolha do número e da dimensão mínima dos *clusters*, e no processo de agregação dos *clusters* que representam a mesma classe (Paula Ruggeri, 2022).

2.4.1 Matriz de confusão

Na técnica de classificação, é recomendado verificar os resultados obtidos com a verdade do terreno, ou seja, com a interpretação de imagens de dados georreferenciados reais (Congalton, 2001).

Para determinar a precisão da classificação, recorre-se à construção de uma matriz de confusão. Uma matriz de confusão é uma matriz quadrada de números dispostos em linhas e colunas que exprimem o número de unidades de amostra atribuídas a uma determinada categoria numa classificação, relativamente ao número de unidades de amostra atribuídas a uma determinada categoria na realidade.

Para tal, são seleccionados aleatoriamente pontos amostrais na imagem classificada que posteriormente serão validados em campo. Na construção desta matriz são obtidos os erros de omissão e comissão e determinado o coeficiente k , que mede o grau de concordância dos dados, gerando a precisão da classificação (Walz *et al.*, 2007).

Um erro de comissão ocorre quando uma área é incluída numa categoria incorreta. Um erro de omissão ocorre quando uma área é excluída da categoria a que pertence. Cada erro no mapa é uma omissão da categoria correta e uma comissão para uma categoria incorreta (Congalton, 2009). A Tabela 4.1 representa uma Matriz de Confusão.

Tabela 2.1 – Representação da Matriz de Confusão. (Adaptado de Congalton, 2009).

Dados Classificados	Dados de Referência			Coluna total ni+
	1	2	k	n1+
1	n11	n12	n1k	n2+
2	n21	n22	n2k	n3+
k	nk1	nk2	nkk	nk+
Linha total n+j	n+1	n+2	n+k	n

Onde, i corresponde às linhas da classificação na matriz, j às colunas de referência na matriz, k ao número de classes e n representa o número de parcelas da matriz, $n+j$ é o número total de pontos avaliados de classe j na referência, $ni+$ é o número total de pontos avaliados de classe i na classificação e $n+j$ é o número total de pontos avaliados de classe j na referência, $ni+$ é o número total de pontos avaliados de classe i na classificação

A Exatidão Global (EG) da classificação corresponde à soma da diagonal principal (ou seja, as unidades de amostra classificadas corretamente) dividida pelo número total de unidades de amostra na matriz de erro (Congalton, 2009). Pode ser calculado através da seguinte Equação:

$$EG = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \quad (2.3)$$

Onde, n_{ii} é o número total de pontos corretamente classificados da classe i .

A precisão do produtor (PP) da classificação representa a quantidade de dados de referência, isto é, parcelas usadas para teste, que são corretamente classificadas. Resulta na divisão do número de parcelas corretamente classificadas em cada classe (presentes na diagonal da matriz), pelo número total de dados de referência dessa mesma classe, isto é, o total de cada linha (Congalton, 2009). Pode ser calculado através da Equação 2.4:

$$EP = \sum_{j=1}^k \frac{n_{ii}}{n+j} \quad (2.4)$$

Onde, n_{ii} é o número total de pontos corretamente classificados da classe i e $n+j$ é o número total de pontos avaliados de classe j na referência e $ni+$ é o número total de pontos avaliados de classe i na classificação.

A precisão do utilizador (PU) representa a proporção de parcelas classificadas numa dada classe representada por essa mesma classe no solo. Este valor é calculado pela divisão de parcelas corretamente classificadas em cada classe (diagonal da matriz), pelo número total de parcelas que foram classificadas nessa categoria, isto é, o total de cada coluna (Congalton, 2009). PU é determinado pela Equação 2.5 :

$$EU = \sum_{j=1}^k \frac{ni}{ni+} \quad (2.5)$$

Onde, ni é o número total de pontos corretamente classificados da classe i e $ni+$ é o número total de pontos avaliados de classe i na classificação.

O coeficiente de concordância Kappa de Cohen (K) é uma técnica multivariada discreta utilizada na avaliação da exatidão da classificação medindo o grau de concordância da classificação por detecção remota com os dados de referência (Congalton, 2009). A Equação 2.6 expressa o cálculo de K .

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^k ni - \sum_{i=1}^k (ni+) * n+i}{n^2 \sum_{i=1}^k (ni+) * n+i} \quad (2.6)$$

Onde, ni é o número total de pontos corretamente classificados da classe i , $ni+$ é o número total de pontos avaliados de classe i na classificação e $n+i$ o número total de pontos avaliados de classe i na referência.

O valor K é calculado para cada matriz de erro e é uma medida do grau de concordância da classificação com os dados reais. Varia entre -1 e 1, em que valores negativos demonstram que não existe nenhuma concordância, valores iguais a zero demonstram uma concordância aleatória e valores iguais a 1 uma concordância perfeita.

2.5 Sistemas de Informação geográfica

Os SIG podem ser definidos como suporte a um conjunto de procedimentos, nomeadamente, a procura, a recolha, o armazenamento, a representação, a visualização e a disponibilização e publicação de dados geográficos, que podem ser representados por pontos, linhas, polígonos, caso se trate de dados de natureza vetorial (Cosme, 2012).

No SIG a visualização dos mapas é possível a qualquer escala, independentemente da escala a que o mapa foi produzido. A sobreposição e análise espacial de dois mapas efetuadas a escala diferente também é possível, embora apresentando níveis de detalhe diferentes (Caeiro, 2013).

O SIG permite fazer análises espaciais de sobreposição e permitem juntar e adicionar objectos com atributos ou localizações comuns (Caeiro, 2013). Mais precisamente, a análise espacial pode ser definida como um conjunto de técnicas cujos resultados dependem da localização dos objectos em estudo.

Associada aos dados gráficos está uma base de dados alfanuméricos do tipo relacional que permite que a inquirição e a manipulação dos dados possa ser feita, não só, com base na localização espacial dos objectos definidos como unidades espaciais mas, também, com base nos atributos associados a esses objectos (Melo e Silva, 2008).

As capacidades dos SIG no domínio da análise espacial estão associadas a operadores que recorrem aos aspectos topológicos e espaciais dos dados geográficos, bem como aos atributos espaciais ou não espaciais que estão associados às unidades ou entidades gráficas armazenadas no sistema (Aranoff, 1989).

2.6 Modelo Digital de Elevações

Por Modelo Digital de Elevações (MDE) designa-se qualquer conjunto de dados em suporte numérico que, para uma dada zona, permite associar a qualquer ponto definido sobre o plano cartográfico um valor correspondente à sua altitude (Matos, 2001). É bastante útil para a análise e o planeamento das redes hidrológicas, fornecendo informações essenciais a nível das direções de escoamento da água, a delimitação das bacias hidrográficas e a ordenação das linhas de água na rede hidrográfica.

A forma mais comum de criar uma MDE é através da estrutura *Triangulated Irregular Network* (TIN). Na estrutura em rede de triângulos irregulares, os vértices dos triângulos são pontos cotados, tornando-se esta mais eficiente e flexível para a modelação do terreno (Melo e Silva, 2008). Esta triangulação tem a propriedade de a circunferência definida pelos três pontos de um triângulo não conter qualquer outro ponto do conjunto de pontos que definem a triangulação (Matos, 2001).

A estrutura de triangulação TIN que constitui a base da construção do MDE é apresentada na Figura 2.3.

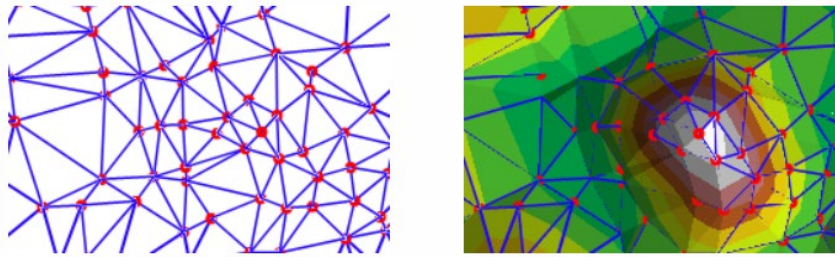


Figura 2.3 – Estrutura de triangulação TIN - base da construção do MDE (Fonte: ArcGis, 2023).

As arestas dos TIN formam facetas triangulares contíguas e não sobrepostas e podem ser utilizadas para captar a posição de características lineares que desempenham um papel importante numa superfície, tais como linhas de cursos de água (ArcGis, 2023).

2.6.1 Modelo de direcção de escoamento

Para obter as características hidrológicas de uma superfície, é necessário determinar a direcção do escoamento de cada célula no *raster*. Para isso, cria-se um modelo de direcção de escoamento.

Existem oito direcções de saída válidas relacionadas às oito células adjacentes nas quais o fluxo pode deslocar-se. Esta abordagem é chamada de modelo de fluxo de oito direcções (D8) e segue uma abordagem apresentada em Jenson e Domingue (1988).

A direcção de escoamento é determinada para a célula central pela direcção da descida mais acentuada calculada como a alteração do valor z dividido pela distância. A matriz de direcções de escoamento e a codificação da direcção de escoamento é apresentada na Figura 2.4.

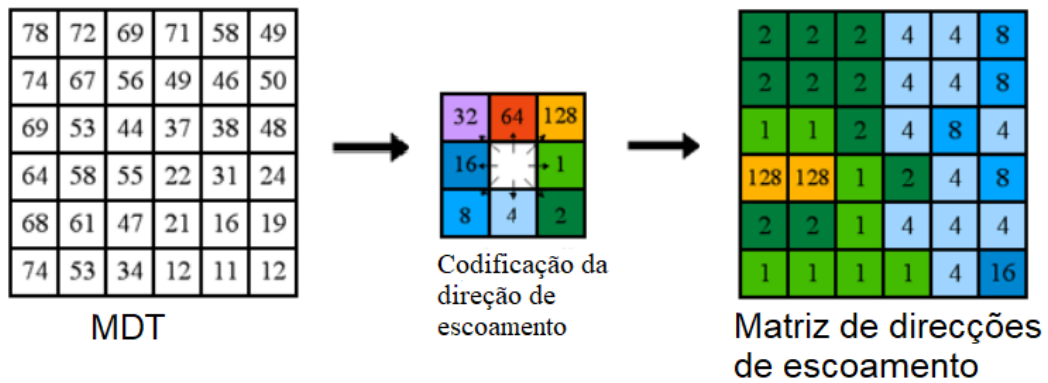


Figura 2.4 – Matriz de direções de escoamento e codificação da direção de escoamento (Fonte: Adaptado de ArcGis Pro, 2023).

Quando se encontra uma direção de descida mais acentuada, a célula de saída é codificada com o valor que representa essa direção.

2.6.2 Modelo de acumulação do escoamento

O modelo de acumulação do escoamento calcula o escoamento acumulado onde cada célula representa o valor acumulado do escoamento superficial para essa célula.

As células com uma elevada acumulação de escoamento são áreas de escoamento concentrado e podem ser utilizadas para identificar rede de drenagem. (ArcGis Pro, 2023). A determinação de escoamento acumulado é apresentada na Figura 2.5.

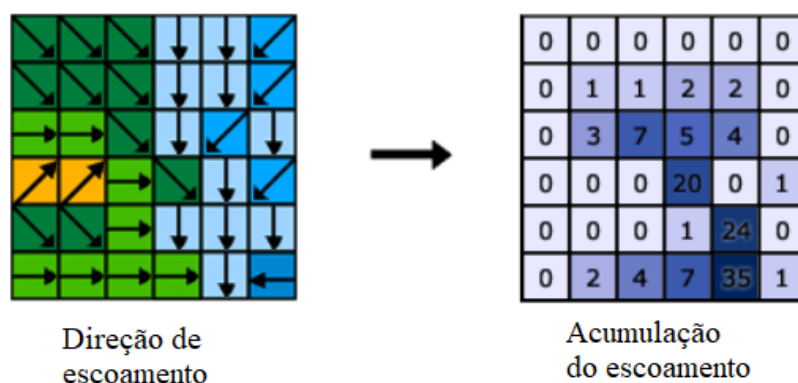


Figura 2.5 – Determinação de escoamento acumulado (Fonte: Adaptado de ArcGis Pro, 2023).

2.6.3 Rede de drenagem

A rede de drenagem é um sistema natural, composto por diversos canais que interligados, que é capaz de transportar a água superficial, essencialmente proveniente das chuvas, até à foz (Marques, 2014).

A criação de rede de drenagem pode ser feita através da ferramenta “*Stream to Feature*” em *ArcMap 10.8*, que permite vetorizar todos os cursos da água. Após esta operação, rede de drenagem fica definida e pronta para a ordenação da rede pelo método de *Strahler* (Marques, 2014).

2.6.4 Ordenação de rede de drenagem e delimitação das bacias hidrográficas

Após a criação do modelo de direção de escoamento, é possível definir as bacias hidrográficas em estudo. Para isso é utilizada a opção “*Watershed*”, que delimita a bacia hidrográfica. Através da interpolação é possível proceder à localização exata da bacia hidrográfica (Marques, 2014).

O método de *Strahler* é o método mais comum de ordenação de fluxos que foi proposto por Strahler em 1952.

Neste método, a ordem dos escoamentos só aumenta quando escoamentos da mesma ordem se intersectam. A intersecção de duas ligações de ordens diferentes, no entanto, não resultará num aumento da ordem. A intersecção de uma ligação de primeira ordem com uma ligação de segunda ordem será uma ligação de segunda ordem. A intersecção de duas ligações de primeira ordem criará uma ligação de segunda ordem, a intersecção de duas ligações de segunda ordem criará uma ligação de terceira ordem, etc.. (ArcGis Pro, 2023). O método de ordenação de escoamentos de *Strahler* é apresentado na Figura n2.6.

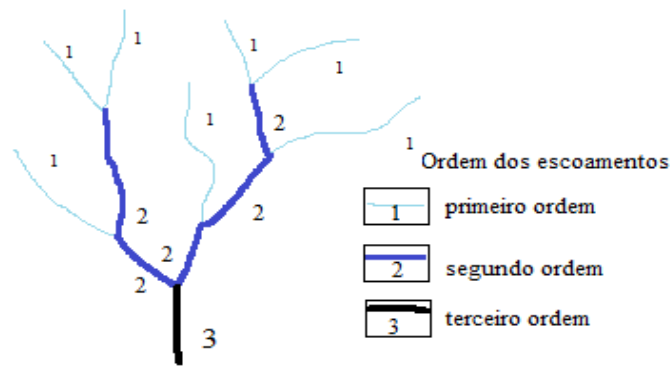


Figura 2.6 – Método de ordenação de escoamentos de *Strahler*.

2.6.5 Rede geométrica de drenagem

As redes geométricas são uma representação de dados que consiste num conjunto de arestas e junções ligadas, juntamente com regras de conectividade utilizadas para representar e modelar o comportamento de infraestruturas de rede comuns do mundo real (Zeiler, 2001).

Aresta é uma linha entre dois pontos que forma um limite. Em uma forma geométrica, uma borda forma o limite entre duas faces. Junção é um ponto no qual dois ou mais segmentos de encontram (ESRI, 2023).

A análise da rede envolve o rastreamento da rede – ou traçado – que, por sua vez, implica conectividade. Um elemento de rede só pode ser incluído num resultado de rastreamento se estiver de alguma forma ligado a outros elementos no resultado do rastreamento. O resultado do rastreamento é o conjunto de características da rede que é encontrado pela operação de rastreamento (ESRI, 2023).

No *ArcMap 10.8*, os pontos de partida dos traços são definidos pelas “bandeiras”. Estas podem ser colocadas em qualquer lugar ao longo das arestas ou nas junções. Ao efetuar a operação de rastreamento, o *ArcMap 10.8* utiliza a característica de aresta ou junção subjacente como ponto de partida. Os elementos da rede ligados a estas arestas ou junções são considerados para inclusão no resultado do traçado (ESRI, 2023).

2.7 Balanço hidrológico

O balanço hidrológico é a relação entre a quantidade de água que entra, a quantidade de água que sai e a variação do volume de água armazenado num sistema e num determinado período. Para realizar este cálculo é necessário quantificar os processos envolvidos no ciclo

hidrológico, como, por exemplo: precipitação, evaporação, evapotranspiração, evaporação, armazenamento de água no solo, infiltração profunda ou escoamento superficial.

2.7.1 Evapotranspiração

A evapotranspiração é um processo natural que combina a evaporação da água da superfície do solo, como de lagos, rios e solos e vegetação húmida com a transpiração das plantas.

A evaporação é o processo pelo qual a água líquida é convertida em vapor de água (vaporização) e removida da superfície de evaporação (remoção de vapor) (Allen *et al.*, 1998).

É necessária energia para mudar o estado das moléculas de água de líquido para vapor. A radiação solar direta e, em menor grau, a temperatura ambiente do ar fornecem essa energia (Allen *et al.*, 1998).

A transpiração consiste na vaporização da água líquida contida nos tecidos das plantas e na remoção do vapor para a atmosfera (Allen *et al.*, 1998).

Em resumo, é a perda de água da superfície do solo e das plantas para a atmosfera. Esse processo desempenha um papel crucial no ciclo da água, no clima e na hidrologia, afetando a disponibilidade de água para ecossistemas, agricultura e abastecimento de água.

Nas actividades agrícolas, é necessário obter o maior rendimento possível, pelo que é necessário compensar as plantas pela água perdida durante do processo de evapotranspiração (Allen *et al.*, 1998, Dias da Silva, 2017).

2.7.2 Evapotranspiração de referência

A taxa de evapotranspiração de uma superfície de referência, sem falta de água, é chamada de evapotranspiração da cultura de referência ou evapotranspiração de referência e é denotada como ETo . A superfície de referência é uma cultura de referência hipotética de gramíneas com características específicas. A utilização de outras denominações, como ET potencial, é fortemente desaconselhada devido a ambiguidades nas suas definições (Allen *et al.*, 1998).

Os únicos factores que afectam a evapotranspiração de referência (Eto) são os parâmetros climáticos. A ETo representa a capacidade de evaporação e transpiração de um local

específico durante uma determinada época do ano, sem considerar as características das culturas e os fatores do solo (Allen *et al.*, 1998).

O painel de especialistas da American Society of Civil Engineers (ASCE) recomendou a abordagem combinada do método Penman-Monteith tanto para climas áridos quanto húmidos. Trata-se de um método confiável com capacidade de prever com precisão a ET_o numa ampla variedade de locais e climas, sendo aplicável mesmo em cenários de escassez de dados (Allen *et al.*, 1998). O método fornece valores mais consistentes quando se baseia nos dados de consumo de água pelas culturas atualmente observados em todo o mundo (Dias da Silva, 2017). A Equação é seguinte (Allen *et al.*, 1998).

$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} \cdot U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 \cdot U_2)} \quad (2.7)$$

Onde, ET_o é evapotranspiração de referência (mm d^{-1}), R_n a radiação líquida à superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), G a densidade do fluxo de calor do solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), T a temperatura média diária do ar a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$), U_2 a velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1}), e_s a pressão de vapor de saturação (kPa), e_a a pressão de vapor real (kPa), $(e_s - e_a)$ o déficit de pressão de vapor de saturação (kPa), Δ o Declive da curva de pressão de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$) e γ a Constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

2.7.3 A evapotranspiração de uma determinada cultura

A evapotranspiração da cultura corresponde àquela que ocorre num local específico onde uma cultura bem adaptada à região é cultivada, sem déficit hídrico e sob boas condições de saúde.

A evapotranspiração de uma determinada cultura (ET_c) pode ser calculada de acordo com a seguinte Equação (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (2.8)$$

Onde, ET_o é a evapotranspiração de referência e K_c o coeficiente cultural.

2.7.4 Escoamento

O escoamento superficial de uma bacia hidrográfica refere-se à quantidade de água que atravessa uma seção de um curso de água num determinado período.

De acordo com (Rodrigues *et al.*, 2011) “O caudal de um curso de água pode ser definido como relação entre o volume de água que passa numa determinada secção desse curso de água de toda a bacia hidrográfica a montante, e o respetivo tempo de passagem”.

3 Materiais e métodos

Neste capítulo, é descrita a metodologia geral que será seguida nas etapas de execução, que levarão ao resultado final do trabalho

A área de estudo insere-se no concelho de São Brás de Alportel, sendo por isso fundamental iniciar este trabalho caracterizando esta região.

3.1. Área de estudo

3.1.1 Geografia Administrativa e Dados Demográficos

A área de estudo insere-se no concelho de São Brás de Alportel. O município é composto por uma única freguesia, com a mesma designação do concelho.

Foi uma freguesia do concelho de Faro até 1 junho 1914, quando se autonomizou, tornando-se concelho (Web site da Câmara Municipal de São Brás de Alportel, 2023).

É limitado a sul pelos concelhos de Faro e de Olhão, a norte pelos concelhos de Tavira e Loulé, a este pelo concelho de Tavira, a oeste pelo concelho de Loulé. A área do concelho tem 153,37 km² (DGT, 2023). De acordo com os censos 2021, o concelho apresenta cerca de 11.248 habitantes (INE, 2021).

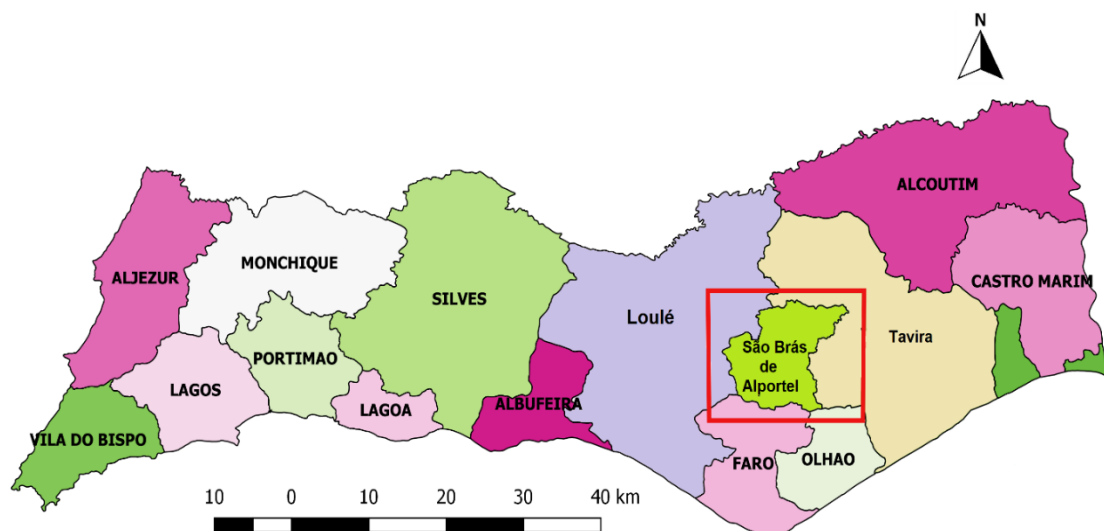


Figura 3.1 – Mapa dos concelhos da região do Algarve com localização do Município de São Brás de Alportel (Fonte: Autora).

3.1.2 Clima

De acordo com os dados apresentados pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, 2023) e segundo a classificação de Köppen, o clima do concelho corresponde do tipo Csa. É um clima temperado com invernos chuvosos e verões quentes e secos. O mapa do clima de Portugal Continental de acordo com a classificação de Köppen é apresentado na Figura 3.2.

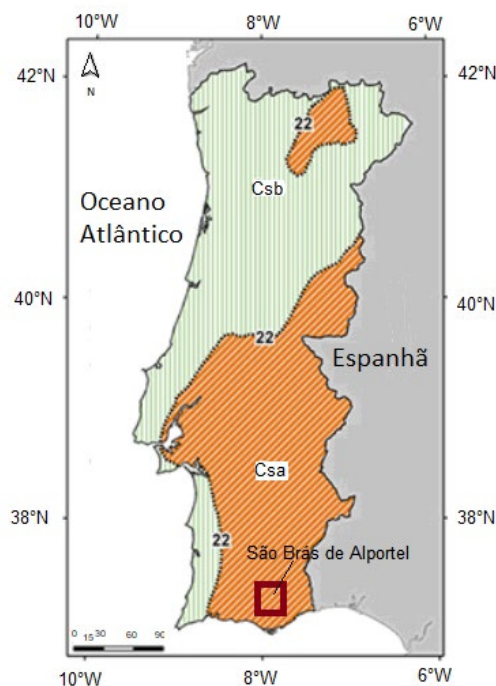


Figura 3.2 – Clima de Portugal Continental segundo a classificação de Köppen (Fonte: Adaptado de IPMA, 2023).

A primeira letra "C" da classificação corresponde à temperatura média do mês mais frio superior a 0°C e inferior a 18°C. A segunda letra "s" significa que um mês de verão seco tem menos de 30 mm de precipitação. De acordo com terceira letra "a" uma temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C (Dias da Silva, 2017).

3.1.3 Rede viária

A Vila de São Brás de Alportel e dos aglomerados populacionais mais importantes da freguesia situam-se no cruzamento de duas estradas importantes a Estrada Nacional 2 e a Estrada Regional 270. A estrutura viária do concelho é marcada por estes dois eixos principais que se cruzam, delimitando no território quatro setores. Com efeito, por um lado

temos o eixo norte-sul, Estrada Nacional 2, que assume atualmente a principal ligação a Faro e foi no passado a principal ligação do Algarve a Lisboa e ao norte do País. Por outro lado, o eixo oeste-este, a Estrada Regional 270 (Galego *et al.*, 2006).

As principais estradas do concelho e a rede viária do Município de São Brás de Alportel são apresentadas na Figura 3.3.

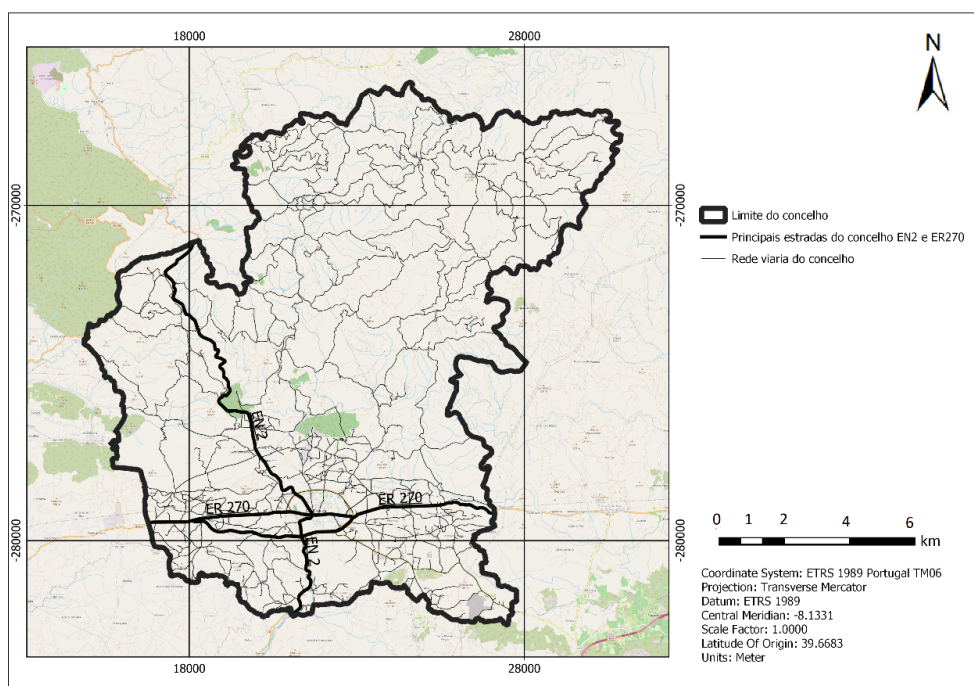


Figura 3.3 – Área de estudo, coincide com o limite do concelho, segundo a Carta Administrativa Oficial de Portugal de 2016 e a rede viária (Fonte: Município de São Brás de Alportel, Mapa-base: ©OpenStreetMap).

3.1.4 Geologia, solos

A norte, cerca de 65% da área do Município, é ocupado por serra. Os solos da serra são esqueléticos, pobres para a agricultura, com xistos e um relevo irregular. Na parte sul, no barrocal, os solos são calcários e apresentam já características agrícolas. O barrocal é caracterizado por um relevo pouco acidentado de que fazem parte colinas calcárias, cobertas por vegetação mediterrânea (Bernardo, 2011).

As épocas geológicas mais importantes para o concelho São Brás de Alportel são: Carbónico, Jurássico, Cretácico, Quaternário (Kopp *et al.*, 1989).

Os solos mais importantes do concelho São Brás de Alportel podem ser divididos em três grupos, de acordo com a classificação base do Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário (SROA) para carta de solos 1:50000 (Kopp *et al.*, 1989):

Solos da Serra, os litossolos de xistos ou grauaques (Ex) e os litossolos de basaltos (Eb).

Solos da zona Trias-Lias, os solos de sequências de grés de silves, os solos litólicos não húmidos de grés Silves (Vts), os aluviossolos modernos calcários (Ac), os solos de intrusões basalto-doliríticas, os barros castanho-avermelhados não calcários de basaltos ou doleritos ou outras rochas eruptivas básicas (Cb) e os barros castanho-avermelhados calcários de basaltos ou doleritos (Cbc).

Os solos do Barrocal, os solos mediterrâneos vermelhos ou amarelados de calcários compactos ou dolomites (Vcd) associados com afloramentos rochosos (Arc), os solos calcários pardos de calcários não compactos (Pc) e os solos calcários vermelhos de calcários (Vc).

A Carta de solos do concelho, adaptada a partir da Carta de solos de Portugal de 1998 com a classificação base do S.R.O.A é apresentada na Figura 3.4.

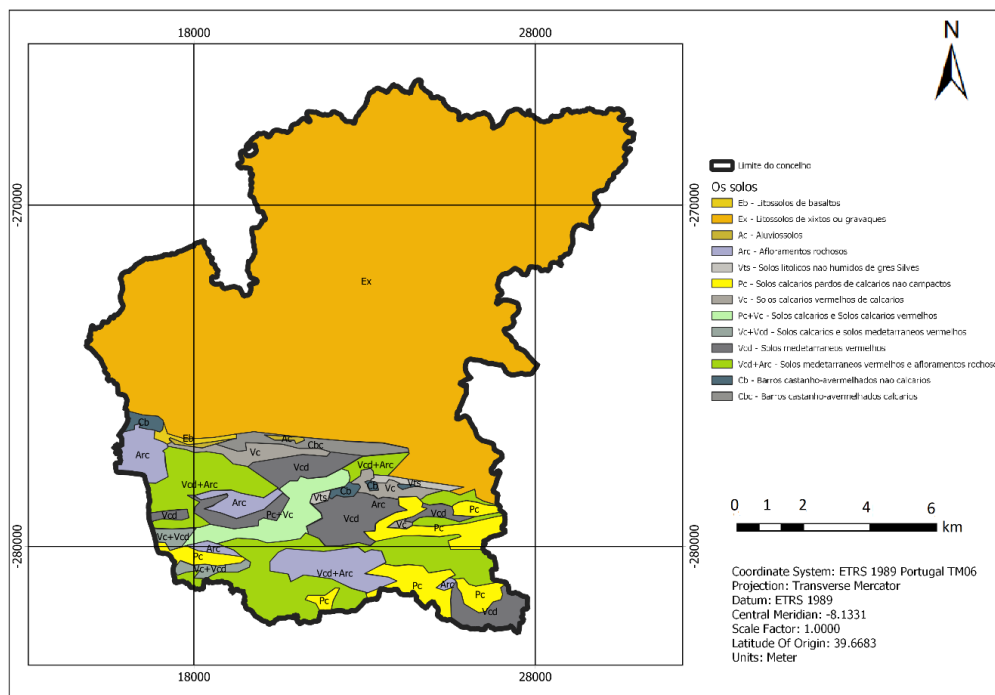


Figura 3.4 – Carta solos do concelho. Fonte: Autor (Fonte: Adaptado da Carta de solos de Portugal 1998 SROA à escala 1:50000).

3.1.5 Hidrografia

O concelho dispõe de recursos subterrâneos, nomeadamente o Sistema Aquífero de S. Brás de Alportel, que se localiza nos concelhos de Loulé e S. Brás de Alportel e o Sistema Aquífero de Peral – Moncarapacho, que se localiza nos concelhos de Olhão, Tavira e S. Brás de Alportel (CCDR, 2004). Além disso, o concelho inclui-se na Bacia das Ribeiras do Sotavento (Pinho, 2019).

São Brás de Alportel também é caracterizado pelas suas ribeiras, como a Ribeira do Alportel, Ribeira de Fronteira, Ribeira de Odeleite, Ribeira das Ruivas, Ribeira das Mercês, Ribeira da Ameixeira, Ribeira das Pernadas, Ribeira da Gaifona, Ribeira do Centianes, Ribeira do Peral, Ribeira do Barranquinho, Ribeira das Ondas, Ribeira do Fialho. A ribeira principal é Ribeira do Alportel, nasce próximo de São Brás de Alportel e desagua no Rio da Séqua.

Quanto à distribuição das bacias hidrográficas no concelho, São Brás de Alportel encontra-se repartido por duas bacias hidrográficas principais, a bacia hidrográfica das Ribeiras do Algarve (61.51% da área do concelho) e a do rio Guadiana (38.49% da área do concelho) (CCDR, 2004). A Figura 3.5 mostra a rede hidrográfica do concelho de São Brás de Alportel.

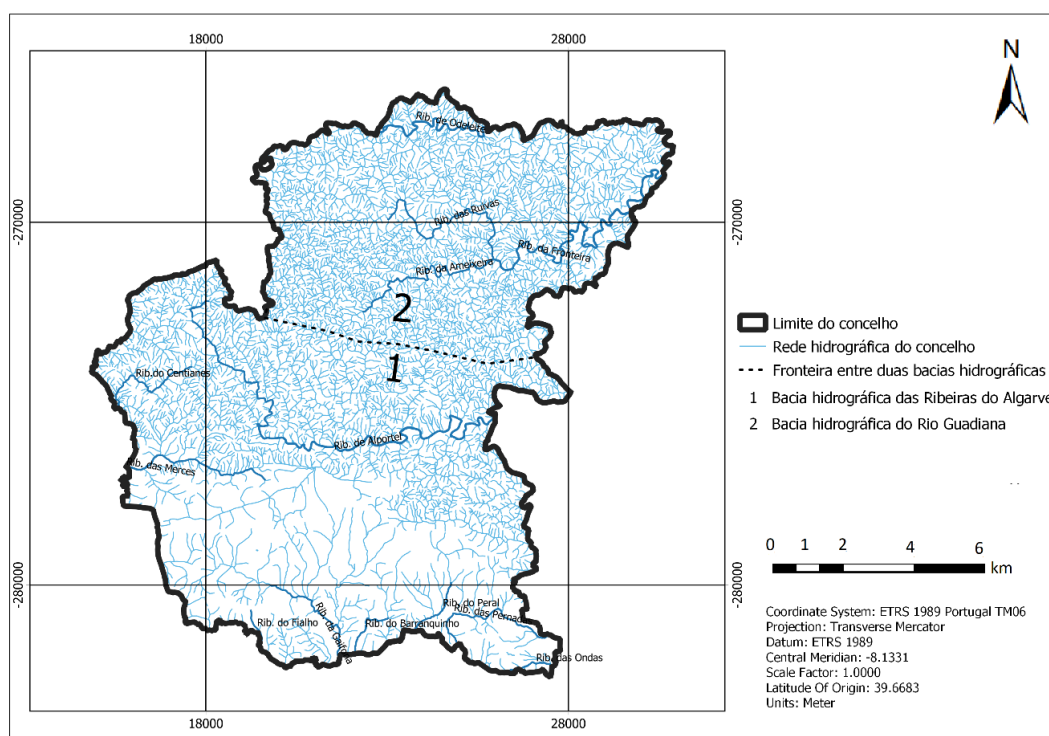


Figura 3.5 – Rede hidrográfica do concelho de São Brás de Alportel (Fonte: Município de São Brás de Alportel).

3.1.6 Agricultura

No norte do município, cerca de 65% do território é serra, cujos solos são pobres para a agricultura. A maior parte da flora é ocupada por mato, com vegetação densa, mas em alguns locais encontram-se espécies tais como sobreiros, medronheiros e azinheiros.

A sul, encontra-se a zona conhecida como barrocal, caracterizada por solos mais propícios para atividades agrícolas. Nessas terras férteis, é possível encontrar pequenas áreas dedicadas à horticultura, como o pomar misto de sequeiro, que abriga figueiras, oliveiras, alfarrobeiras e amendoeiras (Fonte: Website da Junta de Freguesia de São Brás de Alportel, 2023).

A exposição ao sul e a proteção oferecida pela Serra do Caldeirão no Barrocal têm desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento bem-sucedido de variedades de culturas especialmente sensíveis, como as amendoeiras de casca tenra. Além disso, nas áreas de aluvião ao longo dos vales, foram criadas hortas que geralmente contam com sistemas de irrigação (Cavaco, 1976).

A RAN define-se como o conjunto de terras que, em virtude das suas características, em termos agroclimáticos, geomorfológicos e pedológicos, apresentam maior aptidão para a atividade agrícola (DGADR, 2023).

A área da Reserva Agrícola Nacional (RAN) no concelho tem cerca de 15,76 km², o que corresponde a 9.70% da sua área total. A RAN do Município de São Brás de Alportel é apresentada na Figura 3.6.

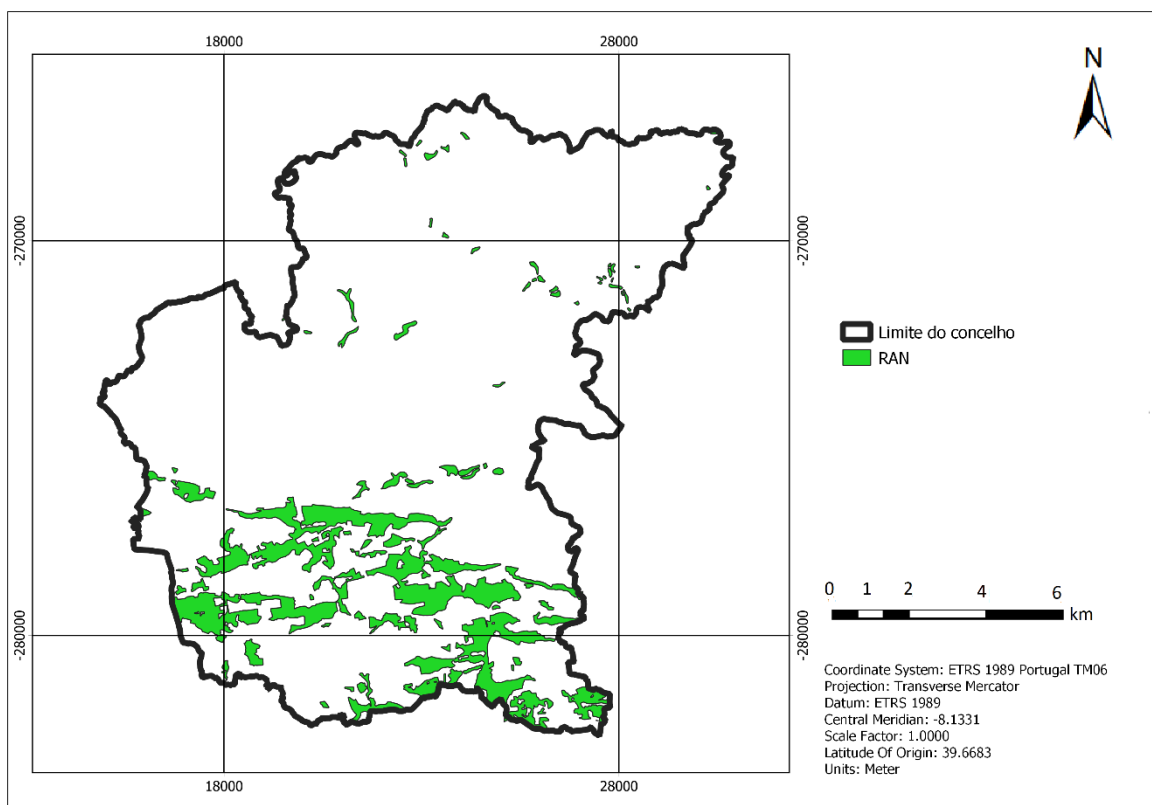


Figura 3.6 – Área de RAN no concelho de São Brás de Alportel (Fonte: Município de São Brás de Alportel).

3.2 Aquisição de informação

A elaboração de um projeto SIG envolve diversas etapas essenciais para assegurar o seu êxito. Portanto, na etapa inicial, é imperativo que sejam devidamente planeados e adquiridos todos os recursos essenciais para a criação do projeto, incluindo os dados necessários para atingir o objetivo estabelecido.

A informação de base utilizada divide-se em dois formatos distintos: vetorial e matricial. A Tabela 3.1, sintetiza os dados vetoriais utilizados no trabalho, identificando-os de acordo com o Tema, Escala e Fonte.

Tabela 3.1 – Dados vetoriais

Tema	Escala	Fonte
Carta de Uso e Ocupação do Solo 2018	1: 25000	Direção-Geral do Território

Tema	Escala	Fonte
Áreas agrícolas no Plano Diretor Municipal (PDM) em vigor	1: 25000	Município de São Brás de Alportel
Reserva Agrícola Nacional (RAN)	1:25000	Município de São Brás de Alportel
Rede Hidrográfica e Base de topografia de 2020	1:10000	Município de São Brás de Alportel
Carta Geológica (Junho, 2020)	1:25 000	Município de São Brás de Alportel Laboratório Nacional Engenharia Geológica
Pontos de Água para a Proteção Civil	1:10000	Município de São Brás de Alportel
Rede Viária	1:25000	Município de São Brás de Alportel
Mapa de Recursos Hídricos	1:200000	Município de São Brás de Alportel Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional
Carta de Solos de Portugal de 1998 - Classificação S.R.O.A.	1:50000	Universidade do Algarve
Cadastro Predial de 2019	1:10000	Direção Geral do Território

A informação matricial utilizada incluiu imagens de satélite e ortofotomapas. Os índices NDVI e NDMI derivados das imagens de satélite do *Sentinel-2* com uma resolução espacial de 10 metros, datadas de julho de 2021 e dezembro de 2021, foram adquiridos na plataforma GEE. Além disso, os ortofotomapas RGB, datados de 21 de julho de 2021 e com uma resolução espacial de 25 centímetros, foram obtidos no Município de São Brás de Alportel.

3.3 Aplicação dos SIG para preparação da camada de informação relativa à atividade agrícola no concelho de São Brás de Alportel

Para caracterizar a agricultura existente, foi analisada a seguinte informação geográfica:

-Base de topografia à escala 1:10000, executada em 2020;

-29 ortofotomapas de 21.07.2021 RGB;

-Carta de Uso e Ocupação de solo 2018;

- Área Agrícolas no Plano Diretor Municipal (PDM) em vigor.

Para a preparação da camada de informação relativa à atividade agrícola foi realizada a sobreposição entre a carta topografica e a carta de Uso e Ocupação do Solo.

Inicialmente, procedeu-se à análise da cartografia topográfica na escala 1:10.000 do concelho, juntamente com os 29 ortofotomapas de alta precisão, que mostram com exatidão a atividade agrícola existente no município. Esta análise foi realizada com o software *QGIS* 3.18.

Na tabela de atributos referente à topografia, realizou-se uma seleção das linhas que representavam as áreas agrícolas no concelho. Esse processo teve como objetivo a correção e a eliminação dos polígonos que se referiam a áreas não agrícolas, como aquelas contendo edificações (habitações, piscinas e outros elementos). Por fim, procedeu-se à verificação da geometria dos polígonos remanescentes.

O processo para extração da informação relativa à agricultura da cartografia topográfica é apresentado na Figura 3.7.

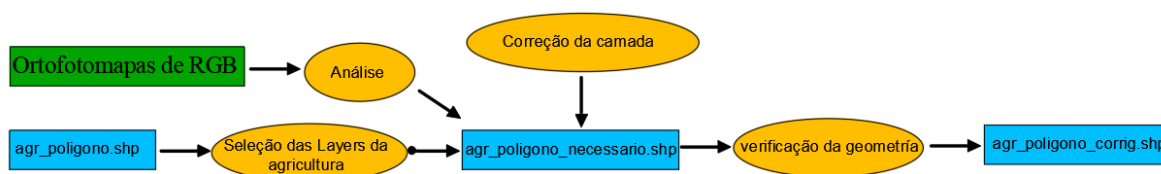


Figura 3.7 – Processo para extração da informação relativa à agricultura.

Um exemplo de polígono que incluía edifícios classificados como área agrícola e da correção realizada, está apresentado na Figura 3.8

O polígono sem correção



O polígono depois da correção (extração da área edificada)



Figura 3.8 – Exemplo correção da informação vetorial de agricultura.

Ainda no decorrer do processo de detecção de erros e subsequente correção, identificaram-se 24 polígonos que aparentavam representar áreas agrícolas, mas que suscitaram dúvidas. Consequentemente, foram validadas através da realização de visitas de campo. A maioria dessas verificações ocorreu na região da Serra. A lista desses polígonos pode ser consultada no Anexo 1.

As saídas de campo para confirmar os polígonos agrícolas questionáveis ocorreram nos dias 13 de março, 15 de março e 4 de abril. Durante essas visitas, foram levados mapas para auxiliar a identificação das áreas em questão. A Figura 3.9 mostra as imagens e a localização das parcelas agrícolas no concelho de São Brás de Alportel, que foram confirmadas em campo (Fonte: Autora, Mapa-base: ©OpenStreetMap).

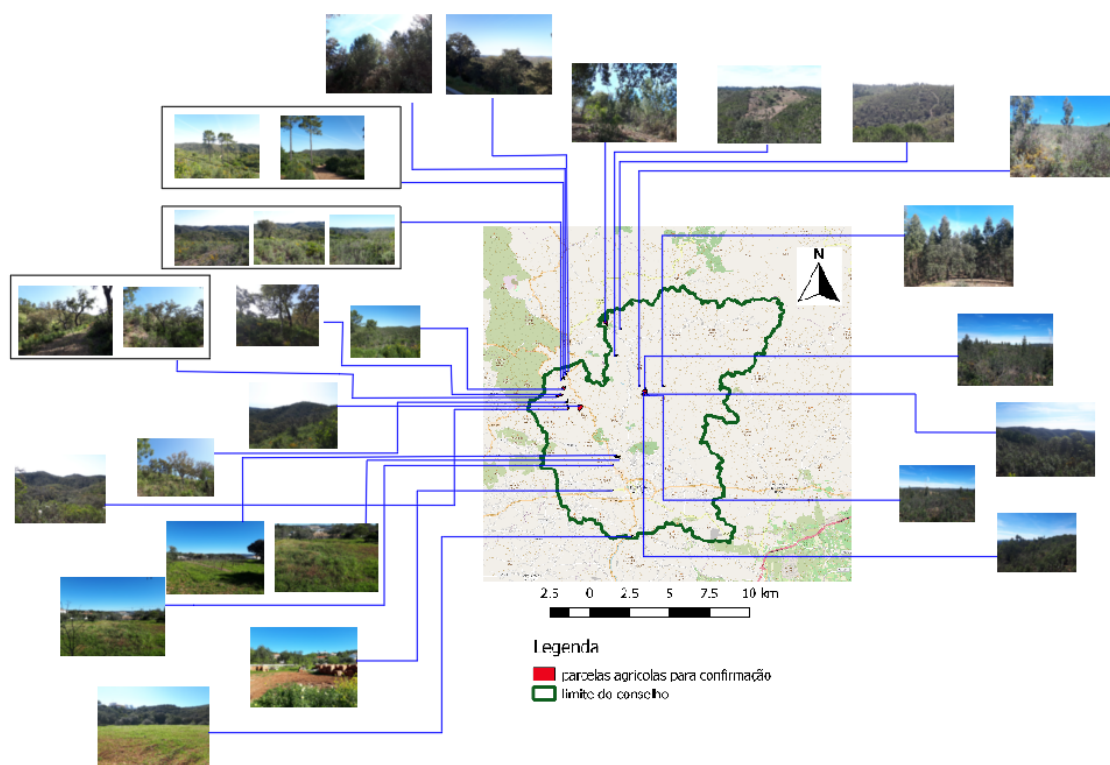


Figura 3.9 – Localização das parcelas agrícolas alvo de recolha de informação no campo do município de São Brás de Alportel (Fonte: Autor, Mapa-base: ©OpenStreetMap).

Posteriormente, para a criação da camada de informação relativa à atividade agrícola, foi também realizada uma análise da COS 2018.

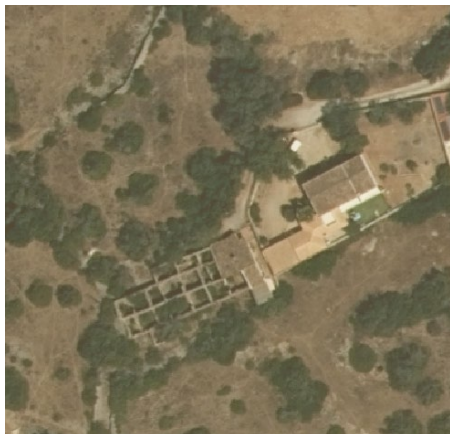
Apresenta as seguintes classes: territórios artificializados, agricultura, pastagens, superfícies agroflorestais, florestas, matos, massas de águas superficiais. Foram seleccionadas as *layers* de agricultura com as seguintes *sublayers*:

- culturas temporárias: culturas temporárias de sequeiro e regadio,
- culturas permanentes: pomares, olivais
- áreas agrícolas heterogéneas: agricultura com espaços naturais e seminaturais, mosaicos culturais e parcelares complexos.

Na elaboração da COS 2018 não foram tidas em conta as construções e a rede viária. Para excluir essa informação da COS foram usadas as ferramentas espaciais do *QGIS 3.18*, tais como diferença e buffer com distância de lagura de rede viária, e feita a diferença entre a camada COS 2018 e camada de construções e rede viária.

Um exemplo da diferença entre a camada COS 2018 e camada de construções é apresentado na Figura 3.10.

Polígono de agricultura sem correção



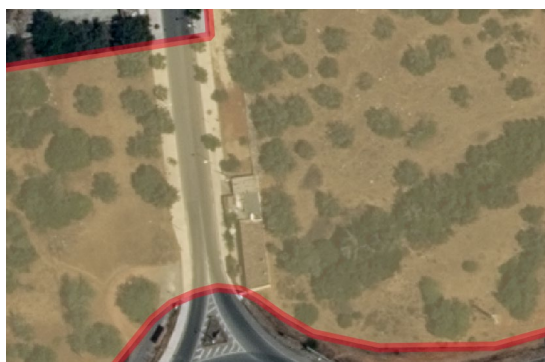
Polígono após correção feita



Figura 3.10 – Polígono antes e depois da correção.

Um exemplo da diferença entre a camada COS 2018 e camada de rede viária é apresentado na Figura 3.11.

Polígono antes das correções



Polígono depois da correção feita



Figura 3.11 – Polígono de COS 2018 antes de correções e depois.

Alguns dos polígonos da camada resultante da COS, bem como da agricultura provenientes da camada de topografia, apresentavam pequenos erros de geometria, pelo que foi feita a sua correção.

O processo para aquisição da informação da agricultura da COS 2018 é apresentado na Figura 3.12.

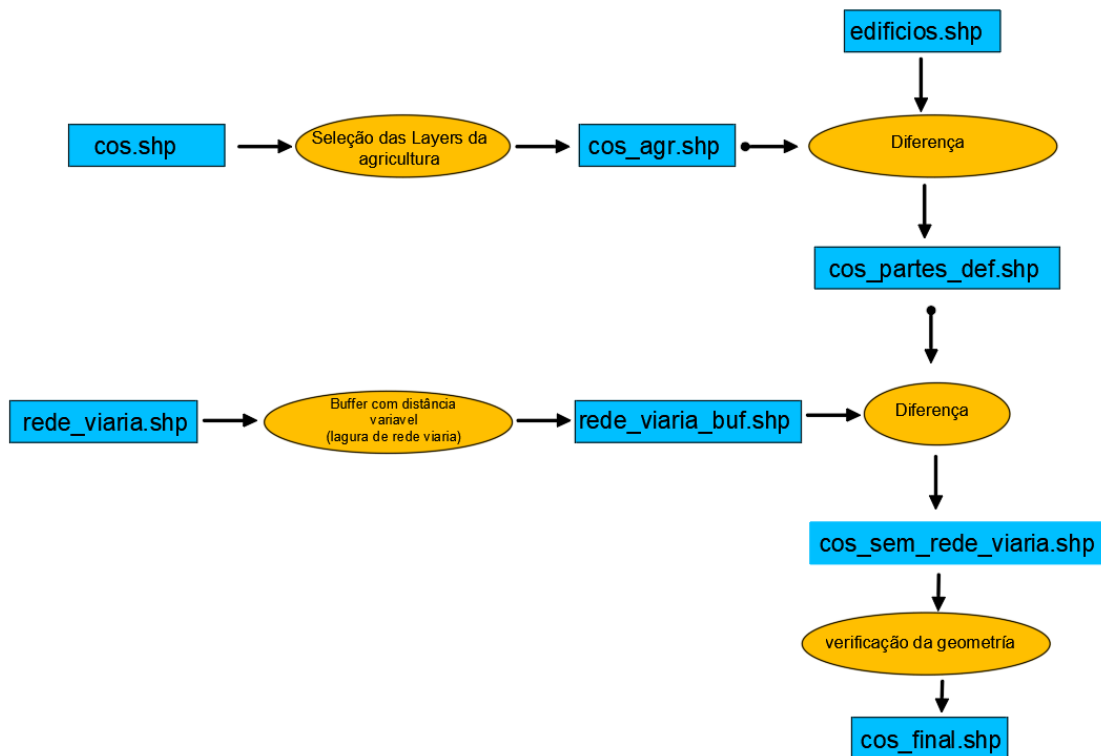


Figura 3.12 – Processo para aquisição da informação da agricultura da COS 2018.

As camadas topografia e Cos 2018 foram unidas. Este processo é apresentado na Figura 3.13.

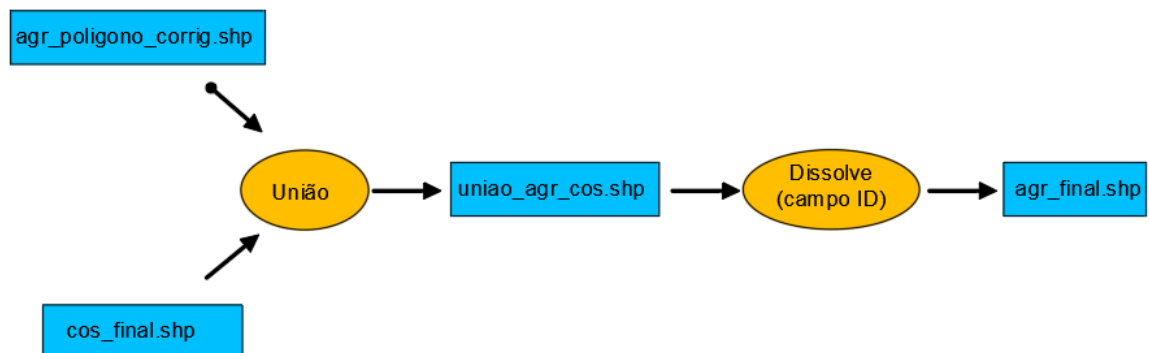


Figura 3.13 – Processo para aquisição da informação da união da agricultura da COS 2018 e topografia de 10000.

A COS 2018 serviu para complementar a informação da agricultura de topografia de 10000, nos casos de áreas que não tinham informação. No entanto – e de acordo com as instruções da orientadora do Município– Cláudia Custódia, a camada de informação de topografia de 1:10000 é a que tem maior precisão, maior rigor e que está mais atualizada, pelo que, sempre que houvesse coincidência de informação de ambas, foi utilizada apenas a da agricultura de topografia de 1:10000.

Após da união das camadas relativas à agricultura, na tabela de atributos, gerou-se três tipos de informação:

- 1 – Entidades com informação apenas da COS 2018 (“*cos_final*”);
- 2 – Entidades com informação apenas da agricultura da cartografia topográfica
- 3 – Polígonos com partes conjuntas de ambas as camadas.

O ficheiro final referente à agricultura no concelho, denominado "agricultura_final.shp", foi elaborado. Para isso, utilizou-se a informação do cadastro predial a fim de segmentar os polígonos de agricultura pertencentes a diferentes proprietários. Posteriormente foram dissolvidas as linhas na tabela de atributos que correspondiam ao mesmo número de ID do cadastro predial. Detalhes desse processo de dissolução são ilustrados na Figura 3.14.

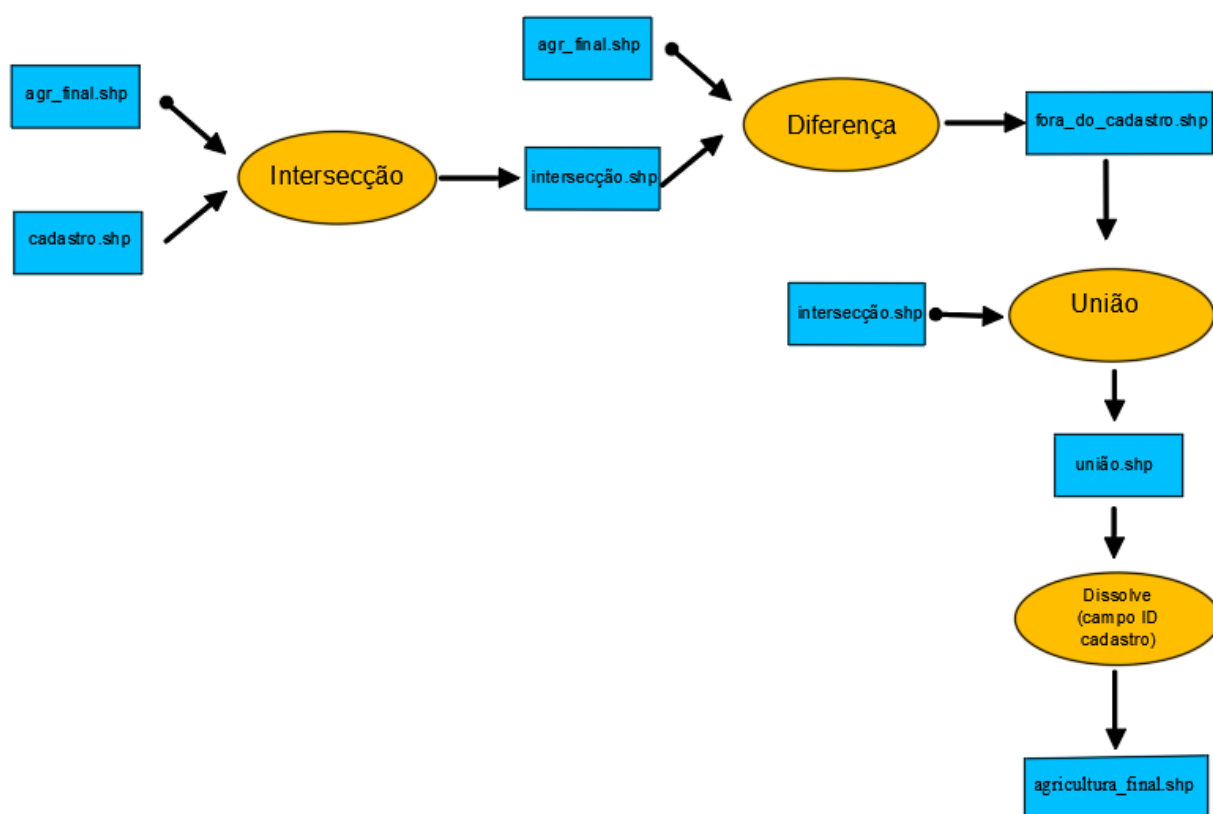


Figura 3.14 – Processo de *dissolve*.

Os dados do cadastro predial, provenientes do Plano Diretor Municipal, fornecem informações sobre as áreas e configurações das parcelas agrícolas que, à primeira vista, pertencem aos mesmos proprietários. Essa informação desempenha um papel fundamental

na compreensão da organização da agricultura existente no concelho. Essa informação foi intersectada com a camada da agricultura do concelho (*agr_final.shp*)

Com base no resultado obtido, procedeu-se à diferença entre a camada de agricultura do concelho e os dados do cadastro predial intersectados. Isso permitiu identificar as parcelas agrícolas que não possuíam registo cadastral, ou seja, áreas onde o registo cadastral não foi realizado, criando acamada de agricultura "fora" do cadastro.

Em seguida, realizou-se a união das duas camadas (o resultado da interseção e a camada de agricultura "fora" do cadastro). Por fim, aplicou-se o processo *dissolve* das linhas da tabela de atributos que correspondiam ao mesmo número de ID do cadastro predial, consolidando assim as informações obtidas.

3.4 Obtenção das imagens de *Sentinel-2* da plataforma do *Google Earth Engine*

As imagens de satélite foram obtidas da plataforma GEE, utilizando o limite do concelho como geometria do polígono da imagem e predefinindo que a percentagem de nuvens das imagens teria que ser inferior a 10%. De acordo com o objetivo do trabalho, foram utilizadas as bandas do vermelho (B4), do infravermelho próximo (B8) e os comprimentos de onda curta do infravermelho (B11) do *Sentinel-2*. Foram obtidas as imagens de julho de 2021 e de dezembro de 2021. A Tabela 3.2 caracteriza a resolução espacial e o comprimento de onda para cada banda utilizada.

Tabela 3.2 – Resolução espacial e comprimento de onda central das bandas B4, B8 e B11 do *Sentinel-2* (Fonte: Adaptado de Copernicus (2023)).

Número de banda	Resolução espacial (m)	Comprimento de onda central (nm)
B4	10	665
B8	10	842
B11	20	1610

O anexo 2 mostra os códigos em JavaScript utilizados para obter as imagens.

3.4.1 Índice de Vegetação de Diferença Normalizada

Neste trabalho, o índice de vegetação NDVI foi utilizado para a determinação do estado da vegetação da agricultura no concelho.

Para as imagens *Sentinel 2* a Equação do NDVI é expressa de acordo com a Equação 2.1

$$NDVI = \frac{B8-B4}{B8+B4} \quad (3.1)$$

Onde *B4* é banda do vermelho e *B8* a banda de infravermelho próximo.

Foram obtidas duas imagens de NDVI para as épocas de verão (julho) e inverno (dezembro) no período de 2021.

3.4.2. Índice de humidade da diferença normalizada

Neste trabalho, o índice de vegetação NDMI foi utilizado para a determinação da humidade ou da quantidade de água da vegetação da agricultura no concelho.

Para as imagens *Sentinel-2* a Equação o índice NDMI foi determinado com base na Equação 3.2.

$$NDMI = \frac{B8-B11}{B8+B11} \quad (3.2)$$

Onde, *B8* é a reflectância do infravermelho próximo e *B11* é a reflectância da onda curta de infravermelho.

A Tabela 3.3 mostra os valores de NDMI e a sua interpretação de acordo com a escala de Berca et al.,(2022).

Tabela 3.3 – Interpretação de valores do NDMI

Valor de NDMI	Interpretação
[-1,0; -0,8[	Solo descoberto, sem vegetação
[-0,8; -0,6[	Vegetação quase ausente
[-0,6 ; -0,4[	Vegetação muito reduzida
[-0,4; -0,2[	Vegetação baixa e seca
[-0,2; 0[	Coberto vegetal médio-baixo, elevado stress hídrico

Valor de NDMI	Interpretação
[0; 0,2[	Coberto vegetal médio-baixo, baixo stress hídrico
[0,2; 0,4[	Cobertura vegetal média, baixo stress hídrico stress hídrico
[0,4; 0,6[	Cobertura vegetal elevada, sem stress hídrico stress hídrico
[0,6; 0,8[	Cobertura vegetal muito elevada, sem stress hídrico
[0,8;1,0]	Cobertura vegetal total, sem stress hídrico stress hídrico - rendimentos otimizados

No GEE foi programado o cálculo de NDMI (Anexo 2), para as épocas de verão (julho) e inverno (dezembro) no ano de 2021.

3.5 Processamento das imagens

Para identificar todas as áreas de agricultura de regadio do concelho foram utilizadas duas metodologias distintas, atendendo ao conhecimento prévio de algumas áreas de regadio: (i) Classificação das diferenças entre as imagens NDVI e NDMI de inverno e verão e (ii) Classificação da imagem NDVI e NDMI de verão. Estas metodologias englobam as técnicas de processamento digital de Imagem: Change Detection (utilizando o *QGIS 3.18*) e a Classificação (utilizando o *TerrSet 18.21*). Os resultados obtidos permitiram complementar o mapeamento das classes de agricultura e das suas variações fenológicas.

Neste trabalho a classificação consistiu na avaliação dos limiares dos referidos índices (valores máximos e mínimos) nas parcelas de regadio conhecidas. Este método não se enquadra nas classificações clássicas referidas no capítulo 2.4, contudo não deixa de ser uma categorização que obrigou a uma supervisão prévia para determinar os limiares médios desses índices nas parcelas conhecidas.

3.5.1 Classificação da diferença de Imagens de NDVI e NDMI entre inverno e verão

Neste processamento foram efetuados três passos: (a) Criação da máscara imagem correspondente às zonas com vegetação; (b) Diferença entre imagens; e (c) Classificação.

Para criar a máscara referente às áreas com vegetação, realizou-se uma análise das imagens capturadas durante as estações de inverno e verão. Durante a avaliação da imagem de inverno, tornou-se evidente que era mais eficaz na identificação das áreas desprovidas de vegetação e zonas urbanas.

Nesse contexto, procedeu-se à observação da imagem de inverno, incluindo a análise de seu histograma correspondente. Como resultado, estabeleceu-se os limiares de valores dos pixels associados às áreas com solo exposto e às zonas urbanas. Em seguida, realizou-se a reclassificação da imagem de inverno, levando em consideração esses limiares definidos, resultando uma máscara binária. Nessa máscara, o valor "1" representa as áreas verdes e o valor "0" as áreas sem vegetação.

A máscara foi sobreposta nas imagens de NDVI de inverno e verão. Com a ferramenta *Overlay*, aplicando a operação de multiplicação, removeram-se as áreas sem vegetação e as zonas urbanas. Esse procedimento também foi aplicado nas imagens de NDMI.

Para identificar as áreas de regadio, realizou-se a subtração das imagens mascaradas de NDVI obtidas no inverno e no verão. Este método foi escolhido devido às diferentes condições sazonais: durante o inverno, as chuvas favorecem o crescimento da vegetação, enquanto no verão, para a maioria das culturas, a escassez de água resulta em vegetação menos saudável. Portanto, as áreas que apresentaram pouca variação entre o inverno e o verão foram classificadas como áreas de regadio.

O mesmo processamento foi feito para as imagens do NDMI.

Na classificação foram definidas sete áreas treino sobre imagem da subtração do NDVI que correspondem às áreas de regadio do concelho. Foram analisados os valores dos pixels dessas áreas e obtida a respetiva assinatura de NDVI.

Depois, a imagem de subtração de NDVI foi reclassificada de acordo com os valores mínimos e máximos de pixels de áreas de regadio conhecidas através do comando *reclass* no *TerrSet 18.21*. Foram definidas as novas classes para a imagem resultante da diferença.

O mesmo processamento foi feito para imagem de subtração de NDMI.

3.5.2 Classificação da imagem de NDVI e NDMI de verão

Neste processamento foram efetuados dois passos: (a) Criação da máscara imagem correspondente às zonas com vegetação; b) Classificação.

A máscara criada anteriormente foi sobreposta (multiplicada) na imagem de NDVI de verão para remover as áreas urbanas e de solo exposto. O mesmo procedimento foi aplicado à imagem de NDMI de verão.

Na classificação foram definidas as mesmas sete áreas treino sobre imagem de verão do NDVI que correspondem às áreas de regadio do concelho. Foram analisados os valores dos pixels dessas áreas e obtida a respetiva assinatura NDVI.

Depois, a imagem de verão de NDVI foi reclassificada de acordo com os valores mínimos e máximos de pixels de áreas de regadio conhecidas através do comando *reclass* no *TerrSet 18.21*. Foram definidas as novas classes para a imagem de NDVI de verão.

O mesmo processamento foi realizado para as imagens do NDMI de verão.

3.5.3. Obtenção da informação da imagem reclassificada para cada parcela agrícola no concelho

Para obter a informação da imagem reclassificada para cada polígono da informação vetorial da agricultura no concelho, foi utilizado o comando *Raster - Estatística zonal* do *QGIS 3.18*, que calcula as estatísticas de uma camada rasterizada para cada recurso de uma camada vetorial de polígono sobreposta. Foi calculado o valor da média da área de regadio dentro da cada parcela da agricultura. Desta forma, a tabela de atributos ficou com quatro novas colunas, com a informação da média de NDVI, NDMI, da diferença das imagens de verão e inverno de NDVI, da diferença das imagens de verão e inverno de NDMI, que mostra qual é percentagem de regadio dentro de cada polígono da agricultura. Depois foi calculada área de regadio em cada parcela agrícola para quatro imagens reclassificadas.

De acordo com a Portaria n.º 202/70, o artigo 57 (Decreto-lei n.º 44 647, de 26 de outubro de 1962), a área da unidade de cultura mínima é fixada, para o distrito de Faro, nos terrenos de regadio hortícolas em 0,5 ha. Assim, presume-se que as parcelas com áreas menores que 0,5 ha são áreas de culturas de sequeiro.

Na tabela de atributos, foi criada uma nova coluna, com a informação de “regadio” ou “sequeiro” (*reg_seq*), recorrendo à calculadora de campos com a expressão:

```
CASE WHEN "area_reg" >= 0,5 THEN 'regadio'
```

```
WHEN "area_reg" < 0,5 THEN 'sequeiro'
```

```
END
```

Desta forma, a camada de agricultura passa a ter informação de quatro imagens reclassificadas sobre cada polígono relativamente ao tipo de cultura: se é de regadio ou de sequeiro.

3.5.4 Determinação da qualidade de classificação através da matriz de confusão

Para validar os resultados da classificação foi construída uma matriz de confusão, sendo por isso necessário comparar os resultados obtidos com pontos reais escolhidos de forma aleatória. Para isso com base na ferramenta “pontos aleatórios” do *QGIS 3.18*, foi selecionado um conjunto de 100 amostras na área de estudo e, por fotointerpretação da imagem *Sentinel-2*, foram identificadas as áreas de regadio e de sequeiro.

Para cada imagem reclassificada (as imagens de verão de NDMI e NDVI, diferença das imagens de verão e inverno de NDVI, diferença das imagens de inverno e verão de NDMI), foi construída uma matriz de confusão para apresentar os resultados da categorização de acordo com a Tabela 2.1. Na matriz de confusão, as linhas representam as classes que foram categorizadas enquanto as colunas representam as classes que foram obtidas através da fotointerpretação (realidade).

Foi calculado o coeficiente de concordância Kappa de acordo com Equação 2.6 que mostra a qualidade de classificação para cada imagem reclassificada. As classes da qualidade de reclassificação atribuídas aos intervalos correspondentes de kappa são apresentadas na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Qualidade de classificação de acordo com coeficiente de concordância K

(Fonte: Adaptado de Landis & Koch, 1977).

Coeficiente de concordância K nos intervalos correspondentes (%)	Qualidade de classificação
<0	Fraco
[0; 20[	Ligeiro
[20; 40[	Equitativo
[40; 60[	Moderado

Coefficiente de concordância K nos intervalos correspondentes (%)	Qualidade de classificação
[60; 80[	Substancial
[80;100]	Quase Excelente

Foram calculados os parâmetros exatidão global, precisão do produtor e precisão do utilizador de acordo com equações 2.3-2.5 para cada imagem reclassificada.

Os resultados das matrizes de confusão da cada imagem reclassificada foram comparados. O melhor resultado foi escolhido para o para detetar as áreas de regadio no concelho.

3.6 Elaboração do Modelo Digital de Elevações

Usando software de SIG, nomeadamente o software *ArcMap 10.8*, foi possível analisar os modelos digitais de terreno e obter assim todos os dados necessários para a caracterização da bacia hidrográfica.

Com base nos dados vetoriais de topografia fornecidos pela Câmara Municipal de São Brás de Alportel, o primeiro passo consistiu em criar o MDE.

Foram utilizadas as camadas vetoriais cotas_nível, pontos_nível e hidrografia que foram obtidos da topografia à escala 1: 10000. Foi criado o modelo digital do terreno. O fluxograma do processamento é apresentado na Figura 3.15.

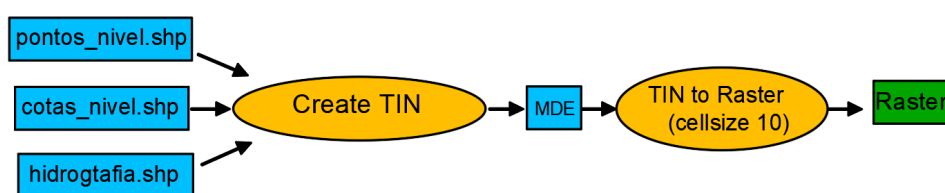


Figura 3.15 – Fluxograma do processamento do *raster* do MDE.

Transformou-se o TIN numa camada *raster* com célula/pixel de 10x10 m. Dos métodos de interpolação disponíveis no software, optou-se por escolher o método linear, por ser aquele que melhor se adequava aos resultados pretendidos. Neste método de interpolação faz-se o cálculo dos valores das células aplicando interpolação linear aos triângulos TIN.

3.7 Delimitação da bacia hidrográfica e da rede de drenagem

No início da análise, é necessário preencher os “*sinks*”, ou seja, buracos ou concavidades que existem no MDE. Estas zonas de depressão no modelo digital de elevações correspondem a quadrículas cuja cota altimétrica é muito mais baixa que a dos respectivos vizinhos, não existindo assim um declive favorável à sua drenagem. Previsivelmente, estes serão pontos de acumulação de precipitação, eliminando parte do escoamento e, deste modo, enviesando significativamente os resultados esperados da simulação (Melo e Silva, 2008).

Através do módulo *Fill* do *ArcMap 10.8* foram preenchidos os pontos *sink*, suavizando e corrigindo as imperfeições do MDE.

No passo seguinte, foi calculado o modelo de direção de escoamento (*Flow direction*) a partir do modelo digital de terreno suavizado (*FILL*). Foi calculado o modelo de direção de escoamento com 8 valores.

Utilizando o modelo direção de escoamento, criou-se o modelo acumulação do escoamento (*Flow accumulation*).

O processo de criação de modelo de direção de escoamento e de modelo de acumulação do escoamento é apresentado na Figura 3.16.



Figura 3.16 – Processamento de “Flow accumulation” do MDE.

O próximo passo é a criação da rede drenagem, que é apresentado na Figura 3.17.

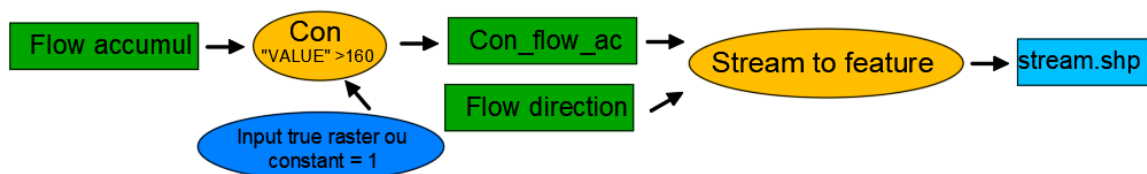


Figura 3.17 – Processamento de criação da rede drenagem.

Para extrair a rede de drenagem, é necessário fazer uma expressão condicional com o valor mínimo de curso da água para identificar a rede de drenagem. Onde as células do *raster* que

têm valor superior a este serão definidas como parte da rede de drenagem. Às células que têm valor menor, é atribuído o valor zero.

Para criar a rede drenagem, foi usado como ficheiro de entrada o modelo de acumulação do escoamento. Foi utilizada a expressão SQL “VALUE” > 160, criando-se um ficheiro binário em que todos os pixéis com acumulação superior a 160 são considerados linha de água, sendo-lhes atribuído o valor de 1. Converteu-se este para o formato vetorial, através do comando “Stream to features” usando o modelo de direção de escoamento.

A etapa seguinte envolve a delimitação das bacias de drenagem, utilizando a ferramenta “Basin”. Neste processo foi tido em conta o modelo de direção do escoamento (ver figura 3.18).

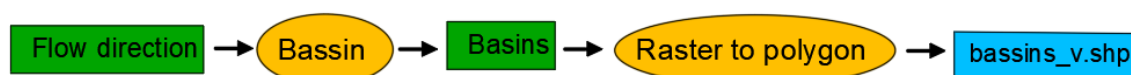


Figura 3.18 – Processo de delimitação das bacias hidrográficas.

No final foi efetuada a ordenação da rede de drenagem pelo método de *strahler*. O fluxograma do processo está apresentado na figura 3.19.

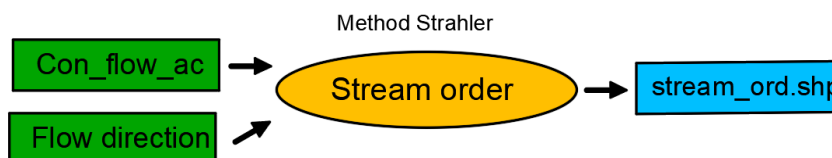


Figura 3.19 – Processamento ordenação a rede drenagem.

3.8 Determinação dos locais para os reservatórios

Neste trabalho foi feita a análise por bacia hidrográfica.

Para determinar os locais para reservatórios foram definidas as seguintes condições:

- O reservatório deve localizar-se a mais de 100 metros da rede viária e linhas de alta tensão. Para isso, foram criados buffers com a distância fixa 100 m da cada camada.

- Os reservatórios devem ficar fora dos polígonos que correspondem à agricultura existente no concelho, mas nas proximidades destes.
- As melhores condições para a construção de um reservatório são na zona da serra. Para construir um reservatório no barrocal tem que garantir a impermeabilização do fundo do mesmo.

Nos locais que satisfazem essas condições foram implantadas os pontos específicos ao longo do curso da água para a construção dos açudes.

Para cada ponto, foi definida a respetiva bacia de drenagem. Este processo é apresentado na Figura 3.20.

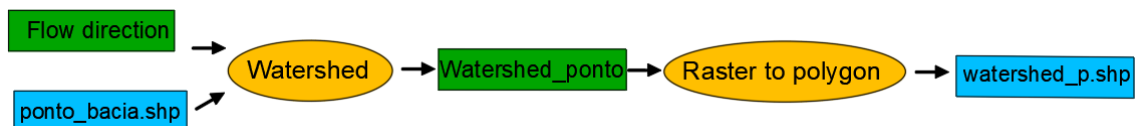


Figura 3.20 – Processamento de definição da bacia de drenagem para cada ponto.

Foram então desenhados os reservatórios com a profundidade máxima da água no reservatório 8 m em cada ponto.

Neste estudo garantiu-se que a altura da obra de aterro para fazer a contenção da água seria sempre inferior a 10 m. Desta forma garantiu-se, numa primeira análise que as obras propostas seriam sempre pequenas barragens (designadas por açudes no âmbito do presente estudo) com impactos moderados na paisagem e níveis de risco baixos para o vale a jusante.

A altura do aterro terá que ser maior do que a profundidade do reservatório devido à profundidade da fundação e à folga. No presente estudo convencionou-se que a folga será de 1 m e a profundidade da fundação será de 1 m, pelo que a profundidade máxima da água no reservatório será de 8 m.

O processamento seguinte foi efetuado no software *QGIS 3.18*. Foram desenhados manualmente os polígonos com a profundidade máxima de 8 m da cota de nível do ponto de açude. Usando o *raster* do MDE e os polígonos das barragens desenhadas, criou-se a curva área volume através do comando curva hipsométrica com passo 1m. A tabela gerada foi exportada para o software Excel e foi criado um gráfico cota-área volume para cada reservatório de água.

3.9 Criação de rede geométrica de drenagem

Primeiro foi criada uma *Geodatabase* e uma nova *Dataset*, onde foi importado o ficheiro da rede de drenagem. Dentro da *feature dataset* de rede de drenagem foi criado uma rede geométrica.

Em uma rede geométrica, análise de rede envolve rastreamento. Um rastreamento segue as feições conectadas em uma rede até que alguma condição seja satisfeita.

Rastreamentos podem ser executados tanto a favor como contra à direção digitalizada das feições de segmento na rede.

São usadas bandeiras para definir localizações para rastreamento. Para fazer um rastreamento no sentido de jusante, numa rede hidrográfica, é necessário colocar uma bandeira no ponto onde o rastreamento começa.

Para rastrear no sentido de jusante são colocadas bandeira que assinalam os locais possíveis para a construção dos reservatórios.

Para encontrar o escoamento a partir de determinado ponto do reservatório, foi colocada a jusante a bandeira de junção à rede geométrica. Definiu-se o trajeto usando o comando “Traçar a jusante” (*Trace downstream*). O exemplo do resultado é uma linha de jusante com o percurso, que foi guardado em formato *shapefile*, apresentado na Figura 3.21.

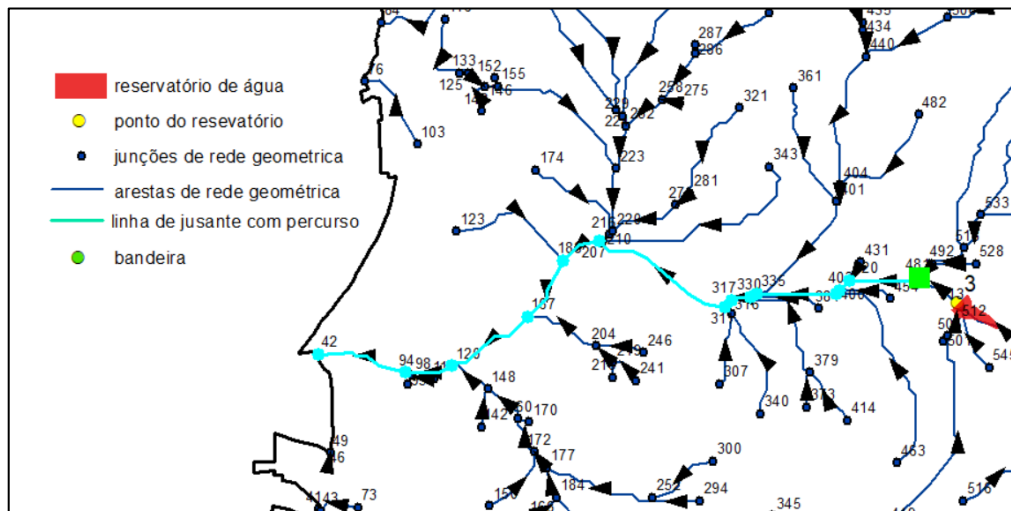


Figura 3.21 – Linha de jusante com percurso.

O próximo passo foi a seleção das áreas de agricultura dentro de cada bacia através do comando *select by location: intersect the source layer feature*.

Esta ferramenta permite selecionar características com base na sua localização relativamente a características de outra camada.

Utilizando a linha jusante, foram identificadas as parcelas agrícolas que se cruzam com o curso de água a jusante. Este método permite o cálculo da área agrícola beneficiada por um reservatório específico, sem a necessidade de consumo de energia, pois a água flui naturalmente pela gravidade. Em seguida, realizou-se o cálculo da soma da área de cada cultura presente na linha a jusante do reservatório.

O processo de seleção das parcelas agrícolas situadas a jusante do reservatório é apresentado na Figura 3.22.

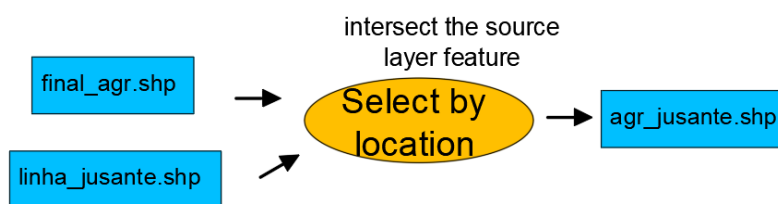


Figura 3.22 – Processo de seleção das parcelas agrícolas situadas a jusante do reservatório.

3.10 Geração das Curvas Cota-Área-Volume

Para gerar as curvas Cota-Área-Volume, foi necessário desenhar o nível máximo da água no reservatório. Neste trabalho, considera-se a profundidade da água no reservatório sempre inferior ou igual a 8 m de altura. Ou seja, pretende-se garantir que altura do aterro da obra que impede a passagem da água na linha de água (açude) seja sempre inferior a 10 m.

O valor da elevação do ponto de açude máximo do reservatório foi adicionado ao valor da altura da água no reservatório. Assim, obteve-se o nível máximo do reservatório. Desenhou-se então o polígono com altura de 8 m a partir da secção de referência e foi calculada a área do espelho da água.

A curva da cota área-volume foi efetuada com base nos dados obtidos no *QGIS 3.18*. O processamento é esquematizado na Figura 3.23.

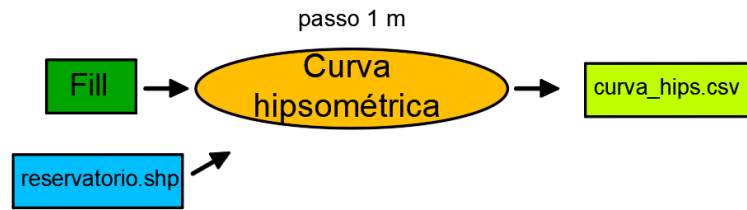


Figura 3.23 – Processamento da curva cota-área e curva cota-volume.

O MDE foi delimitado pelo polígono da área do reservatório criado. A partir do MDE limitado, foram geradas as curvas cota-área através do software *QGIS 3.18*. Foram determinadas curvas de nível com espaçamento de 1 metro desde a cota mínima até à máxima. A tabela resultante foi exportada para Excel, em que foi usada a percentagem da área em vez de um valor absoluto. O reservatório foi seccionado pelas superfícies de nível que contêm as curvas de nível. Foi calculada a área referente a cada curva de nível em intervalos de 1 em 1 metro a partir da cota mínima e foi criado um gráfico cota-área. Em seguida, foram calculados os valores de volume e inseridas as equações polinomiais que melhor se ajustassem aos dados.

O volume foi calculado a partir dos valores de áreas nos mesmos intervalos de curvas de nível, de cada secção entre superfícies que correspondem ao nível no intervalo de 1 m. O volume foi calculado através da seguinte expressão:

$$V_1 = \frac{A_1 + A_2}{2} * (N_2 - N_1) + V_{1-1} \quad (3.4)$$

Onde, V_1 é um volume de água acumulada entre o nível 1 e o nível 2 , em m^3 , V_{1-1} é o volume de secção anterior, em m^3 , A_1 e A_2 são as áreas de superfície da água de nível 1 e nível 2 , respetivamente, em m^2 e N_1 e N_2 são níveis de cada cota de acordo com figura 3.24, em m.

A metodologia de cálculo da área e volume de cada secção é apresentada na Figura 3.24.

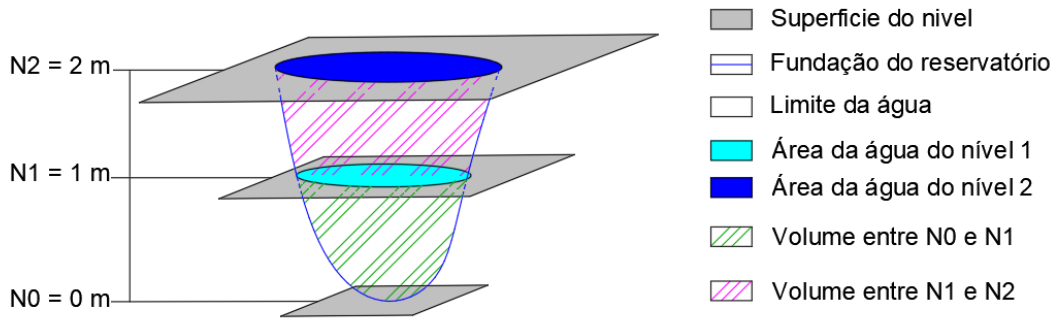


Figura 3.24 – Metodologia de cálculo da área e volume de cada secção (Fonte: Autor)

Para obter a curva cota-volume, o processo envolve calcular o volume compreendido entre o nível da água e a superfície do fundo do reservatório, utilizando um número correspondente de pontos conforme o número de integrações desejado.

3.11 Elaboração do balanço hidrológico

O balanço hidrológico calculado num determinado intervalo de tempo, foi determinado pela Equação 3.5.

$$\text{Variação do } V_{\text{armazenado}} = V_{\text{entrada}} - V_{\text{saida}} \quad (3.5)$$

Onde, *Variação do Varmazenado* é o balanço hidrológico em m³, *Ventrada* é volume de entrada em m³, *Vsaida* é volume de saída em m³.

O volume de entrada foi calculado através de Equação 3.6

$$V_{\text{entrada}} = ESC * A_{\text{bacia}} \quad (3.6)$$

Onde, *Ventrada* é volume de entrada em m³, *Esc* é escoamento em m, *Abacia* é área da bacia no ponto de açude em m².

O volume de saída foi calculado como a soma da evapotranspiração cultural na área agrícola e evaporação de área do reservatório.

A seguir, apresenta-se uma descrição pormenorizada do modo como estas variáveis foram calculadas.

3.11.1 Caracterização e determinação dos volumes de saída

Evapotranspiração de referência

A estação meteorológica do SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) de São Brás de Alportel, tem registos de alguns parâmetros até ao ano de 2014, outros até 2001. Atualmente encontra-se desativado (Dias da Silva, 2017).

De acordo com APA (2016a e 2016b), a carta de Precipitação média anual e a Carta do volume de escoamento em ano médio em regime modificado, foi escolhida uma estação meteorológica na sub-bacia de Arade. Porque os valores do escoamento não estão disponíveis em São Brás de Alportel e porque as condições climáticas, topográficas e geológicas são próximas das da área em estudo.

A estação meteorológica de São Bartolomeu de Messines é gerida pela Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve (DRAPAlg, 2023), apresenta registos de evapotranspiração e localiza-se no centro da bacia de Arade na zona da serra e a norte do barrocal. Região com características semelhantes à zona onde se estuda a possível construção dos reservatórios. O clima do local da estação meteorológica São Bartolomeu de Messines é relativamente próximo do clima da área de localização dos reservatórios da água.

Para comparar os dados das estações meteorológicas foi efetuada uma regressão linear entre os dados da precipitação anual registados na estação de São Brás de Alportel e a precipitação anual registada na estação meteorológicas de São Bartolomeu Messines em período de 1932 até 2019. Os dados foram obtidos através do SNIRH (2023). O resultado, mostra uma correlação entre os dados com coeficiente de determinação de 0.82 e um desvio entre os valores inferior a 20%. O gráfico é apresentado na Figura 3.25.

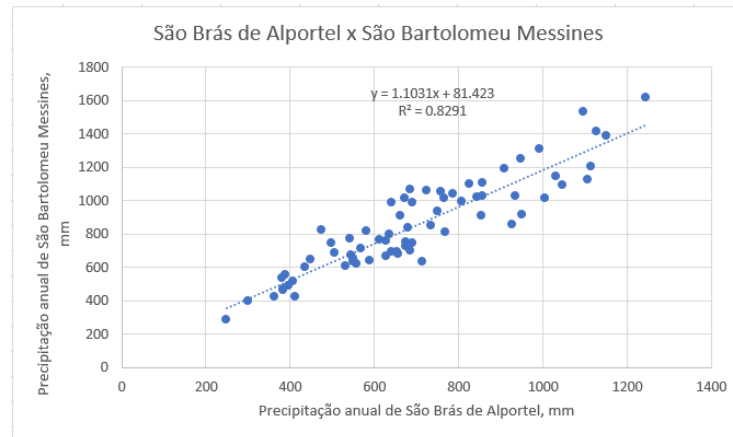


Figura 3.25 – Relação entre a precipitação anual em São Brás de Alportel e a precipitação anual registada na estação meteorológica de São Bartolomeu Messines em período de 2006 até 2022.

Assim, para este estudo, foram obtidos os dados meteorológicos da estação meteorológica de São Bartolomeu de Messines, fornecidos pela DRAPALG (2023) e integrante da rede de Estações Meteorológicas Convencionais.

Foram usados os dados de evapotranspiração de referência mensal como valor médio de dados mensais no período de 2006 até 2022. Os resultados são apresentados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Dados de evapotranspiração de referência mensal como valor médio de dados mensais da estação meteorológica São Bartolomeu de Messines no período de 2006 até 2022, em mm (Fonte: DRAPALG, 2023).

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
55,17	67,04	102,20	124,45	173,97	199,06	233,94	210,55	149,28	104,03	63,78	50,88

A evapotranspiração da cultura

Para calcular evapotranspiração cultural foram usados os dados de coeficiente cultural de acordo com os dados de Rosa (2019) e Allen *et al.* (1998).

De acordo com agricultura existente, foram definidos 4 tipos de coeficiente cultural: pomar, olival, vinha de mesa, pequenos vegetais.

Para os pomares, foram usados os dados de Rosa (2019), correspondentes aos citrinos.

O coeficiente cultural de citrinos é apresentado na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Coeficiente cultural de citrinos (Fonte: Rosa, 2019).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Kc	0,72	0,72	0,66	0,67	0,66	0,67	0,66	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67

Para os olivais foram usados os dados de Rosa (2019) correspondentes a oliveiras. O coeficiente cultural de oliveiras é apresentado na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Coeficiente cultural de oliveiras (Fonte: Rosa, 2019).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Kc	0,62	0,62	0,65	0,61	0,56	0,55	0,54	0,54	0,57	0,68	0,78	0,64

Para as vinhas, foram usados os dados de Rosa (2019) correspondentes de vinha de mesa. O coeficiente cultural de vinha é apresentado na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Coeficiente cultural de vinha (Fonte: Rosa, 2019).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Kc	0,00	0,00	0,25	0,45	0,60	0,70	0,70	0,85	0,55	0,45	0,00	0,00

Para as hortas, foram usados os dados de Allen *et al.* (1998) correspondentes a vegetais pequenos. O coeficiente cultural de vegetais pequenos é de 1,05.

A evapotranspiração de cultural foi calculada através da Equação 2.3, onde o coeficiente cultural foi calculado como uma média ponderada do Kc pelas áreas da respetiva cultura que intersecta do curso da água a jusante do reservatório.

Área de rega

A área de rega servida pelo reservatório foi calculada como a soma das áreas das parcelas escolhidas, que intersectam do curso da água a jusante.

Evaporação

Para o cálculo da evaporação dos reservatórios foram utilizados como referência os dados de evaporação mensal em tina evaporimétrica medidos na estação meteorológica do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) de São Brás de Alportel. Foram

calculados os valores médios de evaporação mensal em tina evaporimétrica no período de 1978 até 2018. Estes são apresentados na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Evaporação tina mensais médias em mm (Fonte: SNIRH, 2023)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
média, mm	45,80	57,32	102,55	113,33	149,08	202,44	257,51	232,62	163,37	105,97	61,64	58,11

Evaporação de área do reservatório foi calculada através de expressão:

$$E_R = E_{TM} * A_R \quad (3.7)$$

Onde, E_R é a evaporação de área do reservatório, em m^3 , E_{TM} a evaporação tina mensal média em m e A_R a área do reservatório, em m^2 .

3.11.2 Caracterização e determinação dos volumes de entrada

Escoamento

O escoamento mostra qual é quantidade de água que vai chegar ao reservatório da respetiva bacia hidrográfica.

Conforme os planos de bacias hidrográficas da região do Algarve (APA, 2016), tem-se o valor de produtividade da bacia, através do escoamento médio mensal. Ao realizar uma análise espacial das bacias hidrográficas, obtemos o valor do volume afluente, indicando a quantidade de água que será retida no reservatório construído.

De acordo com (APA, 2016) “Na avaliação dos volumes de água em regime natural, procedeu-se à caracterização hidrológica da Região Hidrográfica 8 a partir do desenvolvimento de um modelo hidrológico de bacia Soil & Water Assessment Tool (SWAT)”. Este modelo foi elaborado com o objetivo de antecipar o impacto, por exemplo, das práticas de gestão de solo nos recursos hídricos, bem como a influência da aplicação de fertilizantes nos processos hidrológicos e químicos em bacias hidrográficas de natureza relativamente complexa (Bekiaris *et al.*, 2005). Os resultados do modelo foram armazenados por sub-bacia. Utilizaram-se os dados topográficos, de solos, meteorológicos e de ocupação do solo para o período compreendido entre 1931 e 2009.

Foram utilizados os dados de escoamento da bacia do Arade, detalhados mensalmente na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 – Valores média mensais de escoamento em regime natural de sub-bacia de Arade em mm (Fonte: APA, 2016).

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
49,7	36,8	37	16,5	7,7	2,2	0,4	0,2	1,1	13,6	30,6	44,5

3.11.3 Elaboração do balanço hidrológico dos reservatórios a montante

O balanço hidrológico é composto pelo volume inicial somado ao volume afluente, subtraído do volume efluente através da Equação 3.8.

$$\text{Variação do Varmazenado} = Esc * A_{bacia} - Etc * A_{rega} - E_R \quad (3.8)$$

Onde, *Variação do Varmazenado* é o balanço hidrológico em m³, *Esc* é escoamento em m, *A_{bacia}* é área da bacia no ponto de açude em m², *Etc* é evapotranspiração de uma determinada cultura, *A_{rega}* é área de rega, *E_R* é a evaporação de área do reservatório em m³ calculada através de expressão 3.7.

3.11.4 Elaboração do balanço hidrológico dos reservatórios a jusante

O volume de entrada, ou volume afluente, é a soma da água descarregada pelo reservatório de montante com a multiplicação do escoamento pela diferença de escoamento entre a bacia jusante e a bacia amontante e pode ser calculado através da Equação (3.9):

$$V_{entrada j} = Esc * (A_{bacia j} - A_{bacia m}) + D_m \quad (3.9)$$

Onde, *V_{entrada j}* é o volume afluente do reservatório a jusante em m³, *Esc* é escoamento em m, *A_{bacia j}* é área da bacia do reservatório a jusante em m², *A_{bacia m}* é área da bacia do reservatório a montante em m², *D_m* é a descarga do reservatório a montante.

O volume de saída do reservatório a jusante é igual à evaporação da área do reservatório mais as descargas e o consumo para rega e pode ser calculado através da Equação (3.10):

$$V_{saida j} = E_{Rj} + A_{rega j} * Etc + D_j \quad (3.10)$$

Onde, $V_{saida j}$ é o volume efluente do reservatório a jusante em m^3 , Etc é escoamento de uma determinada cultura em m, $A_{rega j}$ é área de rega do reservatório a jusante em m^2 , E_{Rj} é a evaporação de área do reservatório a jusante em m^3 calculada através de expressão 3.7, D_j é descarga do reservatório a jusante em m^3 .

4 Resultados e Discussão

Neste capítulo, apresentam-se todos os resultados da preparação da camada da agricultura no concelho, a identificação dos pontos onde é possível implantar os reservatórios e a modelação hidrológica, bem como o cálculo do balanço hidrológico.

4.1 Caracterização da Agricultura existente no Concelho

Na camada de informação de topografia à escala 1:10000 foi seleccionada apenas a informação relativa à agricultura, verifica-se que esta se subdivide nas seguintes layers: sobreiros, vinha, eucaliptos, pomar, regadia horta, azinheiros, olival, sequeiro, áreas agrícolas e florestais em geral, mata (arvoredo), matos e pinheiros.

Destas, foram seleccionadas apenas *layers* que correspondem às culturas com interesse para potenciais produtores e consumidores no concelho: olival, pomar, vinha, horta.

Após as correções descritas no capítulo 3.3, foi preparada uma camada de agricultura de acordo com a topografia à escala 1:100000, tal como está apresentada na Figura 4.1.

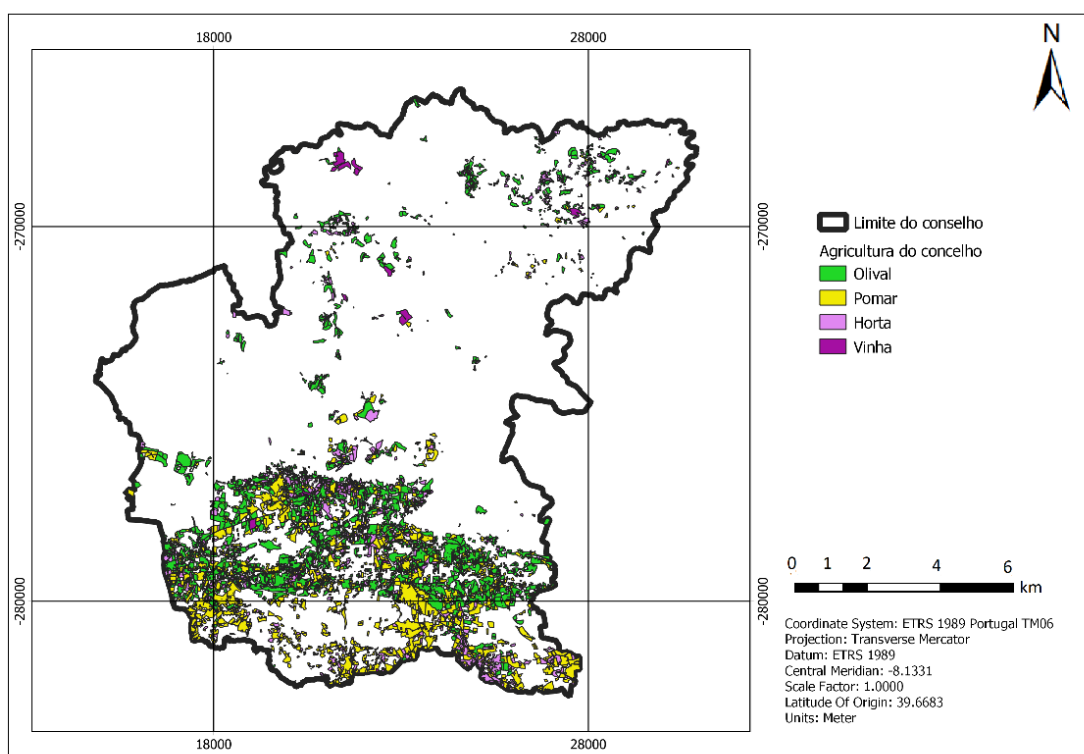


Figura 4.1 – Mapa de agricultura do concelho de acordo com a informação da agricultura de topografia à escala 1:100000. (Fonte: Autor).

O mapa da agricultura do concelho de acordo com a COS 2018 está apresentado na Figura 4.2.

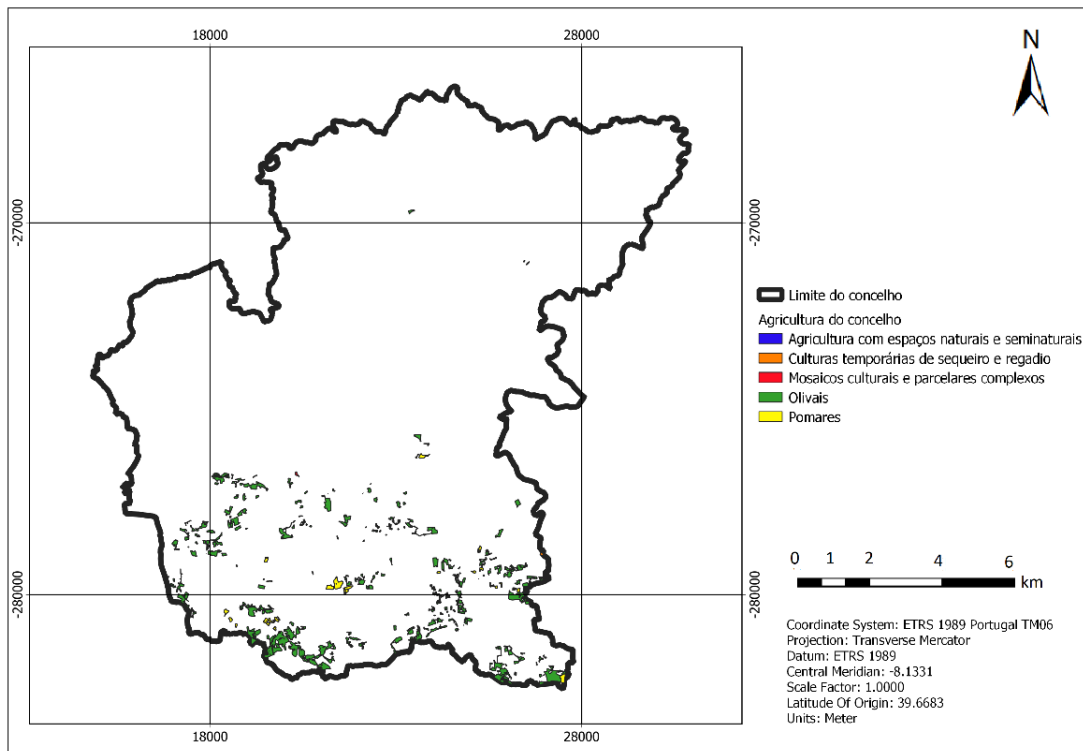


Figura 4.2 – Mapa da agricultura do concelho de acordo com a COS 2018. (Fonte: Autor).

O mapa de união das camadas de topografia à escala 1:10000 e COS 2018 está representado na Figura 4.3.

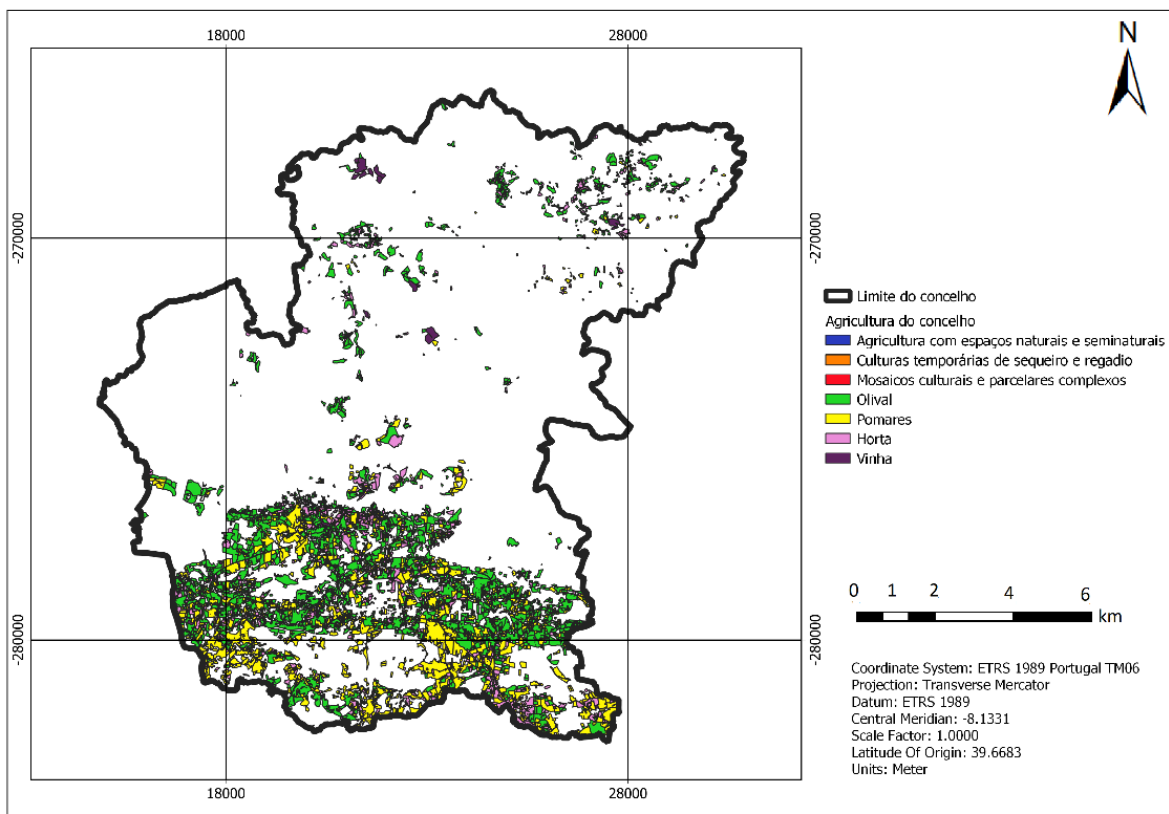


Figura 4.3 – Mapa de união das camadas de agricultura de de topografia de 10000 e COS 2018. (Fonte: Autor)

O mapa da agricultura do concelho de acordo com a COS 2018 e a topografia de 1:10000 e o cadastro predial está apresentado na Figura 4.4 e no Anexo 4.

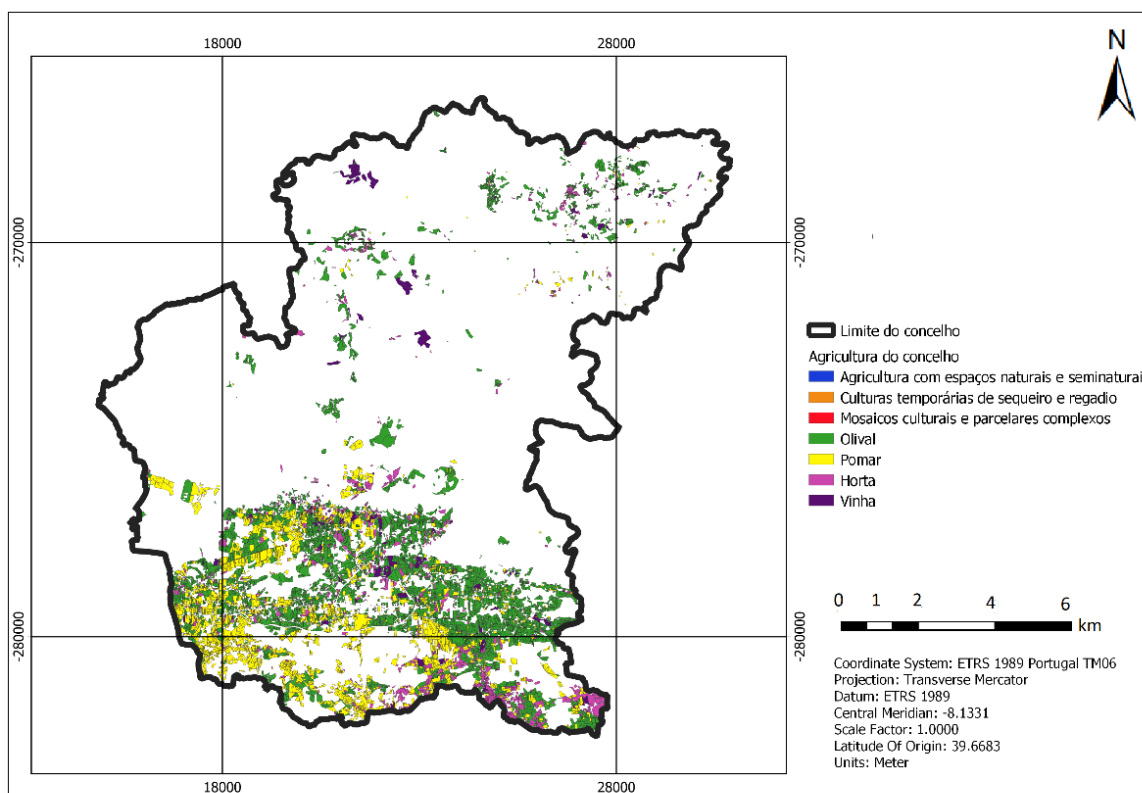


Figura 4.4 – Mapa da agricultura do concelho. (Fonte: Autor)

Para identificar as parcelas de regadio o método de reclassificação que apresentou melhores resultados foi o aplicado à imagem NDVI de verão. Por isso, apresenta-se o resultado da reclassificação das imagens de NDVI de verão.

Foi criada uma imagem da máscara, onde a vegetação tem valor de pixel 1 e os restantes têm valor de 0. A imagem de NDVI do inverno foi reclassificada como máscara das imagens de acordo com a Tabela 4.1 e o resultado utilizado como máscara.

Tabela 4.1 – A reclassificação da imagem do inverno de NDVI.

Valor	Intervalo de valores de NDVI de para
0	$[-0,504; 0.410[$
1	$[0,410; 0.830]$

A imagem de verão de NDVI com máscara é apresentada na Figura 4.5.

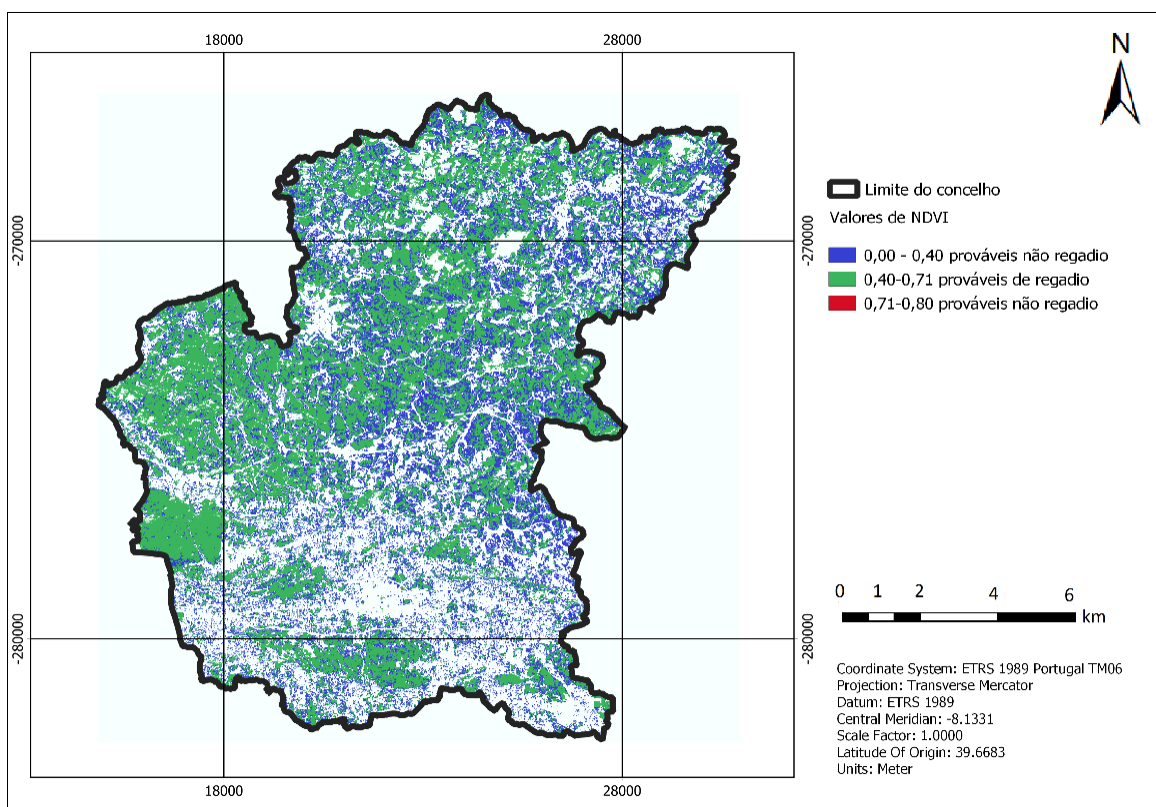


Figura 4.5 – Imagem de verão de NDVI com máscara. (Fonte: Autor)

A certeza absoluta sobre os dois tipos de ocupação não está presente, levando à definição de duas categorias distintas: "prováveis não regadio" e "prováveis de regadio". O valor alto do índice de NDVI reflete a vegetação saudável, por isso, na imagem de NDVI existem muitas áreas que aparecem como áreas de vegetação saudável, o que levaria a presumir que seriam culturas de regadio, o que nem sempre é verdade.

A imagem foi posteriormente reclassificada de acordo com os valores de pixels das áreas de regadio conhecidas (Tabela 4.2), onde as áreas de regadio têm valor 1 e áreas de sequeiro têm valor 0.

Tabela 4.2 – Reclassificação da imagem de verão de NDVI de acordo com os valores de pixels de áreas de regadio.

Valor	Intervalo de valores de NDVI
0	[0; 0,4[
1	[0,4; 0,71[
0	[0,71; 0,8[

O resultado da reclassificação da imagem de NDVI de verão é apresentada na Figura 4.6.

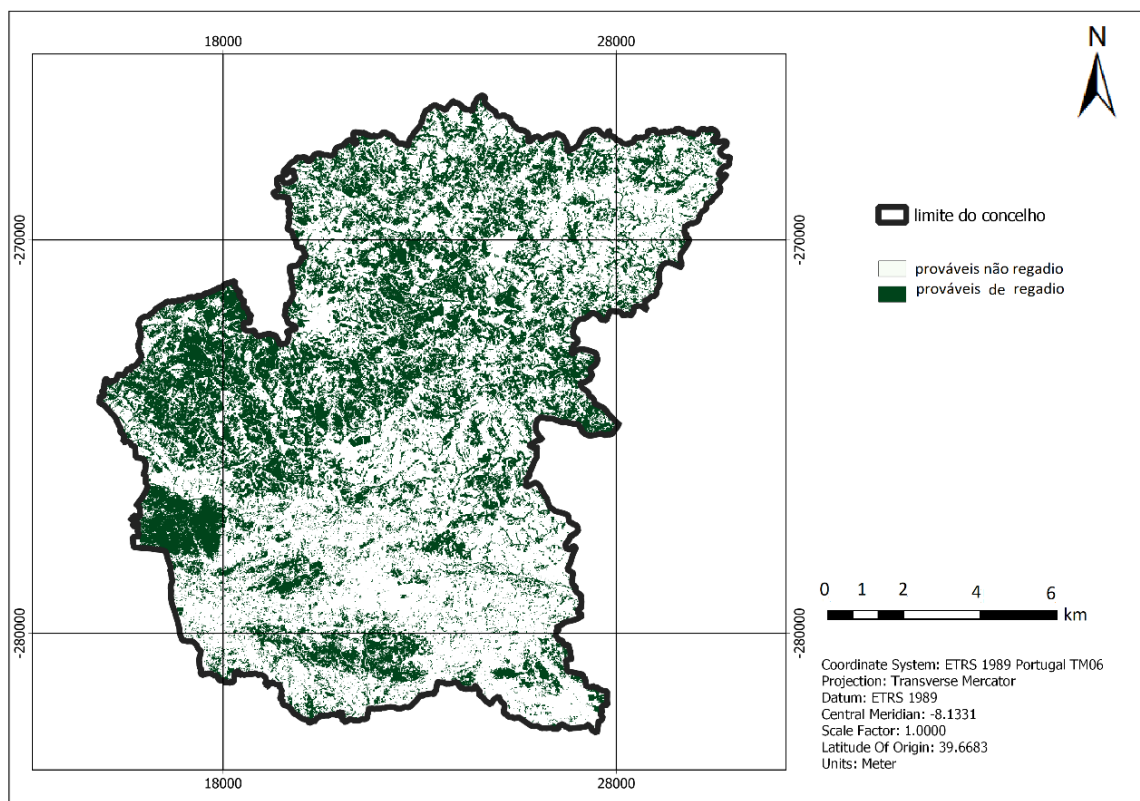


Figura 4.6 – Resultado da reclassificação da imagem de NDVI de verão. (Fonte: Autor)

Na Figura 4.4, destaca-se a escassez de atividade agrícola na parte norte do concelho. Contudo, a Figura 4.6 revela uma expressiva presença de vegetação saudável, possivelmente constituída por sobreiros. O sobreiro é uma cultura de sequeiro muito comum em São Brás de Alportel, sendo frequentemente encontrado em áreas agrícolas, juntamente com azinheiras. Ambas as espécies são protegidas nacionalmente pelo regime jurídico estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 169/2001 de 25 de maio, alterado pelo Decreto-Lei n.º 155/2004 de 30 de junho, que exige autorização para o corte ou arranque dessas árvores, tanto em povoamento quanto de forma isolada.

O mapa de atividade agrícola no concelho é apresentado na Figura 4.7 e no Anexo 5.

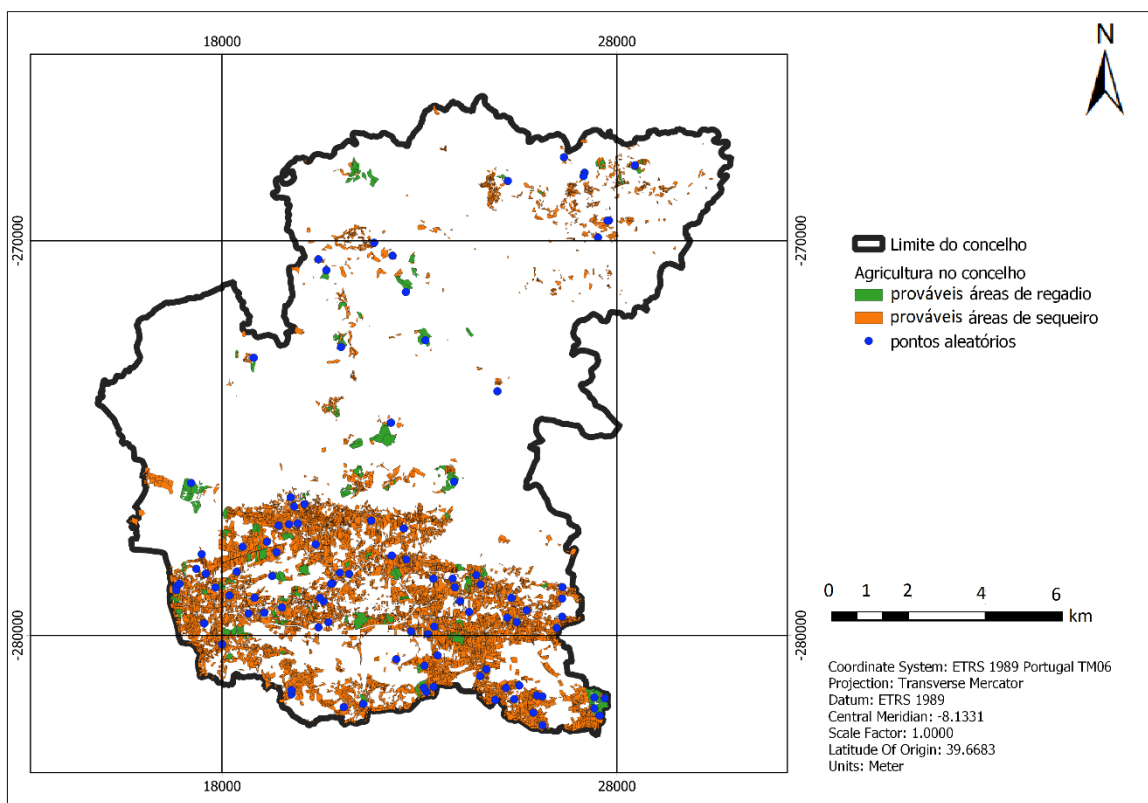


Figura 4.7 – Mapa de atividade agrícola no concelho. (Fonte: Autor)

A área total da agricultura no concelho é de 2854 ha., que corresponde a 18,65% da área total do concelho. A área de agricultura de regadio é de 112 ha., que corresponde a 4% da área total de agricultura do concelho.

Para determinar a precisão da classificação, foi construída uma matriz de confusão.

A matriz de confusão para a imagem de NDVI obtida na reclassificação do mês de julho de 2021 é apresentada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Matriz de confusão para a imagem de NDVI obtida na reclassificação do mês de julho de 2021.

Dados Classificados	Dados de Referência		Total
	Regadio	sequeiro	
Regadio	8	2	10
Sequeiro	0	90	90
Total	8	92	100
Erro de omissão, %	0,00	2,17	
Erro de comissão, %	20,00	0,00	

Dados Classificados	Dados de Referência		Total
	Regadio	sequeiro	
Precisão do Utilizador (%)	80,00	100,00	
Precisão do Produtor, %	100,00	97,83	
Exatidão Global, %	98		
Índice Kappa, %	88		

Foram feitos os mesmos processamentos com as imagens de verão de NDMI, diferença das imagens de verão e inverno de NDVI, diferença das imagens de inverno e verão de NDMI. As matrizes de confusão são apresentadas no Anexo 3.

De acordo com a Tabela 4.3 o índice *kappa* tem valor 88%, que corresponde a um valor quase excelente (Landis & Koch, 1977). Quando se trata de detetar corretamente as áreas de regadio, a reclassificação da imagem de NDVI de verão atinge uma precisão de produtor 100%.

4.2. Criação e seleção das bacias hidrográficas para a implantação dos reservatórios

Um Modelo Digital de Elevações (MDE) desempenha um papel crucial na demarcação de bacias hidrográficas e no desenvolvimento de modelos hidrológicos. Inicialmente, realizou-se a extração do MDE com base nos limites do concelho, excluindo informações externas. Posteriormente, aprimorou-se a visualização tridimensional através da criação de um mapa de sombreamento da superfície usando o comando "Hillshade". A representação final do MDE em formato raster pode ser observada na Figura 4.8.

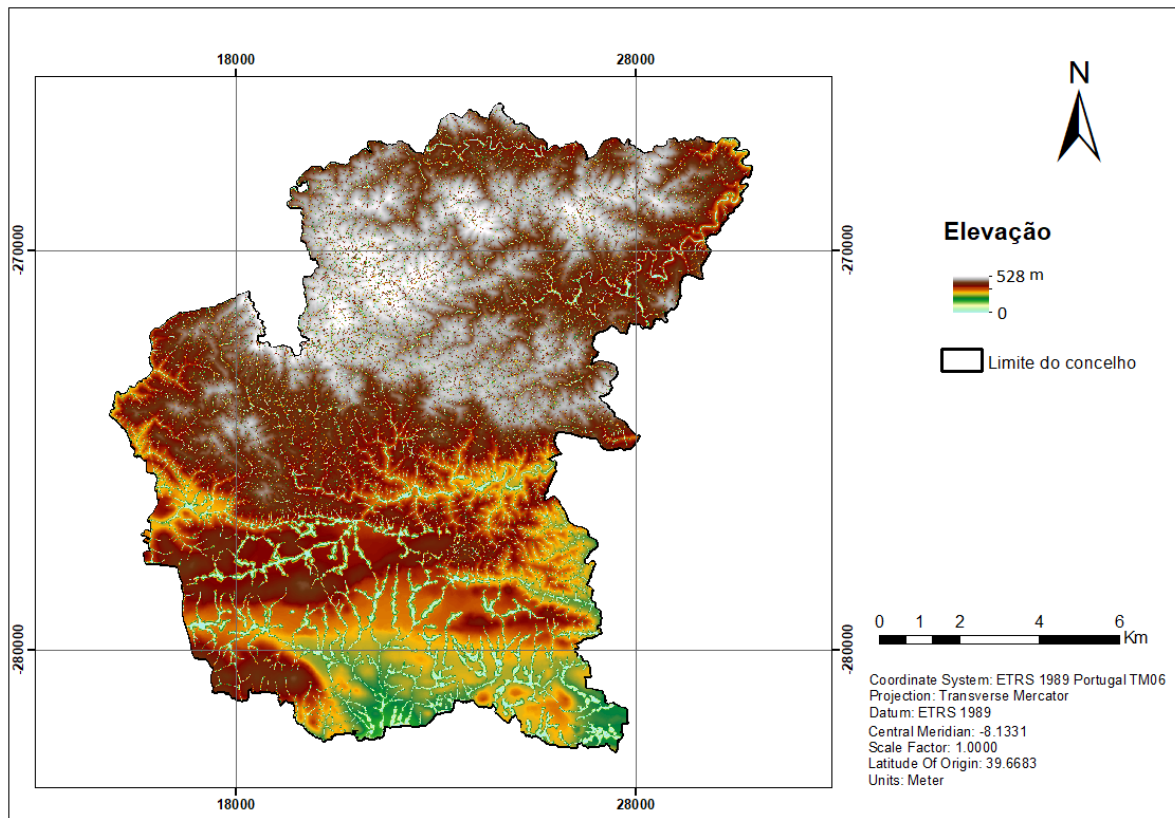


Figura 4.8 – Modelo digital de elevações no formato *raster*. (Fonte: Autor).

A partir do Modelo Digital de Elevações (MDE), foram desenvolvidos dois modelos subsequentes: o modelo de direção do escoamento e o modelo de acumulação de escoamento. O cálculo do modelo de direção de escoamento envolveu a atribuição de 8 valores correspondentes às direções dos pontos cardeais: este, sudeste, sul, sudoeste, oeste, noroeste, norte e nordeste. O resultado desse processo pode ser visualizado na Figura 4.9.

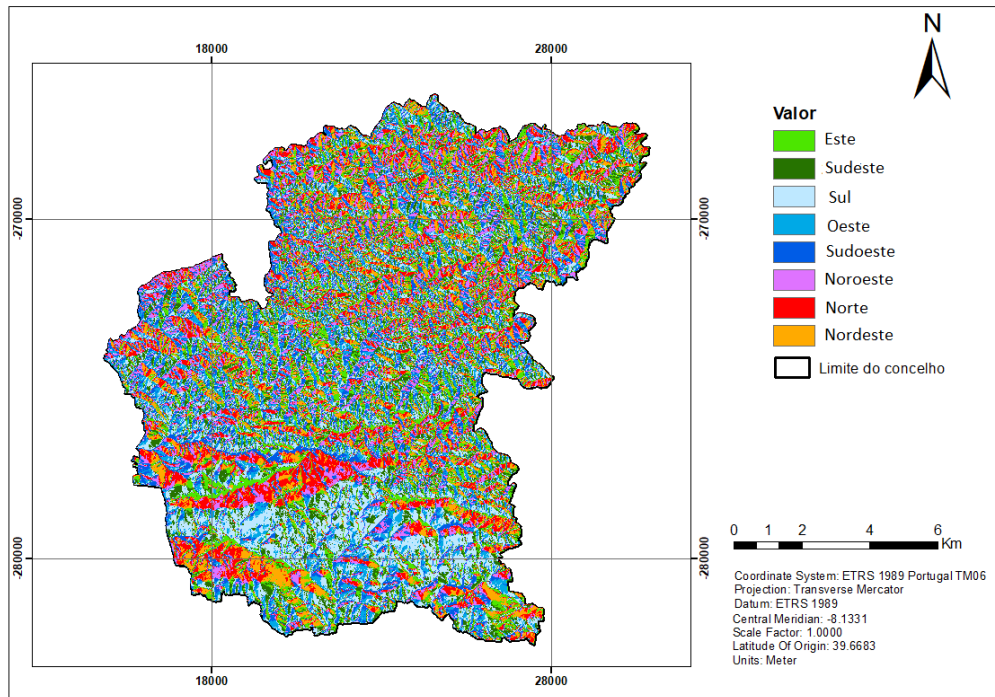


Figura 4.9 – Modelo de direção de escoamento. (Fonte: Autor).

No modelo de acumulação de escoamento, cada célula representa o valor acumulado do escoamento, sendo que as células com valores mais elevados indicam os pontos de maior acumulação de água. O resultado deste processo pode ser visualizado na Figura 4.10.

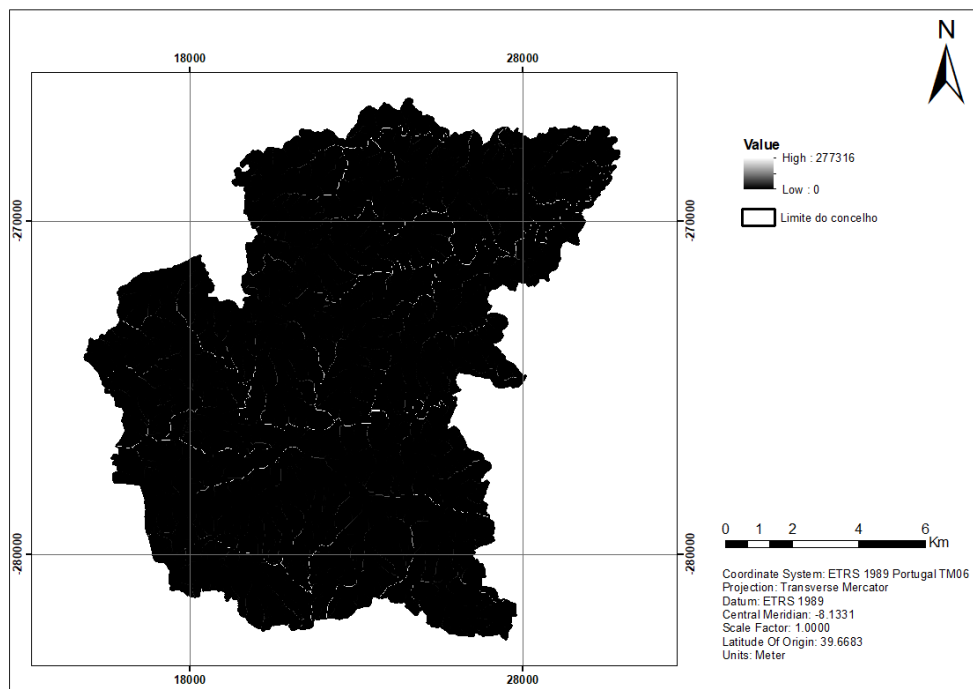


Figura 4.10 – Modelo acumulação do escoamento de São Brás de Alportel. (Fonte: Autor).

Com base de modelo de acumulação de escoamento foi criada a rede de drenagem com comprimento de 758285 m, que é apresentada na Figura 4.11.

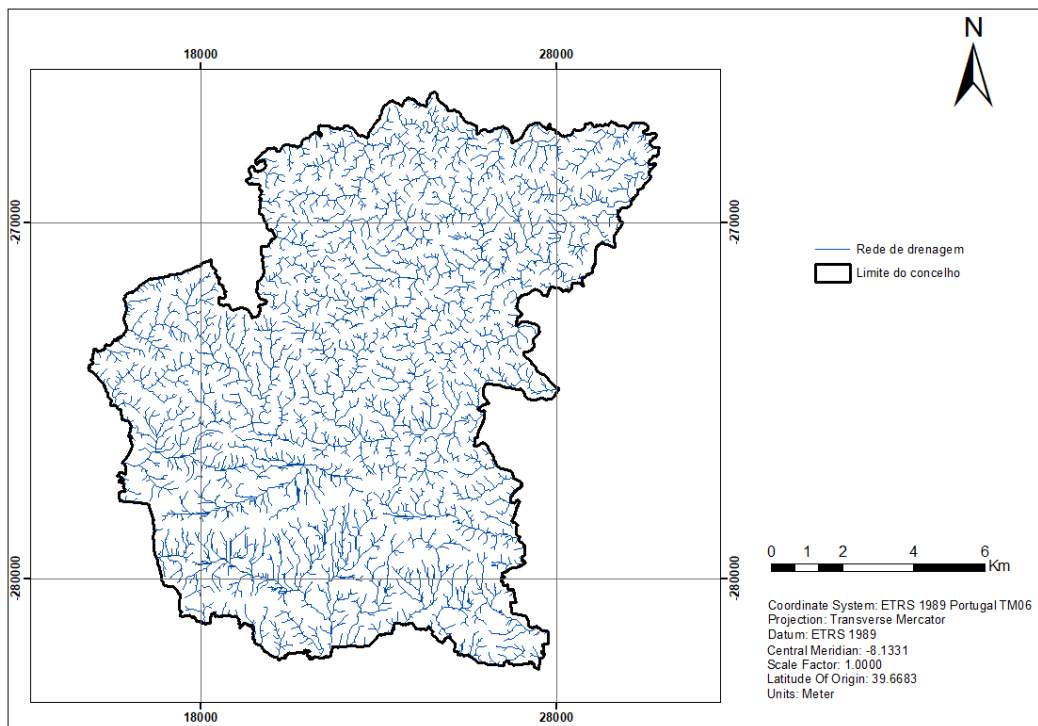


Figura 4.11 – Rede de drenagem. (Fonte: Autor).

Inicialmente, foi gerado um *raster* para delimitar todas as bacias de drenagem, as quais foram posteriormente convertidas para o formato vetorial. Foram delimitadas 38 bacias hidrográficas nas diferentes áreas do concelho. Para o estudo subsequente, foram escolhidas as bacias hidrográficas integralmente localizadas no município e consideradas pertinentes para o estudo em questão. A representação visual das bacias hidrográficas e da rede de drenagem pode ser observada na Figura 4.12.

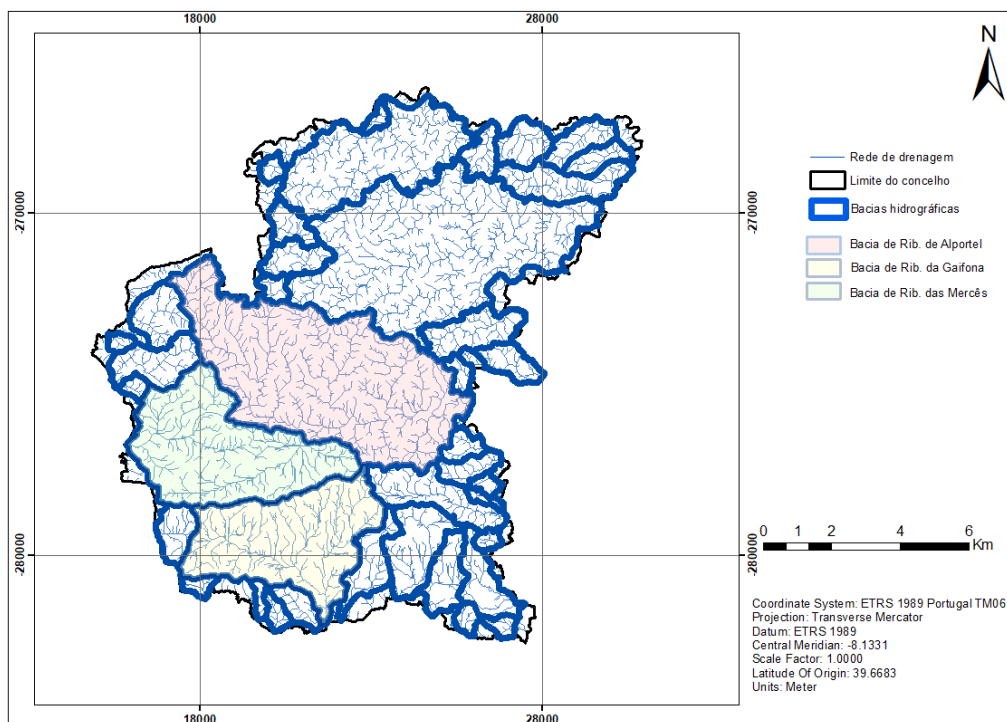


Figura 4.12 – Bacias hidrográficas e rede de drenagem do concelho. (Fonte: Autor).

As linhas de água foram classificadas pelo método *Strahler* (Figura 4.13), onde cada curso de água recebe uma ordem específica. Nesse processo, foram identificadas e atribuídas cinco ordens de escoamento.

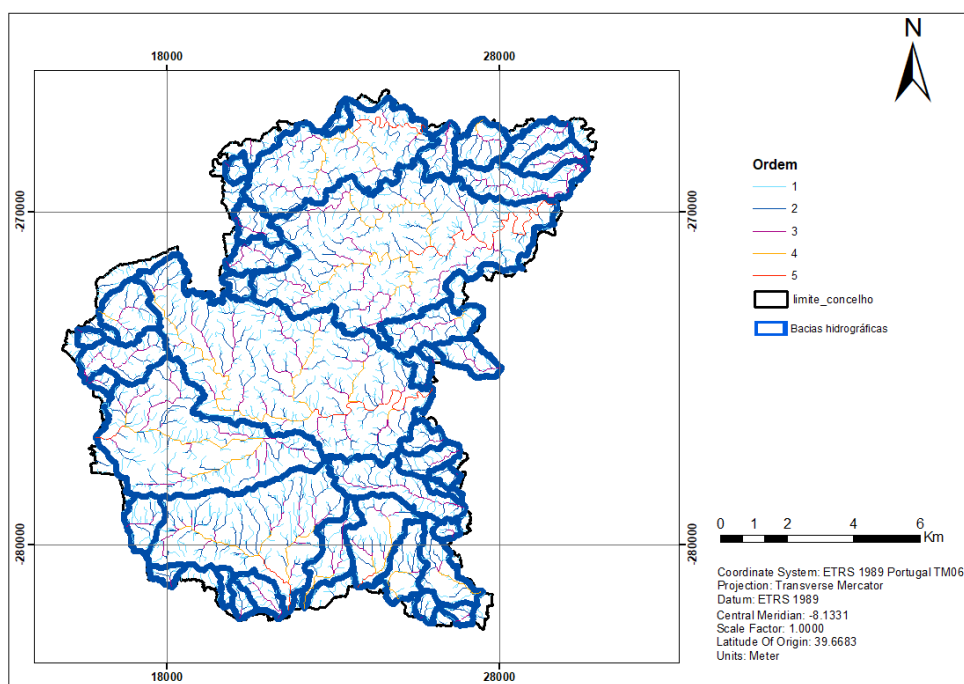


Figura 4.13 – Linhas da água ordenadas segundo o método *Strahler*. (Fonte: Autor).

4.3 Identificação dos pontos onde é possível implantar os reservatórios e seleção dos reservatórios onde vai ser realizada o cálculo do balanço hidrológico

Prosseguiu-se com a análise dos locais ideais para a instalação dos reservatórios de água, escolhendo três locais estratégicos: na ribeira da Gaifona, localizada no barrocal; na ribeira das Mercedes; e na ribeira de Alportel, situada na serra.

Optou-se por seleccionar uma localização no barrocal para a instalação do reservatório, uma vez que a maior parte das atividades agrícolas na região ocorre nessa área. Além disso, o Município comprometeu-se a assegurar um fundo impermeável para esse reservatório.

Os reservatórios situados na serra foram escolhidos porque têm bacias grandes e ficam mais perto da zona de barrocal, onde se situa a maior zona agrícola do Município.

A partir dessas escolhas, identificaram-se os pontos específicos ao longo do curso da água para a construção dos açudes.

O mapa dos pontos que satisfazem as condições para reservatórios é apresentado no Anexo 6.

Depois de definidos os pontos para os reservatórios, calcularam-se as bacias hidrográficas a montante desses pontos. Posteriormente, procedeu-se à conversão do *raster* para o formato vetorial, seguida pelo cálculo da área da bacia de drenagem em cada ponto específico. O resultado desse procedimento pode ser visualizado no mapa das bacias hidrográficas dos reservatórios, apresentado na Figura 4.14 e detalhado no Anexo 7.

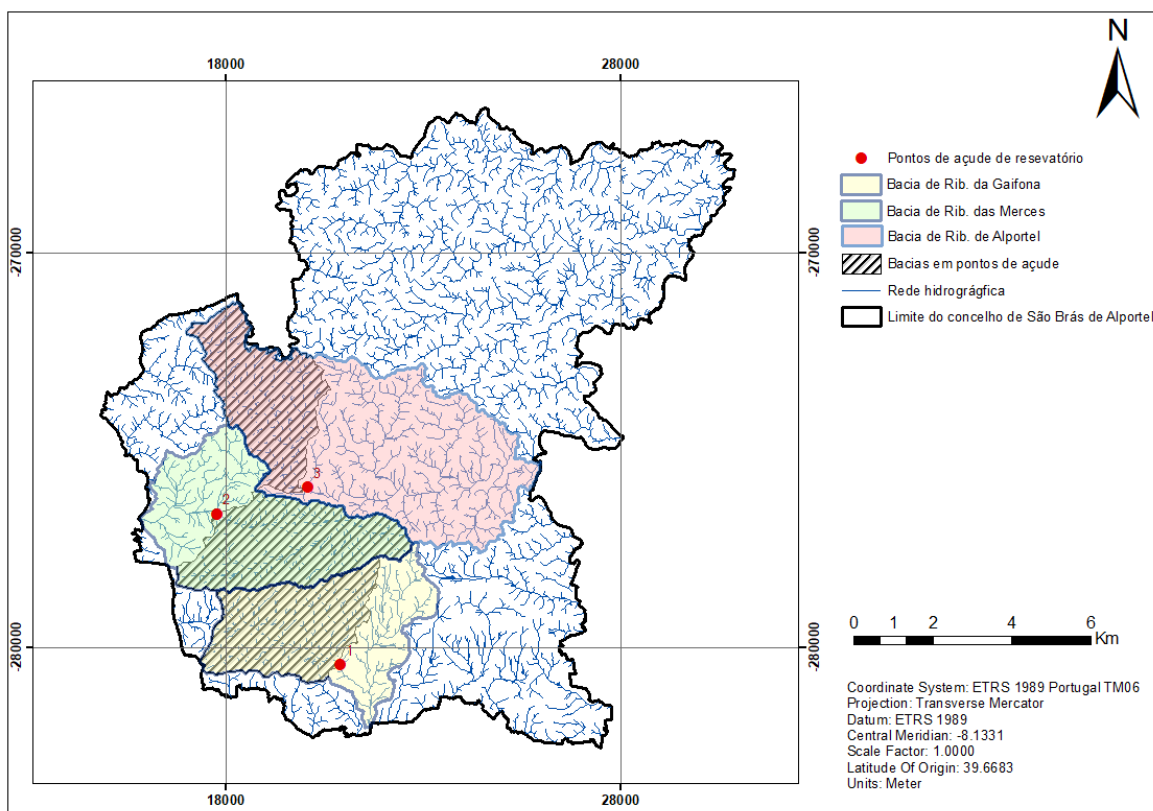


Figura 4.14 – Mapa com as bacias hidrográficas dos reservatórios. (Fonte: Autor).

Os valores das áreas das bacias hidrográficas e das bacias hidrográficas a montante dos pontos de afluência dos reservatórios são apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Valores da área das bacias hidrográficas e das bacias hidrográficas nos pontos de afluência dos reservatórios

Bacia	Área da bacia, m ²	Número de ponto de afluência	Área de bacia no ponto de afluência, m ²
Ribeira da Gaifona	14115200	1	8656758
Ribeira das Mercês	15790500	2	9598495
Ribeira de Alportel	27734200	3	8317464

4.4 Criação de rede geométrica no *ArcMap 10.8*

Para determinar a direção do fluxo da água para jusante e realizar análises de escoamento, desenvolveu-se uma rede geométrica de drenagem. A representação dessa rede, incluindo as direções de escoamento, é apresentada na Figura 4.15.

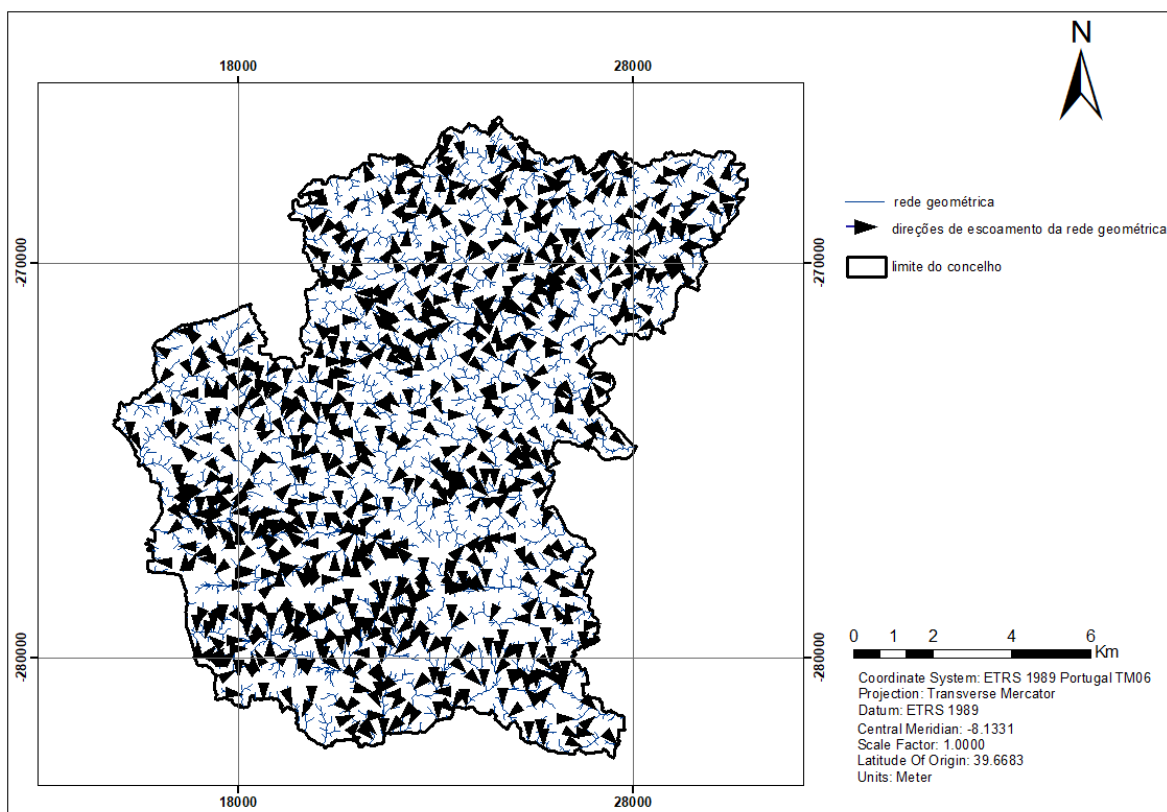


Figura 4.15 – Rede geométrica com as direções de escoamento. (Fonte: Autor).

4.5 Área das parcelas agrícolas situadas a jusante de reservatórios

A área das parcelas agrícolas situadas a jusante do reservatório da bacia da Ribeira da Gaifona é apresentada na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Área das parcelas agrícolas da bacia da Ribeira da Gaifona.

Cultura	Área (m ²)	Área (km ²)
olival	6759	0,006759
pomar	68378	0,068378

A área das parcelas agrícolas situadas a jusante do reservatório da bacia da Ribeira das Mercês é apresentada na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Área das parcelas agrícolas da bacia da Ribeira das Mercês.

Cultura	Área (m ²)	Área (km ²)
olival	42709	0,042709
pomar	14238	0,014238

A área das parcelas agrícolas situadas a jusante do reservatório da bacia da Ribeira de Alportel é apresentada na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Área das parcelas agrícolas da bacia da Ribeira de Alportel.

Cultura	Área, m ²	Área, km ²
Horta	36000	0,036
Olival	63708	0,063708
Pomar	13179	0,013179

As somas das áreas de rega da cada bacia são apresentadas na tabela 4.8, bem como a percentagem a que corresponde a agricultura de regadio.

Tabela 4.8 – Somas de áreas de rega da cada bacia, km²

Nome do reservatório	Reservatório da bacia da Ribeira da Gaifona	Reservatório da Ribeira das Mercês	Reservatório da Ribeira de Alportel
Área total da bacia no reservatório, km ²	0,075137	0,056947	0,112887
Área de agricultura de regadio, km ²	0,027779	0,056947	0,046462
% de agricultura de regadio de área total	37%	100%	41%

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4.8, a área da agricultura de regadio na bacia da Ribeira da Gaifona e bacia da Ribeira de Alportel é pequena. Por isso decidiu-se aplicar o cálculo para as parcelas da agricultura de sequeiro e regadio que se intersectam do curso da água a jusante dos reservatórios.

As parcelas agrícolas situadas a jusante dos reservatórios são apresentadas na Figura 4.16 e em Anexo 8. As parcelas agrícolas situadas a jusante dos reservatórios no concelho de São Brás de Alportel são apresentados no Anexo 9.

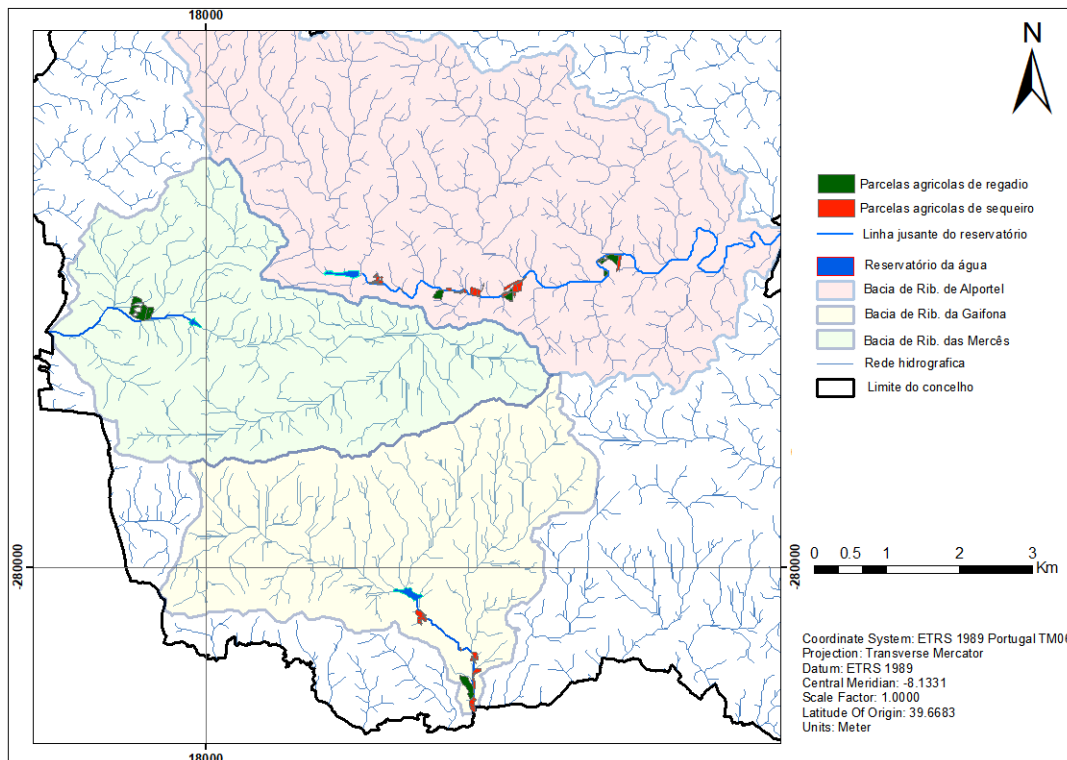


Figura 4.16 – Parcelas agrícolas situadas a jusante do reservatório. (Fonte: Autor).

4.6 Cálculo do balanço hidrológico para os reservatórios escolhidos

A profundidade da água nos reservatórios não deve ultrapassar os 8 metros. Desta forma, o cálculo da altura máxima do reservatório foi de 8 m.

Os gráficos das curvas cota-área e cota-volume para os três reservatórios são apresentadas nas Figuras 4.17 a 4.19. Os resultado das áreas e volumes relativos a cada cota são apresentados nas Tabelas 4.9, 4.10 e 4.11.

Cota área-volume da bacia da Ribeira da Gaifona

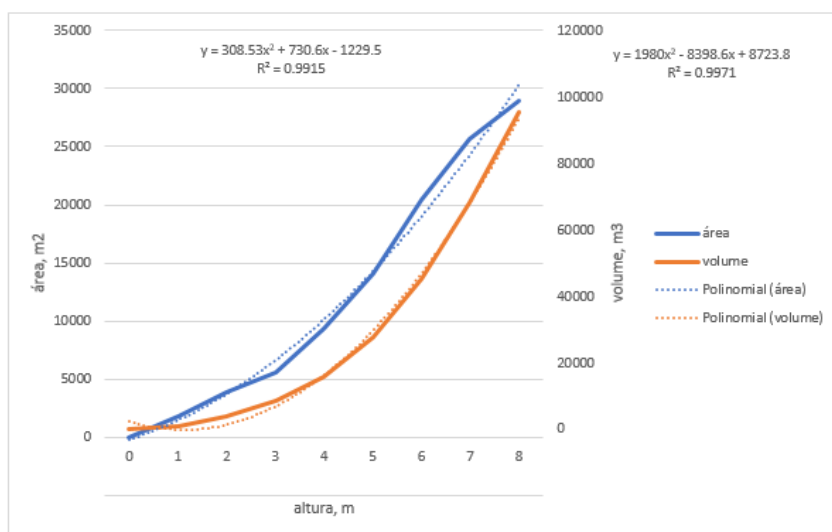


Figura 4.17 – Gráfico da cota área-volume da Ribeira da Gaifona.

Tabela 4.9 – Resultado das áreas e volumes relativos a cada cota da bacia da Ribeira da Gaifona

Cota, m	Área, m ²	Volume, m ³
0	0	0
1	1822	911
2	3823	3733
3	5593	8441
4	9337	15905
5	14136	27642
6	20485	44953
7	25639	68015
8	28909	95288

Conforme os dados apresentados, o volume total calculado para a altura máxima do reservatório, correspondente a 8 metros, com uma elevação de 177,82 m, é de 92588 m³, enquanto a área para essa altura máxima do reservatório é de 28909 m².

Cota área-volume da bacia da Ribeira das Mercês

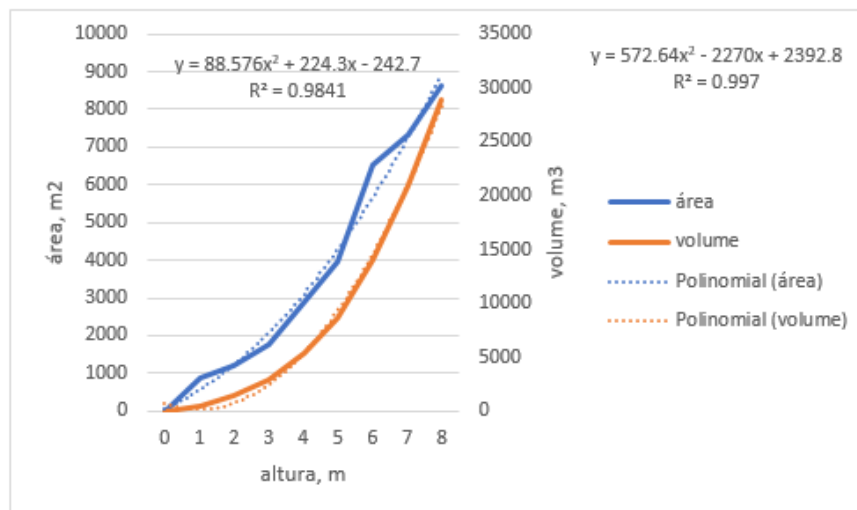


Figura 4.18 – Gráfico da cota área-volume da Ribeira das Mercês.

Tabela 4.10 – Os resultado das áreas e volumes relativas a cada cota da bacia da Ribeira das Mercês

Cota, m	Area, m ²	volume, m ³
0	0	0
1	891	445
2	1188	1484
3	1781	2969
4	2870	5295
5	3959	8709
6	6532	13954
7	7323	20882
8	8610	28848

Conforme os dados apresentados, o volume total calculado para a altura máxima do reservatório, correspondente a 8 metros, com uma elevação de 238,0 m, é de 28848 m³, enquanto a área para essa altura máxima do reservatório é de 8610 m².

Cota área-volume da bacia da Ribeira de Alportel

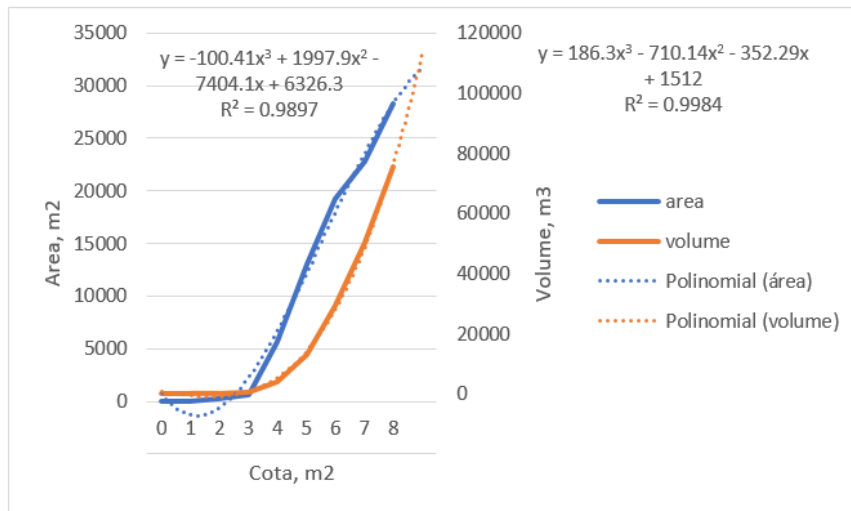


Figura 4.19 – Gráfico da cota área-volume da Ribeira de Alportel.

Tabela 4.11 – Resultado das áreas e volumes relativas a cada cota da bacia da Ribeira de Alportel

Cota, m	Área, m ²	Volume, m ³
0	0	0
1	68	34
2	299	218
3	599	667
4	5612	3772
5	12928	13043
6	19238	29125
7	22740	50114
8	28327	75648

Conforme os dados apresentados, o volume total calculado para a altura máxima do reservatório, correspondente a 8 metros, com uma elevação de 273,25 m, é de 75648 m³, enquanto a área para essa altura máxima do reservatório é de 28327 m².

4.6.1 Elaboração de balanço hidrológico de reservatórios

O cálculo do balanço hidrológico do reservatório da bacia da Ribeira da Gaifona é apresentado na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 – Calculo do balanço hidrológico do reservatório da bacia da Ribeira da Gaifona

Mês	<i>Esc</i> (mm) (a)	<i>ETO</i> (mm) (b)	kc, Rosa (2019)	<i>Etc</i> (mm)	<i>ETM</i> (mm)	<i>ER</i> (m ³)	<i>Ventrada</i> (m ³)	<i>Vsaída</i> (m ³)	ΔV (m ³) (c)	<i>Balanço</i> (m ³) (d)	<i>Varmazenado</i> (m ³) (e)	<i>Descarga</i> (m ³) (f)
									0	0	0	0
JAN	49,7	55	0,71	39	45,8	1324	430241	4271	425970	425970	95288	330681
FEV	36,8	67	0,71	48	57,32	1657	318569	5239	313330	408619	95288	313330
MAR	37,0	102	0,66	67	102,55	2965	320300	8026	312274	407563	95288	312274
ABR	16,5	124	0,66	83	113,33	3276	142837	9491	133346	228634	95288	133346
MAI	7,7	174	0,65	113	149,08	4310	66657	12819	53838	149126	95288	53838
JUN	2,2	199	0,66	131	202,44	5852	19045	15712	3333	98621	95288	3333
JUL	0,4	234	0,65	152	257,51	7444	3463	18856	-15393	79895	79895	0
AGO	0,2	211	0,65	137	232,62	6725	1731	16995	-15264	64631	64631	0
SET	1,1	149	0,65	97	163,37	4723	9522	12035	-2512	62119	62119	0
OUT	13,6	104	0,67	70	105,97	3063	117732	8308	109424	171543	95288	76255
NOV	30,6	64	0,68	43	61,64	1782	264897	5040	259857	355145	95288	259857
DEZ	44,5	51	0,67	34	58,11	1680	385226	4231	380995	476283	95288	380995

(a) dados de com (APA, 2016) p.96 Quadro 5.4 – Escoamento médio mensal em regime natural na RH8 para Arade

(b) dados de Drap Algarve de estação meteorológica São Bartolomeu de Messines dados médias mensais para o período 2006-2022

(c) $\Delta V = V_{entrada} - V_{saída}$ em m³

(d) *Balanço* = balanço no mês sem as descargas em m³

(e) *Varmazenado* = volume do balanço no mês limitado pelo volume total do reservatório em m³

(f) *Descarga* = *Balanço* - *Varmazenado* em m³

Para uma área de rega de 0,075137 km², o balanço acumulado é positivo, indicando que o reservatório pode armazenar volume suficiente para atender às necessidades de irrigação das áreas de agricultura de sequeiro e regadio que intersectam o curso da água a jusante do reservatório da bacia da Ribeira da Gaifona. O volume total calculado para a altura máxima da água no reservatório, de 8 metros, é de 95288 m³. A análise do balanço hidrológico sugere que o reservatório será enchido já em janeiro, alcançando sua capacidade máxima. Qualquer excesso de água será descarregado por meio de um descarregador de cheias, designado por "órgão de segurança obrigatório".

As descargas são muito elevadas quando comparadas o valor armazenado. Face à produtividade da bacia hidrográfica podia aumentar a dimensão do respetivo reservatório para ter mais água disponível para rega. Desse modo passaria a ter barragens de dimensão significativa.

O cálculo do balanço hidrológico do reservatório da bacia da Ribeira das Mercês é apresentado na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 – Cálculo do balanço hidrológico do reservatório da bacia da Ribeira das Mercês

Mês	<i>Esc</i> (mm) (a)	<i>ETO</i> (mm) (b)	<i>kc</i> , Rosa (2019)	<i>Etc</i> (mm)	<i>E_{TM}</i> (mm)	<i>E_R</i> (m ³)	<i>V_{entrada}</i> (m ³)	<i>V_{saída}</i> (m ³)	ΔV (m ³) (c)	<i>Balanço</i> (m ³) (d)	<i>Varmazenado</i> (m ³) (e)	Descarga (m ³) (f)
									0	0	0	0
JAN	49,7	55	0,65	36	45,8	394	477045	2421	474624	474624	20882	453743
FEV	36,8	67	0,65	43	57,32	494	353225	2956	350269	371150	28848	342302
MAR	37,0	102	0,65	67	102,55	883	355144	4680	350464	379312	28848	350463
ABR	16,5	124	0,63	78	113,33	976	158375	5405	152970	181818	28848	152970
MAI	7,7	174	0,59	102	149,08	1284	73908	7079	66829	95677	28848	66829
JUN	2,2	199	0,58	115	202,44	1743	21117	8318	12799	41647	28848	12798
JUL	0,4	234	0,57	133	257,51	2217	3839	9811	-5971	22877	22877	0
AGO	0,2	211	0,57	120	232,62	2003	1920	8837	-6918	15959	15959	0
SET	1,1	149	0,59	88	163,37	1407	10558	6444	4115	20074	20074	0
OUT	13,6	104	0,68	70	105,97	912	130540	4926	125613	145687	28848	116839
NOV	30,6	64	0,75	48	61,64	531	293714	3264	290450	319298	28848	290450
DEZ	44,5	51	0,65	33	58,11	500	427133	2376	424757	453605	28848	424756

(a) dados de com (APA, 2016) p.96 Quadro 5.4 - Escoamento médio mensal em regime natural na RH8 para Arade

(b) dados de Drap Algarve de estação meteorológica São Bartolomeu de Messines dados médias mensais para o período 2006-2022

(c) $\Delta V = V_{entrada} - V_{saída}$ em m³

(d) *Balanço* = balanço no mês sem as descargas em m³

(e) *Varmazenado* = volume do balanço no mês limitado pelo volume total do reservatório em m³

(f) *Descarga* = *Balanço* - *Varmazenado* em m³

Para uma área de rega 0,056947 km² o valor acumulado do balanço é positivo. Assim, este reservatório também pode acumular o volume suficiente para necessidades da rega das parcelas da agricultura de sequeiro e regadio que se intersectam do curso da água a jusante

do reservatório da bacia da da Ribeira das Mercês. O volume total calculado para a altura de água máxima no reservatório de 8 m é de 28848 m³, valor máximo que pode acumular. A análise do balanço hidrológico mostra que o reservatório será enchido já em fevereiro. O excesso de água é igualmente descarregado por um descarregador de cheias.

O cálculo do balanço hidrológico do reservatório da bacia da Ribeira de Alportel é apresentado na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 – Cálculo do balanço hidrológico do reservatório da bacia da Ribeira de Alportel

Mês	<i>Esc</i> (mm) (a)	<i>ETO</i> (mm) (b)	<i>Kc</i> , Rosa (2019)	<i>Etc</i> (mm)	<i>ETM</i> (mm)	<i>ER</i> (m ³)	<i>Ventrada</i> (m ³)	<i>Vsaída</i> (m ³)	ΔV (m ³) (c)	<i>Balanço</i> (m ³) (d)	<i>Varmazenado</i> (m ³) (e)	Descarga (m ³) (f)
									0	0	0	0
JAN	49,7	55	0,77	42	45,8	1297	413378	6085	407292	407292	75648	331645
FEV	36,8	67	0,77	52	57,32	1624	306083	7442	298641	374288	75648	298641
MAR	37,0	102	0,78	80	102,55	2905	307746	11889	295857	371505	75648	295857
ABR	16,5	124	0,76	94	113,33	3210	137238	13850	123388	199036	75648	123388
MAI	7,7	174	0,73	127	149,08	4223	64044	18519	45526	121173	75648	45526
JUN	2,2	199	0,72	144	202,44	5735	18298	21992	-3693	71955	71955	0
JUL	0,4	234	0,72	168	257,51	7294	3327	26220	-22893	49061	49061	0
AGO	0,2	211	0,72	151	232,62	6589	1663	23623	-21960	27102	27102	0
SET	1,1	149	0,73	110	163,37	4628	9149	16990	-7841	19261	19261	0
OUT	13,6	104	0,80	83	105,97	3002	113118	12359	100758	120019	75648	44371
NOV	30,6	64	0,85	54	61,64	1746	254514	7890	246625	322273	75648	246625
DEZ	44,5	51	0,77	39	58,11	1646	370127	6093	364034	439682	75648	364034

(a) dados de com (APA, 2016) p.96 Quadro 5.4 - Escoamento médio mensal em regime natural na RH8 para Arade

(b) dados de Drap Algarve de estação meteorológica São Bartolomeu de Messines dados médias mensais para o período 2006-2022

(c) $\Delta V = V_{entrada} - V_{saída}$ em m³

(d) *Balanço* = balanço no mês sem as descargas em m³

(e) *Varmazenado* = volume do balanço no mês limitado pelo volume total do reservatório em m³

(f) *Descarga* = *Balanço* - *Varmazenado* em m³

Para uma área de rega 0,112887 km², o valor acumulado do balanço é positivo, podendo acumular o suficiente para necessidades da rega da agricultura a jusante do reservatório da

bacia da Ribeira de Alportel. O volume total calculado para a altura máxima do reservatório de 8 m é 75648 m³. A análise do balanço hidrológico mostra que o reservatório será enchido já em janeiro.

Para dar continuidade ao projeto, optou-se por considerar a construção de reservatórios adicionais a jusante. Com o intuito de evitar descargas significativas, o excedente de água poderia ser redirecionado para um reservatório subsequente na mesma linha de água. O foco deste estudo é a implementação de pequenos reservatórios, permitindo que a água proveniente do balanço positivo seja direcionada para um segundo reservatório a jusante, da mesmo curso de água.

No entanto, no caso da bacia da Ribeira da Gaifona, a realização dessa proposta no concelho de São Brás de Alportel não é viável, devido à ocupação da zona jusante por parcelas agrícolas. A possibilidade dessa implementação só seria possível apenas no concelho de Faro.

No caso da bacia da Ribeira das Mercês e da bacia da Ribeira de Alportel é possível fazer mais um reservatório a jusante de cada uma, ao longo da linha de água, com altura máxima calculada de 8m.

Os reservatórios a jusante da Bacia da Ribeira das Mercês e da bacia da Ribeira de Alportel são apresentados na Figura 4.20.

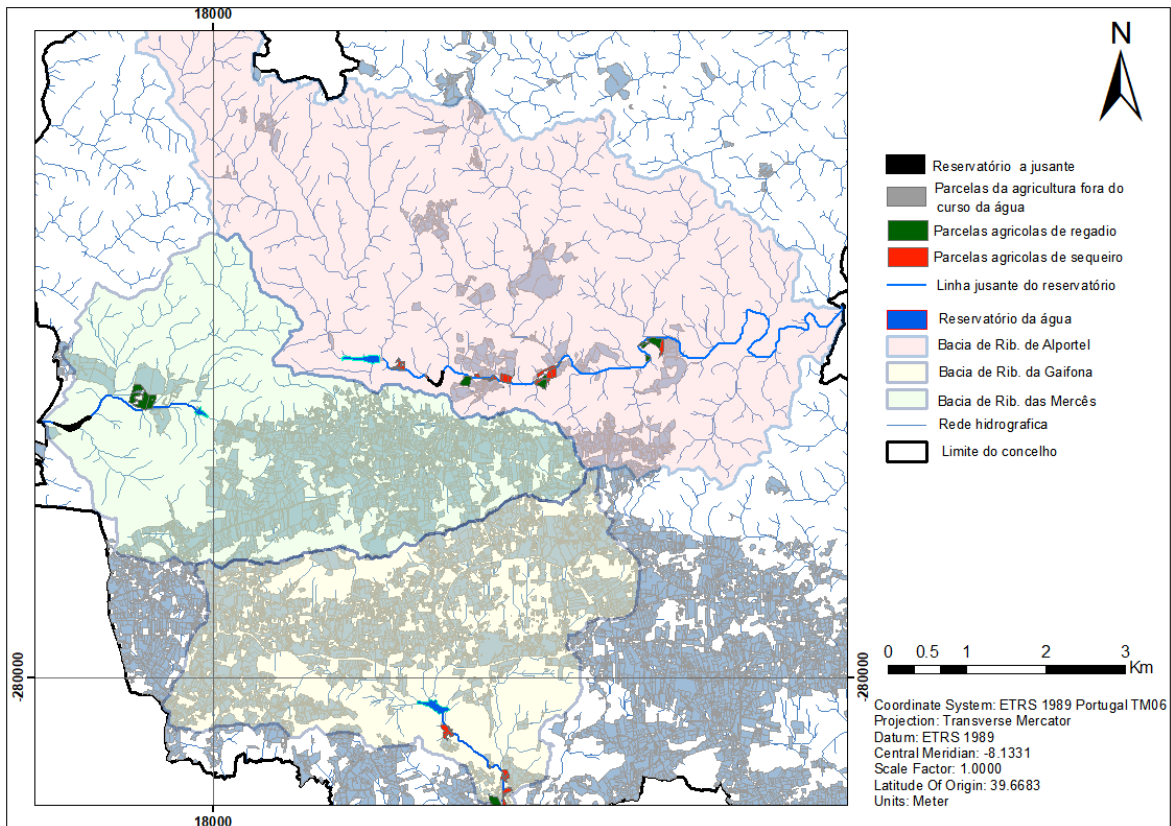


Figura 4.20 – Reservatórios a jusante da Bacia da Ribeira das Mercês e da bacia da Ribeira de Alportel. (Fonte: Autor).

O reservatório da bacia da Ribeira das Mercês localiza-se 1610 m a jusante ao longo do curso da água.

O gráfico de cota - área - volume para o reservatório a jusante é apresentado na Figura 4.21. Os resultados das áreas e volumes relativos a cada cota são apresentados na Tabela 4.15.

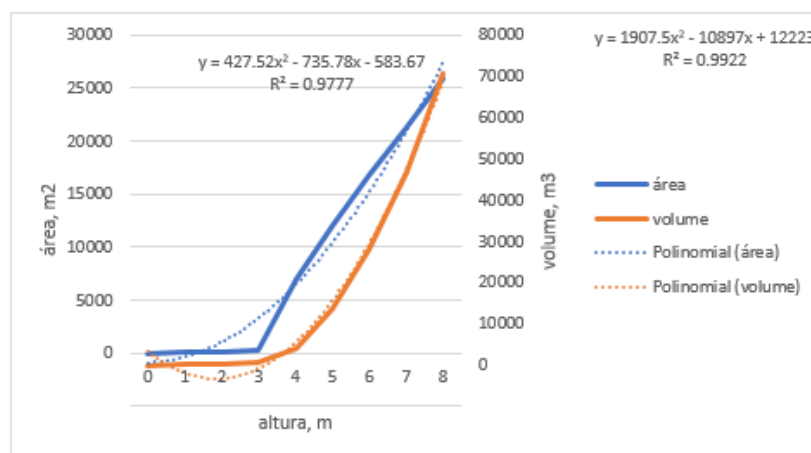


Figura 4.21 – Gráfico de cota - área - volume para o reservatório a jusante

Tabela 4.15 – Área e volume relativos a cada cota

Cota, m	Área, m ²	Volume, m ³
0	0	0
1	100	50
2	183	192
3	278	422
4	6919	4021
5	11937	13449
6	16760	27797
7	21362	46858
8	25942	70510

Conforme os dados apresentados, o volume total calculado para a altura máxima do reservatório de 8 m, que corresponde ao valor de elevação de 209,0 m, é de 70510 m³, sendo a área para a altura máxima do reservatório de 25942 m².

Reservatório da bacia da Ribeira de Alportel localizar-se-ia a 745 m a jusante do curso da água.

O gráfico de cota - área - volume para os reservatórios a jusante é apresentado na Figura 4.22. Os resultados das áreas e volumes relativos a cada cota são apresentados na Tabela 4.16.

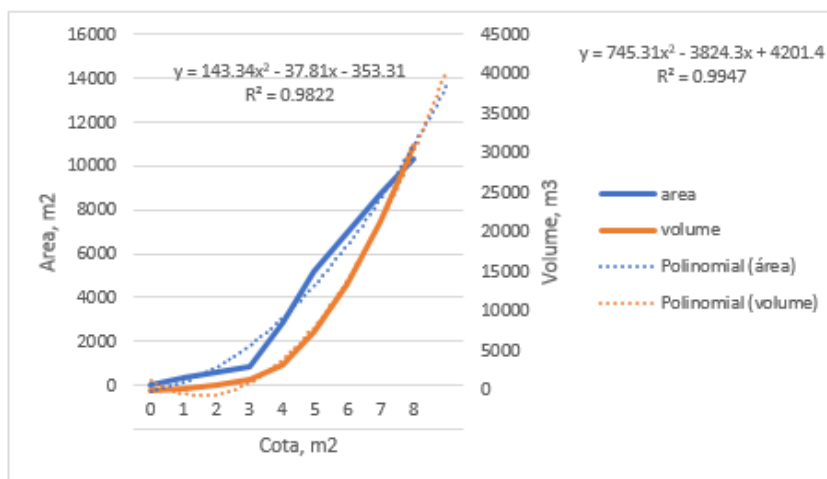


Figura 4.22 – Gráfico de cota - área - volume para o reservatório a jusante

Tabela 4.16 – Área e volume relativos a cada cota

Cota, m	Área, m ²	Volume, m ³
0	0	0
1	361	181
2	597	660
3	827	1372
4	2887	3229
5	5204	7274
6	6985	13369
7	8772	21247
8	10337	30802

Conforme os dados apresentados, o volume total calculado para a altura máxima do reservatório de 8 m, que corresponde ao valor de elevação de 259,00 m, é 30802 m³ e a área para a altura máxima do reservatório é 10337 m².

Área das parcelas agrícolas situadas a jusante de reservatórios

A área da única parcela agrícola situada a jusante do reservatório a jusante na bacia da Ribeira das Mercês é apresentada na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 – Área da parcela agrícola a jusante do reservatório da bacia da Ribeira das Mercês.

Cultura	Área, m ²	Área, km ²
olival	19514	0,019514

A área das parcelas agrícolas situadas numa distância fixa 5 m do curso da água do reservatório a jusante da bacia da Ribeira de Alportel é apresentada na Tabela 4.18.

Tabela 4.18 – Área das parcelas agrícolas a jusante do reservatório da bacia da Ribeira de Alportel.

Cultura	Área, m ²	Área, km ²
horta	9157	0,009157
olival	42906	0,042906
pomar	4490	0,004490

As somas das áreas de rega da cada bacia são apresentadas na Tabela 4.19, bem como a percentagem a que corresponde a agricultura de regadio.

Tabela 4.19 – Somas de áreas de rega da cada bacia, km²

Nome do reservatório	Reservatório da Ribeira das Mercês	Reservatório da Ribeira de Alportel
Área total da bacia no reservatório, km ²	0,019514	0,056553
Área de agricultura de regadio, km ²	0	0,029091
% de agricultura de regadio de área total	0%	51%

De acordo com os dados apresentados na tabela 4.19 verifica-se que não existe área de regadio influenciada pelo 2º reservatório da Ribeira das Mercês. Assim o cálculo do balanço hídrico foi efetuado apenas com a parcela de agrícola de olival (sequeiro).

Relativamente ao reservatório adicional da Ribeira Alportel o cálculo utilizado considerou as parcelas agrícolas de sequeiro e regadio afastadas de 5 m relativamente a linha de água.

As parcelas agrícolas situadas a jusante dos reservatórios são apresentadas na Figura 4.23 e em Anexo 10.

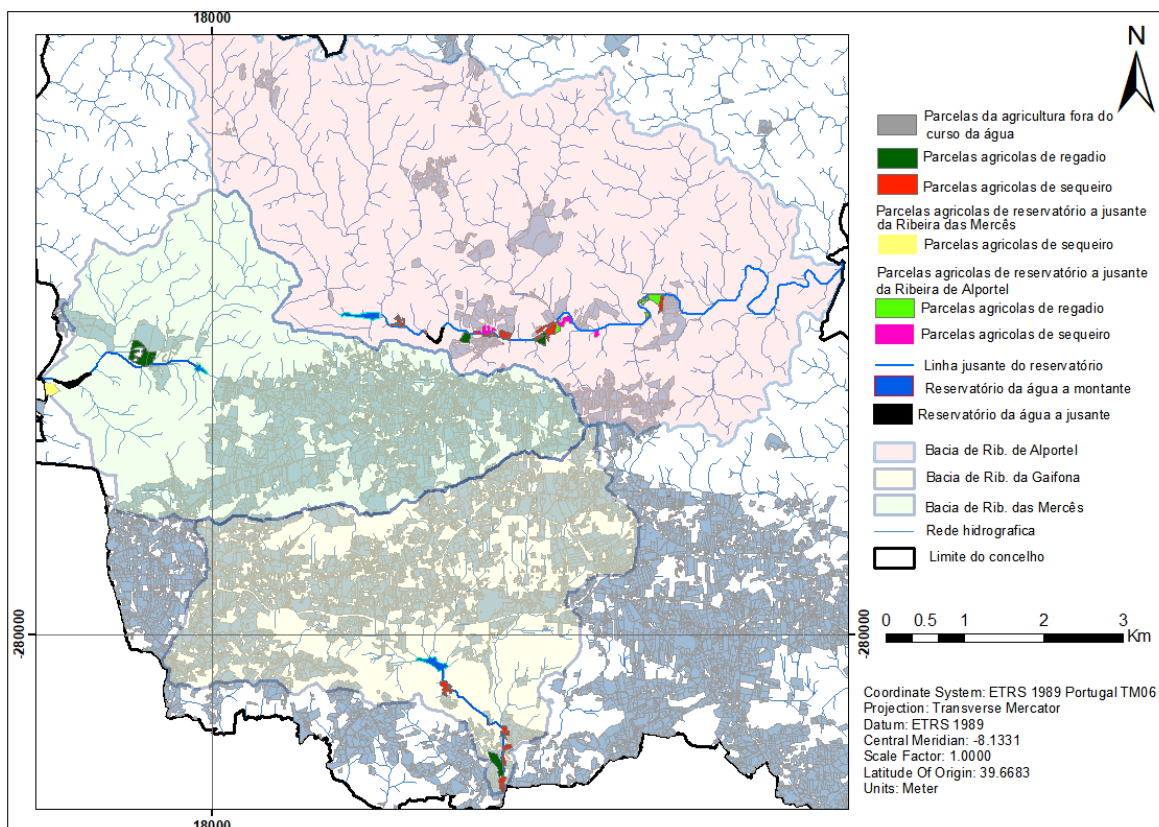


Figura 4.23 – As parcelas agrícolas situadas a jusante dos reservatórios. (Fonte: Autor).

4.6.2 Balanço hidrológico dos reservatórios a jusante

As áreas das bacias dos reservatórios a jusante e as áreas de reservatórios (do espelho de água) são apresentados na Tabela 4.20.

Tabela 4.20 – Áreas das bacias dos 2^{os} reservatórios a jusante e áreas dos reservatórios (do espelho da água)

Nome da bacia	Área da bacia, km ²	Área do reservatório (do espelho da água), km ²
Reservatório a jusante da bacia da Ribeira das Mercês	6,150885	0,025942
Reservatório a jusante da bacia da Ribeira de Alportel	1,907248	0,010337

O cálculo do balanço hidrológico do 2º reservatório da bacia da ribeira das Mercês é apresentado na Tabela 4.21.

Tabela 4.21 – Cálculo do balanço hidrológico do segundo reservatório a jusante da bacia da ribeira das Mercês

Mês	<i>Esc</i> (mm) (a)	<i>ETO</i> (mm) (b)	kc, Rosa (2019)	<i>Etc</i> (mm)	D_m (m ³)	E_{TM} (mm)	E_{Rj} (m ³)	$V_{entrada j}$ (m ³)	$V_{saída j}$ (m ³)	ΔV (m ³) (c)	<i>Balanço</i> (m ³) (d)	<i>Varmazenado</i> (m ³) (e)	D_j (m ³) (f)
					0					0	0	0	0
JAN	49,7	55	0,62	34	453743	45,80	1188	759442	1856	757586	757586	70510	687076
FEV	36,8	67	0,62	42	342302	57,32	1487	568654	2298	566356	636866	70510	566356
MAR	37,0	102	0,65	66	350463	102,55	2660	578046	3957	574089	644599	70510	574089
ABR	16,5	124	0,61	76	152970	113,33	2940	254459	4421	250038	320548	70510	250038
MAI	7,7	174	0,56	97	66829	149,08	3867	114191	5769	108422	178932	70510	108422
JUN	2,2	199	0,55	109	12798	202,44	5252	26330	7388	18942	89452	70510	18942
JUL	0,4	234	0,54	126	0	257,51	6680	2460	9145	-6685	63825	63825	0
AGO	0,2	211	0,54	114	0	232,62	6035	1230	8253	-7023	56802	56802	0
SET	1,1	149	0,57	85	0	163,37	4238	6766	5899	867	57669	57669	0
OUT	13,6	104	0,68	71	116839	105,97	2749	200491	4130	196361	254031	70510	183521
NOV	30,6	64	0,78	50	290450	61,64	1599	478667	2570	476097	546607	70510	476097
DEZ	44,5	51	0,64	33	424756	58,11	1507	698471	2143	696328	766838	70510	696328

(a) dados de com (APA, 2016) p.96 Quadro 5.4 - Escoamento médio mensal em regime natural na RH8 para Arade

(b) dados de Drap Algarve de estação meteorológica São Bartolomeu de Messines dados médias mensais para o período 2006-2022

(c) $\Delta V = V_{entrada j} - V_{saída}$ em m³

(d) *Balanço* = balanço no mês sem as descargas em m³

(e) *Varmazenado* = volume do balanço no mês limitado pelo volume total do reservatório em m³

(f) *Descarga* = *Balanço* - *Varmazenado* em m³

Para uma área de rega de 0,019514 km², o balanço hidrológico mensal do reservatório indica que haverá água suficiente, com um valor acumulado positivo. O volume total calculado para a altura máxima do reservatório, estabelecida em 8 metros, é de 70510 m³. A análise do balanço hidrológico sugere que o reservatório será enchido já em janeiro. Em casos em que o valor acumulado mensal ultrapassa o volume do reservatório, ocorrem descargas para a ribeira.

A água acumulada nos reservatórios da Ribeira das Mercês satisfaz as necessidades para área de rega 0,056947 km² do reservatório a montante e 0,019514 km² do reservatório a jusante para um ano médio. Poderia servir a possibilidade de desenvolvimento futuro de nova área agrícola de regadio.

O saldo do balanço hídrico é elevado nos meses de inverno e mais baixa no período seco. Isto deve-se a uma diminuição do volume de entrada e a um aumento do volume de saída por causa da rega e da evaporação.

O cálculo do balanço hidrológico do reservatório a jusante da bacia da Ribeira de Alportel é apresentado na Tabela 4.22.

Tabela 4.22 – Cálculo do balanço hidrológico do reservatório a jusante da bacia da Ribeira de Alportel

Mês	<i>Esc</i> (mm) (a)	<i>ETO</i> (mm) (b)	kc, Rosa (2019)	<i>Etc</i> (mm)	<i>D_m</i> (m ³)	<i>ETM</i> (mm)	<i>ER_j</i> (m ³)	<i>V_{entrada j}</i> (m ³)	<i>V_{saída}</i> (m ³)	ΔV (m ³) (c)	<i>Balanço</i> (m ³) (d)	<i>Varmazenado</i> (m ³) (e)	<i>D_j</i> (m ³) (f)
					0					0	0	0	0
JAN	49,7	55	0,70	38	331645	45,80	473	426435	2650	423785	423785	30802	392984
FEV	36,8	67	0,70	47	298641	57,32	593	368828	3237	365591	396392	30802	365591
MAR	37,0	102	0,72	73	295857	102,55	1060	366425	5196	361230	392031	30802	361230
ABR	16,5	124	0,69	85	123389	113,33	1171	154858	6000	148859	179660	30802	148859
MAI	7,7	174	0,65	113	45526	149,08	1541	60212	7909	52302	83104	30802	52302
JUN	2,2	199	0,64	127	0	202,44	2093	4196	9303	-5107	25695	25695	0
JUL	0,4	234	0,63	148	0	257,51	2662	763	11025	-10262	15433	15433	0
AGO	0,2	211	0,63	133	0	232,62	2405	381	9931	-9550	5883	5883	0
SET	1,1	149	0,65	98	0	163,37	1689	2098	7217	-5119	764	764	0
OUT	13,6	104	0,74	77	44372	105,97	1095	70310	5444	64866	65630	30802	34829
NOV	30,6	64	0,81	52	246625	61,64	637	304987	3577	301410	332212	30802	301410
DEZ	44,5	51	0,71	36	364034	58,11	601	448907	2640	446267	477068	30802	446267

(a) dados de com (APA, 2016) p.96 Quadro 5.4 - Escoamento médio mensal em regime natural na RH8 para Arade

(b) dados de Drap Algarve de estação meteorológica São Bartolomeu de Messines dados médias mensais para o período 2006-2022

(c) $\Delta V = V_{entrada j} - V_{saída}$ em m³

(d) *Balanço* = balanço no mês sem as descargas em m³

(e) *Varmazenado* = volume do balanço no mês limitado pelo volume total do reservatório em m³

(f) *Descarga* = *Balanço* - *Varmazenado* em m³

Para uma área de rega 0,056553 km² O balanço hídrológico mensal do reservatório demonstra que o valor acumulado do balanço mantém-se positivo mesmo nos meses de Verão. O volume total calculado para a altura máxima de água no reservatório de 8 m é 30802 m³. A análise do balanço hidrológico mostra que o reservatório será enchido já em janeiro. Quando o valor acumulado mensal for superior ao volume do reservatório existem descargas para a ribeira, seguindo o curso natural até ao mar.

A água acumulada nos reservatórios da Ribeira de Alportel satisfaz as necessidades para área de rega 0,112887 km² do reservatório a montante e 0.056533 km² do reservatório a jusante para um ano médio.

Os reservatórios em cascata apresentam a vantagem de substituir um único reservatório com mais de 8 metros de altura por vários reservatórios distribuídos ao longo da linha de água. Essa abordagem, além de ser a solução mais evidente, permite armazenar mais água para fins agrícolas e outros, com impacto reduzido na paisagem e no ambiente.

Conclusões

No concelho de São Brás de Alportel, de forma a fomentar a prática da agricultura de regadio, torna-se necessário proceder à construção de reservatórios de água superficial. Neste trabalho foram determinados os melhores locais para implementação de reservatórios de água para fins agrícolas e calculado o balanço hidrológico desses reservatórios, por forma a estimar a capacidade de armazenamento dos mesmos.

Para poder obter as áreas de agricultura de regadio no concelho, foi necessário trabalhar com várias camadas de informação geográfica (desde a carta topográfica, à COS 2018, às áreas agrícolas definidas no PDM) e também realizar trabalho de campo, para garantir a fiabilidade da informação de base. Foram também criados códigos, para obter imagens de NDVI, NDMI de missão *Sentinel-2* obtidos por deteção remota a partir da plataforma GEE, tendo as áreas da agricultura de regadio sido determinadas com base na classificação usando as ferramentas do software *TerrSet 18.21*. Os conhecimentos novos adquiridos na realização deste trabalho incluem a validação dos resultados de classificação através da análise da matriz de confusão e do cálculo do coeficiente de concordância, o qual evidencia a qualidade da classificação da imagem reavaliada.

Observou-se que a extensão total destinada à agricultura no concelho representa 18,65% da área total do município, sendo que a parcela destinada à agricultura de regadio corresponde a apenas 4% desse total.

A utilização do método de classificação da imagem através do NDVI demonstrou que, apesar de bem sucedido na região do Barrocal, identificou incorretamente extensas áreas de regadio na parte norte do município. Essas áreas, possivelmente, abrangem sobreiros, uma cultura amplamente presente no concelho e protegida por lei.

Para obter a localização ótima para os reservatórios, foi criado o Modelo Digital de Elevações (MDE), usando software de *ArcMap 10.8* com uma resolução de 10 m, a partir deste, foram calculados os modelos de direção de escoamento e o de acumulação de escoamento. Foi extraída a rede de drenagem com comprimento de 758285m e foram delimitadas 38 bacias hidrográficas nas diferentes áreas do concelho.

O MDE gerado a partir da topografia à escala 1:10000 e no formato de dados TIN demonstrou uma boa representatividade do terreno, embora a conversão para um formato de dados *raster* tenha reduzido a qualidade da informação altimétrica (e como, consequência a da rede de drenagem gerada).

As limitações da resolução espacial na complexidade topográfica das ferramentas de SIG podem gerar dificuldades em definir adequadamente a direção do escoamento e a acumulação, especialmente em regiões montanhosas ou com variações topográficas acentuadas. Os erros ou imprecisões nos dados de elevação podem resultar em estimativas incorretas de direção e acumulação de escoamento.

As ferramentas de hidrologia do *ArcMap 10.8* permitiram fazer modelação de direção de escoamento e obter com sucesso todos os dados necessários para a caracterização da bacia hidrográfica.

O mapa dos pontos que atendem às condições para a construção de reservatórios foi criado com sucesso. Utilizamos informações provenientes da modelação de direção e acumulação de escoamento, juntamente com dados que indicam os locais ideais para a construção de reservatórios que atendem às condições específicas estabelecidas.

Assim, foram escolhidos 3 locais que satisfazem as condições necessárias: na ribeira da Gaifona (barrocal), na ribeira das Mercês e na ribeira de Alportel (na serra). Usando a ferramenta hidrológica de *ArcMap 10.8* foram calculadas com sucesso os valores da área das bacias hidrográficas e das bacias hidrográficas a montante dos pontos de açude dos reservatórios.

Foram obtidos conhecimentos novos da ferramenta do *QGIS 3.18*, tal como curva hipsométrica para criar as curvas cota-área e cota-volume que são fundamentais para calcular o volume total para a altura máxima do reservatório.

Uma das dificuldades do trabalho foi a criação do polígono para o cálculo, correspondente à altura máxima da água no reservatório de 8 m, que foi feita manualmente, pelo que os polígonos resultaram em formas imperfeitas. A criação deste polígono através de um software SIG foi dificultada pela imperfeição do MDE, já que as curvas de nível obtidas a partir do MDE tinham a forma de quadrados que compõem o *raster*.

Também com uso das ferramentas do *ArcMap 10.8* foi possível criar uma rede geométrica, que topologicamente representa todos os cursos de água na bacia hidrográfica. Desta forma, foi possível realizar análises relacionadas à hidrologia. O objetivo incluí-o a análise do fluxo da água, a identificação das direções de escoamento e outras avaliações pertinentes. Isso permitiu calcular a extensão da área agrícola beneficiada por um reservatório específico sem a necessidade de consumo de energia, uma vez que a água flui naturalmente através da força gravitacional.

Neste estágio, foram necessários estudos de conceitos hidráulicos para a elaboração do balanço hidrológico do reservatório. A análise da informação relacionada às variáveis da equação do balanço hidrológico foi indispensável. Por meio da aplicação de conhecimentos em geoestatística, os dados provenientes das estações meteorológicas nas proximidades dos reservatórios foram analisados. Conseguiu-se realizar com êxito uma regressão linear entre os dados da estação de São Brás de Alportel e da estação meteorológica de São Bartolomeu Messines.. A análise do balanço hidrológico indicou que os reservatórios serão enchidos no mês de janeiro. Para os três reservatórios escolhidos com as áreas de calculadas, o balanço acumulado é positivo, indicando que os reservatórios podem armazenar volume suficiente para atender às necessidades de rega das parcelas agrícolas ao longo do curso da água a jusante do reservatório. Devido ao fato do balanço hidrológico ter indicado que o reservatório alcançaria sua capacidade máxima já no mês de janeiro ou fevereiro, e nos meses do semestre húmido haver uma descarga significativa, optou-se por considerar a possibilidade de construir reservatórios adicionais a jusante, visando utilizar o excesso de água do reservatório mais a montante, mantendo-se na mesma linha do curso de água.

Utilizando a metodologia aplicada foi feito com sucesso o cálculo da área de cada cultura localizada a jusante do reservatório que é necessário para o cálculo das necessidades hídricas.

Foi viável implementar um reservatório adicional a jusante para a Ribeira das Mercês e para a Ribeira de Alportel com uma altura máxima de água de 8 metros.

O recurso a reservatórios mais pequenos em cascata (por oposição a um reservatório maior) apresenta vantagens do ponto de vista ambiental, paisagístico, de gestão do território e de

minimização do risco. Deste modo, passa-se a ter vários reservatórios distribuídos ao longo da linha de água.

Neste trabalho, as zonas de influência dos reservatórios foram as áreas agrícolas que cruzam o curso de água a jusante ou localizadas a jusante com uma distância fixa de 5 metros do curso de água, de modo a evitar o desperdício de recursos energéticos. No entanto, a incorporação de recursos energéticos na distribuição de água, poderá permitir expandir a área de influência dos reservatórios, viabilizando o aproveitamento da água no impulsionamento do desenvolvimento das atividades agrícolas e de outros propósitos no município.

Neste trabalho, foi demonstrado que os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem uma ferramenta importante para fornecer suporte às análises e à aquisição de parâmetros dos recursos hídricos.

Além de despertar interesse no contexto dos objetivos do Município de São Brás de Alportel, acredita-se que este trabalho pode contribuir para a seleção de possíveis locais para reservatórios e para o cálculo do balanço hídrico em outras regiões de Portugal e do mundo.

Na investigação futura, no âmbito do Doutoramento, visa-se melhorar a qualidade dos resultados obtidos, mediante a incorporação de técnicas de deteção remota de maior resolução. Além disso, pretende-se explorar outras abordagens de classificação de imagem, como as Redes Neurais Artificiais de Lógica, que permitem fazer análises mais detalhadas.

O método empregue para calcular as variáveis do balanço hídrico nesta pesquisa fundamentou-se em valores de referência provenientes da bibliografia e de estações meteorológicas locais. Em estudos subsequentes, pretende-se conduzir uma análise mais aprofundada, incorporando a monitorização *in-situ* e adotando ferramentas de modelação hidrológica.

Lamentavelmente, não foi possível obter dados experimentais sobre as propriedades físicas dos solos do município. Dessa forma, foram utilizadas referências bibliográficas, assumindo-se, neste trabalho, que os solos da Serra são impermeáveis. Para investigações

futuras, a intenção é realizar uma análise mais minuciosa das características físicas da infiltração do solo, integrando a monitorização *in-situ*.

Bibliografia

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.

APA- Agência Portuguesa do Ambiente. (2016). Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas que integram a Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8) - Parte 2 Disponível em https://apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_Agua/DRH/PlaneamentoOrdenamento/PGRH/2016-2021/PTRH8/PGRH_2_RH8_Parte2.pdf. Acedido a 2 junho de 2023.

APA- Agência Portuguesa do Ambiente. (2016a). Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas que integram a Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8). Carta de precipitação média anual. Disponível em <https://dados.gov.pt/pt/datasets/pgrh-algarve-rh8-carta-da-precipitacao-media-anual/>. Acedido a 2 de junho de 2023.

APA- Agência Portuguesa de Ambiente. (2016b). Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas que integram a Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8). Carta do volume de escoamento em ano médio em regime modificado. Disponível em [PGRH Algarve - RH8 - Carta do volume de escoamento em ano médio em regime modificado - dados.gov.pt - Portal de dados abertos da Administração Pública](https://dados.gov.pt/pt/datasets/pgrh-algarve-rh8-carta-do-volume-de-escoamento-em-ano-medio-em-regime-modificado). Acedido a 2 de junho de 2023.

Aranoff, S. (1989). Geographic information systems: a management perspective. WDL Publications, Ottawa, Canada.

ArcGis. (2023) Disponível em setembro 2023 em <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/tin/fundamentals-of-tin-surfaces.htm>

ArcGis Pro. (2023). Disponível em julho 2023 em <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/an-overview-of-the-hydrology-tools.htm>

Barbosa, A. P. (2009). Comparação de métodos de classificação de imagens, visando o gerenciamento de áreas citrícolas. Dissertação de mestrado em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu.

Bekiaris, I. G.; Panagopoulos, I. N.; Mimikou, M. A. (2005). Application of the SWAT (Soil and Water Assessment Tool) model in the Ronnea catchment of Sweden. *Global NEST Journal* 7, 252-257.

Berca, M., Horolas, R. (2022). NDMI use in recognition of water stress issues, related to winter yields in Southern Romania. Conference: Agriculture for Life, Life for Agriculture At: Bucharest Volume: Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development Vol. 22, Issue 2, 105-111.

Bernardo, D. C. P. (2011). Análise da procura e consumo desportivo do concelho de São Brás de Alportel e a política desportiva do município (Tese de doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa (Portugal)).

Caeiro, S. (2013). *Sistemas de Informação Geográfica: Principais Conceitos*. Universidade Aberta. Lisboa.

Cavaco, C. (1976). *O Algarve Oriental. Volume 1. As vilas, o campo e o mar*. Gabinete do planeamento da região do Algarve. Faro.

CCDR, A. (2004). *PROT Algarve–Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve*.

Congalton, R. G. (2009). Accuracy and error analysis of global and local maps: Lessons learned and future considerations. *Remote Sensing of Global Croplands for Food Security*, 441, 47-55.

Congalton R.G (2001). *Assessing the accuracy of remotely sensed data. Principles and practices*. Second edition. Taylor & Francis Group.

Copernicus (2023) . O Copernicus em resumo. Disponível em <https://www.copernicus.eu/pt-pt/acerca-do-copernicus/o-copernicus-em-resumo>. Acedido a 21 de agosto de 2023

Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., Lambin, E. (2004). Digital change detection methods in natural ecosystem monitoring: A review. *International Journal of Remote Sensing*, 25(9), 1565-1596.

Cosme, A. (2012). Projeto em Sistemas de Informação Geográfica. Lisboa: Lidel, ISBN 978-972-757-849-8.

Dias da Silva, M. R. (2017). Planeamento de espaços verdes urbanos tendo por base a condução da rega e a deteção remota: caso de estudo-espaços verdes urbanos de São Brás de Alportel. Tese de Mestrado. Universidade do Algarve.

DGADR - Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. (2023). Disponível em <https://www.dgadr.gov.pt/reserva-agricola-nacional-ran>. Acedido a 1 junho de 2023.

DGT – Direção Geral do Território. (2023). Áreas das freguesias, concelhos, distritos e pais da CAOP 2022. A Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão de 2022– CAOP 2022. Disponível em <https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/caop>. Acedido a 24 de agosto de 2023.

De Moraes Novo, E. M. (2010). Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. Editora Blucher.

DRAPALG. Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve. (2023). Dados diários da estação meteorológica de São Bartolomeu de Messines. Disponível em <https://www.drapalgarve.gov.pt/ema/mes.htm>. Acedido em 1 de junho de 2023.

ESA - European Space Agency. (2023). User Guides - Sentinel-2 MSI - Overview - Sentinel Online.. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/overview>. Acedido em 21 de julho de 2023.

ESRI. (2023). Dicionário GIS de Suporte da Esri. Consultado em <https://support.esri.com/pt-br/gis-dictionary/geometric-network>. Acedido 1 de julho 2023

Galego, A., Palma, A., Romão, C., Serrano, J. (2006). Diagnostico social do conselho São Brás de Alportel, 139 p.

Gebeyehu, M. N. (2019). Remote sensing and GIS application in agriculture and natural resource management. International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources, 19(2), 45-49

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, vol. 202, pp.18-27.

INE – Instituto Nacional de Estatística. (2021). Censos 2011 resultados definitivos: População residente (N.º) por Local de residência (à data dos Censos 2021), Sexo e Grupo etário; Decenal. Disponível em <https://tabulador.ine.pt/indicador/?id=0011609>. Acedido a 2 de maio de 2023.

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2023). Classificação do clima de Portugal Continental. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml>. Acedido a 3 de junho de 2023

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2023a). Classificação do clima de Portugal Continental. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em <https://www.ipma.pt/pt/oclima/observatorio.secas/pdsi/apresentacao/evolu.historica/>. Acedido a 1 julho de 2023

James, P., Banay, R.F., Hart, J.E., Laden, F. (2015). A review of the health benefits of greenness. *Curr. Epidemiol. Rep.* 2, 131–142.

Jenson, S. K., Domingue, J. O. (1988). Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54 (11): 1593–1600.

Kopp, E., Sobral, M., Soares, T., Woerner, M. (1989). Os solos do Algarve e as suas características, Faro: Direcção Regional de Agricultura do Algarve, 173p.

Landis, J. R., Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, v. 33, n. 1, p. 159.

Lillesand T. M., Kiefer R. W., Chipman. J.W. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 7ª ed., John Wiley & Sons.

- Machado, K. J., Calijuri, M. L., Ribeiro, C., Santos, R. D., & Franco, G. B. (2010). Determinação automática da capacidade de armazenamento de um reservatório. *Revista Brasileira de Cartografia*, (62), 239-245.
- Maithree, H., Dinushka, D., & Wijayasiri, A. (2020). Change Detection Using Synthetic Aperture Radar Videos. arXiv preprint arXiv:2007.14001. Matos, J. L. (2001). Fundamentos de informação geográfica. LIDEL – Edições técnicas, Lda. 3ª Edição, Lisboa.
- Marengo, J. A. (2008). Água e mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, 22(63), 83-96. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200006>. Acedido em 21 de julho de 2023.
- Marques, J. M. B. (2014). Caracterização hidráulica, hidrológica e do transporte sólido das principais linhas de água (ribeiras) do concelho de Câmara de Lobos - ilha da Madeira. Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de Especialização de Hidráulica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa.
- Melo e Silva, D. F. (2008). Integração de Ferramentas de SIG na Modelação Hidrológica de Pequenas Bacias Hidrográficas. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos para a obtenção do grau de mestre em Engenharia do Ambiente, Porto.
- NASA (2023). Energy: the driver of climate: electromagnetic radiation. Disponível em <http://www.ces.fau.edu/nasa/module-2/radiation-sun.php>. Acedido a 21 de agosto 2023
- Paula Ruggeri, J. (2022). Identificação de manchas de óleo no mar através de deteção remota. Dissertação do mestrado de Geomática. Universidade do Algarve. Faculdade de Ciências e tecnologia.
- Pedras, C. M. G., Valín, M. I., Fernandez, H., Martins, F. M. G. (2014). Assessment of Soil Water Content and Remote Sensing Techniques-Case Study of Kiwi Orchard (Portugal). *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 4(1), 33-42.
- Pedroso, A. V. A. (2014). Uso eficiente da água num edifício de habitação (Tese de doutoramento, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa). Acedido a 13 de junho 2023
- Pinho, E. A. (2019). O sector agrícola no concelho de S. Brás de Alportel evolução e caracterização atual. Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve.

Rijo, M. (2011). A escassez de água e a sustentabilidade do regadio, Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Porto Galinhas, Brasil .

Rodrigues, C. M., Moreira, M., & Guimarães, R. C. (2011). Apontamentos para as aulas de hidrologia. Évora: Departamento de Engenharia Rural. Acedido a julho de 2023 em https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/4721/1/Apontamentos_hidrologia.pdf

Rosa, A. (2019). Rega das culturas/ Uso eficiente da água. Direcção Regional de Agricultura e pescas do Algarve. Faro.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Deering, D. W. & Sehell, J. A., (1974): Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green wave effect) of natural vegetation. Final Rep. RSC 1978-4, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station.

Serrano, J., Shahidian, S., Paixão, L., Terrón, J. M., da Silva, J. M. (2019). Utilização de índices obtidos a partir das imagens de satélite na monitorização das pastagens e no apoio à gestão do ecossistema montado. Revista de Ciências Agrárias, 42(4), 865-873.

SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. (2023). os dados da precipitação anual registados na estação de São Brás de Alportel e a precipitação anual registada na estação meteorológicas de São Bartolomeu Messines. Disponível em https://snirh.apambiente.pt/snirh/_dadosbase/site/janela_verdados.php?sites=920685672,920685676&pars=4237&tmin=01/01/1901&tmax=15/07/2023. Acedido a 2 julho de 2023

Sutcliffe, J. V. (2004). Hydrology: A Question of Balance. Intl Assn of Hydrological Sciences (IAHS)

Taloor, A. K., Manhas, D. S., Kothiyari, G. C. (2021). Retrieval of land surface temperature, normalized difference moisture index, normalized difference water index of the Ravi basin using Landsat data. Applied Computing and Geosciences, 9, 100051. Disponível em https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259_0197420300331, Acedido a 20 de junho de 2023.

Trnka, M., Olesen, J. E., Kersebaum, K. C., Skjelvåg, A. O., Eitzinger, J., Seguin, B., ... & Žalud, Z. (2011). Agroclimatic conditions in Europe under climate change. Global Change Biology, 17(7), 2298-2318.

Walz, Y., Maier, S. W., Dech, S. W., Conrad, C., Colditz, R. R. (2007). Classification of burn severity using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): A case study in the jarrah-marri forest of southwest Western Australia. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 112(G2).

Wang, L., Qu, J. J., Hao, X., Hunt, J. E. R. (2011). Estimating dry matter content from spectral reflectance for green leaves of different species. *Int. J. Remote Sen.*, 32, 7097–7109. Vol. 32, N°. 22.

Web site da Câmara Municipal de São Brás de Alportel. Disponível em <https://www.cm-sbras.pt/pt/244/pacos-do-municipio.aspx>. Acedido 3 em junho de 2023.

Web site da Junta freguesia de São Brás de Alportel. Disponível em https://jfsbrasalportel.pt/jfsba/a_freguesia/caracterizacao/. Acedido a 2 de junho de 2023.

Zeiler, M. (2001). *Exploring ArcObjects, Geographic Data Management*, vol II. Esri Press, CA, pp. 1162–1199 chapter 12.

Anexos

Anexo 1 – Lista dos polígonos para verificar no campo

Nome da cultura de acordo na topografia 1:10000	Verificação no campo	Data
Pomar	Mato	13 de março
	Eucaliptos	13 de março
Horta, Regadio	Vinha	15 de março
	Vinha	
	Mato	13 de março
	Mato	13 de março
	Mato	
	Mato	
	Mato	
Olival	Mata	4 de abril
	Mata	4 de abril
	Mata	4 de abril
	Mata	4 de abril
	Mata	
	Mata	4 de abril
	Mata	4 de abril
	Mata	
	Mata	4 de abril
	Mata	
	Mata	13 de março
	Mata	13 de março
	Vinha	Habitação	15 de março
Pinheiros		15 de março
Mato		15 de março

Anexo 2 – Códigos para obtenção imagens de GEE

O índice NDVI

Imagem de julho

```
//Imagem para Sentinel 2
```

```
var IMGSentinel= ee.ImageCollection ('COPERNICUS/S2')
```

```
.filterBounds (table)
```

```
.filterMetadata ('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'Less_Than', 10);
```

```
var img = IMGSentinel.filter(ee.Filter.calendarRange(2021, 2021,'year'))
```

```
.filter(ee.Filter.calendarRange(7, 7, 'month'));
```

```
var mean = img.mean();
```

```
var imgClip = mean.clip (table);
```

```
//Calculate NDVI
```

```
var visParams_ndvi = {min:-1, max: 1, palette: [
```

```
'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718', '74A901',
```

```
'66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201', '004C00', '023B01',
```

```
'012E01', '011D01', '011301'
```

```
],};
```

```
var image_ndvi = imgClip.normalizedDifference(['B8', 'B4']);
```

```
Export.image.toDrive({
```

```
image: image_ndvi,  
description: 'Sentinel2_ndvi7',  
scale: 10,  
folder: 'sentinel',  
region: table});
```

```
// Map results
```

```
Map.centerObject(table,7)
```

```
print(image_ndvi, 'valores NDVI')
```

```
Map.addLayer(image_ndvi,visParams_ndvi,'Sentinel-2 NDVI')
```

Imagem de dezembro

```
//Imagem para Sentinel 2
```

```
var IMGSentinel= ee.ImageCollection ('COPERNICUS/S2')
```

```
.filterBounds (table)
```

```
.filterMetadata ('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'Less_Than', 10);
```

```
var img = IMGSentinel.filter(ee.Filter.calendarRange(2021, 2021,'year'))
```

```
.filter(ee.Filter.calendarRange(12, 12, 'month'));
```

```
var mean = img.mean();
```

```

var imgClip = mean.clip (table);

//Calculate NDVI

var visParams_ndvi = {min:-1, max: 1, palette: [
'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718', '74A901',
'66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201', '004C00', '023B01',
'012E01', '011D01', '011301'
],};

var image_ndvi = imgClip.normalizedDifference(['B8', 'B4']);

Export.image.toDrive({
    image: image_ndvi,
    description: 'Sentinel2_ndvi7',
    scale: 10,
    folder: 'sentinel',
    region: table});

// Map results

Map.centerObject(table,7)

print(image_ndvi, 'valores NDVI')

Map.addLayer(image_ndvi,visParams_ndvi,'Sentinel-2 NDVI')

```

NDMI

Imagen de julio

```
//Imagen para Sentinel 2

var IMGSentinel= ee.ImageCollection ('COPERNICUS/S2')

.filterBounds (geometry)

.filterMetadata ('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'Less_Than', 10);

var img = IMGSentinel.filter(ee.Filter.calendarRange(2021, 2021,'year'))

.filter(ee.Filter.calendarRange(7, 7, 'month'));

var mean = img.mean();

var imgClip = mean.clip (geometry);

//Calculate NDMI

var visParams_ndmi = {min:-1, max: 1, palette: [

'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718', '74A901',

'66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201', '004C00', '023B01',

'012E01', '011D01', '011301'

],};

var image_ndmi = imgClip.expression("float(NIR - MIR) / (NIR + MIR)", {
```

```
"NIR": imgClip.select ("B8"),  
"MIR": imgClip.select ("B11"));
```

```
Export.image.toDrive({  
    image: image_ndmi,  
    description: 'Sentinel2_ndmi7',  
    scale: 10,  
    folder: 'sentinel',  
    region: geometry});
```

```
// Map results
```

```
Map.centerObject(geometry,7)
```

```
print(image_ndmi, 'valores NDMI')
```

```
Map.addLayer(image_ndmi, visParams_ndmi,'Sentinel2_ndmi7')
```

Imagen de dezembro

```
//Imagen para Sentinel 2

var IMGSentinel= ee.ImageCollection ('COPERNICUS/S2')

.filterBounds (geometry)

.filterMetadata ('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'Less_Than', 10);

var img = IMGSentinel.filter(ee.Filter.calendarRange(2021, 2021,'year'))

.filter(ee.Filter.calendarRange(12, 12, 'month'));

var mean = img.mean();

var imgClip = mean.clip (geometry);

//Calculate NDMI

var visParams_ndmi = {min:-1, max: 1, palette: [

'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718', '74A901',

'66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201', '004C00', '023B01',

'012E01', '011D01', '011301'

],};

var image_ndmi = imgClip.expression("float(NIR - MIR) / (NIR + MIR)", {

"NIR": imgClip.select ("B8"),

"MIR": imgClip.select ("B11")});
```

```
Export.image.toDrive({  
  
    image: image_ndmi,  
  
    description: 'Sentinel2_ndmi12',  
  
    scale: 10,  
  
    folder: 'sentinel',  
  
    region: geometry});  
  
// Map results  
  
Map.centerObject(geometry,7)  
  
print(image_ndmi, 'valores NDMI')  
  
Map.addLayer(image_ndmi, visParams_ndmi,'Sentinel2_ndmi12')
```

Anexo 3 – Resultados da reclassificação de deferência das imagens de NDVI, de deferência das imagens de NDMI, da reclassificação da imagem do verão de NDMI

A matriz de confusão para a imagem de NDVI obtida na reclassificação de deferência entre as imagens do mês de dezembro e de julho de 2021.

Dados Classificados	Dados de Referência		Total
	regadio	sequeiro	
regadio	8.00	7.00	15.00
sequeiro	0.00	85.00	85.00
Total	8.00	92.00	100.00
Omission Erro, %	0.00	7.61	
Comission Erro, %	46.67	0.00	
Precisão do Utilizador (%)	53.33	100.00	
Precisão do Produtor, %	100.00	92.39	
Exatidão Global, %	93.00		
Índice Kappa, %	66		

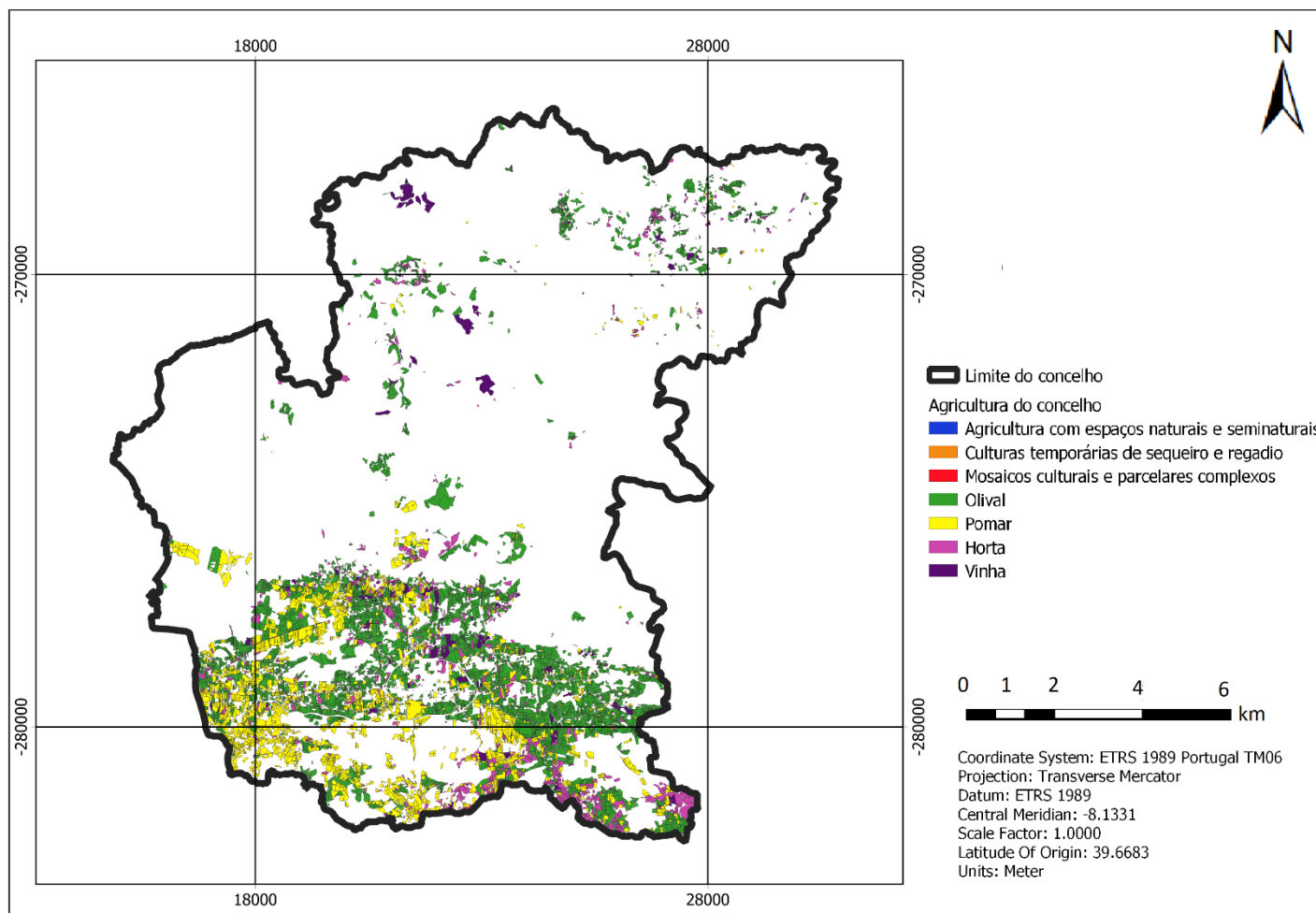
A matriz de confusão para a imagem de NDMI obtida na reclassificação de deferência entre as imagens do mês de dezembro e de julho de 2021.

Dados Classificados	Dados de Referência		Total
	regadio	sequeiro	
regadio	8.00	15.00	23.00
sequeiro	0.00	77.00	77.00
Total	8.00	92.00	100.00
Omission Erro, %	0.00	16.30	
Comission Erro, %	65.22	0.00	
Precisão do Utilizador (%)	34.78	100.00	
Precisão do Produtor, %	100.00	83.70	
Exatidão Global, %	85.00		
Índice Kappa, %	45		

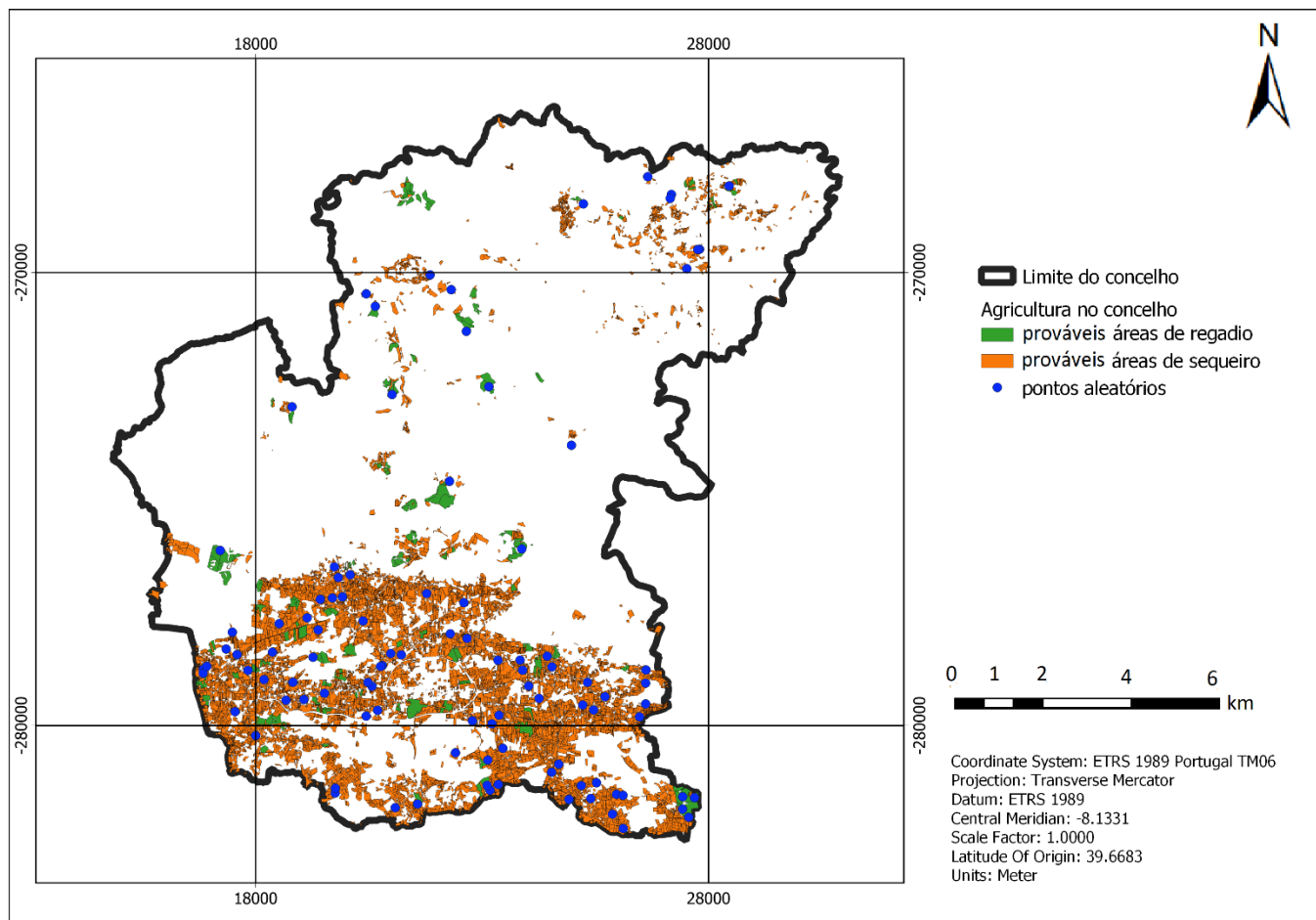
O matriz de confusão para a imagem de NDMI obtida na reclassificação do mês de julho de 2021

Dados Classificados	Dados de Referência		Total
	regadio	sequeiro	
regadio	5.00	0.00	5.00
sequeiro	3.00	92.00	95.00
Total	8.00	92.00	100.00
Omission Erro, %	37.50	0.00	
Comission Erro, %	0.00	3.16	
Precisão do Utilizador (%)	100.00	96.84	
Precisão do Produtor, %	62.50	100.00	
Exatidão Global, %	97.00		
Índice Kappa, %	75		

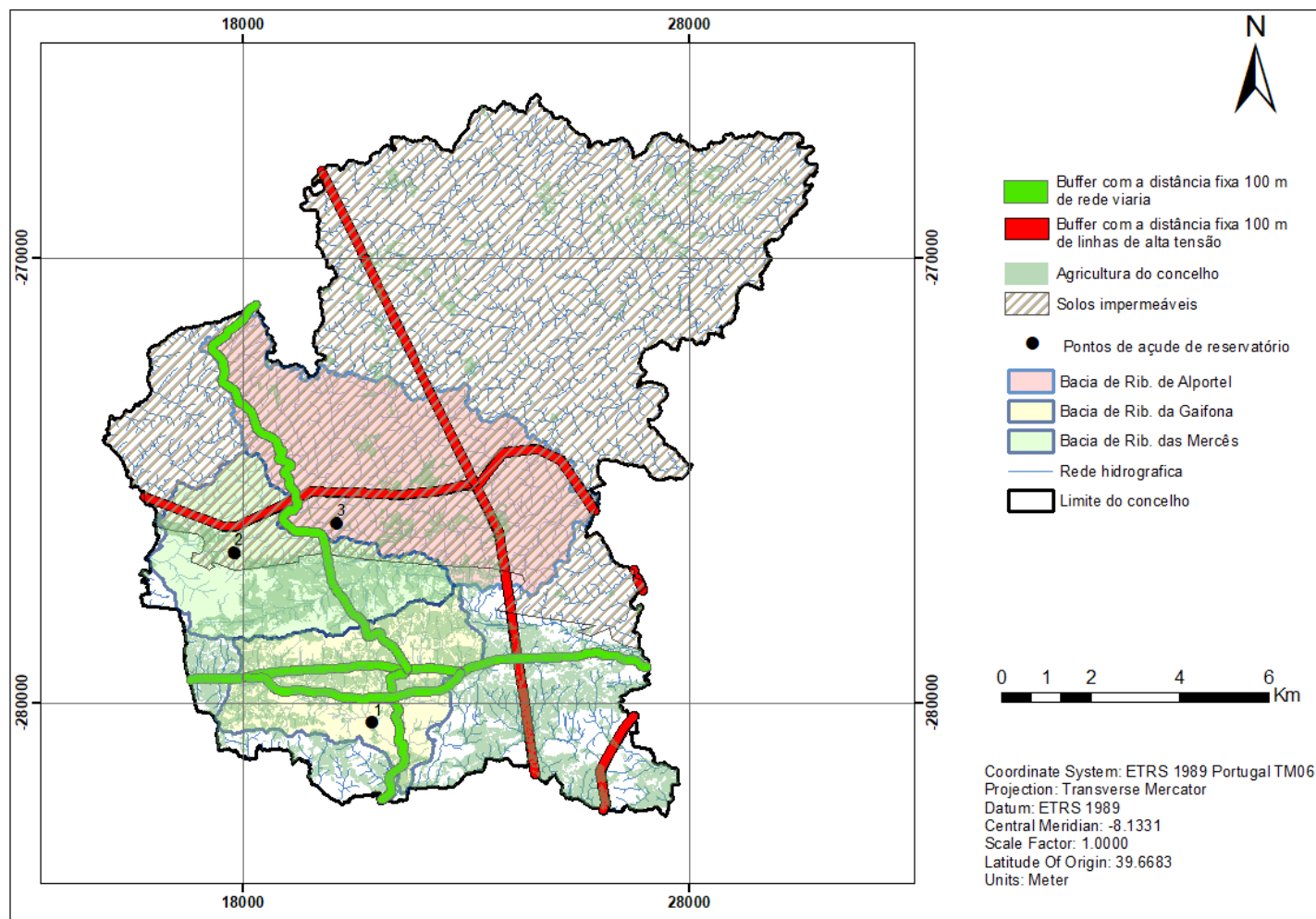
Anexo 4 – Mapa da agricultura do concelho (Fonte: Autor)



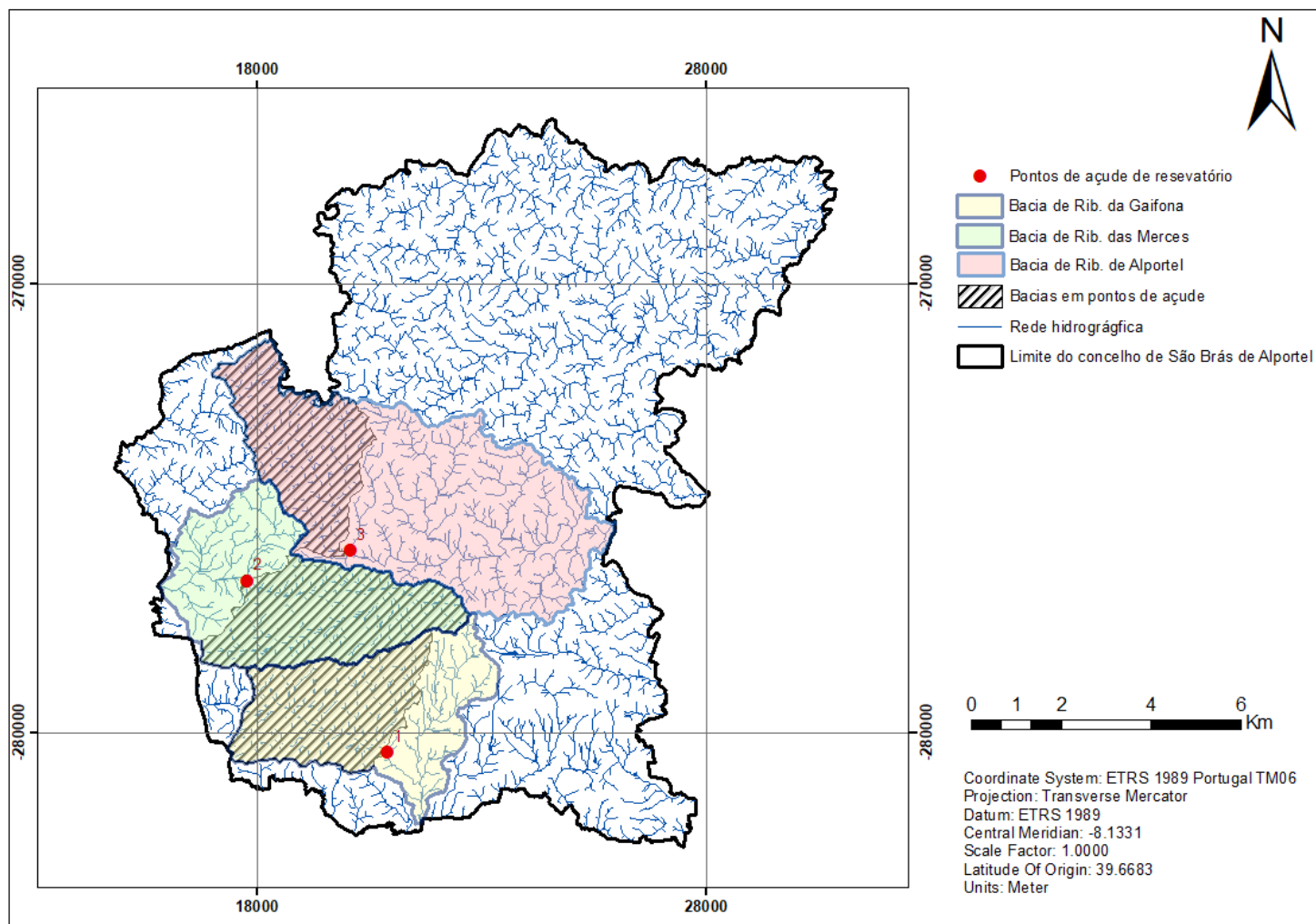
Anexo 5 – Mapa de atividade agrícola no concelho (Fonte: Autor)



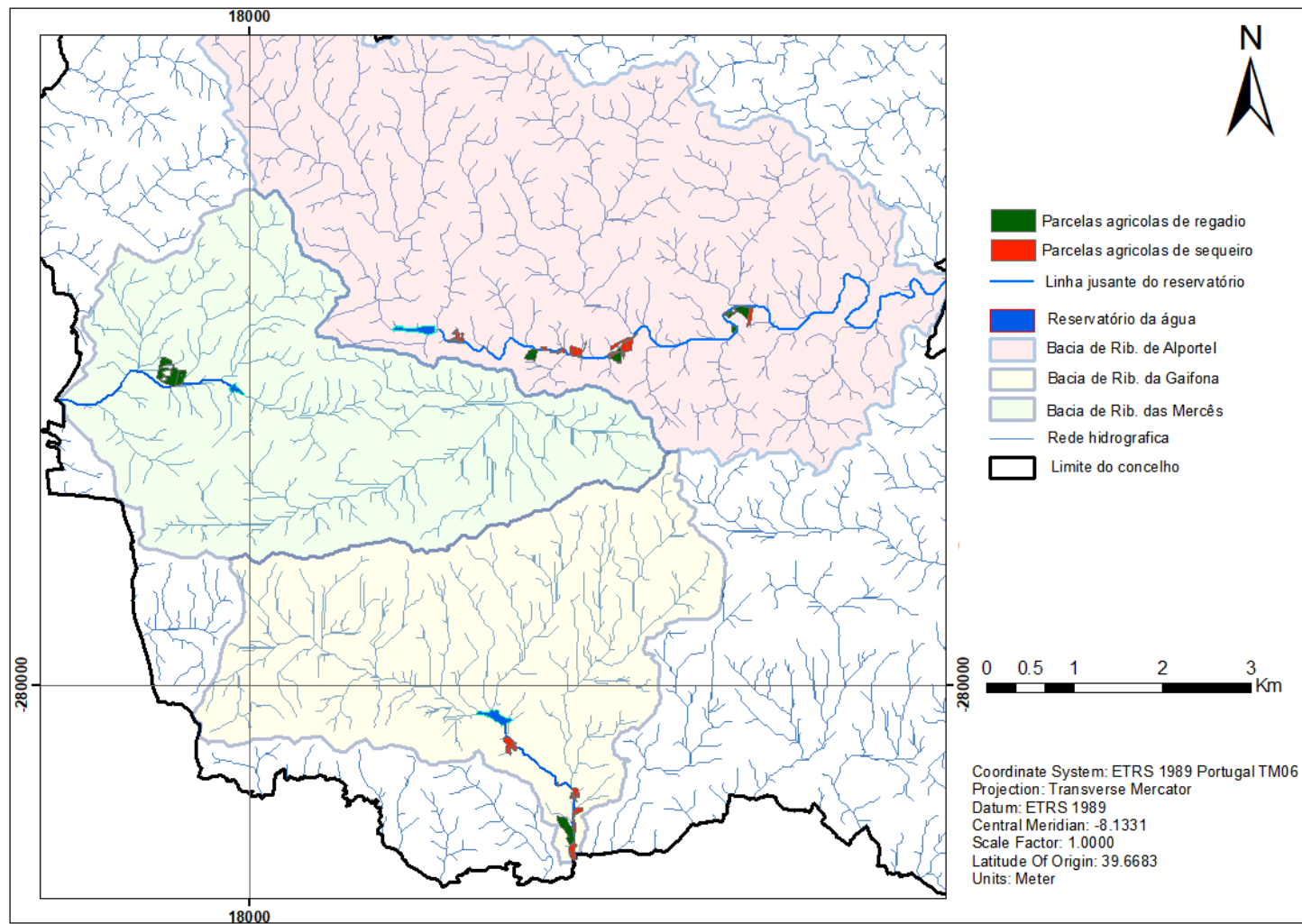
Anexo 6 – O mapa dos pontos que satisfazem os condições para reservatórios (Fonte: Autor)



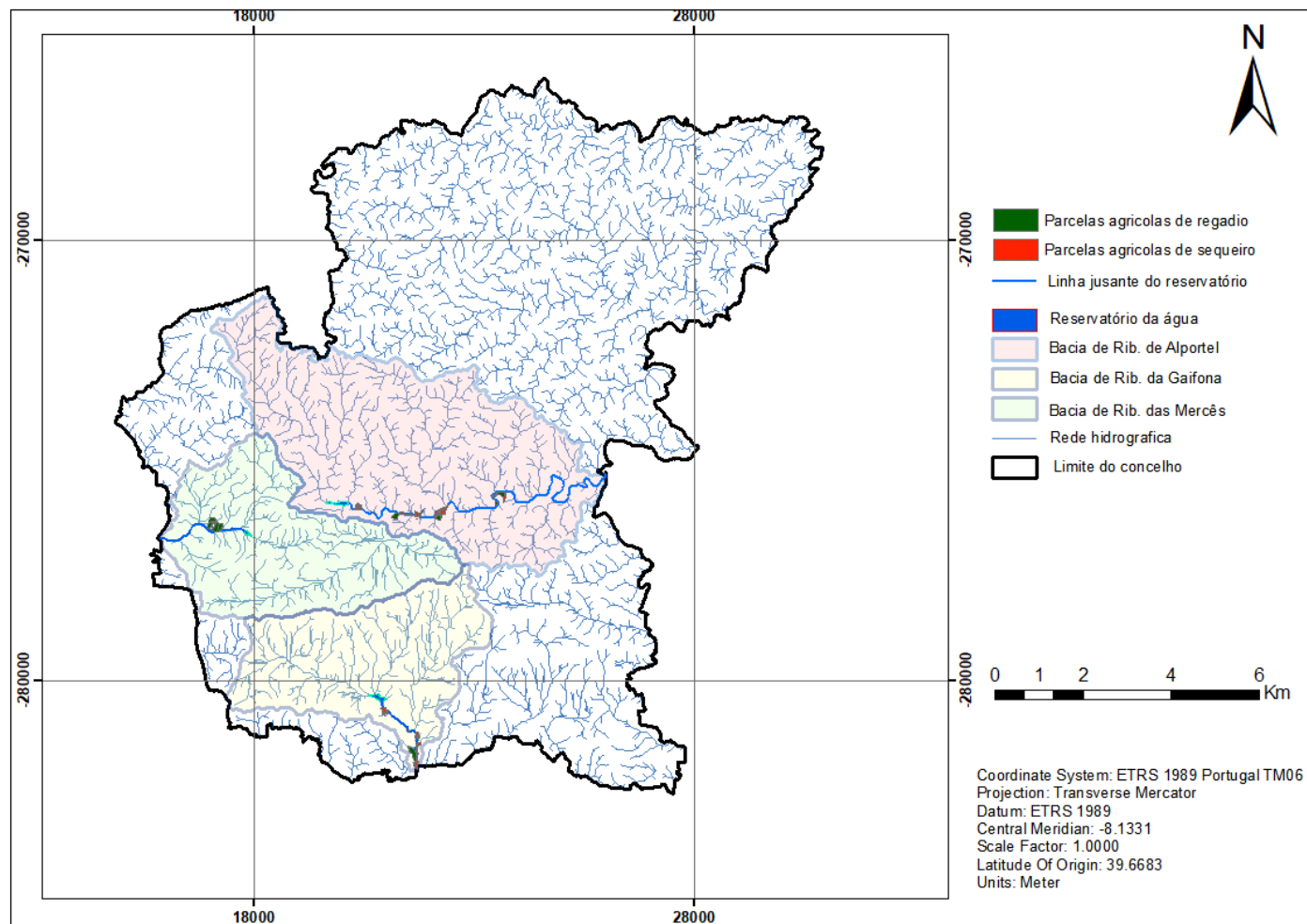
Anexo 7 – Mapa com as bacias da água que vai chegar nos reservatórios (Fonte: Autor)



Anexo 8 – Parcelas agrícolas situadas a jusante dos reservatórios (Fonte: Autor)



Anexo 9 – Parcelas agrícolas situadas a jusante dos reservatórios no concelho de São Brás de Alportel (Fonte: Autor)



Anexo 10 – Reservatórios a jusante da Bacia da Ribeira das Mercês e da bacia da Ribeira de Alportel (Fonte: Autor)

