

IMAGENS DE SATÉLITE E RESPETIVOS ÍNDICES DE ANÁLISE NO CONCELHO DE CELORICO DE BASTO UMA ANÁLISE TERRITORIAL

Docentes

Ana Cláudia Teodoro

Lia Cunha Duarte

Discentes

Filipe Rafael Oliveira de Sousa

João Pedro dos Santos Moreira

Rui Daniel Faria Júnior

ÍNDICE

1. Introdução	4
1.1 Caracterização da área de estudo	4
2. Metodologia	6
3. Conceitos dos índices calculados	7
4. Resultados	9
5. Discussão dos Resultados	16
6. Conclusão	20
7. Bibliografia	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de Enquadramento do Concelho de Celorico de Basto	5
Figura 2- Mapa de Ocupação do Solo de Celorico de Basto (COS 2018)	5
Figura 3- Gráfico do Coeficiente de Ocupação do Solo em Celorico de Basto	5
Figura 4- Processo Metodológico	7
Figura 5- NDVI, Landsat (Outono)	9
Figura 6- Histograma do NDVI, Landsat (Outono)	9
Figura 7- NDVI, Landsat (Verão)	9
Figura 8- Histograma do NDVI, Landsat (Verão)	9
Figura 9 NDVI, Sentinel (Inverno)	10
Figura 10- Histograma do NDVI, Sentinel (Inverno)	10
Figura 11- NDVI, Sentinel (Verão)	10
Figura 12- Histograma do NDVI, Sentinel (Verão)	10
Figura 13- NDWI, Sentinel (Inverno)	11
Figura 14- Histograma do NDWI, Sentinel (Inverno)	11
Figura 15- NDWI, Sentinel (Verão)	11
Figura 16- Histograma do NDWI, Sentinel (Verão)	11
Figura 17- SAVI, Sentinel (Inverno)	12
Figura 18- Histograma do SAVI, Sentinel (Inverno)	12
Figura 19- SAVI, Sentinel (Verão)	12
Figura 20- Histograma do SAVI, Sentinel (Verão)	12
Figura 21- LSWI, Sentinel (Inverno)	13
Figura 22- Histograma do LSWI, Sentinel (Inverno)	13
Figura 23- LSWI, Sentinel (Verão)	13
Figura 24- Histograma do LSWI, Sentinel (Verão)	13

Figura 25- NDTI, Sentinel (Inverno)	14
Figura 26- Histograma do NDTI, Sentinel (Inverno)	14
Figura 27- NDTI, Sentinel (Verão)	14
Figura 28- Histograma do NDTI, Sentinel (Verão)	14
Figura 29- Classificação da Ocupação do solo, Sentinel (Inverno)	15
Figura 30- Matrizes de erro da Classificação da Ocupação do solo, Sentinel (Inverno)	15
Figura 31- Classificação da Ocupação do solo, Sentinel (Verão)	15
Figura 32- Matrizes de erro da Classificação da Ocupação do solo, Sentinel (Verão)	15

INDICE DE TABELAS

Tabela 1- Conceitos dos índices	7
Tabela 2- Registos precipitação (SNIRH)	12
Tabela 3- Tipologia das classes	16

1.INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi realizado no âmbito da unidade curricular de Deteção Remota Aplicada ao Ordenamento do Território inserida no plano de estudos do primeiro ano do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território.

Ao longo deste projeto de deteção remota, tentou-se compreender as aplicações para o estudo do território, desde os princípios físicos, às características dos principais programas e aos seus exemplos de aplicação, ou seja, como organizar e analisar os dados e a importância da validação dos resultados. Sendo imprescindível a utilização das ferramentas dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), de forma a construir um projeto que melhorasse o contraste visual das imagens, sobretudo assente na criação de compósitos em falsa cor aptos para correções radiométricas e atmosféricas para além da classificação de imagens.

Posto isto, o presente relatório visa aferir os princípios e técnicas de base para a caracterização e análise da distribuição de fenómenos físicos na superfície do território, através dos índices de análise e da ocupação do solo, adquiridos mediante as competências adquiridas ao longo da unidade curricular.

De forma sintetizada, teremos como foco a recolha, organização e análise da informação, o que inclui o tratamento de dados e a cartografia aplicada ao Ordenamento do Território, na nossa área de estudo, isto é, assente no tratamento e classificação de imagens de satélite para estudos de análise espacial.

Sendo assim, o presente relatório demonstra as aplicações da deteção remota e SIG no ordenamento do território e na constatação das suas capacidades e potencialidades de utilização nos respetivos softwares.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área alvo de estudo neste relatório corresponde ao concelho de Celorico de Basto. Inserido no distrito de Braga, é constituído por 15 freguesias. Este município encontra-se inserido na sub-região do Tâmega e Sousa (NUT III), possui uma área de 181,07 quilómetros quadrados estando limitado a oeste por Fafe, sudoeste por Felgueiras, sul por Amarante, leste por Mondim de Basto e a norte por Cabeceiras de Basto, observável na figura 1.

O seu concelho apresenta um território desigualmente distribuído naquilo que retrata a utilização do seu solo. Nesta temática, e de acordo com os dados referentes ao período homólogo de 2018, destacamos uma grande representatividade das classes associadas ao meio natural. As classes representativas do mesmo ascendem a valores na ordem dos 92,33%. Por outro lado, o território artificializado corresponde a 7,95% do território do município. As massas de água correspondem a uma das três classes com menor representatividade com uma percentagem na ordem dos 0,21 %, seguindo-se as pastagens com 0,13% e os espaços descobertos ou com pouca vegetação 0,2%.

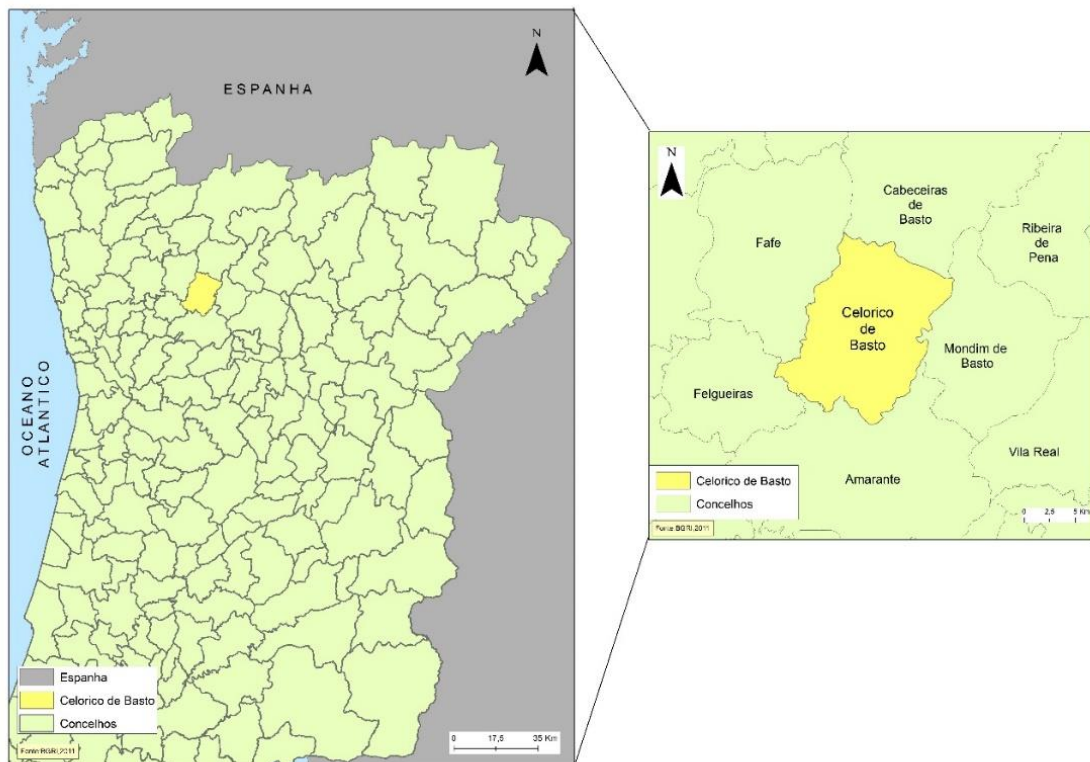


Figura 1- Mapa de Enquadramento do Concelho de Celorico de Basto

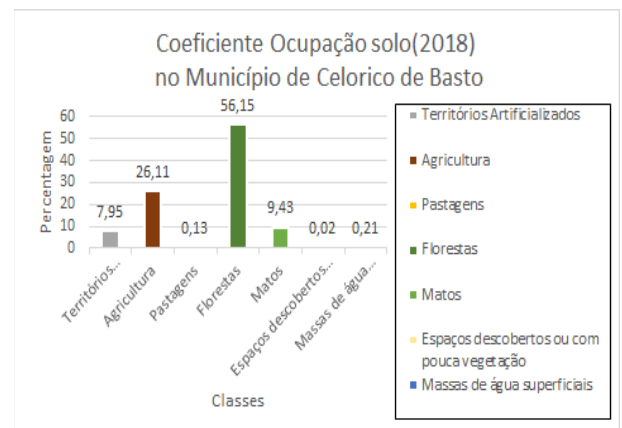
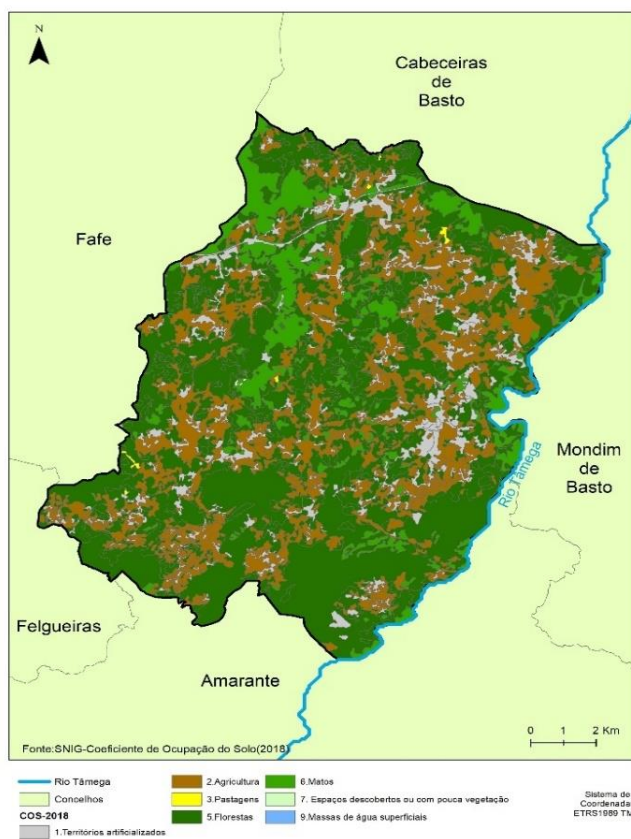


Figura 3- Gráfico do Coeficiente de Ocupação do Solo em Celorico de Basto

Figura 2- Mapa de Ocupação do Solo de Celorico de Basto (COS 2018)

2.METODOLOGIA

Para dar início à resolução do trabalho prático, traçou-se como ponto de partida a escolha e caracterização da área de estudo, concelho de Celorico de Basto, nos quais tivemos de recorrer aos ficheiros da CAOP e COS disponíveis no portal da Direção Geral do Território (DGT), para categorizar o espaço da região em estudo.

Numa segunda fase, foi necessário seleccionar duas imagens do satélite Landsat 8, disponíveis no website da USGS (<https://www.usgs.gov/>) de diferentes períodos, nomeadamente do período de 11 a 18 de outubro de 2019 e do período entre 25 de julho e 7 de agosto de 2020. Recolheu-se, ainda, imagens referentes ao satélite Sentinel 2A, retirados do *Copernicus Open Access Hub* (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>), dos dias 20 de janeiro e 18 de julho do ano de 2020.

De seguida, no software QGIS, procedeu-se ao recorte de todas as imagens raster obtidas pela shapefile pré-concebida do concelho em estudo, através do “extract by mask” e ao respetivo cálculo dos índices NDVI, NDWI, SAVI, LSWI, NDTI, através do “raster calculator”, no qual se introduziram as respetivas bandas para cada satélite com recurso às fórmulas de cálculo de cada um deles. No que toca ao índice do NDVI utilizaram-se as quatro imagens adquiridas, isto é, do Landsat 8, período do outono e verão, e também do Sentinel 2A, referentes ao período do inverno e verão, de forma a comparar a resolução espacial, espectral e temporal de ambos os satélites em estudo. Nos restantes índices, utilizou-se somente as imagens do Sentinel, verão e inverno, de forma a comparar as diferenças sazonais em todos eles. De cada índice, para além dos respetivos layouts dos mapas/imagens que irão ser apresentados abaixo, resultaram também os histogramas calculados para cada um automaticamente pelo software utilizado, com o intuito de auxiliarem nas respetivas análises. Houve também um trabalho adicional na definição das classes para que em cada índice as classes estivessem compreendidas entre os mesmos valores, de forma a criar pontos de comparação e intervalos semelhantes. De igual modo, na definição das cores associadas às classes e aos índices tentaram-se padronizar e adaptar as mesmas àquilo que cada índice definia, de forma a facilitar a leitura e compreensão das imagens.

Para o passo seguinte, utilizou-se o software ArcGis PRO de modo a proceder à classificação supervisionada do solo. Uma vez mais, aplicou-se o processo para as duas imagens do satélite Sentinel 2A, de forma a compreender a variância da caracterização do solo conforme as estações. Numa fase inicial, foram geradas as bandas RGB (red/green/blue) para cada imagem Sentinel, com recurso à ferramenta “composite bands” nas “geoprocessing tools”, na qual se inseriram as respetivas bandas vermelha, verde e azul, que resultaram em uma só a cores. De seguida, através da opção “classification wizard” no menu “imagery”, procedeu-se à respetiva classificação supervisionada, baseada no pixel das duas imagens RGB obtidas, através da definição de áreas de treino para as respetivas classes de ocupação do solo que estavam compreendidas na área de estudo. Com vista a uma melhor perceção das classes, recorreu-se à observação da Carta de Uso e Ocupação do Solo de 2018 e, assim, se definiram as classes para guiar a classificação. A partir daí, a ferramenta gera automaticamente a classificação e

resta verificar avaliação de precisão, isto é, verificar os erros de classificação através da “accuracy assessment” no menu “classification tools”. Os passos que se seguiram trataram de definir cores mais apropriadas para a representação cartográfica de cada uma das classificações, elaborar os respetivos layouts e guardar as “confusion tables” - tabelas de erro de cada classificação.

Por fim, deu-se a comparação final dos resultados de forma a verificar o contraste sazonal existente entre as duas classificações através dos resultados obtidos da classificação do solo através de imagens satélite.

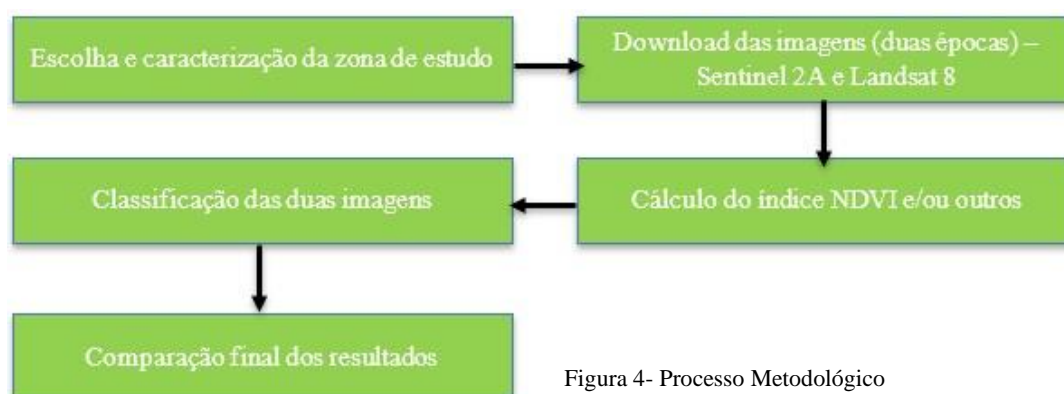


Figura 4- Processo Metodológico

3.CONCEITOS DOS ÍNDICES CALCULADOS

De forma a contextualizar o tema e os índices calculados ao longo do trabalho, procedeu-se a uma pequena revisão bibliográfica sintetizado no esquema seguinte:

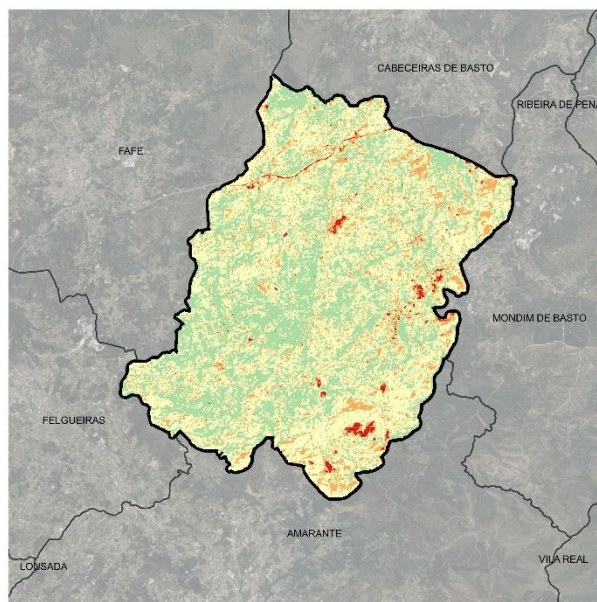
ÍNDICE	AUTORES	DEFINIÇÃO
NDVI	Gandhi, G. M., Parthiban, S., Thummalu, N., & Christy, A. (2015)	(...)” NDVI is a common and widely used index It is an important vegetation index, widely applied in research on global environmental and climatic change .NDVI is calculated as a ratio difference between measured canopy reflectance in the red and near infrared bands respectively”
NDWI	McFeeters, S. K. (1996)	“The Normalized Difference Water Index (NDWI) is a new method that has been developed to delineate open water features and enhance their presence in remotely-sensed digital imagery. The NDWI makes use of reflected near-infrared radiation and visible green light to enhance the presence of such features while eliminating the presence of soil and terrestrial vegetation features.It is suggested that the NDWI may also provide researchers

		with turbidity estimations of water bodies using remotely-sensed digital data.”
SAVI	USGS WORLD (2021)	“SAVI is used to correct Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for the influence of soil brightness in areas where vegetative cover is low. Landsat Surface Reflectance-derived SAVI is calculated as a ratio between the R and NIR values with a soil brightness correction factor (L) defined as 0.5 to accommodate most land cover types.”
LSWI	K. Chandrasekar (2010)	“LSWI in the subsequent fortnights, shows that this index could be used to monitor the increase in soil and vegetation liquid water content, especially during the early part of the season.”
NDTI	W.D. Hively, S. Duiker, G. McCarty, and K. Prabhakara (2015)	“To distinguish between COG and COS using remote sensing, it was postulated that the NDRI or the NDTI could be used to distinguish fields with high levels of crop residue (likely to be COG) from fields with low levels of crop residue (likely to be COS).”

Tabela 1-Conceitos dos índices

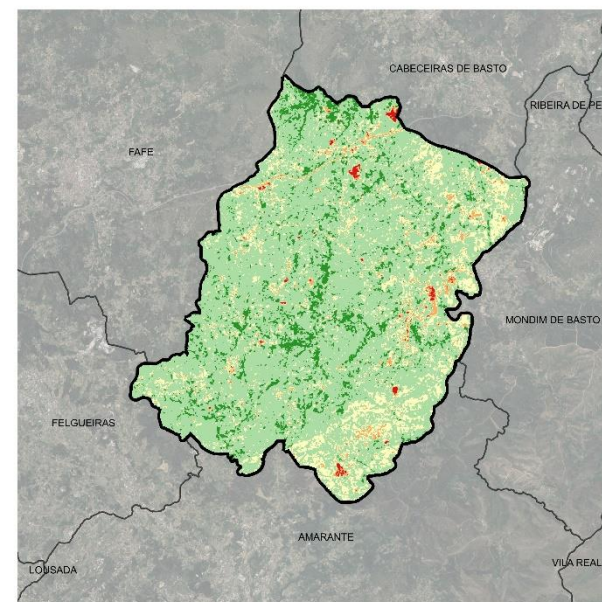
4.RESULTADOS

NDVI - Landsat (Outono-Verão)



Fonte: United States Geological Survey EarthExplorer; Carta Administrativa Oficial de Portugal 2019.

Figura 5- NDVI, Landsat (Outono)



Fonte: United States Geological Survey EarthExplorer; Carta Administrativa Oficial de Portugal 2019.

Figura 7- NDVI, Landsat (Verão)

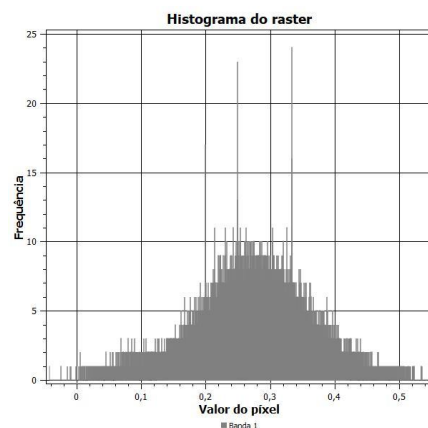


Figura 6- Histograma do NDVI, Landsat (Outono)

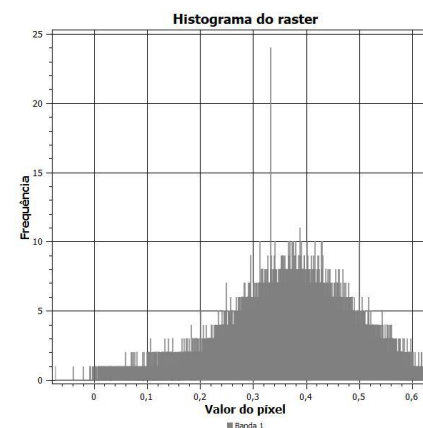
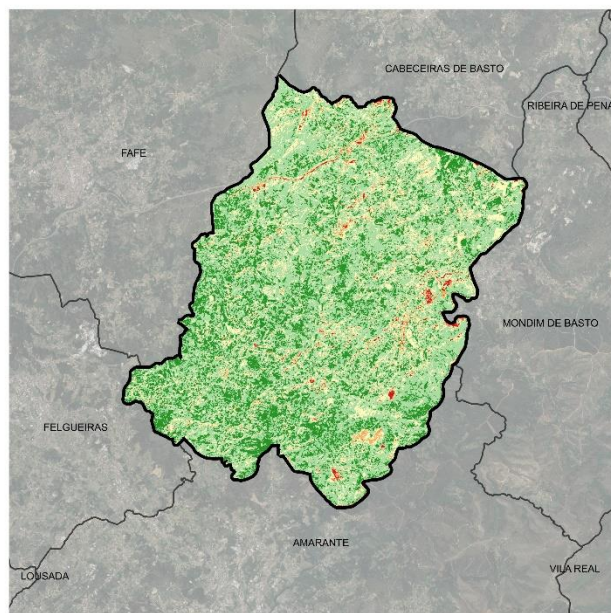


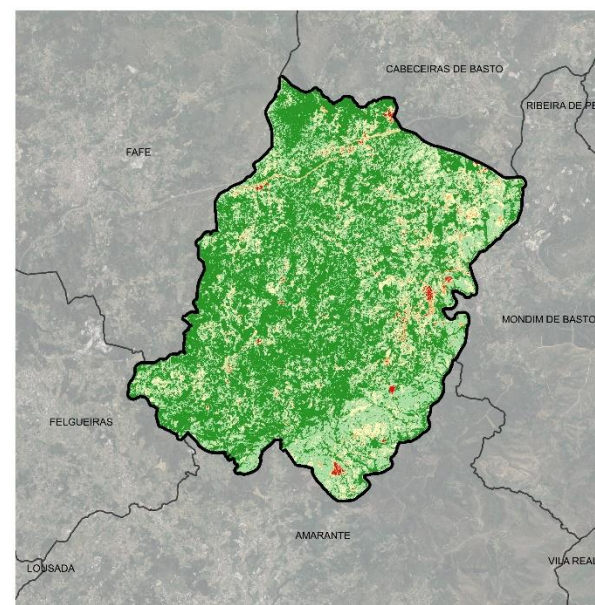
Figura 8- Histograma do NDVI, Landsat (Verão)

NDVI - Sentinel (Inverno-Verão)



Fonte: United States Geological Survey EarthExplorer; Carta Administrativa Oficial de Portugal 2019.

Figura 9 NDVI, Sentinel (Inverno)



Fonte: United States Geological Survey EarthExplorer; Carta Administrativa Oficial de Portugal 2019.

Figura 11- NDVI, Sentinel (Verão)

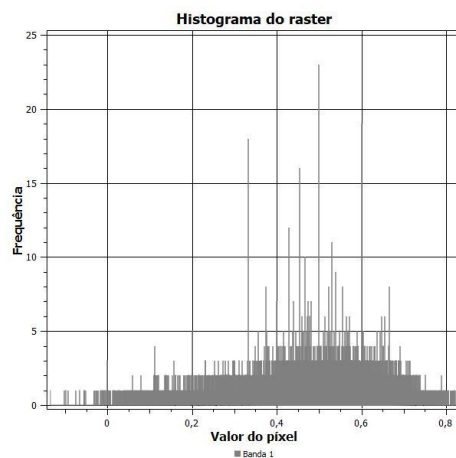


Figura 10- Histograma do NDVI, Sentinel (Inverno)

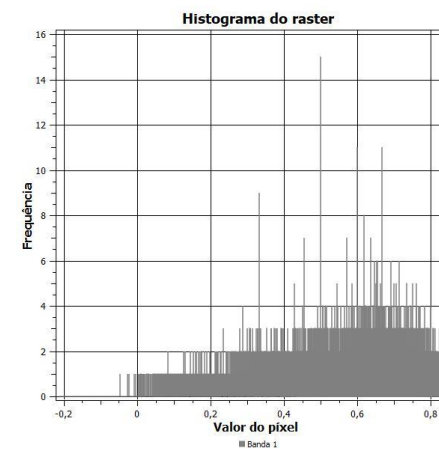
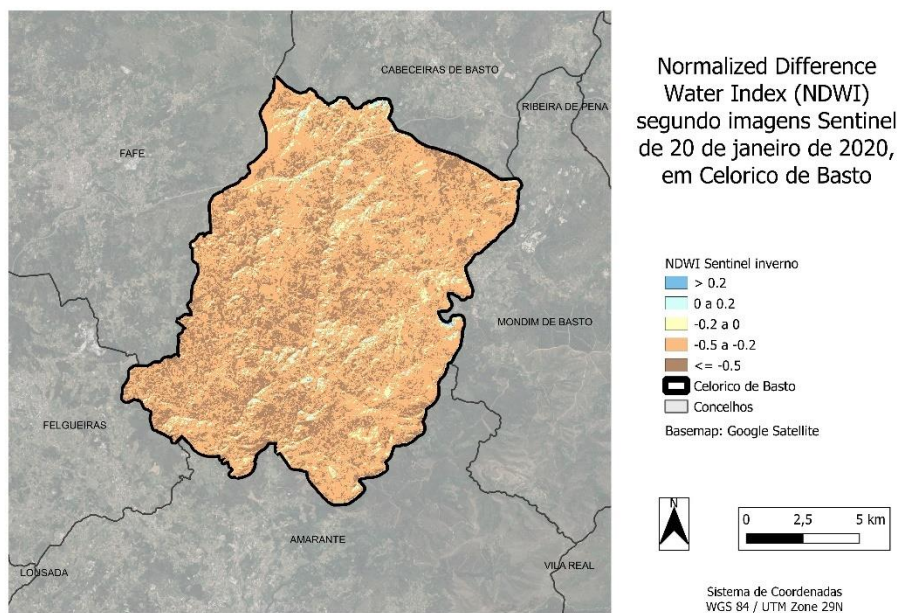


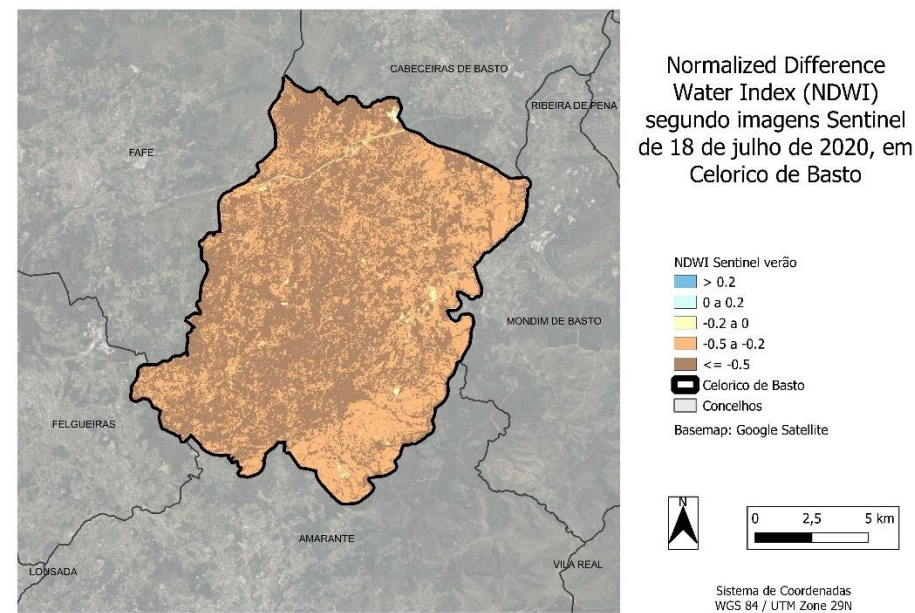
Figura 12- Histograma do NDVI, Sentinel (Verão)

NDWI - Sentinel (Inverno-Verão)



Fonte: United States Geological Survey EarthExplorer; Carta Administrativa Oficial de Portugal 2019.

Figura 13- NDWI, Sentinel (Inverno)



Fonte: United States Geological Survey EarthExplorer; Carta Administrativa Oficial de Portugal 2019.

Figura 15- NDWI, Sentinel (Verão)

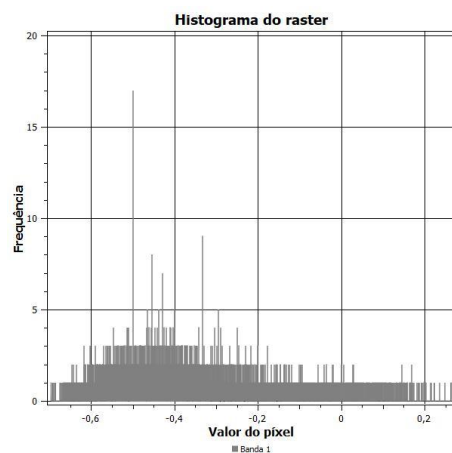


Figura 14- Histograma do NDWI, Sentinel (Inverno)

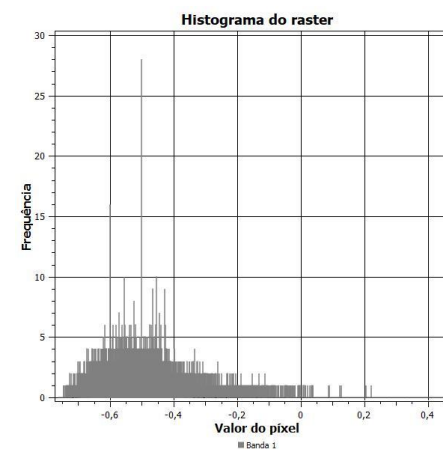


Figura 16- Histograma do NDWI, Sentinel (Verão)

SAVI - Sentinel (Inverno-Verão)

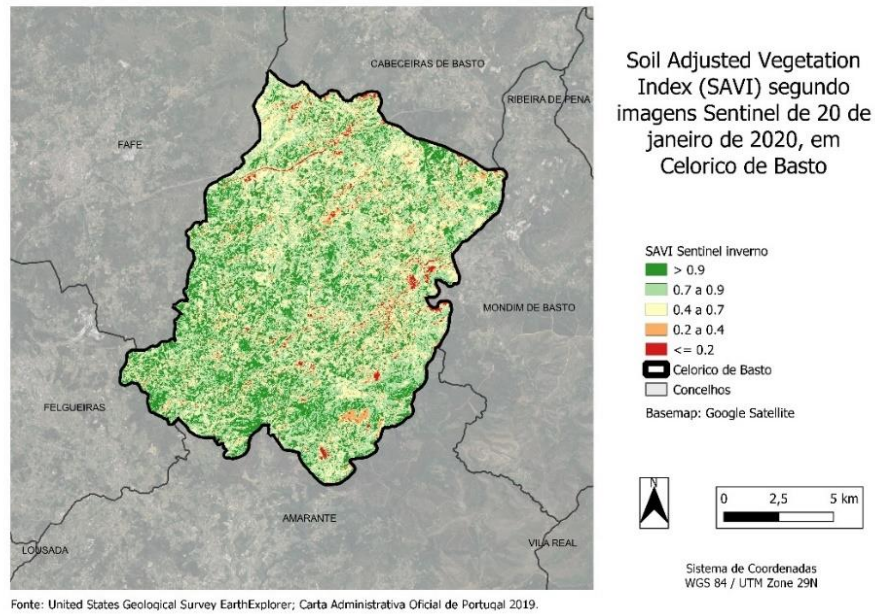


Figura 17- SAVI, Sentinel (Inverno)

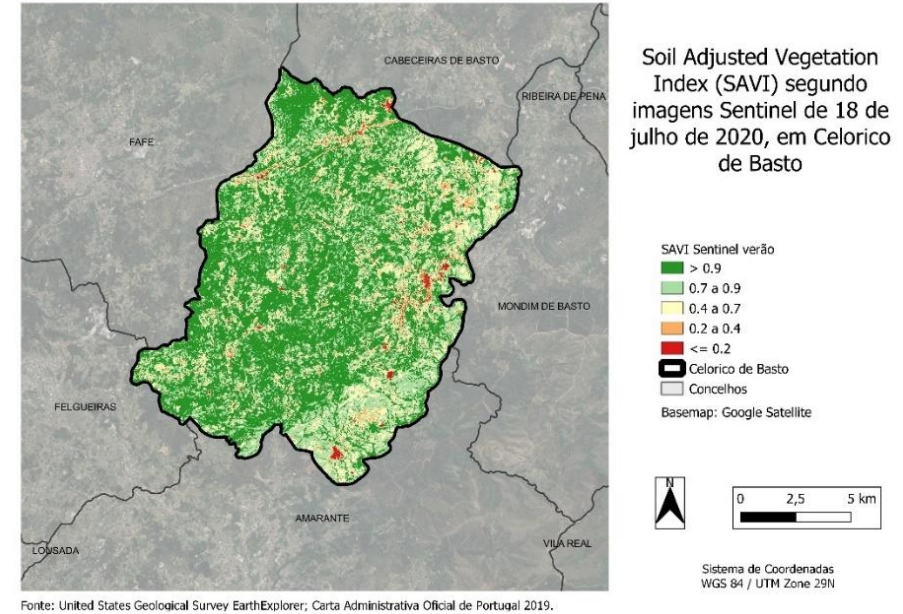


Figura 19- SAVI, Sentinel (Verão)

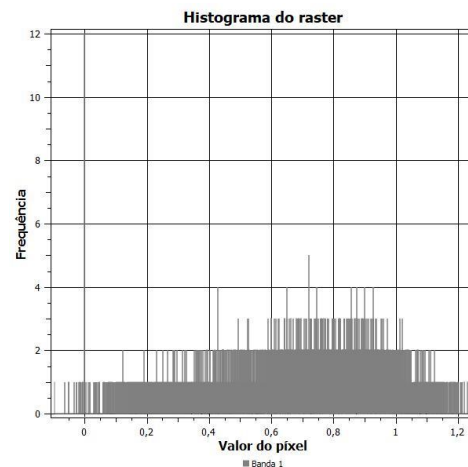


Figura 18- Histograma do SAVI, Sentinel (Inverno)

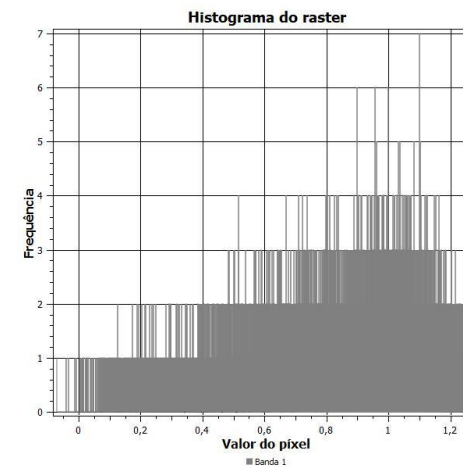
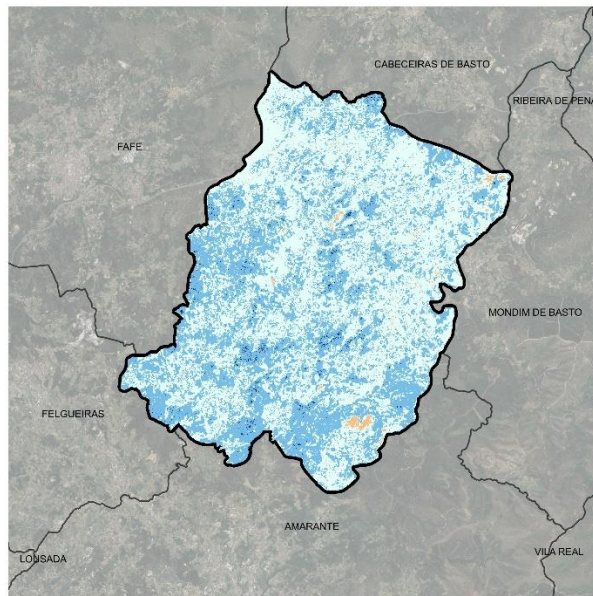


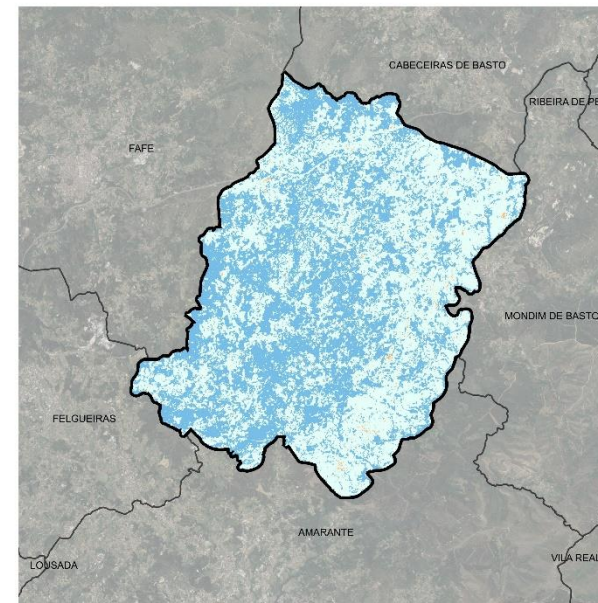
Figura 20- Histograma do SAVI, Sentinel (Verão)

LSWI - Sentinel (Inverno-Verão)



Fonte: United States Geological Survey EarthExplorer; Carta Administrativa Oficial de Portugal 2019.

Figura 21- LSWI, Sentinel (Inverno)



Fonte: United States Geological Survey EarthExplorer; Carta Administrativa Oficial de Portugal 2019.

Figura 23- LSWI, Sentinel (Verão)

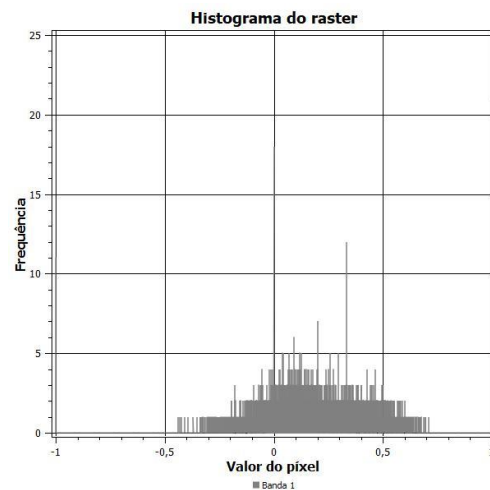


Figura 22- Histograma do LSWI, Sentinel (Inverno)

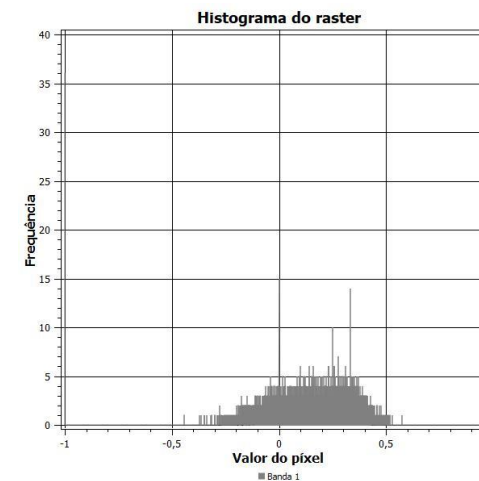
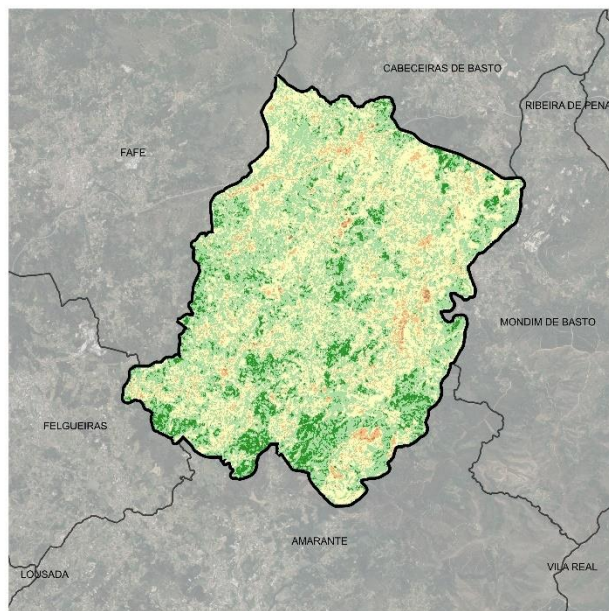


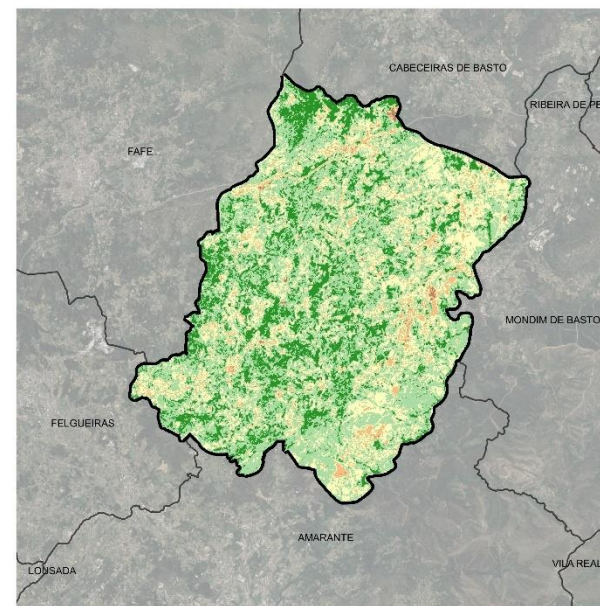
Figura 24- Histograma do LSWI, Sentinel (Verão)

NDTI - Sentinel (Inverno-Verão)



Fonte: United States Geological Survey EarthExplorer; Carta Administrativa Oficial de Portugal 2019.

Figura 25- NDTI, Sentinel (Inverno)



Fonte: United States Geological Survey EarthExplorer; Carta Administrativa Oficial de Portugal 2019.

Figura 27- NDTI, Sentinel (Verão)

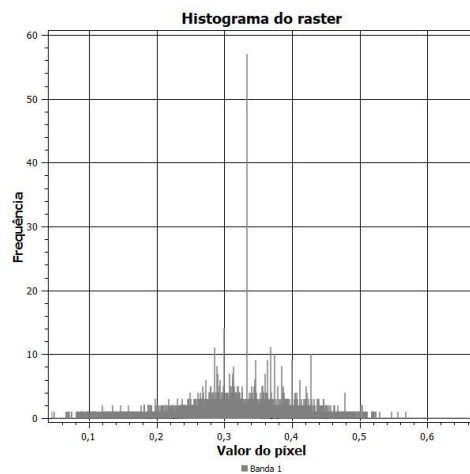


Figura 26- Histograma do NDTI, Sentinel (Inverno)

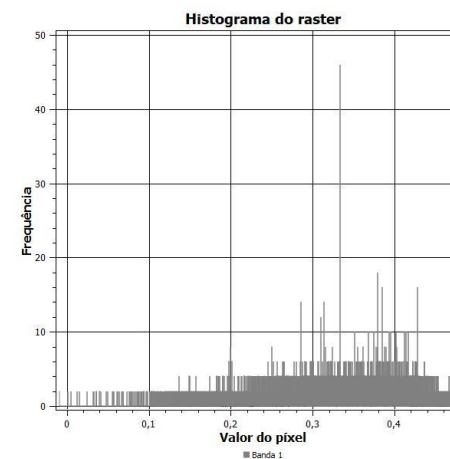


Figura 28- Histograma do NDTI, Sentinel (Verão)

Classificação do Solo - Sentinel (Inverno-Verão)

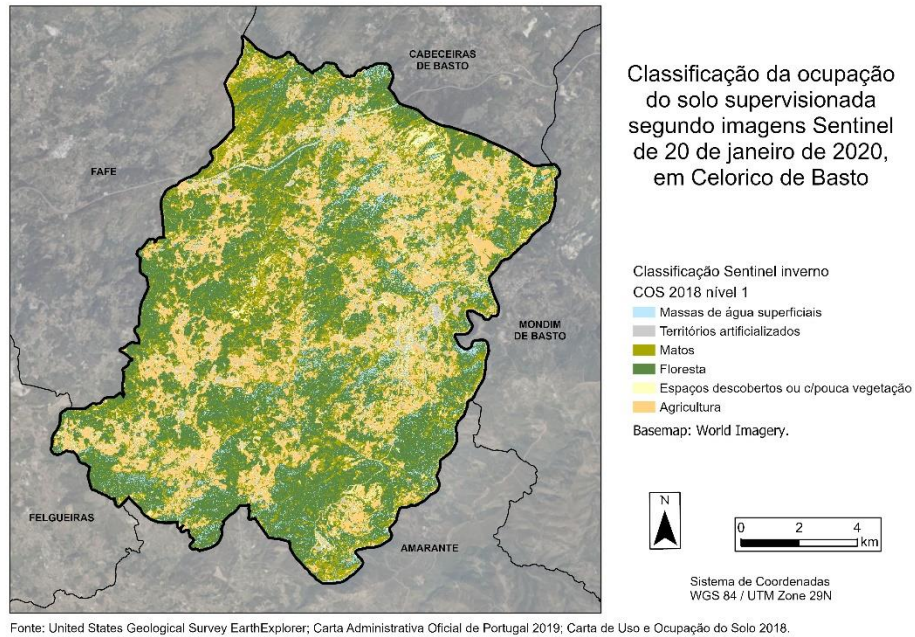


Figura 29- Classificação da Ocupação do solo, Sentinel (Inverno)

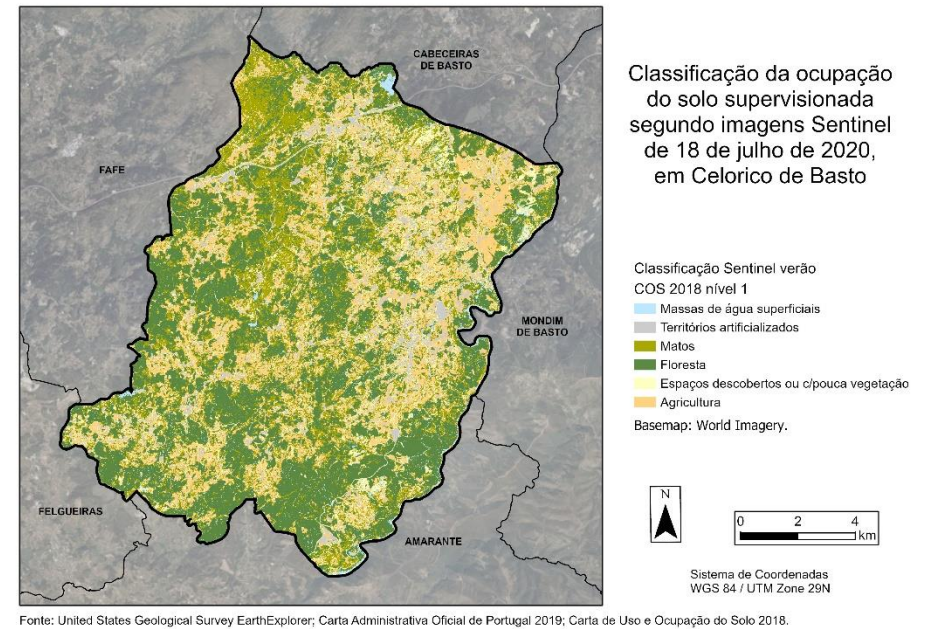


Figura 31- Classificação da Ocupação do solo, Sentinel (Verão)

ClassValue	C_10	C_20	C_30	C_40	C_41	C_60	C_80	Total	U_Accuracy	Kapp -
C_10	9	0	0	1	0	0	0	10	0,9	0
C_20	0	17	0	0	0	1	0	18	0,944444	0
C_30	0	0	12	7	0	2	0	21	0,571429	0
C_40	0	0	5	31	0	1	0	37	0,837838	0
C_41	0	0	0	0	386	0	0	386	1	0
C_60	1	2	1	0	0	12	1	17	0,705882	0
C_80	0	2	1	2	0	1	15	21	0,714286	0
Total	10	21	19	41	386	17	16	510	0	0
P_Accuracy	0,9	0,809524	0,631579	0,756098	1	0,705882	0,9375	0	0,945098	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,867882

Figura 30- Matriz de erro da Classificação da Ocupação do solo, Sentinel (Inverno)

ClassValue	C_10	C_20	C_30	C_40	C_41	C_60	C_80	Total	U_Accuracy	Kappa
C_10	8	0	1	0	0	2	0	11	0,727273	0
C_20	1	15	0	0	0	0	0	16	0,9375	0
C_30	0	0	11	3	0	1	2	17	0,647059	0
C_40	0	0	3	35	0	0	0	38	0,921053	0
C_41	0	0	0	0	386	0	0	386	1	0
C_60	1	2	3	1	0	12	1	20	0,6	0
C_80	0	4	1	2	0	2	13	22	0,590909	0
Total	10	21	19	41	386	17	16	510	0	0
P_Accuracy	0,8	0,714286	0,578947	0,853659	1	0,705882	0,8125	0	0,941176	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,858445

Figura 32- Matriz de erro da Classificação da Ocupação do solo, Sentinel (Verão)

Meses (2020)	Registos Precipitação(mm)
novembro, dezembro, janeiro	$\Sigma_{total}=497,5$
Maio, junho, julho	$\Sigma_{total}=96$

Tabela 2-Registos precipitação (SNIRH)

Valores de classe (ClassValue)	Tipologia-COS 2018 (Nível 1)
C_10	Massas de água à superfície
C_20	Territórios artificializados
C_30	Matos
C_40	Florestas
C_60	Espaços descobertos ou com pouca vegetação
C_80	Agricultura

Tabela 3- Tipologia das classes

5. DISCUSÃO DOS RESULTADOS

As análises remotas da área de Celorico de Basto, através dos instrumentos de deteção associados aos seus diversos sensores, permitiram identificar áreas detalhadamente e fenómenos impercetíveis à visão humana. Foram analisados os campos da vegetação, água, bem como o solo e seu uso.

Posto isto, e no sentido da análise da vegetação inserida no território em estudo, calculou-se inicialmente o *Normalized Difference Vegetation Index*, associado à sigla NDVI, sendo esta uma fórmula que permite calcular o valor dos índices de vegetação associados à respetiva produção primária (A Zaitunah et al, 2018). A sua utilização visou, sobretudo, entender a presença de vegetação em cada um dos períodos propostos (Outono, Verão) bem como a sua dicotomia de representação quando utilizadas imagens recolhidas de fontes opostas: Sentinel e Landsat.

É importante, desde logo, entender a relevância de alguns fatores naturais na efetividade dos valores recolhidos, sendo exemplo a humidade do solo e da vegetação, a biomassa presente no solo, a cobertura total das plantas ou ainda a própria atividade fotossintética imitada pelas mesmas. Assim, visa-se

sobretudo monitorizar e entender os fatores responsáveis pelas dinâmicas da vegetação, produção de biomassa, bem como a classificação da vegetação e solo.

Desde logo, as imagens 6 e 8 ilustrativas das imagens retiradas através do LANDSAT e as imagens 10,12 apresentam claras diferenças. A resolução espacial díspar entre os 2 satélites de 30 Metros correspondente ao programa Americano, e de 10 metros associado ao Sentinel, evidenciam resultados diferentes. O satélite da ESA é assim capaz de, através da sua resolução espacial, oferecer uma resolução espacial bonificada ao território garantindo-lhe uma fiabilidade dos dados e informação clarividente numa comparação entre figuras.

Tal como está patente em todas as figuras compostas por este índice ambiental, pode-se desde logo destacar a variação do índice entre valores de 1 e -1 que evidenciam as diferenças de refletância ao longo de todo o território em cada uma das estações.

No que ao satélite da NASA diz respeito, é possível verificar uma clara assimetria na representatividade dos registos próximos do verde entre a figura 5 e 7. A estação mais quente do ano parece responsável através dos fatores já explicitados acima através da proliferação da cobertura vegetal das plantas, redução da biomassa e humidade do solo (que influenciam negativamente a refletância já que solos acastanhados mais carregados, associados à presença de água, são capazes de absorver mais energia). Deste modo, as atividades fotossintéticas provocadas pela chegada da Primavera garantem-lhe elevados valores quer na figura 7, quer na figura 11, que serão evidenciados ainda mais nos histogramas seguintes.

Os histogramas bidimensionais 6 e 8 contemplam esta tendência. Desde logo, o histograma associado à estação de outono evidencia a presença da maioria dos pixéis entre valores de 0,20 e 0,35, apresentando valores muito próximos do 0. Esta tendência vai de encontro aquilo que é verificado na figura 5 acima representada com uma elevada representatividade de cor amarelada e verdes claros. No oposto (figura 8) e na estação quente, percebemos uma clara subida dos valores associados entre os 0,3 e 0,5 com alguma representatividade ainda registada na classe 0,6. Estes valores claros evidenciam uma subida da refletância por parte da vegetação associada a uma estação claramente potencializadora deste fenómeno através da já referida fotossíntese. Mais uma vez, esta alteração de valores é transposta cartograficamente na figura 7 com o surgimento de mais tonalidades associadas ao verde claro e escuro. Todos estes fenómenos descritos assemelham-se nos histogramas abaixo expostos provenientes do Sentinel (10 e 12). A figura 10 apresenta, de igual forma, valores claramente inferiores bem como frequência de pixéis registados em época outonal em relação à de verão. Os valores situam-se sobretudo entre os 0,2 e 0,7, mas em pequena quantidade, destacando-se alguns picos. O histograma da figura 12 desloca a maioria dos pixéis para a ordem dos 0,4 aos 0,8 bem superiores aos registados entre os 0,4 e 0,6 registados no Inverno. A refletância sobe mais uma vez exponencialmente entre estações.

No índice ambiental, composto pelo *Normalized Difference Water Index* (NDWI), tratando-se este um método desenvolvido para delinear recursos de águas abertas, realçando, assim, a sua presença em

imagens de detecção remota (McFeeters, 1996), potencializou-se a sua função no campo da maximização dos corpos de água no município de Celorico de Basto mais uma vez em estações distintas. A banda NIR foi também reduzida no campo da refletância nos corpos de água.

Tal como visível na figura 13 e 15, o índice varia sobretudo entre os valores de 1 e (-1) evidenciando os valores positivos os corpos de água expostos a cor azul enquanto os valores negativos representariam solo ou vegetação. Mais uma vez, as figuras 13 e 15 apresentam diferenças abruptas nas tonalidades associados aos valores que as compõe. Associado à estação fria e chuvosa (meses registados tabela 2), a imagem 13, capturada pelo Sentinel, evidencia uma clara presença de corpos de água que talham o território um pouco por toda a sua totalidade. O histograma que o compõe recolhe precisamente estas informações. A figura 14 comprova a preponderância de valores negativos, tal como seria expectável, já que territorialmente é composto na sua maioria por solo e vegetação. Porém, destacam-se valores de pixéis superiores a 0 a 0,2 com uma frequência na casa do 1 que evidenciam a presença de corpos de Água. O mesmo, no entanto, sofre um revés na figura 15 e 16, os valores associados à frequência negativa dos pixéis aumentam com a proliferação da vegetação (que sofre um aumento em relação ao Inverno). Em simultâneo, os valores positivos têm uma queda abrupta evidenciando que a estação e a evaporação associada a altas temperaturas, bem como ausência da precipitação, visível na tabela 2 com valores acumulados de 96mm, têm um papel preponderante na seca de alguns cursos de água que assim não surgem contemplados perdendo representatividade.

Numa modificação adjudicada ao NDVI, o SAVI teve como principal objetivo corrigir a influência do solo e realçar a vegetação existente (Jinru Xue & Baofeng Su, 2017).

As conclusões esperam-se diferentes às obtidas no NDVI. A figura 17 e o histograma da figura 18 explicitam a ausência de vegetação com valores que variam entre os 0,2 e 1,2 transparecendo na cartografia acima e evidenciando-se na paleta de cores entre o alaranjado e verde escuro. A estação quente traz consigo alterações na frequência nos níveis de pixéis e no valor que os mesmos contêm, tal como está patente no histograma da figura 20. O aumento da vegetação, em cobertura e quantidade com o aumento das temperaturas, transparece-se cartograficamente com o acréscimo do número de pixéis preenchidos com valores superiores a 0,9 presentes na legenda da figura 21.

O *Land Surface Water Index* (LSWI) assume-se de extrema importância na monitorização da quantidade de água presente nos solos e na vegetação nos diferentes períodos sazonais (K. Chandrasekar, 2010). Assume uma pluralidade de vantagens desde logo podendo ser auxiliar na prática da atividade agrícola.

É possível desde logo destacar a preponderância de valores elevados superiores a 0,2 que evidenciam a presença de água no solo e vegetação durante a estação fria de inverno, podendo o mesmo estar associado à pluviosidade inerente característica da época, tal como registado na tabela 2, com valores na ordem dos 500mm nos 3 meses antecedentes ao registo. Desta forma, o mesmo é discriminado no histograma da figura 23, que evidencia grande frequência, na ordem dos 4 a 5, de pixéis com valores

de 0 a 0,5 maioritariamente. A situação sofre, porém, um revés na estação quente explanados pela figura 23 e 24 onde, desde logo, destaca-se uma descida abrupta nas classes com valores superiores a 0,6. O mesmo se regista nos restantes valores.

O *Normalized Difference Tillage Index*, e último índice, é responsável por explicar uma presença elevada ou reduzida de resíduos de culturas (W.D. Hively, S. Duiker, G. McCarty, and K. Prabhakara, 2015). Assim é expectável que o Inverno registe valores menos elevados. As baixas temperaturas auxiliadas pelo período outonal reduzem folhagens e vegetação no território de Celorico de Basto diminuindo deste modo a refletância dos mesmos. A figura 25 e 26 evidenciam esta tendência. A sul destaca-se alguma representatividade de pixéis superiores a 0,4, mas que acabam suplantadas pela restante área predominante na paleta dos amarelos e verdes claros (0,2-0,4). O histograma seguinte bem como a figura (27 e 28) evidenciam um aumento dos pixéis com valores mais elevados sobretudo nos pixéis com valores compreendidos entre os 0,3 e 0,5. Cartograficamente destaca-se também um exponencial aumento das classes representativas com classes superiores a 0,4 justificáveis pelo crescimento da vegetação após o período primaveril.

A classificação do solo carece de uma classificação supervisionada que se resume numa “(...) definição prévia de cada uma das classes, através de uma amostragem dos pixéis que definem e caracterizam cada classe” (Cristina Lira, Alexandra Amorim, Ana Nobre Silva, Rui Taborda, 2016), baseando-se nas etapas referidas na metodologia: Visualização das três bandas RGB combinadas, delimitação das classes e áreas de treino terminando com a cálculo da exatidão obtida que dever superior a 0,75.

Numa análise detalhada, depreendem-se alterações significativas no território de Celorico entre janeiro e julho de 2020 (figuras 29 e 31, respetivamente). Desde logo, o centro do município vê diminuir as massas de águas superficiais provocado pelo aumento de temperatura e escassez de precipitação associada à chegada da estação quente. Os territórios mantêm-se sem qualquer alteração, representando o centro do município, a leste, a área mais vasta preenchida por esta classe. É também possível distinguir ligeiramente os outros três núcleos com características mais urbanas no concelho, o primeiro surgindo a nor-noroeste, o segundo a norte do centro município e finalmente a Sudoeste. As florestas, matos e agricultura distribuem-se uniformemente no território nortenho, destacando-se a nordeste uma agricultura de carácter intensivo devido, sobretudo, à prática da vinicultura.

De destacar desde já que as figuras 30 e 32 contam com uma classe “C_41” que equivale à área exterior aos limites do concelho que aparecia representada a preto na composição de bandas RGB.

Esta classe foi assim incluída na classificação para evitar a probabilidade de ocorrência de erros, sendo retirada a cor para que a mesma não surgisse representada cartograficamente.

Em síntese, os totais da linha representam os resultados da classificação no seu todo; os totais da coluna os dados de referência; e, finalmente, os elementos da diagonal representam os corretamente classificados. Os elementos fora da diagonal representam os erros de classificação encontrados (por comissão e omissão). Finalmente, o *kappa* responsável por representar a exatidão global e elaborável

através da fórmula: $\text{Exatidão observada} - \text{Concordância hipotética} / 1 - \text{Concordância hipotética}$. Os valores apresentam-se superiores aos recomendados (0,87 e 0,86), apresentando-se, assim, acima dos 0,75. Para evitar um erro maior, foi necessário criar a classe dos espaços descobertos, ou com pouca vegetação, uma vez que parte destes terrenos eram dados como territórios artificializados.

6.CONCLUSÃO

O estudo de caso apresentado, incide sobre a análise das imagens satélites e respetivos índices, para além da classificação do solo no concelho de Celorico de Basto, através dos softwares de Sistemas de Informação Geográfica, como o ArcGis PRO ou QGIS.

A recolha e o pré-processamento das imagens adquiridas constituíram-se como etapas importantes para o decurso do trabalho. A seleção de imagens em datas distintas - inverno e verão - aumentaram as discrepâncias na refletância causada pelo fluxo sazonal da vegetação e maximizaram as diferenças do ângulo de incidência solar, contribuindo, assim, para a melhor análise dos resultados obtidos.

Como estabelecido na metodologia, o trabalho centrou-se na análise dos índices e classificação do solo para determinar as mudanças. Deste modo, foi aplicado o algoritmo de diferenciação NDVI, sobre as imagens de cada uma das datas em análise e dos diferentes satélites. Assim, tornou-se possível estabelecer as diferenças de resolução espacial e temporal nas diferentes imagens. No que toca aos restantes índices, na sua análise foi possível verificar novamente as diferenças temporais e a sua influência, isto através da cartografia produzida e dos histogramas, que mostravam o valor e a frequência do pixel, ou seja, os resultados permitiram detetar quer graficamente, quer numericamente, a ocorrência de alterações. Já a cartografia de diferenciação de índices de vegetação, permitiram uma análise da variação anual da vegetação.

Por outro lado, a classificação de imagens de satélite foi realizada pelo método supervisionado, tendo-se obtido mapas de classes para cada uma das duas estações em estudo. Os mapas representam 6 classes previamente definidas da cobertura do solo e, para além disso, permitiram fazer uma leitura comparativa da variação por classe ao longo das duas estações.

Os resultados do procedimento classificativo permitem uma avaliação quantitativa e qualitativa das classes da cobertura do solo e possibilitam a análise da sua variação temporal. Consequentemente, é possível detetar e avaliar as alterações da cobertura do solo através de técnicas de deteção remota e criar ferramentas de cartografia e monitorização fiáveis para o estudo do Ordenamento do Território.

7.BIBLIOGRAFIA

- A Zaitunah et al 2018 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 126 012112 disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/126/1/012112/pdf>

- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*,
- Jinru Xue, Baofeng Su, "Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications", *Journal of Sensors*, vol. 2017, Article ID 1353691, 17 pages, 2017
- Esea Copernicus,(12/2020) Copernicus Open Access Hub, retirado de: <https://scihub.copernicus.eu/>
- Sistema Nacional de Informação Geográfica, (01/2021) Registo Nacional de Dados Geográficos, retirado de: <https://snig.dgterritorio.gov.pt/>
- Nasa LandSat Science, (01/2021) LandSat9-About, retirado de: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>
- The European Space Agency, (01/2021), Missions, retirado de: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>
- Sistema Nacional de Informação do ambiente (01/2021), Visualizador Sniamb-Ambiente, retirado de: <https://sniamb.apambiente.pt/>
- Direção Geral do Território, Dados Abertos-COS2018, retirado de: <https://www.dgterritorio.gov.pt/>
- Sistema Nacional de Informação de recursos hídricos (01/2021), Redes de monitorização meteorológica, dados retirados de: https://snirh.apambiente.pt/snirh/_dadosbase/site/janela_verdados.php?sites=920685230&pars=1436794570&tmin=01/06/1932&tmax=16/11/2020
- K.Chandrasekar, M.V.R Sesha Sai ,P.S Roy et R.S Dwevedi,2010,Land Surface Water Index(LSWI) response to rainfall and NDVI using the MODIS Vegetation Index product ,*International Journal of Remote Sensing*, Vol 31, N°15, retirado de: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160802575653>
- Meera Gandhi.G, S.Parthiban, Nagaraj Thummalu Christy. A,2015, Ndvi: Vegetation change detection using remote sensing and gis – A case study of Vellore District,Procedia Computer science, retirado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915019444>
- W.D. Hively, S. Duiker, G. McCarty, and K. Prabhakara,2015, Remote sensing to monitor cover crop adoption in southeastern Pennsylvania,Journal of Soil and Water Conservation, retirado de: https://www.researchgate.net/publication/283767484_Remote_sensing_to_monitor_cover_crop_adoption_in_southeastern_Pennsylvania
- Cristina Lira, Alexandra Amorim, Ana Nobre Silva, Rui Taborda, Sistemas de Informação Geográfica- A análise de dados de satélite, SOPHIA, retirado de: https://www.sophia-mar.pt/uploads/GUIA_5_SIG_Analise_de_dados_satelite.pdf