UAlg FCT
UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

com QGIS 3.34.10 Prizren (LTR)

Programa LANDSAT

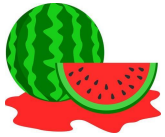
para conhecer (ainda) melhor o Algarve

v.04.07

última revisão: 15 de Setembro de 2024

Respect the people of PALESTINE!

SCAN ME



TUTORIAL

preparado por Nuno de Santos Loureiro

DCTMA - FCT - Universidade do Algarve
nlourei@ualg.pt

CC BY NC SA

SUMÁRIO

O presente **TUTORIAL QGIS** tem como objectivos a apresentação de algumas das características fundamentais dos produtos e imagens fornecidas por diversos satélites dedicados à **Observação da Terra** e, particularmente, a descrição detalhada de estratégias e procedimentos adequados à utilização dos mesmos produtos e imagens com vista a um melhor conhecimento, por exemplo, da região algarvia.

São abordados diversos **satélites** dedicados à Observação da Terra que disponibilizaram e/ou disponibilizam gratuita e periodicamente informação, como os **LANDSAT 5**, **7, 8** e **9**, todos do Programa LANDSAT. São também revisitados os **LANDSAT 1** e **2**, que começaram a fornecer imagens da região algarvia na década de 1970, o **LANDSAT 3** e também o **LANDSAT 4**.

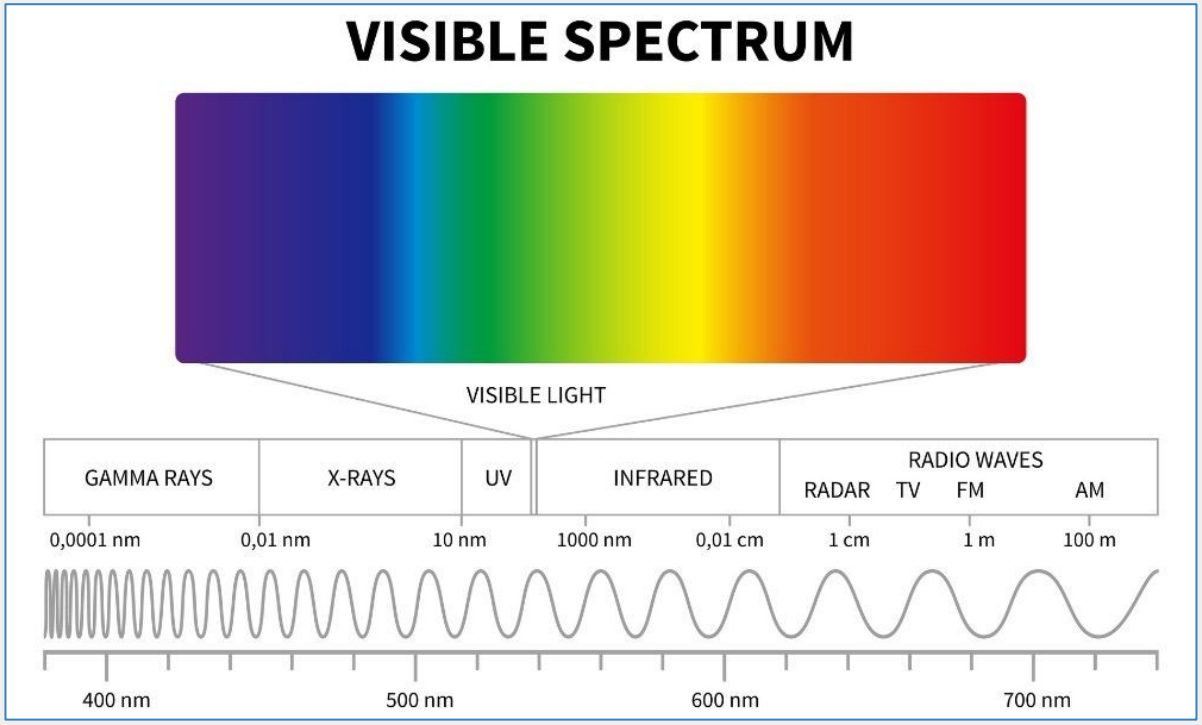
Por outro lado, são exploradas algumas das **capacidades do QGIS** como ferramenta SIG de suporte à análise da informação disponibilizada por satélites multi-espectrais, com especial atenção para a **redução da resolução** original das imagens, para o **Raster Calculator**, e também para o **Semi-Automatic Classification Plugin** (**SCP**), que pode ser adicionado ao QGIS para aumentar as suas capacidades de trabalho.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

É o intervalo completo de todas as possíveis frequências da radiação eletromagnética.
A banda visível (ou a luz e a cor) é apenas uma muito pequena parcela do espectro eletromagnético.

UNIDADES

µm	micrómetro	1 X 10^{-6} m	é a unidade mais comum para a medida dos comprimentos de onda do espectro eletromagnético
nm	nanómetro	1 X 10^{-9} m	equivalência: 1.000 nm = 1 µm



PROGRAMA LANDSAT

Programa LANDSAT

O programa americano **LANDSAT** é o mais longo projecto de recolha de imagens de satélite do Planeta Terra que existe.

Iniciou-se em Julho de 1972 com o **Landsat 1** e tem sido sucessivamente actualizado com novos satélites. Um dos mais recentes é o **Landsat 8**, que ficou operacional no dia 30 de Maio de 2013. O programa é da responsabilidade da **NASA** (*National Aeronautics and Space Administration*) e da **USGS** (*United States Geological Survey*). Informação detalhada sobre o programa Landsat pode ser consultada em **NASA Landsat Science** e em **USGS NLI** (***National Land Imaging Program***).

Para a sociedade civil em geral o **Programa LANDSAT** tem uma enorme mais-valia: adopta uma política de distribuição aberta de imagens, possibilitando que qualquer pessoa possa aceder, consultar, descarregar e utilizar livremente toda a informação fornecida pelos diversos satélites do Programa LANDSAT.

Presentemente estão em funcionamento o **Landsat 8** e o **Landsat 9**. O **Landsat 5** chegou ao final da sua vida útil no início de 2013 e o **Landsat 7** já em 2024, deixando ambos um longo legado de imagens que continuam disponíveis...

VIDA ÚTIL DOS DIVERSOS SATÉLITES LANDSAT

Landsat Missions: Imaging the Earth since 1972

Programa LANDSAT

Os **Landsat 4** e **5** foram satélites muito semelhantes e os primeiros a ser equipados com sensores ópticos **TM** (*Thematic Mapper*) de sete bandas e resolução espacial de 30 metros, excepção feita para a banda 6 (infravermelho térmico) de 120 metros, para além dos sensores **MSS** (*Multi-Spectral Scanner*) de quatro bandas e cerca de 60 metros de resolução espacial que já equipavam os **Landsat** anteriores.

Pouco tempo depois do início da operacionalidade do **Landsat 4** surgiram deficiências de funcionamento no mesmo. Foi esse o motivo que forçou a antecipação do lançamento do **Landsat 5**. Assegurava-se, assim, que existiria um novo satélite plenamente operacional e fiável quando o **Landsat 4** entrasse em falência total.

O ciclo de captura de imagens de uma mesma região foi de **16 dias**. Cada imagem cobria uma parcela de território com aproximadamente **170 km** (N-S) por **180 km** (W-E).

AS 7 BANDAS DOS LANDSAT 4 E 5 www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites

Thematic Mapper (TM)	Landsat 4-5	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
	Band 1	0.45-0.52	30
	Band 2	0.52-0.60	30
	Band 3	0.63-0.69	30
	Band 4	0.76-0.90	30
	Band 5	1.55-1.75	30
	Band 6	10.40-12.50	120* (30)
	Band 7	2.08-2.35	30

* TM Band 6 was acquired at 120-meter resolution, but products are resampled to 30-meter pixels.

Programa LANDSAT

O **Landsat 7** foi lançado em 1999, após o falhanço do lançamento do **Landsat 6**. Manteve os sensores ópticos **TM** (*Thematic Mapper*) com resolução espacial de 30 metros, excepção feita para a banda 6 (infravermelho térmico) de 120 metros, aos quais foi adicionada a capacidade de registo de uma oitava banda com resolução espacial de 15 metros, pancromática. Todas as bandas tiveram ganhos acrescidos na sua sensibilidade radiométrica. Daí a designação **ETM+** (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). **No final de Maio de 2003 surgiram deficiências de funcionamento, afectando significativamente a recolha de imagens, mas só foi desactivado em 2024.**

O ciclo de captura de imagens manteve-se idêntico aos Landsat 4 e 5 anteriores, ou seja, de 16 dias. Também a cobertura, por quadrícula (grânulo), se manteve idêntica, ou seja de 170 km (N-S) por 180 km (W-E).

Exemplos interessantes e inovadores de aplicações abertas das imagens do **Landsat 7** foram os primeiros anos do **Google Earth** / **Google Maps**. As imagens do satélite foram objecto de ortorrectificação, retalhadas em mosaicos e com a cor corrigida para 'Natural Color', e depois disponibilizadas através dessas plataformas *online*.

AS 8 BANDAS DO LANDSAT 7 www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites

Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	Landsat 7	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
	Band 1	0.45-0.52	30
	Band 2	0.52-0.60	30
	Band 3	0.63-0.69	30
	Band 4	0.77-0.90	30
	Band 5	1.55-1.75	30
	Band 6	10.40-12.50	60 * (30)
	Band 7	2.09-2.35	30
	Band 8	.52-.90	15

* ETM+ Band 6 is acquired at 60-meter resolution, but products are resampled to 30-meter pixels.

Programa LANDSAT

O **Landsat 8** foi lançado em 2013 e está equipado com dois tipos de sensores ópticos:

- **OLI (Operational Land Imager)**: recolhe informação nas bandas do visível, dos infravermelhos próximos e dos infra-vermelhos em curtos comprimentos de onda, e também numa banda pancromática. Comparativamente com o **Landsat 7**, apresenta duas novas bandas: a **banda 1**, para estudos relacionados com águas costeiras e aerossóis, e a **banda 9**, para a detecção de cirros. Adicionalmente surgiu também uma informação complementar a **BQA (Quality Assurance Band)**, que regista a presença de sombras, nuvens e outras alterações relevantes à qualidade das imagens.
- **TIRS (Thermal Infrared Sensor)**: mantém todas as funcionalidades dos antecessores e permite também o fornecimento de informação de base a modelos regionais de evapotranspiração e consumo de água em agricultura de regadio.

AS 11 BANDAS DO LANDSAT 8 www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) Launched February 11, 2013	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100 * (30)
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100 * (30)

* TIRS bands are acquired at 100 meter resolution, but are resampled to 30 meter in delivered data product.

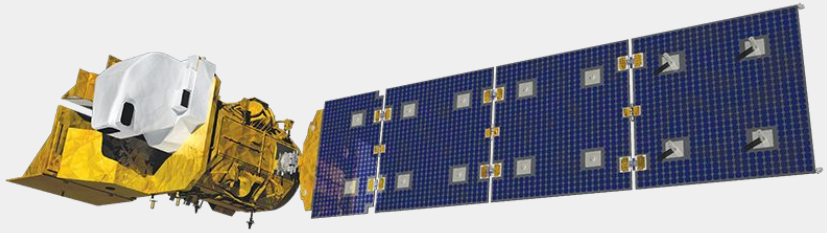
Programa LANDSAT

O **Landsat 9** é o satélite mais recente do **Programa Landsat** e foi lançado em **Setembro de 2021**. À semelhança do Landsat 8 está equipado com dois tipos de sensores ópticos:

- **OLI 2 (Operational Land Imager 2)**: recolhe informação nas bandas do visível, dos infravermelhos próximos e dos infra-vermelhos em curtos comprimentos de onda, e também numa banda pancromática.
- **TIRS (Thermal Infrared Sensor)**: mantém todas as funcionalidades dos antecessores e permite também o fornecimento de informação de base a modelos regionais de evapotranspiração e consumo de água em agricultura de regadio.

Um dos avanços do Landsat 9 comparativamente com o seu antecessor está relacionado com a resolução radiométrica. Dispõe de 14-bit enquanto que o Landsat 8 era de 12-bit.

A órbita do Landsat 9 está desfasada oito dias da do Landsat 8, o que permite reduzir para metade o intervalo de revisitação e observação da Terra assegurado pelo conjunto dos dois satélites.



Programa LANDSAT

BANDAS DOS DIVERSOS SATÉLITES LANDSAT E AS SUAS APLICAÇÕES

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)

Band	Wavelength	Useful for mapping
Band 1 – coastal aerosol	0.43 - 0.45	coastal and aerosol studies
Band 2 – blue	0.45 - 0.51	Bathymetric mapping, distinguishing soil from vegetation and deciduous from coniferous vegetation
Band 3 - green	0.53 - 0.59	Emphasizes peak vegetation, which is useful for assessing plant vigor
Band 4 - red	0.64 - 0.67	Discriminates vegetation slopes
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85-0.88	Emphasizes biomass content and shorelines
Band 6 - Short-wave Infrared (SWIR) 1	1.57 - 1.65	Discriminates moisture content of soil and vegetation; penetrates thin clouds
Band 7 - Short-wave Infrared (SWIR) 2	2.11 - 2.29	Improved moisture content of soil and vegetation and thin cloud penetration
Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15 meter resolution, sharper image definition
Band 9 – Cirrus	1.36 - 1.38	Improved detection of cirrus cloud contamination
Band 10 – TIRS 1	10.60 – 11.19	100 meter resolution, thermal mapping and estimated soil moisture
Band 11 – TIRS 2	11.5 - 12.51	100 meter resolution, Improved thermal mapping and estimated soil moisture

Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM) and Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)

Band	Wavelength	Useful for mapping
Band 1 - blue	0.45 - 0.52	Bathymetric mapping, distinguishing soil from vegetation and deciduous from coniferous vegetation
Band 2 - green	0.52 - 0.60	Emphasizes peak vegetation, which is useful for assessing plant vigor
Band 3 - red	0.63 - 0.69	Discriminates vegetation slopes
Band 4 - Near Infrared	0.77 - 0.90	Emphasizes biomass content and shorelines
Band 5 - Short-wave Infrared	1.55 - 1.75	Discriminates moisture content of soil and vegetation; penetrates thin clouds
Band 6 - Thermal Infrared	10.40 - 12.50	Thermal mapping and estimated soil moisture
Band 7 - Short-wave Infrared	2.09 - 2.35	Hydrothermally altered rocks associated with mineral deposits
Band 8 - Panchromatic (Landsat 7 only)	0.52 - 0.90	15 meter resolution, sharper image definition

Programa LANDSAT

O **Landsat 1** foi lançado em 23 de Julho de 1972 e esteve em actividade até 6 de Janeiro de 1978. Tinha um intervalo de revisitação e observação da Terra de 18 dias. Estava equipado com dois sensores, o **MSS (Multispectral Scanner)**, o mais importante, e o RBV (Return Beam Vidicon).

O **Landsat 2** foi lançado em 22 de Janeiro de 1975 e esteve em actividade até 25 de Fevereiro de 1982. Tinha um intervalo de revisitação e observação da Terra e estava equipado com sensores idênticos aos do Landsat 1.

O **Landsat 3** foi lançado em 5 de Março de 1978 e esteve em actividade até 31 de Março de 1983. Tinha um intervalo de revisitação e observação da Terra e estava equipado com sensores idênticos aos dos Landsat 1 e 2. Teve instalada uma banda térmica (B #08), mas a mesma ficou inoperacional pouco tempo após a sua entrada em funcionamento.

Os **Landsat 4 e 5** mantiveram o sensor MSS e passaram também a estar equipados com o sensor TM.

AS 4 BANDAS DOS LANDSAT 1 a 5

Band # (L1-L2)	Band # (L3)	Band # (L4-L5)	µm	Resolution*	L4/L5 TM Band Equivalent
4	4	1	0.5-0.6	68 m X 83 m	~ 2 (0.52–0.60 µm)
5	5	2	0.6-0.7	68 m X 83 m	~ 3 (0.63–0.69 µm)
6	6	3	0.7-0.8	68 m X 83 m	~ 4 (0.76–0.90 µm)
7	7	4	0.8-1.1	68 m X 83 m	~ 4 (0.76–0.90 µm)
N/A	8	N/A	10.4-12.6	68 m X 83 m	~ 6 (10.41-12.5 µm)

Programa LANDSAT

O Programa **Landsat** pode, em síntese, ser considerado um programa de **Optical Earth Observation** (**EO** ou **EO^2**) particularmente vocacionado para a observação, análise e interpretação das componentes vivas do Planeta. As várias bandas registadas são também as utilizadas pelas plantas, para a fotossíntese, e por isso, em paralelo com a crescente resolução espacial das imagens, vai sendo possível caracterizar, cada vez com mais rigor e detalhe, a vegetação espontânea e a cultivada, as suas distribuições e alterações, e os impactes do Homem sobre o Planeta.

Uma das limitações dos produtos LANDSAT que não pode deixar de ser tomada em atenção é o facto de se estar a 'observar' informação **TOA reflectance**, ou seja, ***top-of-atmosphere reflectance***. Assim, persistem sempre perturbações atmosféricas e, particularmente troposféricas que afectam a qualidade das imagens, as quais na verdade pretendem representar a realidade presente à superfície do território...

São imagens em **Level-1** (TOA) que podem ser processadas para serem convertidas em imagens **Level-2** (*atmospherically-corrected surface reflectance*), tarefa indispensável para análises multi-temporais (p.ex., fenologia, uso do solo, etc.) e para calcular variáveis características da superfície do solo, como o **LAI** (*leaf area index* ou índice de área foliar), o **NDVI** (*Normalized Difference Vegetation Index*) ou o **NDWI** (*Normalized Difference Water Index*).

LANDSAT Missions

1. ACESSO ÀS IMAGENS DOS SATÉLITES

Acesso às Imagens dos Satélites

O *website* da **USGS** (*United States Geological Survey*) é um dos canais mais adequados para o acesso às imagens dos satélites, quer do programa **LANDSAT**, quer de muitos outros como, por exemplo, do programa **SENTINEL**.

https://earthexplorer.usgs.gov/

É necessário fazer o **registo** e depois o **login** para o *download* das imagens. Para a simples consulta das imagens armazenadas na base de dados não é necessário o registo.

A identificação das imagens armazenadas é feita numa sequência de três menus principais e um adicional:

- *1. Enter Search Criteria*
- *2. Select Your Data Set(s)*
  - *Additional Criteria*
- *Results*

Em ***Search Criteria*** são definidos a área do território e o intervalo de tempo para os quais é feita a pesquisa.
É também definido o número máximo de imagens a apresentar em ***Results*** (que, por defeito, são 100).

A **área** pode ser definida a partir da imagem *Google Earth* que serve de *background* à janela principal da plataforma, de uma *shapefile* ou *.kml de desenho simples (polígono com, no máximo, 500 vértices), do **PATH** / **ROW** (quando os mesmos sejam previamente conhecidos) dos Type WRS2 ou WRS1 ou, para os EUA, do código GNIS ou da morada.

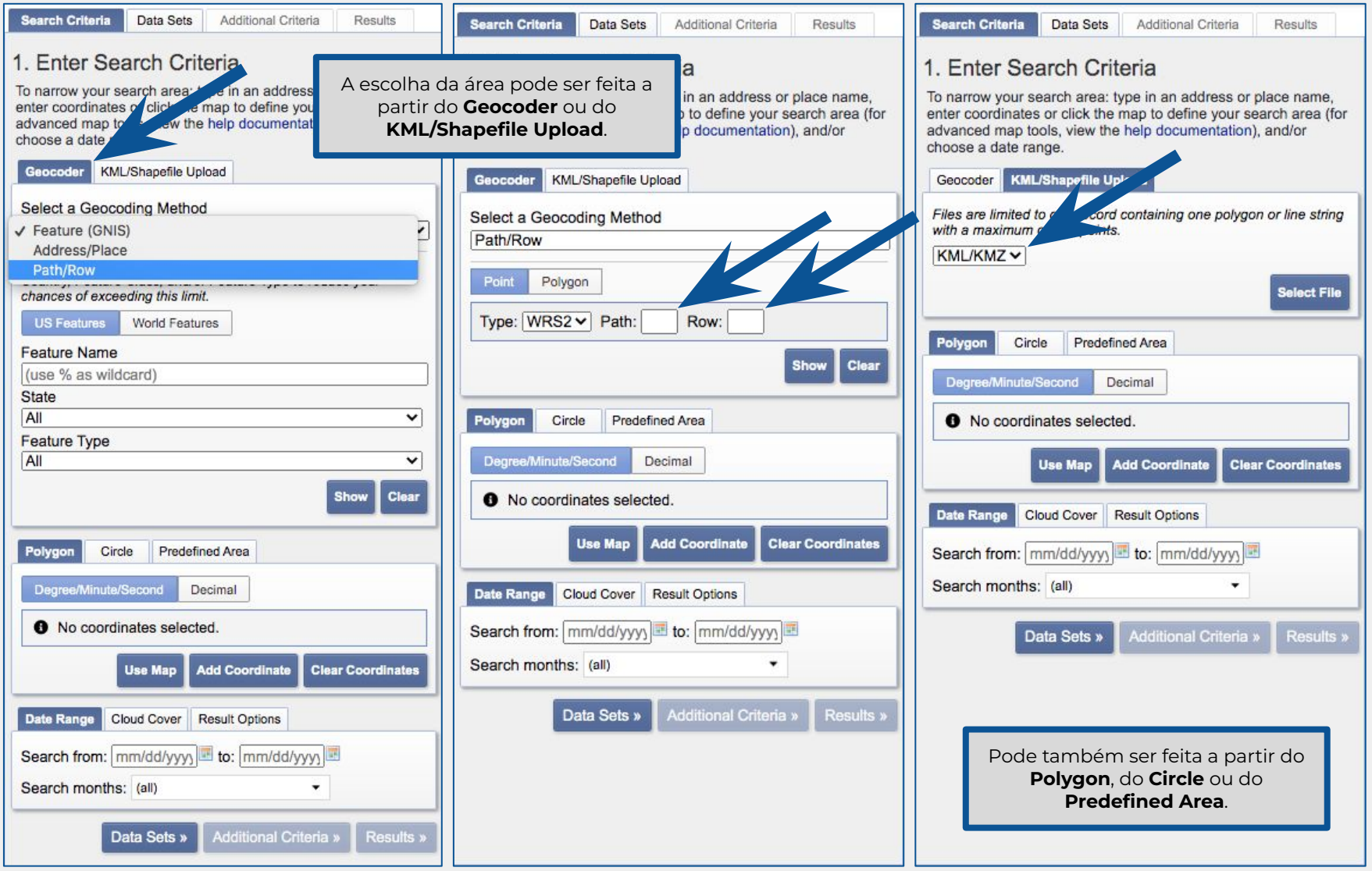
O **intervalo de tempo**, a **cobertura de nuvens** e o **número máximo de imagens a apresentar** também são parametrizados de forma intuitiva.

Em ***Data Sets*** são estabelecidos os satélites sobre os quais é feita a pesquisa. A selecção é feita a partir de uma listagem onde se activam as fontes de informação a pesquisar.

Em ***Additional Criteria*** são estabelecidos alguns parâmetros complementares, variáveis em função dos satélites considerados na pesquisa.

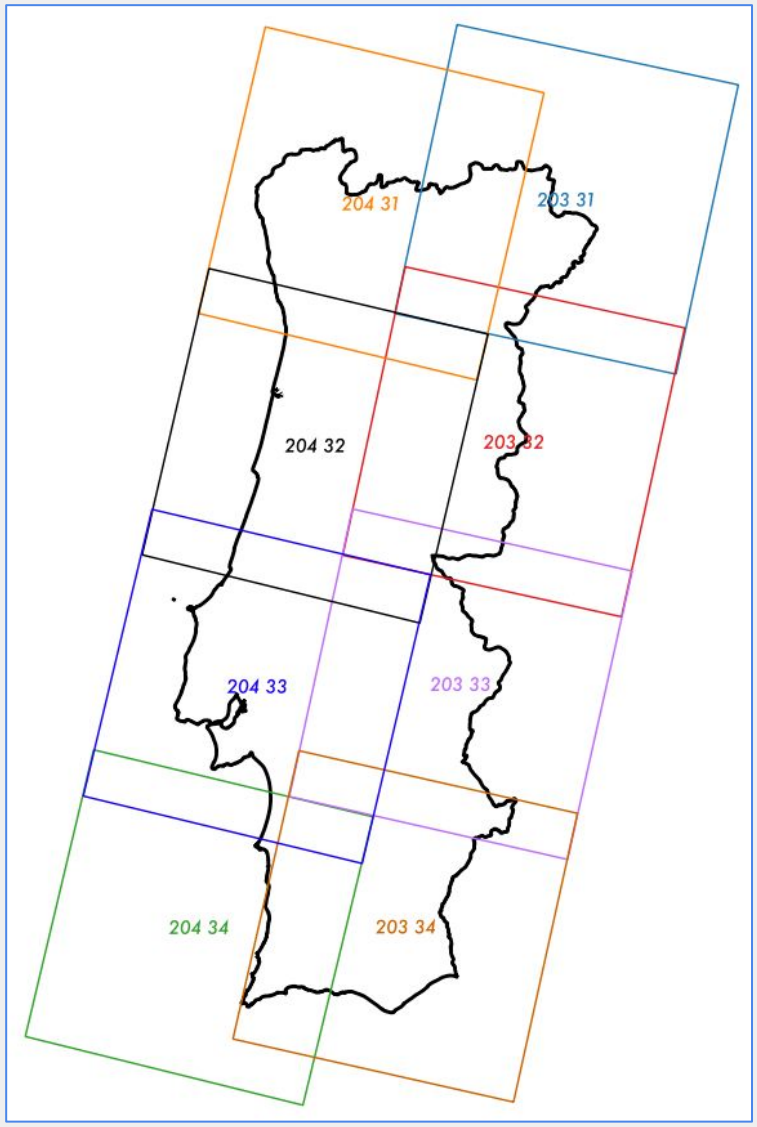
Por fim, em ***Results >>*** tem-se acesso à listagem das imagens dos satélites que correspondem aos diversos critérios antes assinalados.

Acesso às Imagens dos Satélites



Acesso às Imagens dos Satélites

Acesso às Imagens dos Satélites

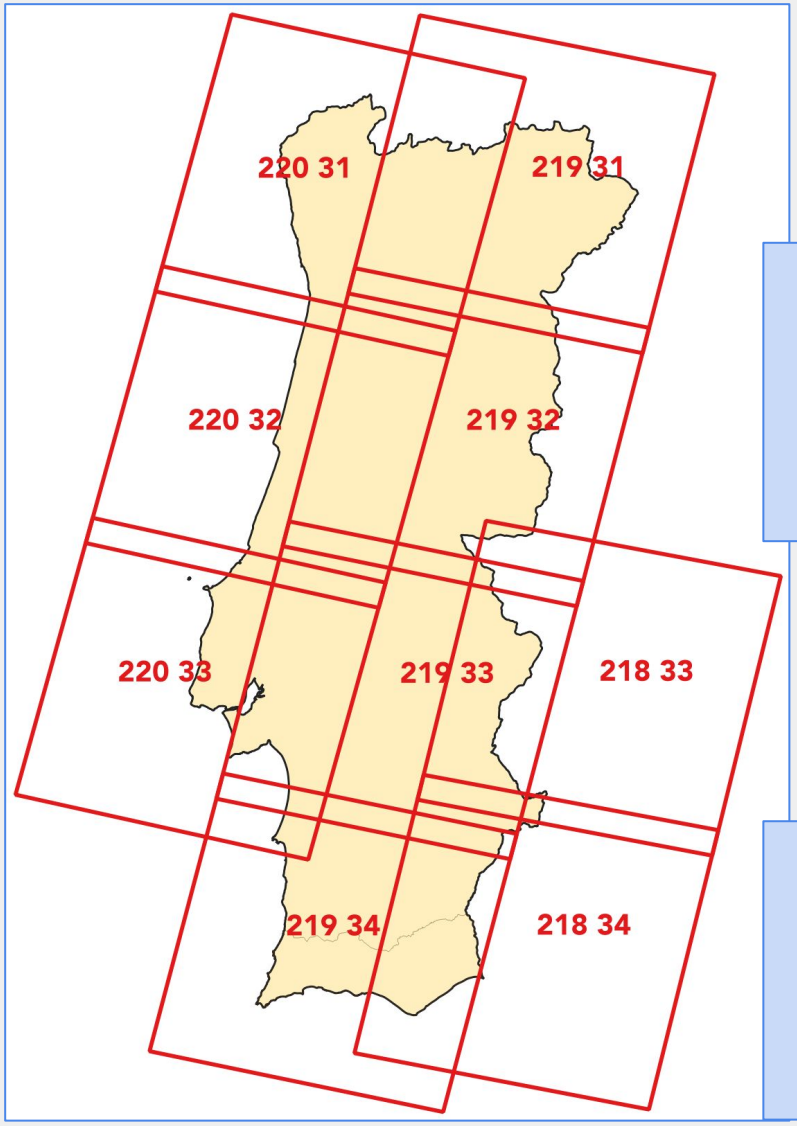


LANDSAT 4 a 9

Portugal continental na sua totalidade está representado em oito imagens (**WRS2**):

Path 203 Rows 31 a 34
Path 204 Rows 31 a 34

Acesso às Imagens dos Satélites

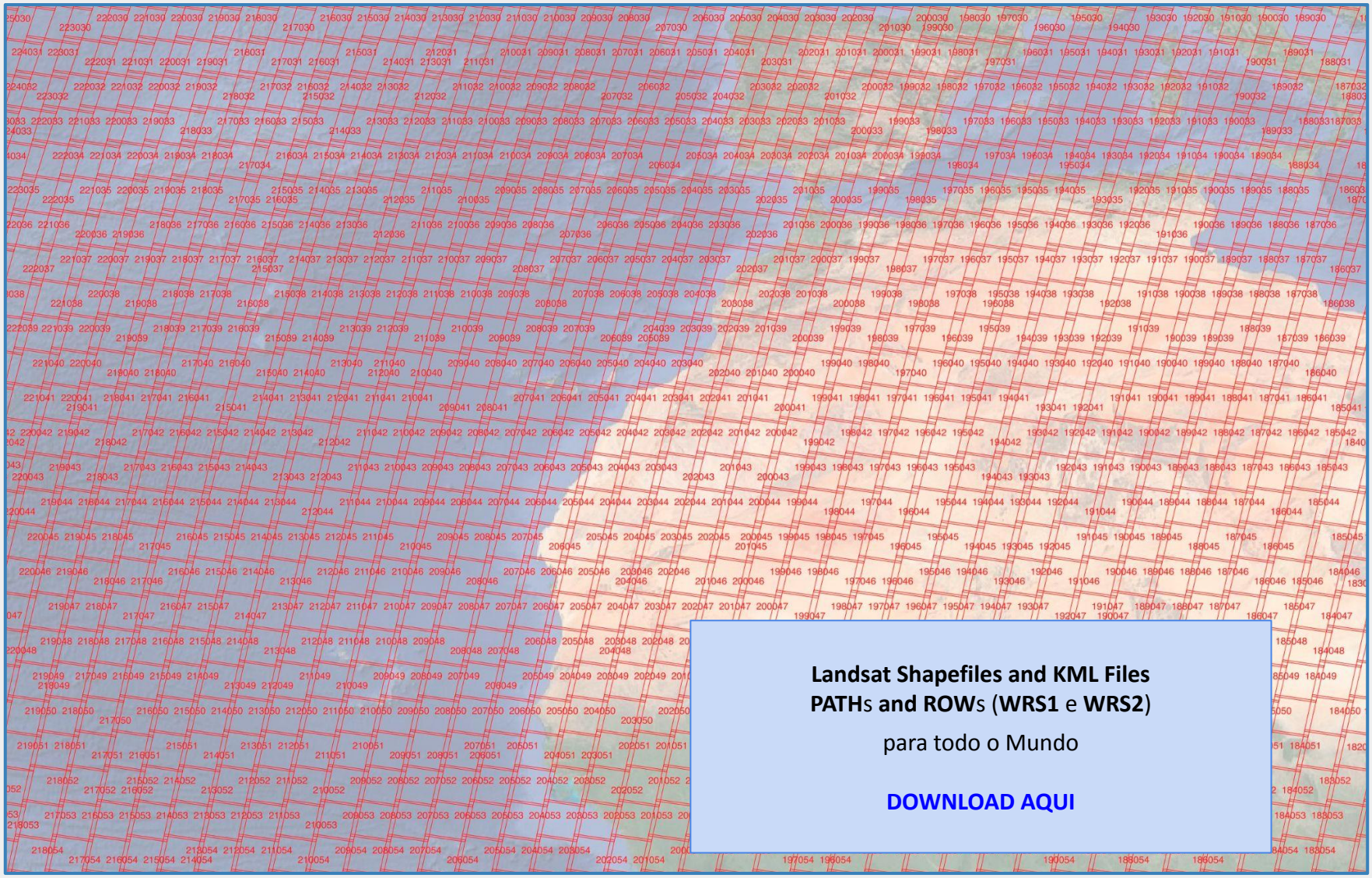


LANDSAT 1 a **3**

Portugal continental na sua totalidade está representado em nove imagens (**WRS1**):

Path 203 Rows 31 a 34
Path 204 Rows 31 a 34

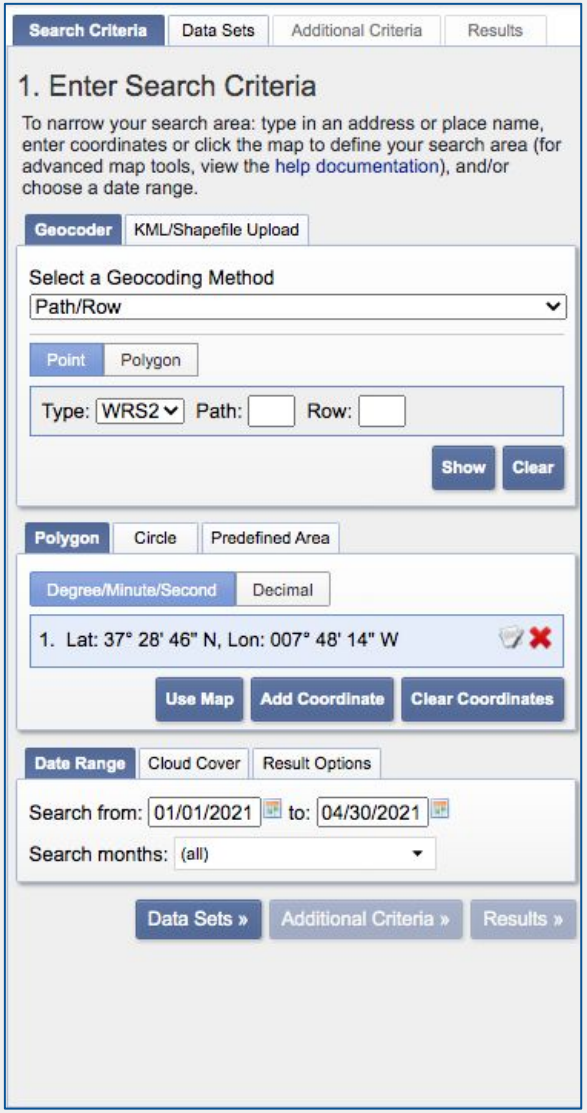
Acesso às Imagens dos Satélites

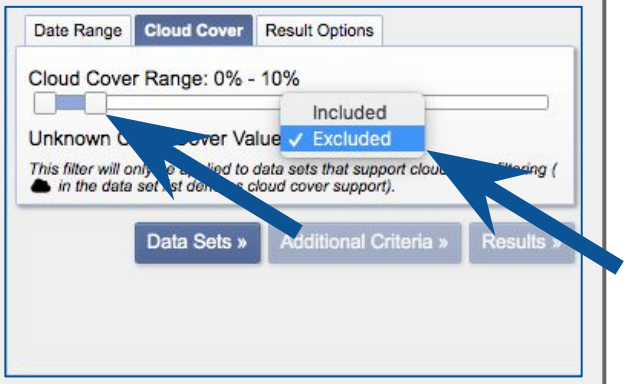


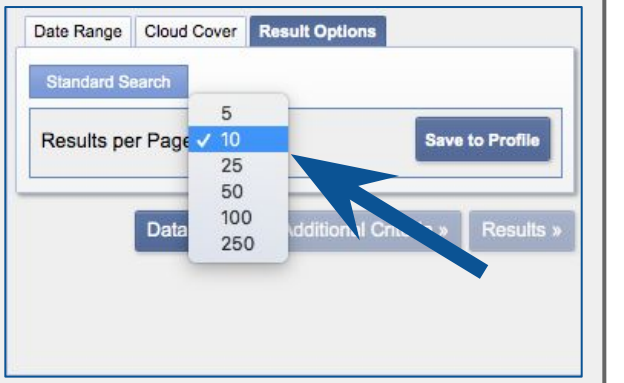
Acesso às Imagens dos Satélites

Consulta à Base de Dados
Imagens de Satélite

- fazer em **Data Range** a determinação do período de tempo para a consulta, estabelecendo-se uma data de início e uma data de fim
- em **Cloud Cover** é possível limitar as imagens que são apresentadas, escolhendo apenas aquelas que têm uma determinada percentagem de céu sem nuvens e, consequentemente, superfície da terra visível
- **Result Options** é possível estabelecer o número máximo de imagens a apresentar (por defeito são 10 imagens)
- fazer em **Data Sets** a determinação dos satélites para a consulta







Acesso às Imagens dos Satélites

LANDSAT COLLECTION 2

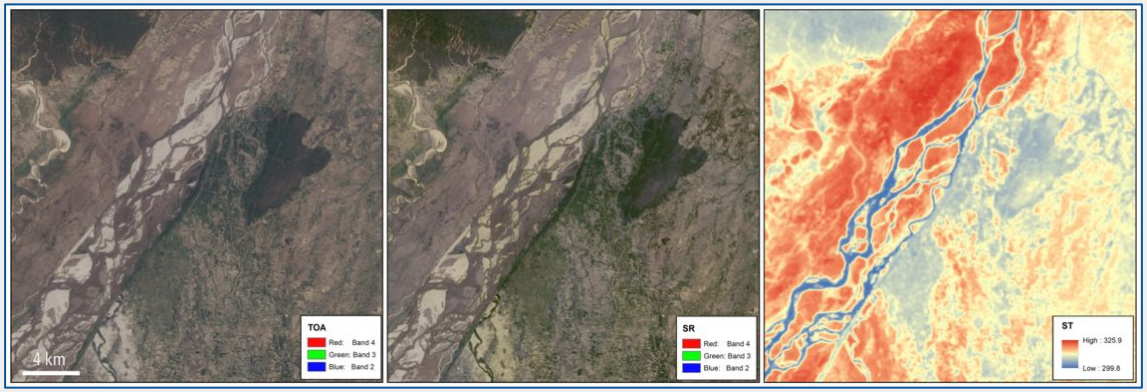
Landsat Collection 2 *marks the second major reprocessing effort on the Landsat archive by the USGS that results in several data product improvements that harness recent advancements in data processing, algorithm development, and data access and distribution capabilities.*

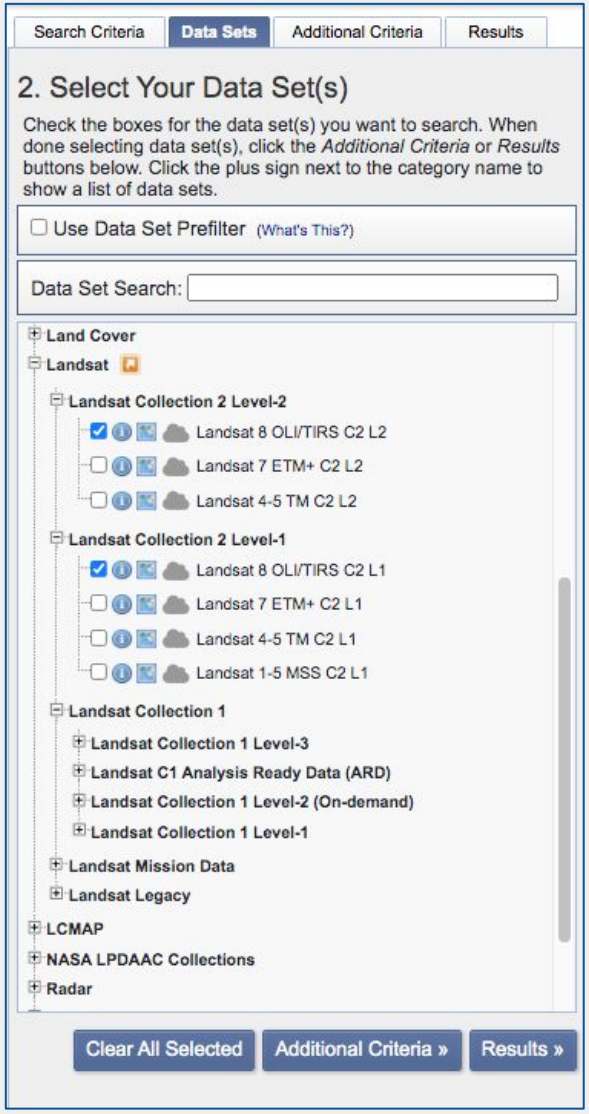
A primary characteristic of Collection 2 is the ***substantial improvement in the absolute geolocation accuracy*** *of the global ground reference dataset - which improves interoperability of the Landsat archive through time. Collection 2 also includes updated global digital elevation modeling sources and calibration and validation updates.*

Collection 2 includes Landsat Level-1 data for all sensors since 1972, as well as global ***Level-2 surface reflectance and surface temperature*** *scene-based products from 1982 to present (excluding Landsat 1-5 Multispectral Scanner (MSS)) within defined constraints.*

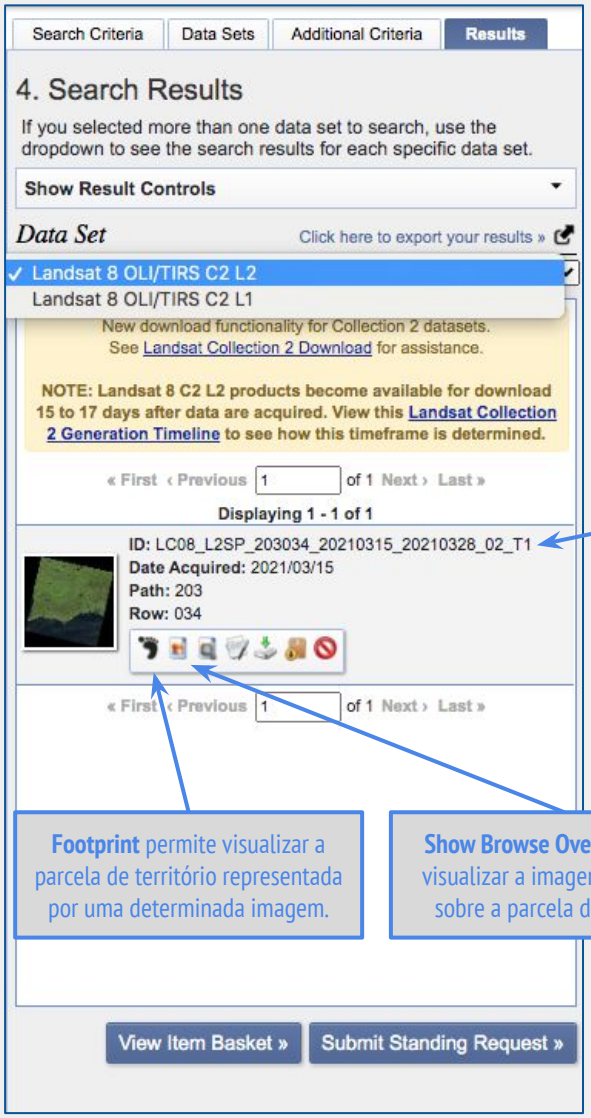
LEVEL 1 *- TOA = TOP-OF-ATMOSPHERE REFLECTANCE*

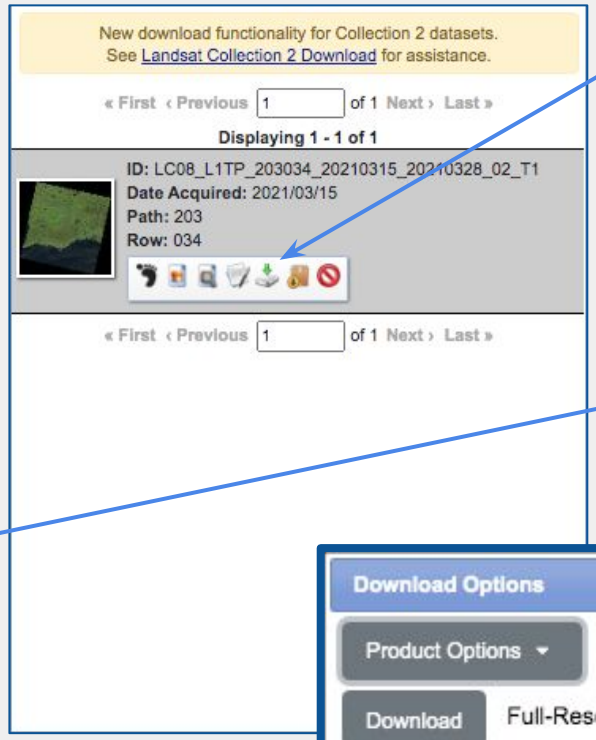
LEVEL 2 *- SR + ST =* ***SURFACE REFLECTANCE*** *+ SURFACE TEMPERATURE*





Acesso às Imagens dos Satélites

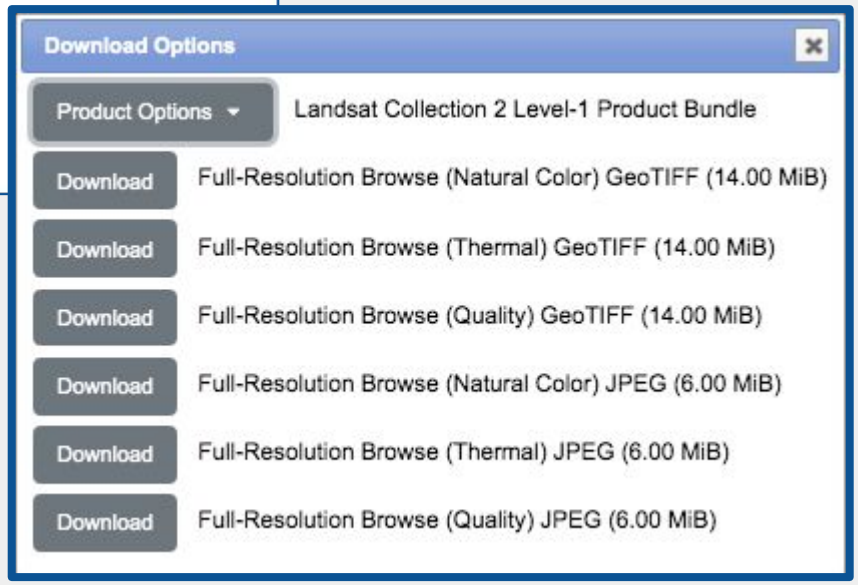




Download Options permite descarregar uma determinada imagem de satélite.

LEVEL 1

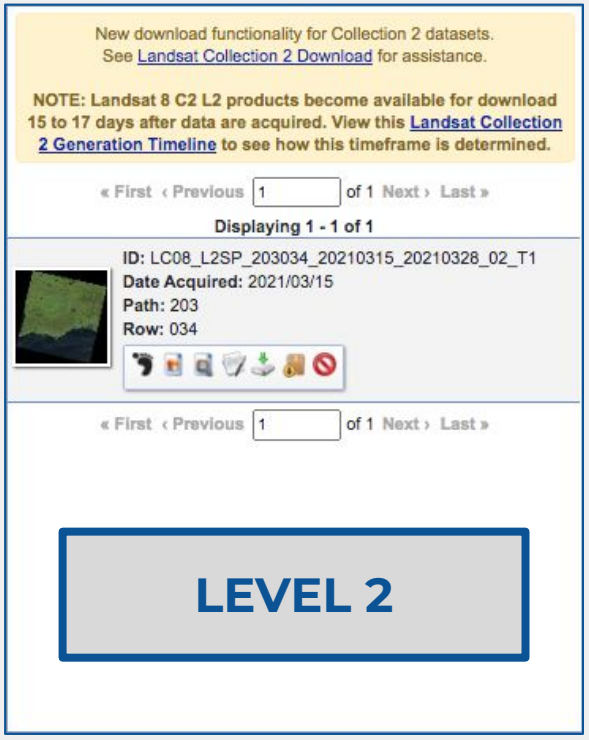
Cada imagem de satélite é identificada por um Entity ID.



Footprint permite visualizar a parcela de território representada por uma determinada imagem.

Show Browse Overlay permite visualizar a imagem de satélite sobre a parcela de território.

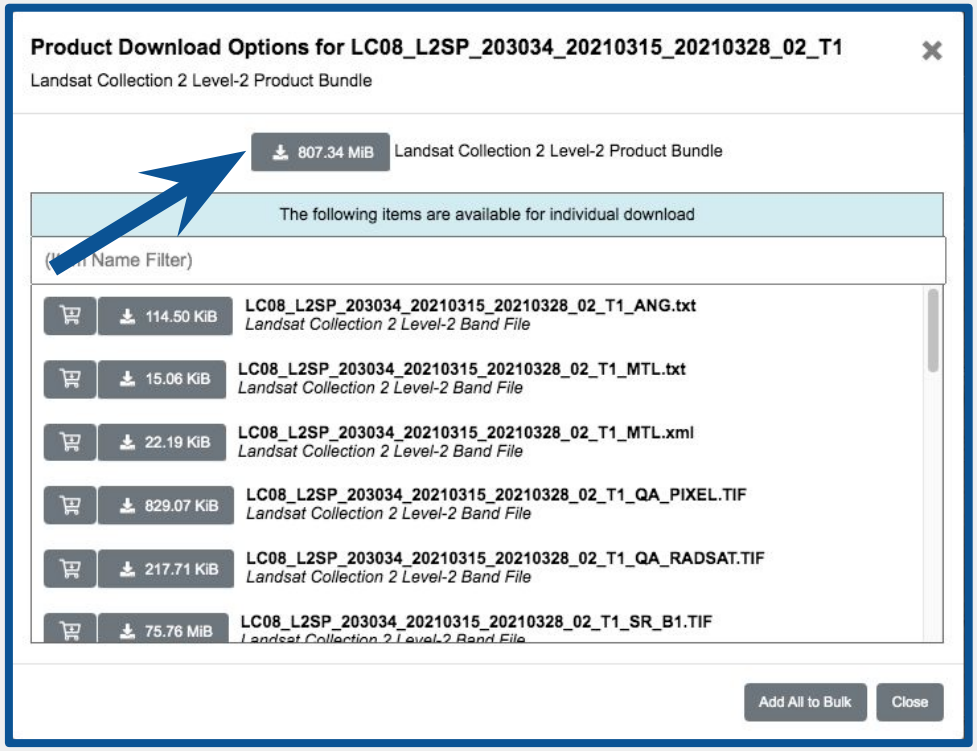
Acesso às Imagens dos Satélites



LXSS_LLLL_PPPRRR_YYYYMMDD_yyyymmdd_CC_TX

Where:

- **L** = Landsat
- **X** = Sensor ("C"=OLI/TIRS combined, "O"=OLI-only, "T"=TIRS-only, "E"=ETM+, "T"="TM, "M"=MSS)
- **SS** = Satellite ("07"=Landsat 7, "08"=Landsat 8)
- **LLL** = Processing correction level (L1TP/L1GT/L1GS)
- **PPP** = WRS path
- **RRR** = WRS row
- **YYYYMMDD** = Acquisition year, month, day
- **yyyymmdd** - Processing year, month, day
- **CC** = Collection number (01, 02, …)
- **TX** = Collection category ("RT"=Real-Time, "T1"=Tier 1, "T2"=Tier 2)



The naming convention for Landsat Collection 2 Level-1 products remains the same as in Collection 1.

While most of Landsat Collection 2 scenes are produced to both **Surface Reflectance (SR)** and **Surface Temperature (ST),** a small number of scenes cannot be processed to ST due to missing auxiliary data. The naming convention of **Landsat Collection 2 Level-2** products indicates the data included for each scene:

- Example: **LC08_L2SP_140041_20130503_20190828_02_T1**
  - The SP (meaning science package) indicates that both SR and ST data are available for the scene.
- Example: scene containing only SR data: **LC08_L2SR_140041_20130503_20190828_02_T1**
  - The SR indicates that only SR data are available the scene.

2. CONSULTA DE IMAGENS LANDSAT

Consulta de Imagens Landsat 8 Level 1

Imagem Landsat 8

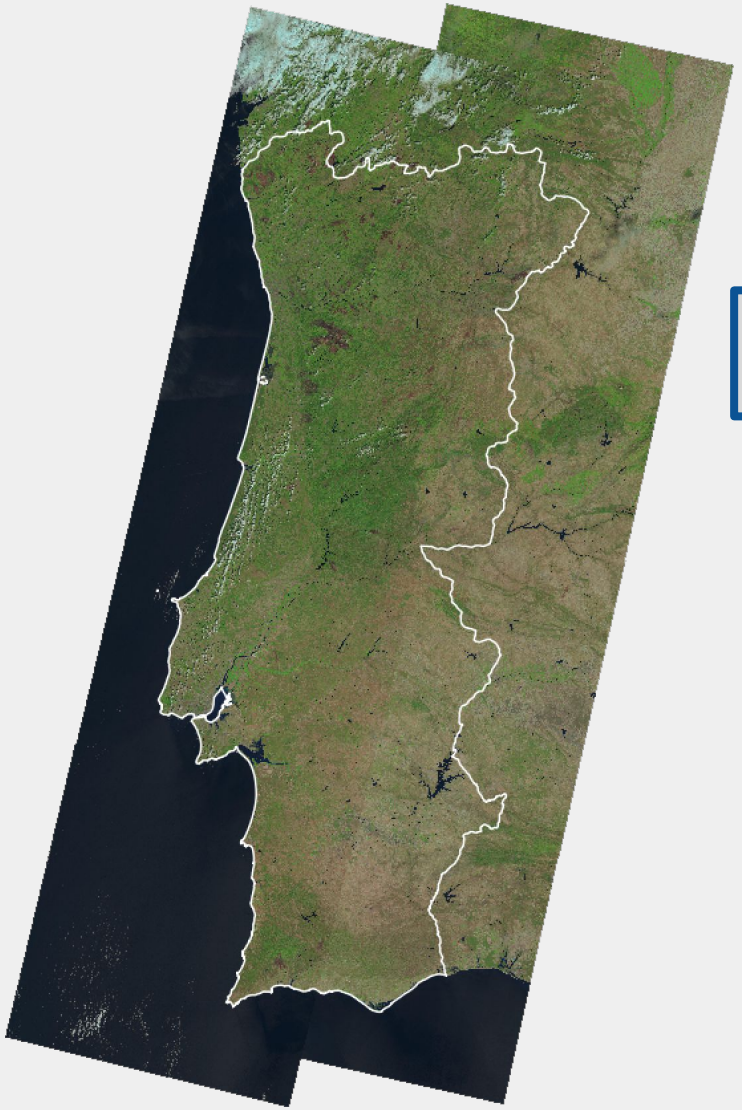
LandsatLook images with Geographical Reference - 'Natural Color'
Path: 203 / Row: 34 datada de **20 de Maio de 2016** - EPSG: 32629
Entity ID: **LC08_L1TP_203034_20160520_20200906_02_T1**

À imagem foi feito, no QGIS, o **Clip** da região do Algarve.

Quando se utilizam **Natural Color images** não são necessários quaisquer procedimentos de pré- ou pós-processamento.

As **Natural Color images** destinam-se a ser consultadas tal como fornecidas, possibilitando uma utilização muito simples, directa e informativa. As principais limitações residem, quase sempre, na resolução espacial de 30 metros e na precisão da georreferenciação, que admite um erro máximo de 12 metros (**Landsat 8 OLI**).

Consulta de Imagens Landsat 8 Level 1



PORTUGAL CONTINENTAL
em Setembro de 2016

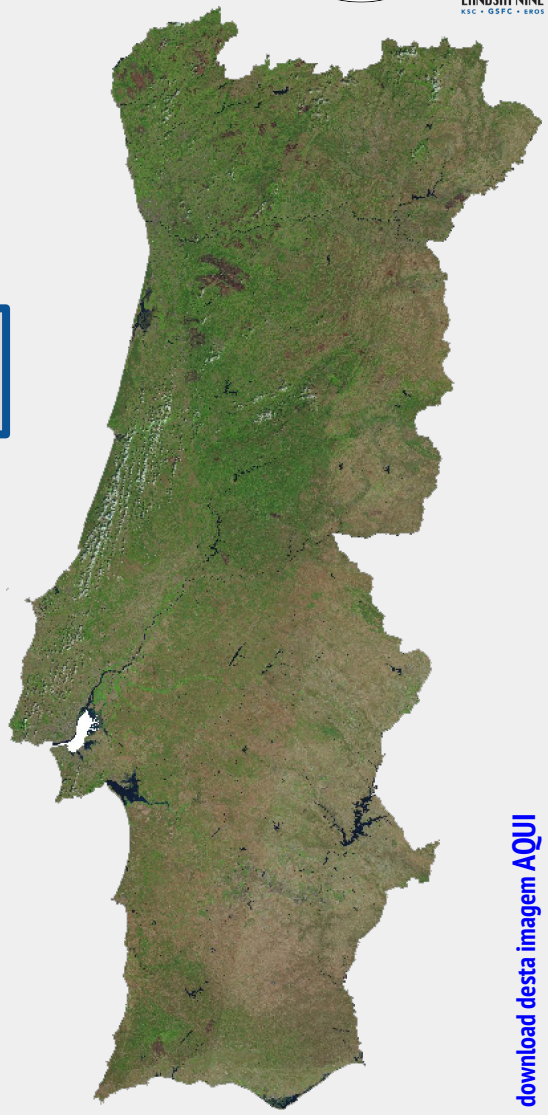
Imagens Landsat 8
'Natural Color'

LEVEL 1

mosaico das oito imagens que permitem 'observar' a totalidade de Portugal continental

Path: 203 / Row: 31
Path: 203 / Row: 32
Path: 203 / Row: 33
Path: 203 / Row: 34
de
9 de Setembro de 2016

Path: 204 / Row: 31
Path: 204 / Row: 32
Path: 204 / Row: 33
Path: 204 / Row: 34
de
16 de Setembro de 2016



download desta imagem AQUI

Consulta de Imagens Landsat 8 Level 1

Imagem Landsat 8

Level 1 GeoTIFF Data Product
Path: 203 / Row: 34 datada de **20 de Maio de 2016** - EPSG: 32629
Entity ID: **LC82030342016141LGN00**

LC82030342016141LGN00_B1.TIF	23 May 2016 23:21	119,6 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_B2.TIF	23 May 2016 23:21	119,6 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_B3.TIF	23 May 2016 23:21	119,6 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_B4.TIF	23 May 2016 23:21	119,6 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_B5.TIF	23 May 2016 23:21	119,6 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_B6.TIF	23 May 2016 23:21	119,6 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_B7.TIF	23 May 2016 23:21	119,6 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_B8.TIF	23 May 2016 23:21	478,2 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_B9.TIF	23 May 2016 23:21	119,6 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_B10.TIF	23 May 2016 23:21	119,6 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_B11.TIF	23 May 2016 23:21	119,6 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_BQA.TIF	23 May 2016 23:21	119,6 MB	TIFF image
LC82030342016141LGN00_MTL.txt	23 May 2016 23:21	8 KB	text

O ficheiro compactado que corresponde ao **Level 1 GeoTIFF Data Product** com o **Entity ID**: **LC82030342016141LGN00**.

Depois de descompactado podem identificar-se os ficheiros respeitantes às onze bandas (B1 a B11) do Landsat 8 OLI + TIRS, o ficheiro relacionado com a qualidade da imagem (BQA) e por fim o ficheiro de metadados das bandas (MTL).

Band	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 – Coastal Aerosol	0.43 – 0.45	30
Band 2 – Blue	0.45 – 0.51	30
Band 3 – Green	0.53 – 0.59	30
Band 4 – Red	0.64 – 0.67	30
Band 5 – Near Infrared (NIR)	0.85 – 0.88	30
Band 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30
Band 7 – SWIR 2	2.11 – 2.29	30
Band 8 – Panchromatic	0.50 – 0.68	15
Band 9 – Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 10 – Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100
Band 11 – Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100

Quando se utiliza a informação na sua máxima resolução e detalhe, devidamente separada por bandas, ou seja, os **Level 1 GeoTIFF Data Product**, podem ser necessários diversos procedimentos de pré- e, eventualmente, de pós-processamento.

Para tal pode-se recorrer ao **QGIS** e, particularmente, ao **Semi-Automatic Classification Plugin - SPC**.

From GIS to Remote Sensing

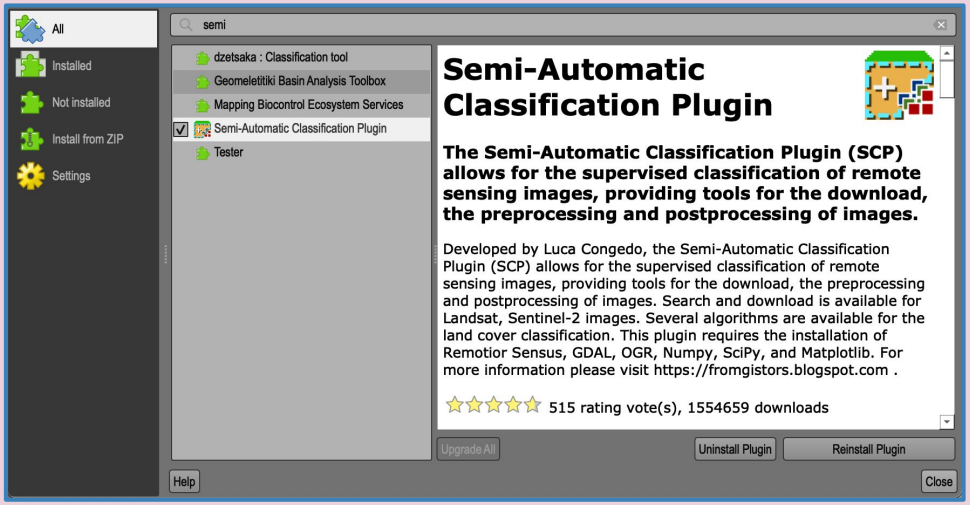
3. PROCESSAMENTO COM O SCP (Semi-Automatic Classification Plugin)

Instalação do SCP

O processamento de imagens **Landsat**, à semelhança de imagens **Sentinel**, pode ser feito facilmente com o recurso ao **SCP** (Semi-Automatic Classification Plugin).

The **Semi-Automatic Classification Plugin** (**SCP**) allows for the supervised classification of remote sensing images, providing tools for the download, the preprocessing and postprocessing of images.

A instalação do Plugin é bastante simples e idêntica à dos restantes Plugins do QGIS. No entanto, é mais propensa à ocorrência de erros os problemas de instalação que se solucionam com uma leitura atenta no capítulo **2. Plugin Installation** da documentação *online* sempre disponível.



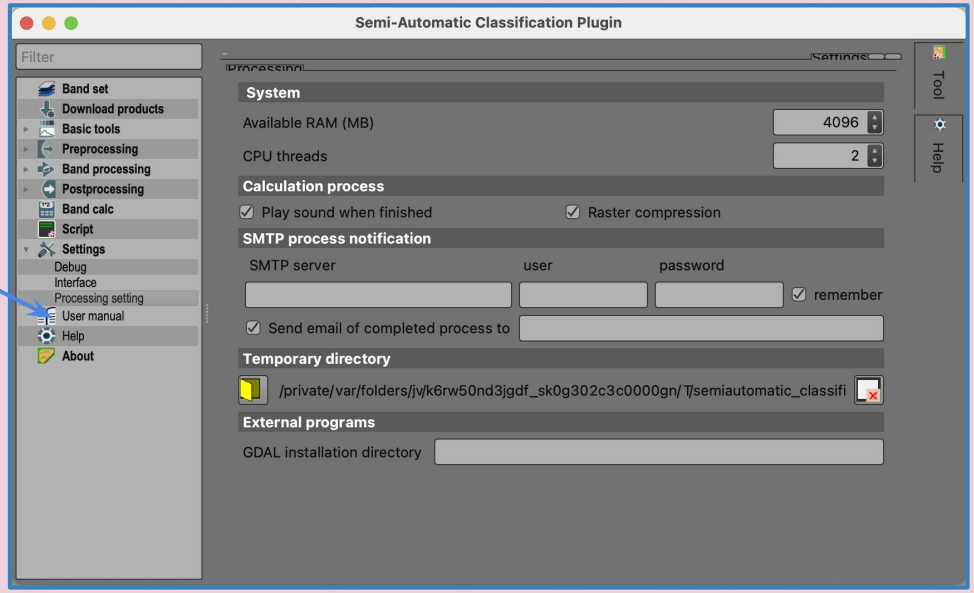
Semi-Automatic Classification Plugin Documentation

Configuração do SCP

Depois de instalado o Semi-Automatic Classification Plugin são recomendáveis alguns procedimentos de configuração.

Um dos mais importantes é o da **Memória RAM** disponível para o **SCP**, que deve **ser metade** da memória RAM instalada no computador. A configuração é feita nos Settings do próprio Plugin...

Settings >>> Processing setting



Semi-Automatic Classification Plugin Documentation

Actualização do Remotior Sensus

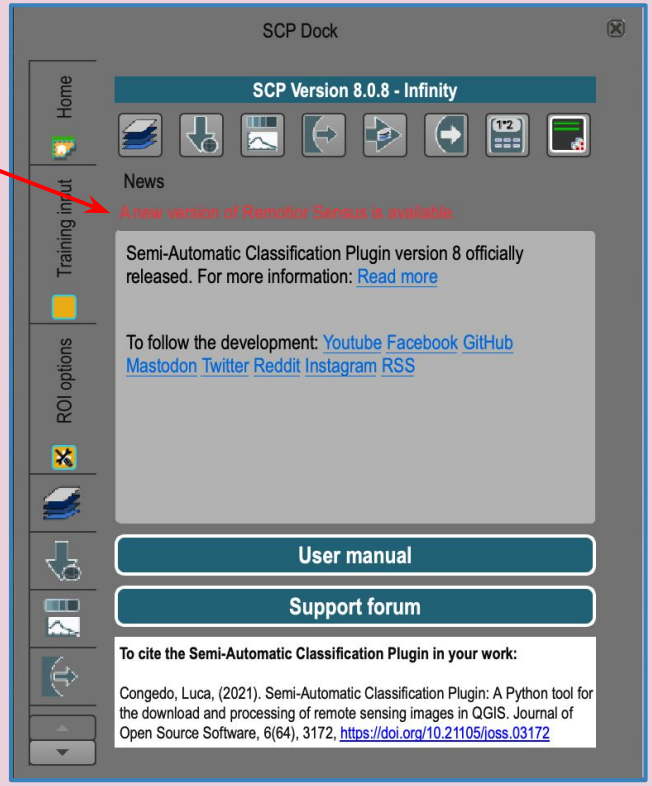
O **SCP Dock** tem uma janela de **News** onde podem surgir, a vermelho, mensagens diversas como por, exemplo, a necessidade de actualização do **Remotior Sensus**.

Para proceder à actualização é necessário encerrar o **QGIS** e depois, no **Terminal**,

```
/Applications/QGIS-LTR.app/Contents/MacOS/bin/pip3 install --upgrade remotior-sensus torch
```

QGIS.app para uma versão latest do QGIS

QGIS-LTR.app para uma versão LTR do QGIS



Terminada a actualização do **Remotior Sensus** é possível iniciar novamente o **QGIS** e a mensagem deve ter desaparecido!

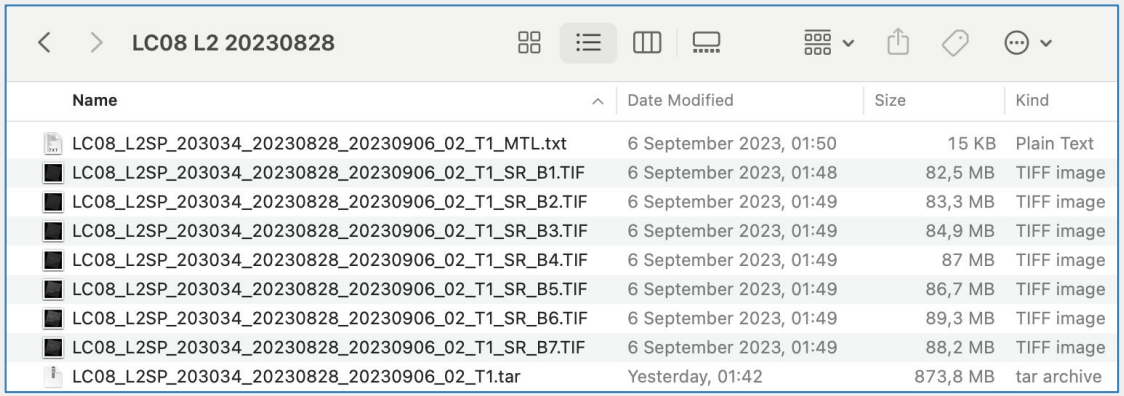
Mais instruções estão detalhadamente disponíveis na documentação *online*...

Semi-Automatic Classification Plugin Documentation

Processamento de Imagens Landsat

Antes de dar início ao processamento de imagens **Landsat** ou de imagens **Sentinel** é necessário fazer o *download* das mesmas e é recomendável armazená-las organizadamente em pastas no computador.

No exemplo abaixo está-se a utilizar a imagem **LC08_L2SP_203034_20230828_20230906_02_T1**. São apenas necessários os ficheiros .TIF relativos às sete bandas (_B1 a _B7) e o ficheiro _MTL.txt.



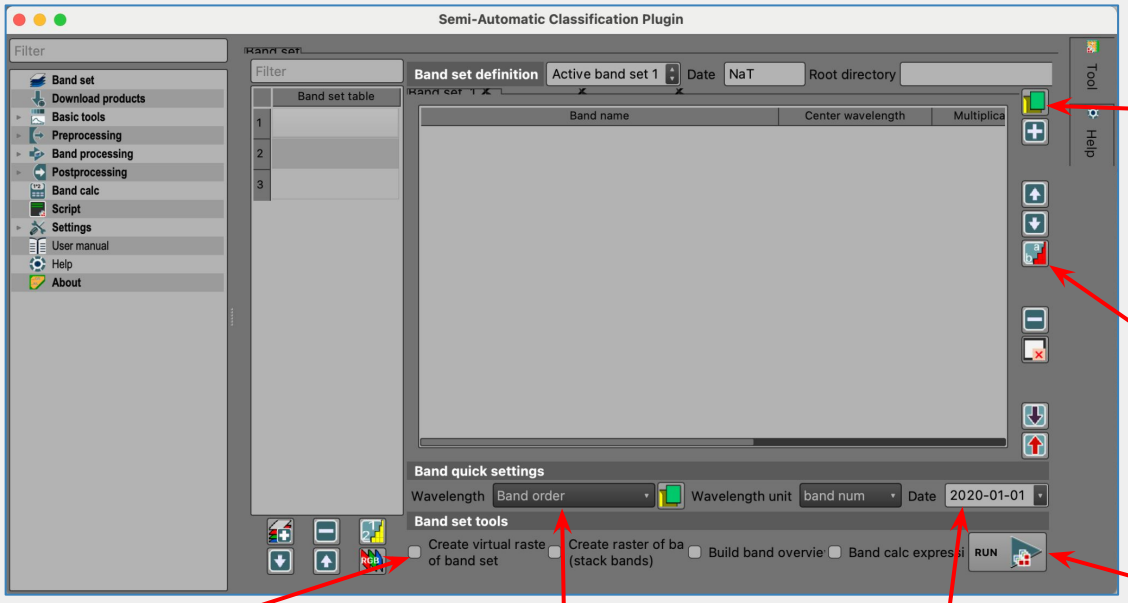
Manteve-se também o ficheiro original compactado (extensão .tar).

Na pasta LC08 L2 20230828 é igualmente necessário criar uma **subpasta** denominada **BAND SET**.

Processamento de Imagens Landsat

Com o SCP activo, o primeiro passo é carregar da **totalidade das bandas** da imagem de satélite. É possível carregar apenas as indispensáveis, mas se for seguido esse procedimento os números originais das diversas bandas serão alterados.

Nesta janela é necessário, sequencialmente:



1. Botão para aceder à pasta onde estão as bandas (ficheiros .tif), seleccioná-las e OK.

3. Botão para ordenar automaticamente, por ordem crescente, as bandas já carregadas.

5. Activar a opção **Create virtual raster band set**.

2. Através deste menu pop-up seleccionar o satélite em processamento.

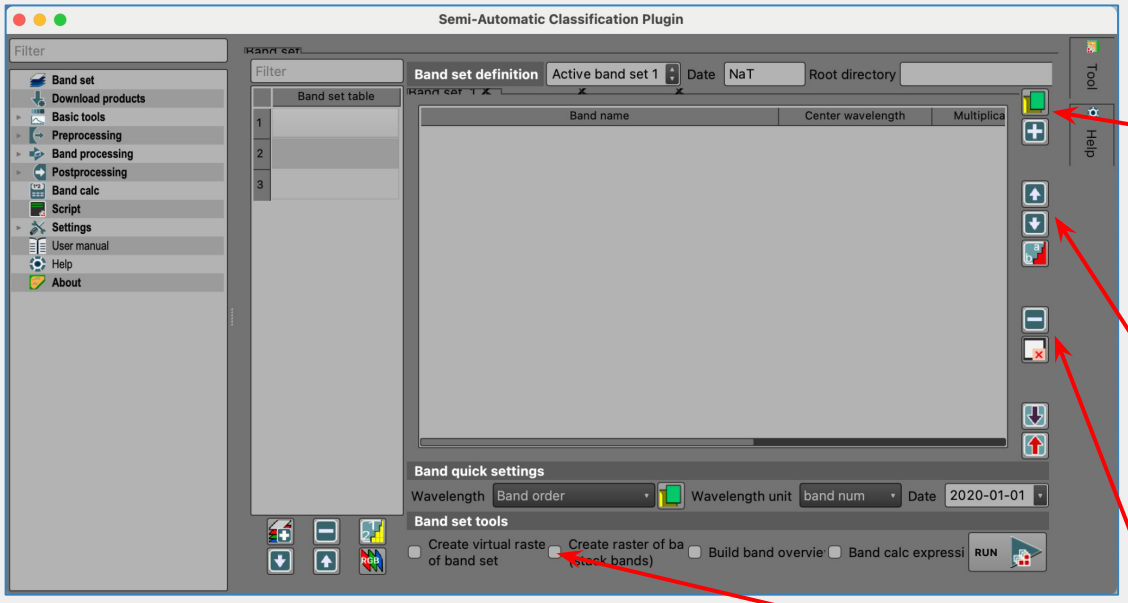
4. Através deste menu pop-up estabelecer a data de captura da imagem de satélite.

6. **RUN**. Surge o pedido de indicação de uma pasta, que será a **BAND SET** já criada!

Processamento de Imagens Landsat

Uma alternativa a carregar os ficheiros .tif das diversas bandas armazenadas numa pasta é adicioná-las inicialmente ao projecto no QGIS e, a partir do mesmo, carregá-las para o Band set do Semi-Automatic Classification Plugin.

Nesse caso o botão para seleccionar os ficheiros é outro:



8. Botão para aceder à listagem dos ficheiros raster que já estão no projecto e seleccionar as bandas adequadas...

9. Botões para ordenar manualmente as bandas previamente seleccionadas.

10. Botão para eliminar banda(s) previamente seleccionada(s).

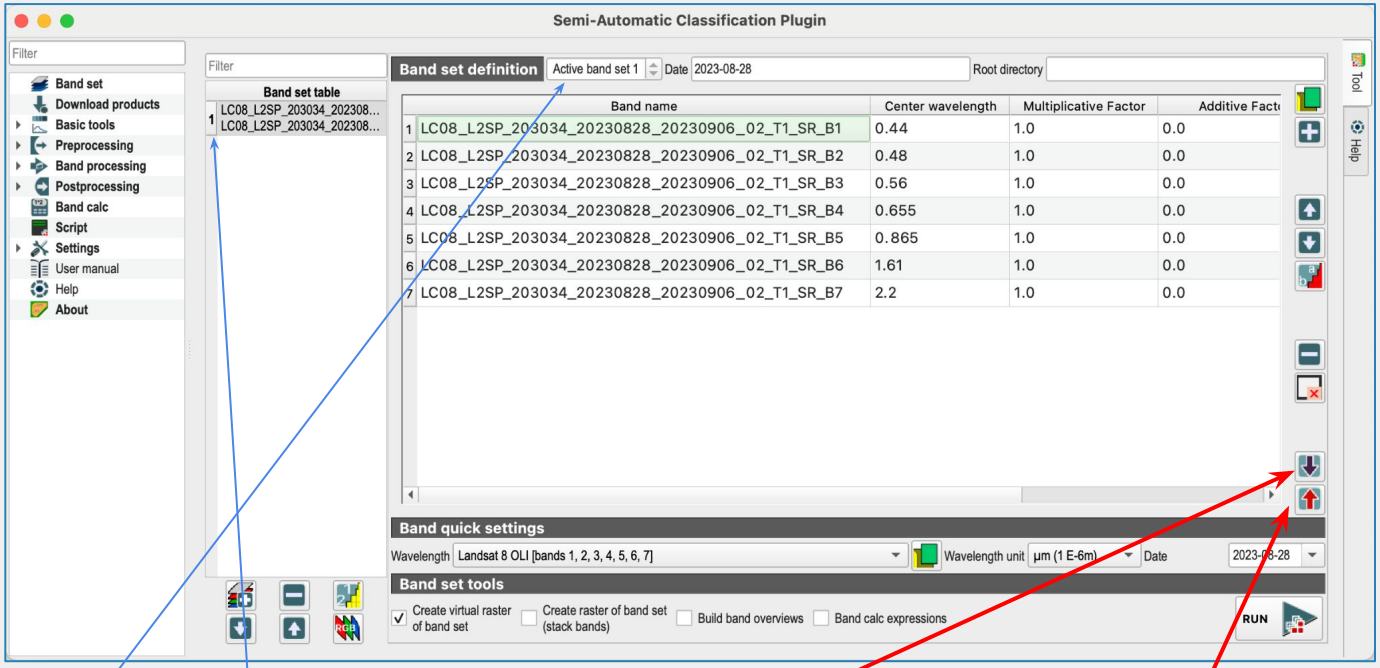
11. Funcionalidade para criar um raster permanente (ficheiro .tiff) que fica armazenado no disco e que tem todas as bandas iniciais separadas e identificadas.

Este procedimento permite, por exemplo, fazer-se um **Clip** prévio a cada uma das bandas e depois o processamento no **SPC** passa a **ser feito**, em vez de com a totalidade do grânulo, **apenas a** um território determinado ou a uma parcela das bandas, para treino e testes específicos e orientados.

Processamento de Imagens Landsat

A **virtual band set** gerada é um ficheiro temporário, que é eliminado quando termina a sessão de trabalho no QGIS. Para evitar a repetição de trabalho é possível **exportar** um ficheiro .xml com todas as configurações da band set, e depois, quando necessário, fazer uma simples **importação**...

Na band set definition foram já feitas carregadas todas as bandas de uma imagem Landsat 8 OLI, ordenadas por ordem crescente e feitas todas as configurações adequadas...



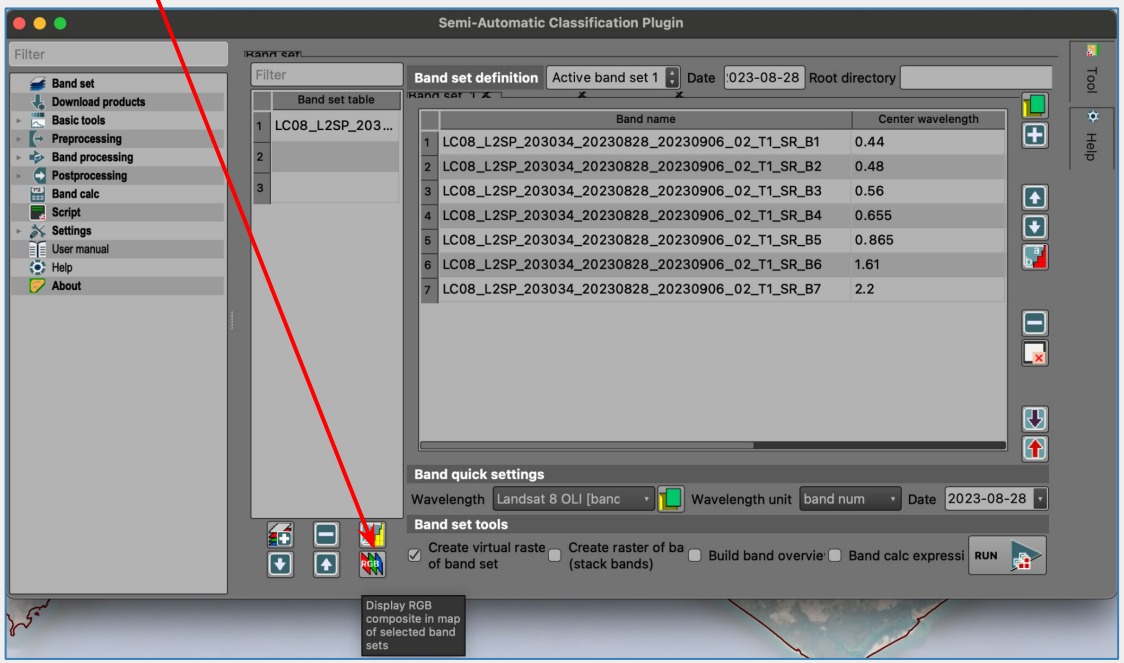
É possível ter **várias band sets** carregadas em simultâneo no SCP. Vão estando identificadas com números na **Band set table** e tem de estar assinalada qual é a **Active band set**.

Importar as configurações de uma virtual band set anteriormente criada...

Exportar as configurações da virtual band set e **criar um ficheiro .xml**...

Processamento de Imagens Landsat

Depois de criado o virtual raster band set é necessário carregar no botão **RGB** (**Display RGB composite in map of selected band set**).



Seguidamente é possível fechar esta janela do **SCP**...

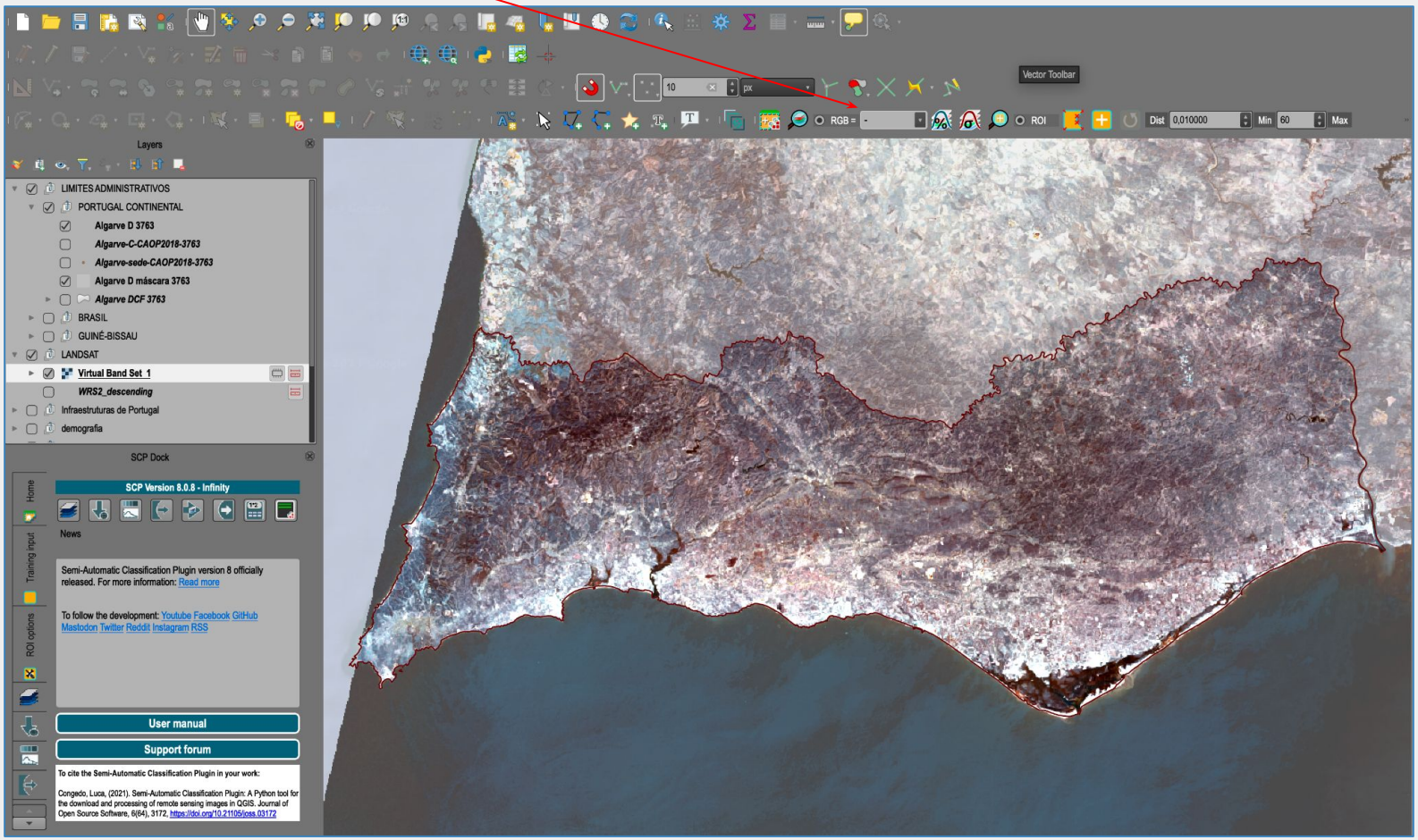
Não esquecer que na **Band set table** tem de estar seleccionada qual é a **Active band set** para a qual se quer criar o RGB composite!

VIDEO TUTORIAL SCP **AQUI**...

Processamento de Imagens Landsat

Surge então nas Layers a camada raster **Virtual Band Set 1**.

Através da funcionalidade **RGB=** é possível ir criando **diversas combinações RGB**...



Processamento de Imagens Landsat

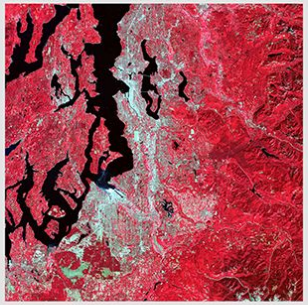
Common Landsat Band Combinations

Images: Landsat 8 Path 46 Row 27 acquired August 23, 2020. Band numbers displayed as R,G,B.

Natural Color

Landsat 8/9 OLI	4,3,2
Landsat 7 ETM+	3,2,1
Landsat 4-5 TM	3,2,1
Landsat 4-5 MSS	N/A
Landsat 1-3 MSS	N/A

Color Infrared (CIR)



Landsat 8/9 OLI	5,4,3
Landsat 7 ETM+	4,3,2
Landsat 4-5 TM	4,3,2
Landsat 4-5 MSS	3,2,1
Landsat 1-3 MSS	6,5,4

False Color (Urban)

Landsat 8/9 OLI	7,6,4
Landsat 7 ETM+	7,5,3
Landsat 4-5 TM	7,5,3
Landsat 4-5 MSS	N/A
Landsat 1-3 MSS	N/A

False Color (Vegetative Analysis)

Landsat 8/9 OLI	6,5,4
Landsat 7 ETM+	5,4,3
Landsat 4-5 TM	5,4,3
Landsat 4-5 MSS	4,3,2
Landsat 1-3 MSS	7,6,5

Shortwave Infrared

Landsat 8/9 OLI	7,5,4
Landsat 7 ETM+	7,4,3
Landsat 4-5 TM	7,4,3
Landsat 4-5 MSS	N/A
Landsat 1-3 MSS	N/A

www.usgs.gov/media/images/common-landsat-band-combinations

Processamento de Imagens Landsat

Landsat 8 e Landsat 9 OLI combinação de bandas (RGB)

Natural Color	4 3 2
False Color (urban)	7 6 4
Color Infrared (vegetation)	5 4 3
Agriculture	6 5 2
Atmospheric Penetration	7 6 5
Healthy Vegetation	5 6 2
Land/Water	5 6 4
Natural With Atmospheric Removal	7 5 3
Shortwave Infrared	7 5 4
Vegetation Analysis	6 5 4

Processamento de Imagens Landsat

Landsat 4 e 5 TM (thematic mapper) **combinação de bandas** (RGB)

Natural Color	3 2 1
False Color (urban)	7 5 3
Color Infrared (vegetation)	4 3 2
Agriculture	5 4 1
Atmospheric Penetration	7 5 4
Healthy Vegetation	4 5 1
Land/Water	4 5 3
Natural With Atmospheric Removal	7 4 2
Shortwave Infrared	7 4 3
Vegetation Analysis	5 4 3

Processamento de Imagens Landsat

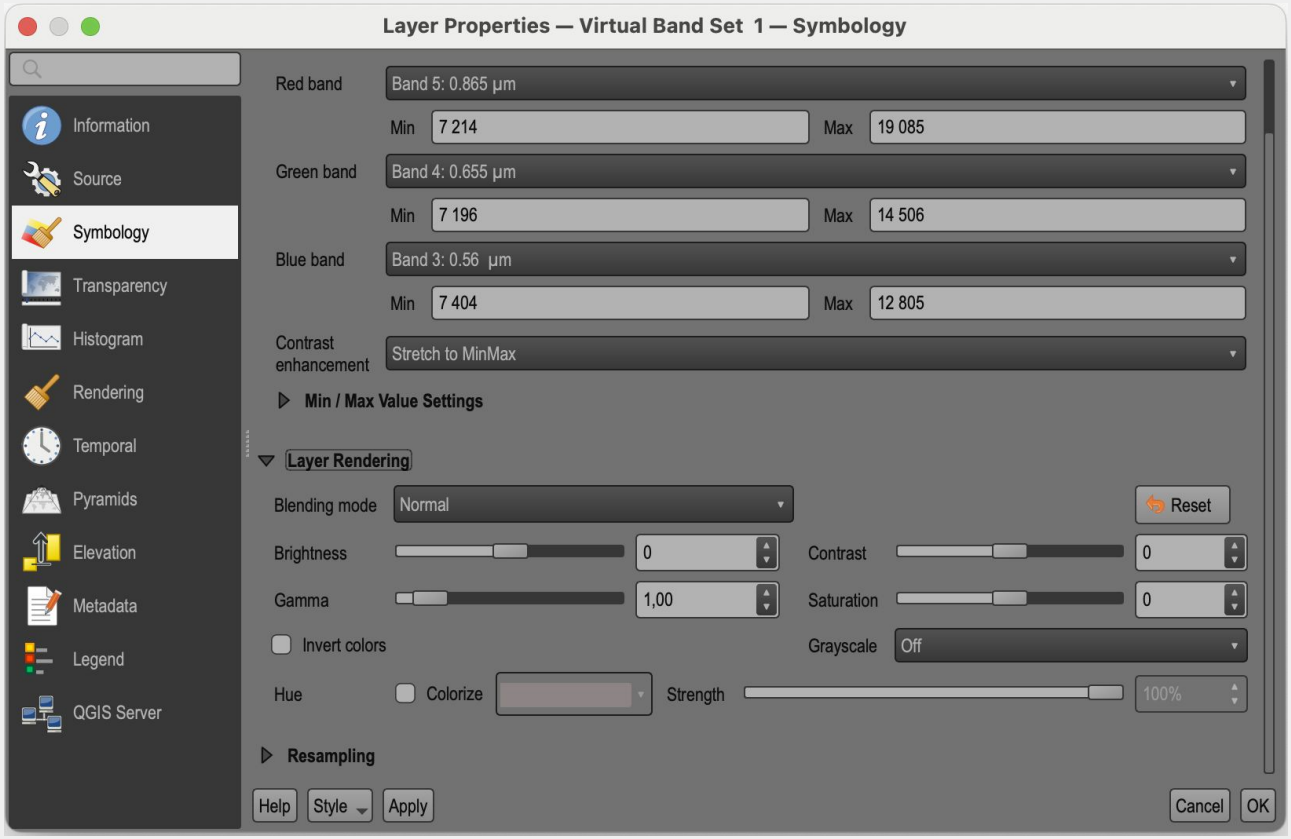
Landsat 1 a 3 MSS
combinação de bandas (RGB)

Natural Color	not available
Color Infrared (vegetation)	7 5 4 ou 6 5 4
Urban (false color)	not available
Vegetation Analysis (false color)	7 6 5

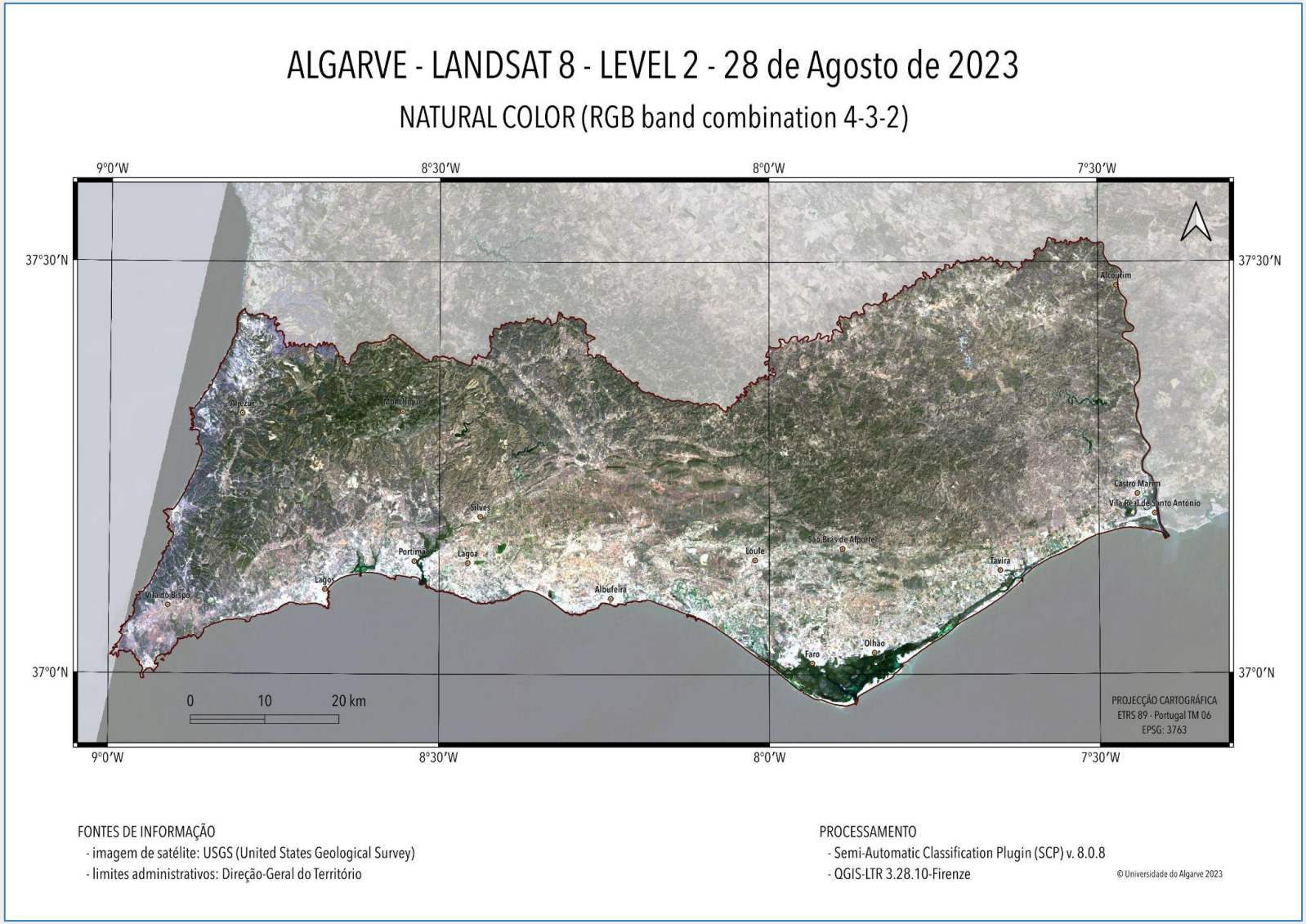
Band # (L1-L2)	Band # (L3)	Band # (L4-L5)	µm	Resolution*	L4/L5 TM Band Equivalent
4	4	1	0.5-0.6	68 m X 83 m	~ 2 (0.52–0.60 µm)
5	5	2	0.6-0.7	68 m X 83 m	~ 3 (0.63–0.69 µm)
6	6	3	0.7-0.8	68 m X 83 m	~ 4 (0.76–0.90 µm)
7	7	4	0.8-1.1	68 m X 83 m	~ 4 (0.76–0.90 µm)
N/A	8	N/A	10.4-12.6	68 m X 83 m	~ 6 (10.41-12.5 µm)

Processamento de Imagens Landsat

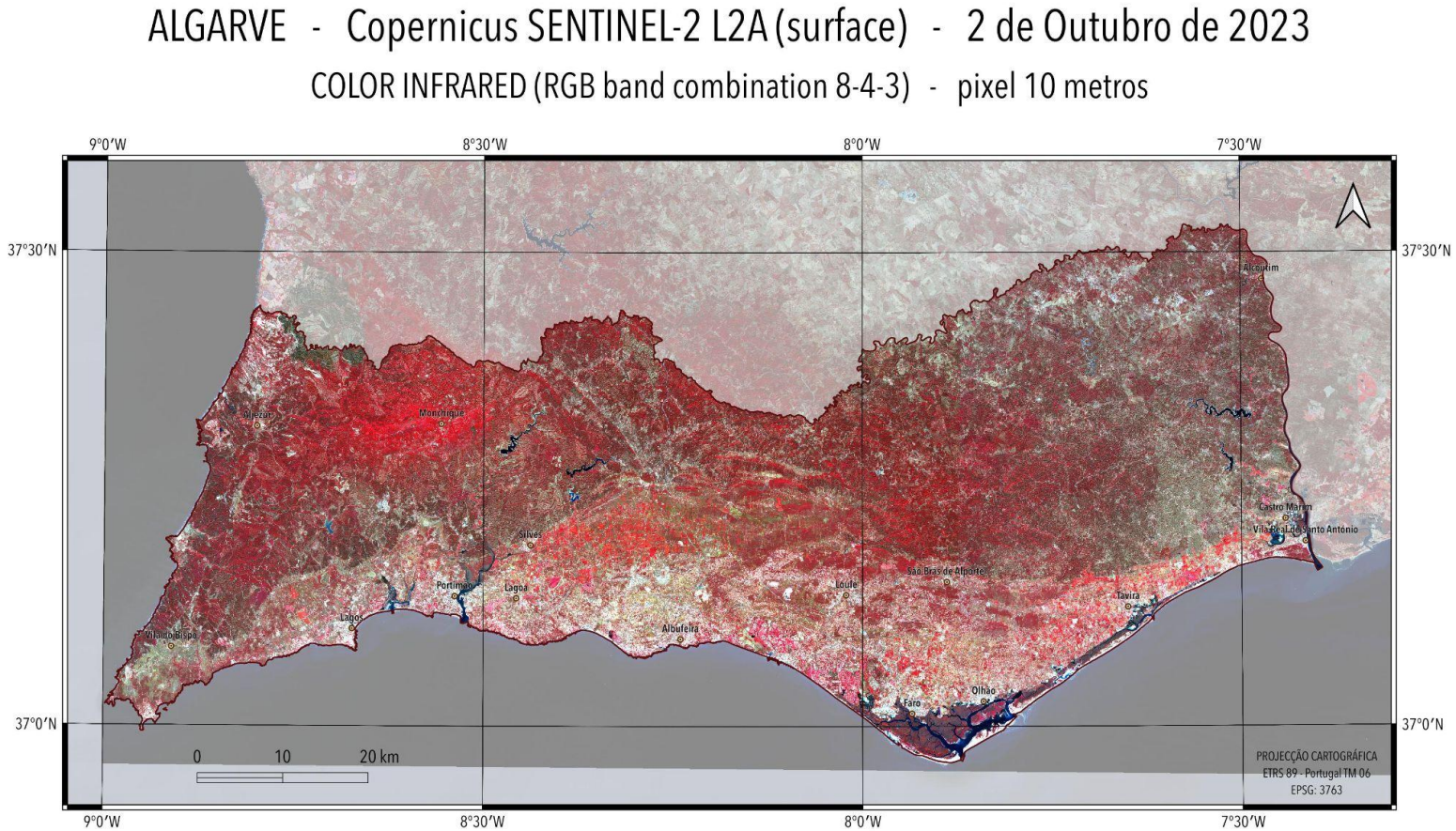
A **selecção das bandas RGB** e também, seguidamente, algumas *afinações* nas cores da imagem resultante podem ser feitas nas **Layer Properties >>> Symbology** da **Virtual Band Set**...



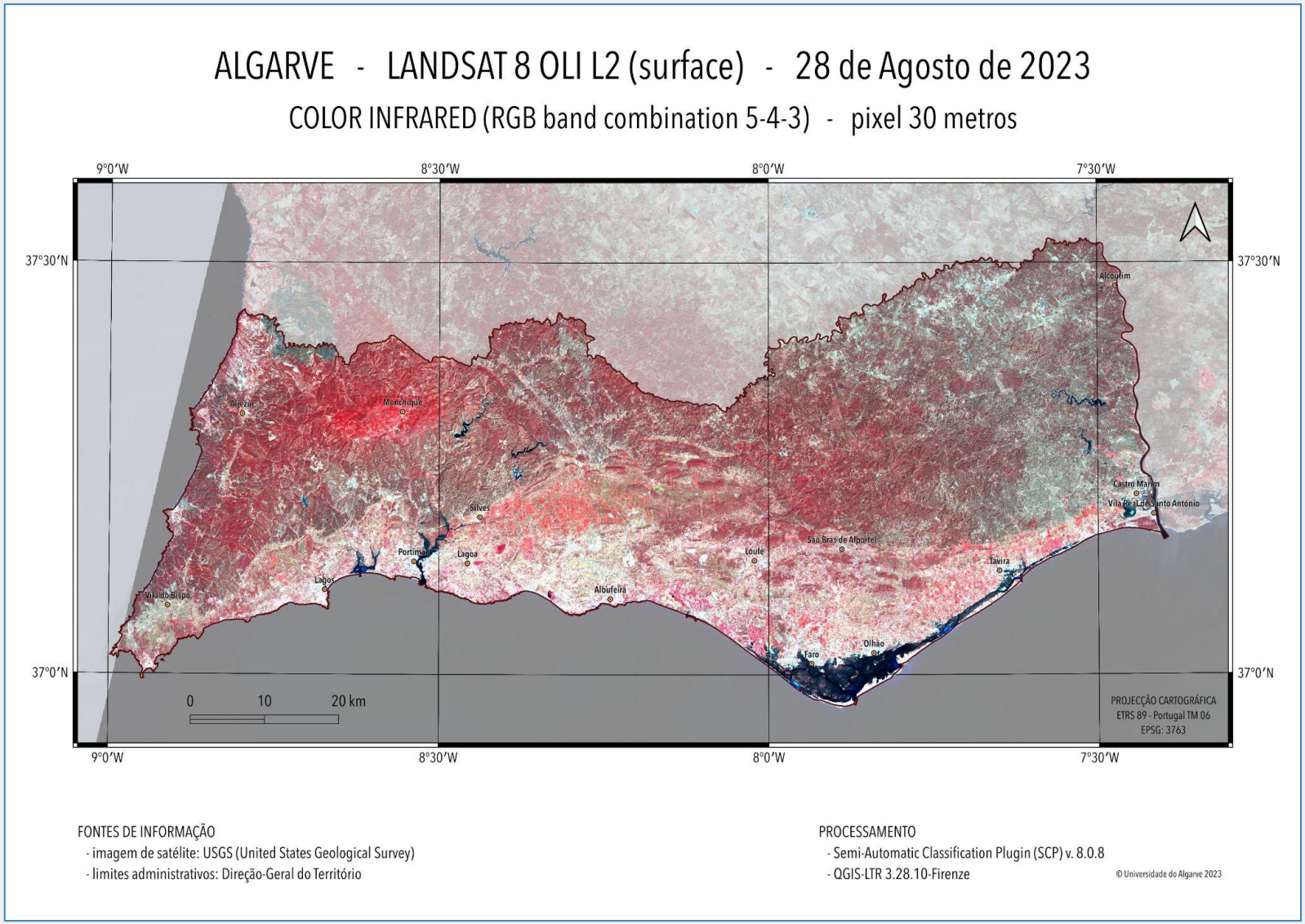
Processamento de Imagens Landsat



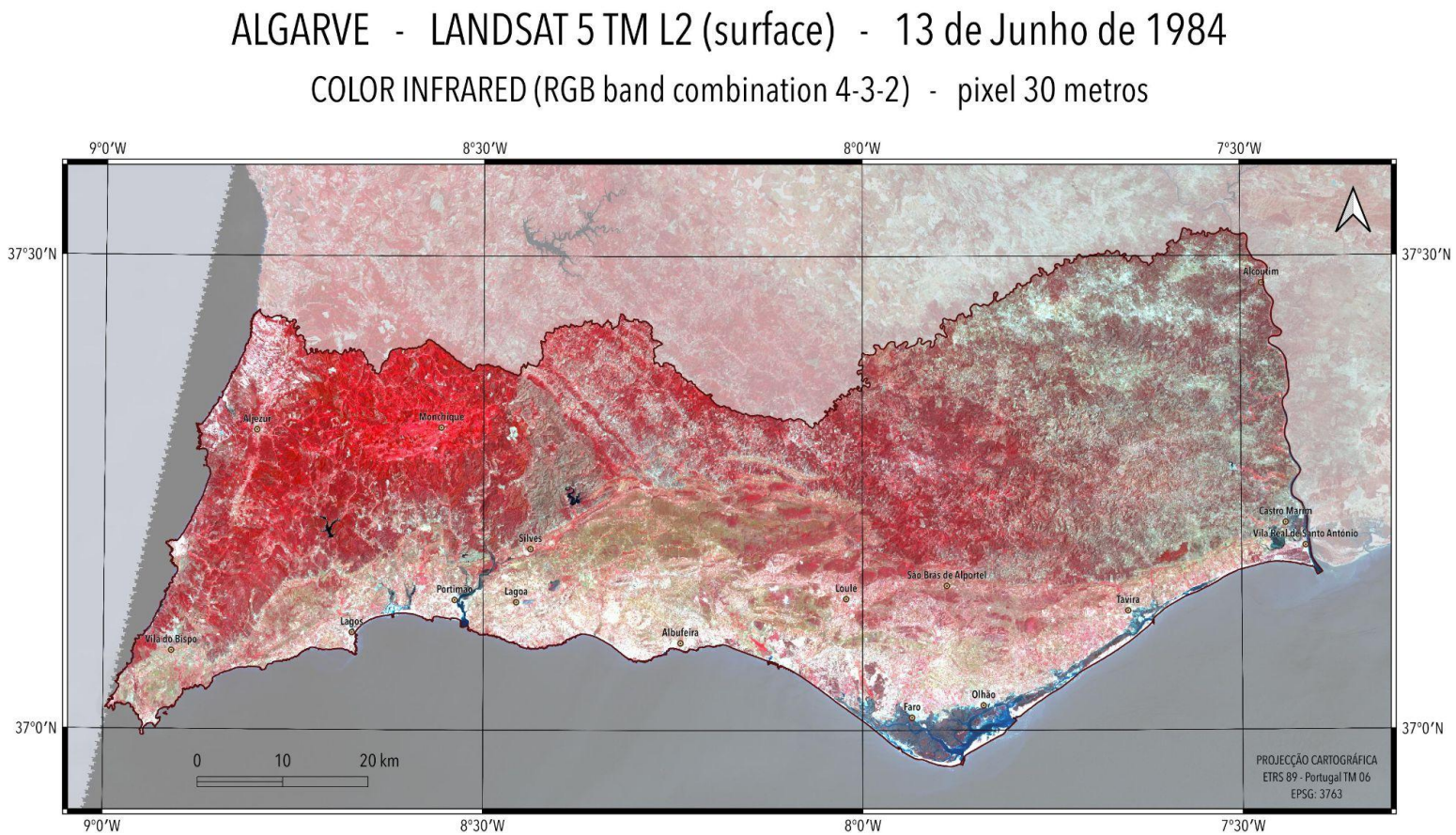
Processamento de Imagens Landsat



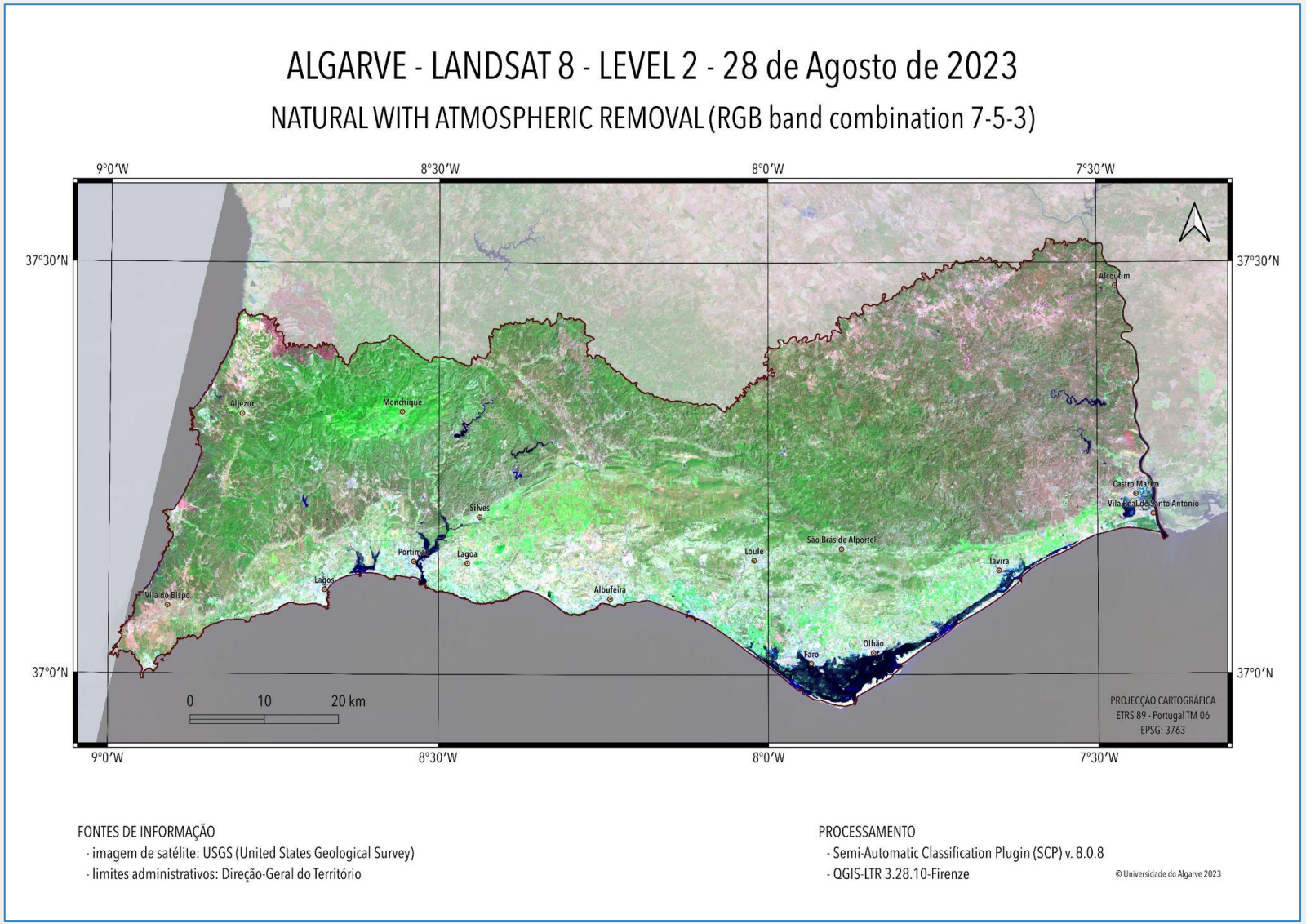
Processamento de Imagens Landsat



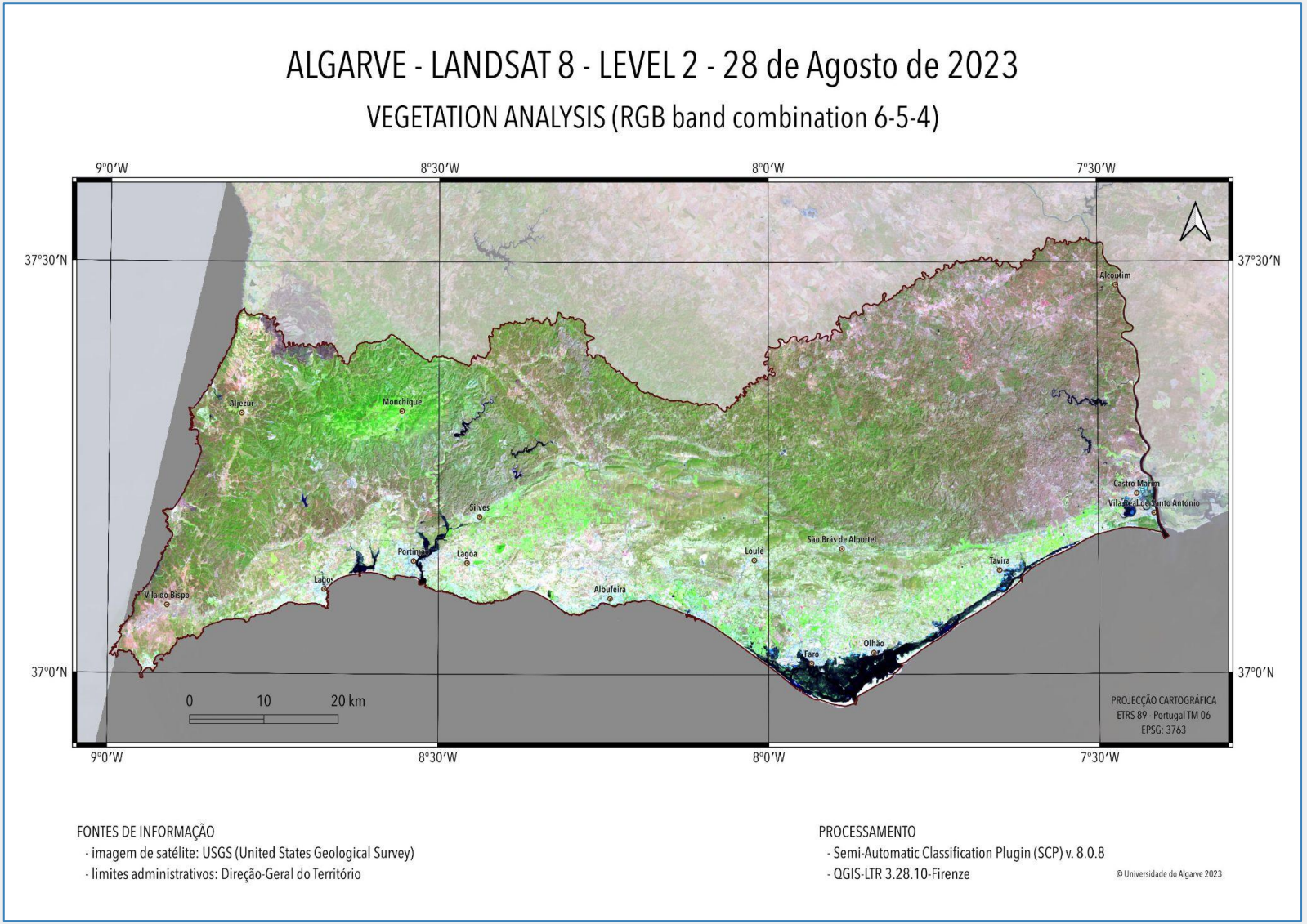
Processamento de Imagens Landsat



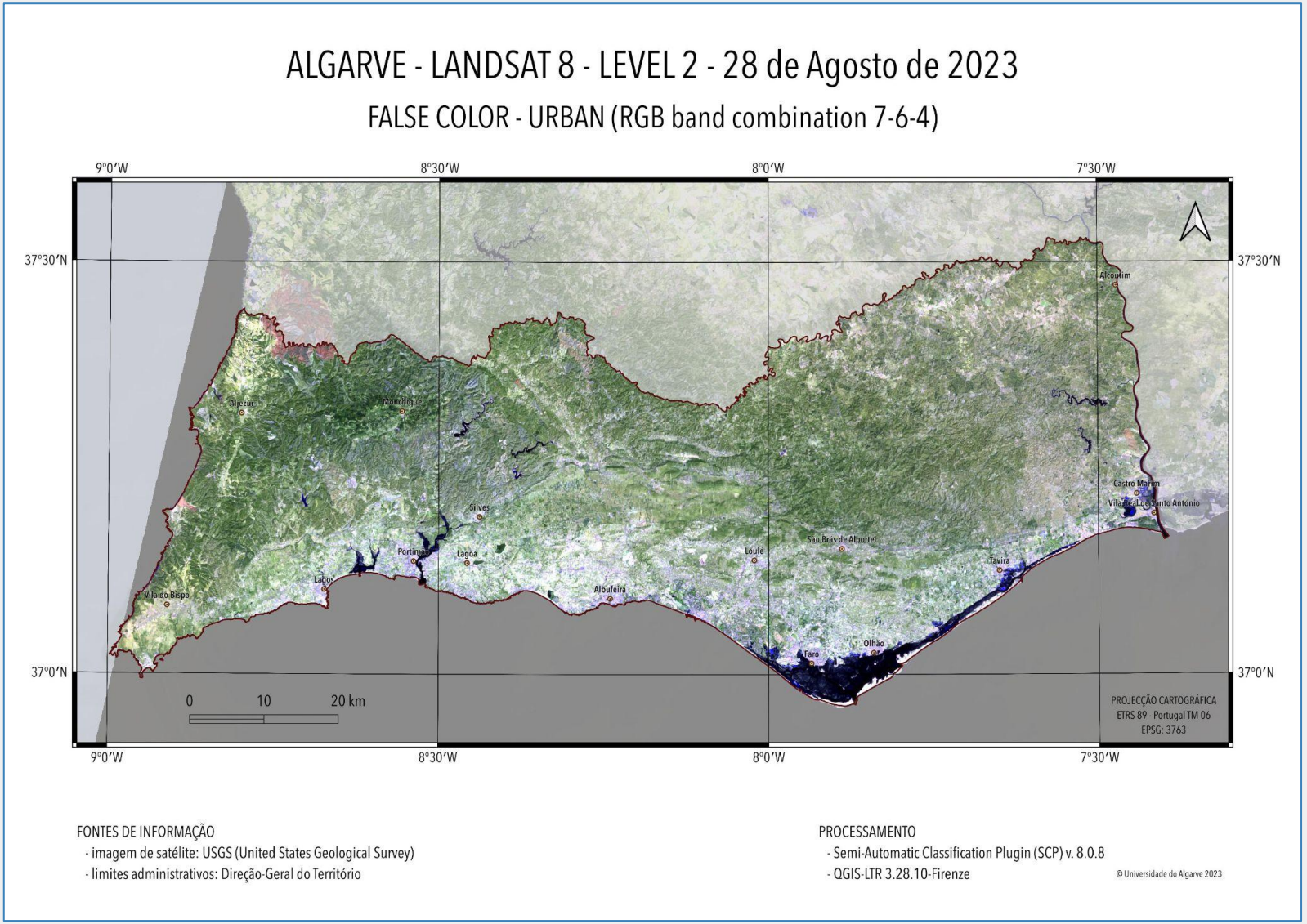
Processamento de Imagens Landsat



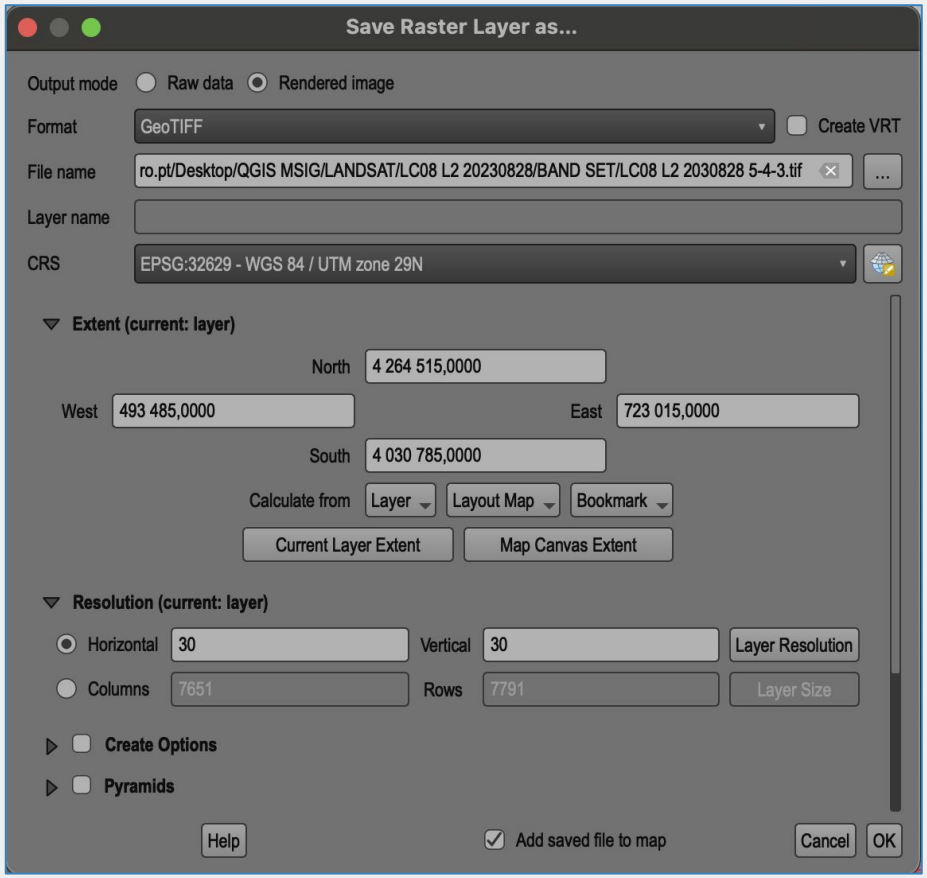
Processamento de Imagens Landsat



Processamento de Imagens Landsat

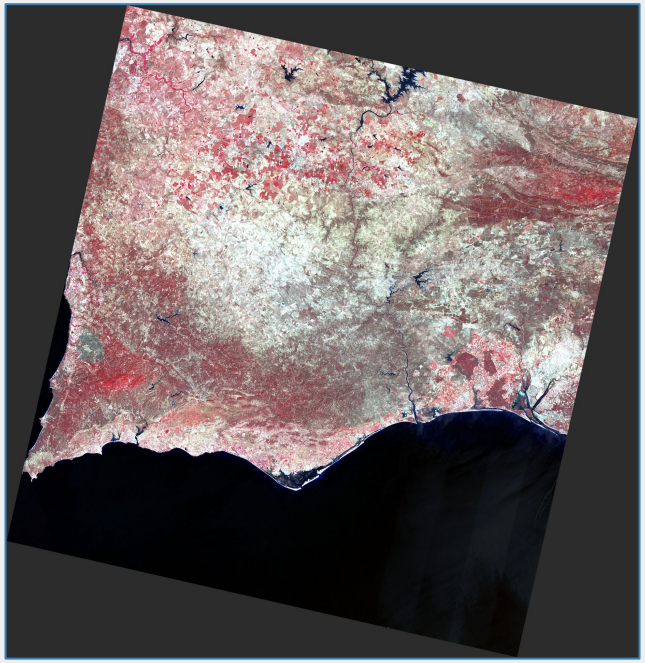


Processamento de Imagens Landsat



Como a **Band_set.vrt** é uma layer virtual, é **indispensável** fazer a sua gravação (**Save As...**), para que não desapareça quando a sessão de trabalho no QGIS for encerrada.

É criado um ficheiro, um **GeoTiff**, em **EPSG: 32629**. Poderia ser gravado num outro EPSG mas não é recomendável!



De notar que como não foi feito até ao momento nenhum CLIP, a imagem que foi sendo processada e gravada corresponde ao grânulo original!

4. LANDSAT 1-3 MSS

Landsat 1 a 3 MSS

Uma das primeiras imagens disponíveis para o Algarve, provenientes do programa Landsat, foi obtida em Julho de 1975 pelo **Landsat 1 MSS** (Multi-Spectral Scanner).

As imagens MSS são constituídas por quatro bandas e têm uma resolução espacial de 60 metros. A designação das bandas adoptada nos Landsat 1 a 3 é igual, e diferente da designação depois adoptada nos Landsat 4 a 5 MSS. A ter sempre presente que enquanto os Landsat 1 a 3 apenas recolheram imagens a partir dos sensores ópticos MSS, os Landsat 4 a 5 recolheram imagens a partir dos MSS e também a partir dos sensores ópticos TM (Thematic Mapper).

AS 4 BANDAS DOS LANDSAT 1 A 3

www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designatio

Landsat Multi Spectral Scanner (MSS)

Landsat MSS 1, 2,3 Spectral Bands	Landsat MSS 4,5 Spectral Bands	Wavelength	Useful for mapping
Band 4 - green	Band 1 - green	0.5 - 0.6	Sediment-laden water, delineates areas of shallow water
Band 5 - red	Band 2 - red	0.6 - 0.7	Cultural features
Band 6 - Near Infrared	Band 3 - Near Infrared	0.7 - 0.8	Vegetation boundary between land and water, and landforms
Band 7 - Near Infrared	Band 4 - Near Infrared	0.8 - 1.1	Penetrates atmospheric haze best, emphasizes vegetation, boundary between land and water, and landforms

Landsat 2 MSS

Interpreting CIR Imagery

The following is a general summary of what the different colors in CIR aerial imagery represent:

Intense bright red- Bright tones of red typically represent vigorously growing, dense vegetation that is producing a large amount of chlorophyll. (See trees and field in the center and right center of the CIR photo at right.)

Lighter tones of red, magenta, pinks- These colors generally represent vegetation that does not contain as much chlorophyll such as mature stands of evergreens. Agricultural fields nearing the end of the growing season, and dead or unhealthy plants often appear in less intense reds, green, or tan.

White, blue, green, or tan- These colors often represent soils. Darker shades of soil generally indicate higher moisture levels or organic matter. Soil composition also affects soil color appearance, with clayey soils appearing in darker tans and blue-greens, and sandy soils appearing white, gray, or light tan. Crops nearing the end of the growing season, or dead or unhealthy plants will appear in various light tones of red and pink, or greens and tans. Pale or light blue can also represent sediment-laden water. Buildings and manmade materials such as concrete and dry gravel generally appear white to light blue in CIR photos.

Dark blue to black- Water ranges from shades of blue to black depending on the clarity and depth. Usually, the clearer the water, the darker the color. However, shallow streams will often display the colors associated with the materials in their stream beds. If the stream bed is made of sand, the color will appear white or very light tan due to the high reflective property of sand. Asphalt roads generally appear dark blue to black.

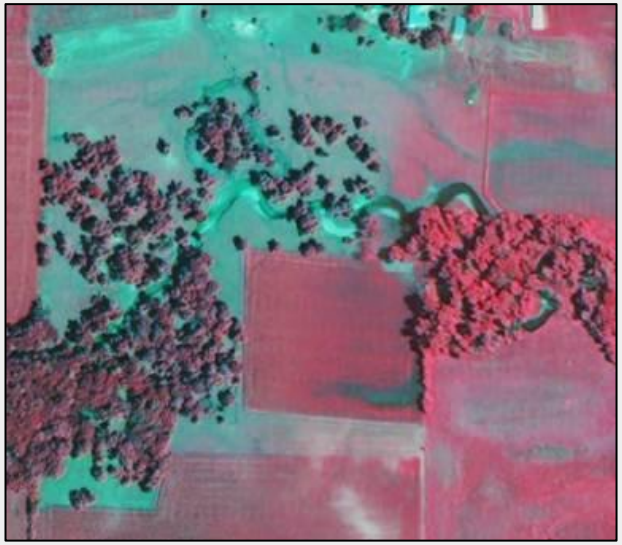
What is it good for?

CIR imagery is good at penetrating atmospheric haze and for determining the health of vegetation.

CIR imagery is also good for:

- identifying plant species
- estimating biomass of vegetation
- assessing soil moisture
- assessing water clarity (i.e. turbidity)

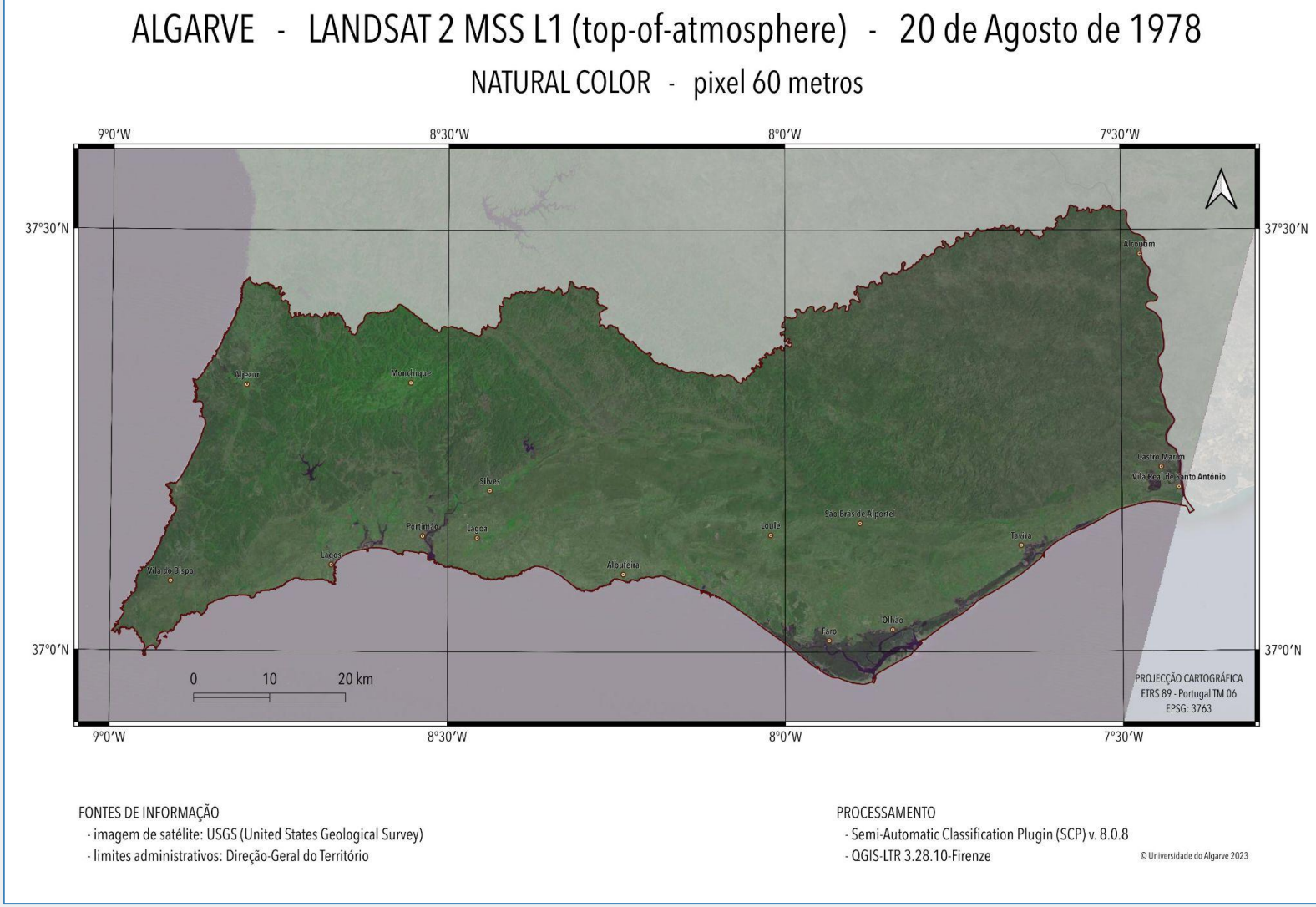
cor natural



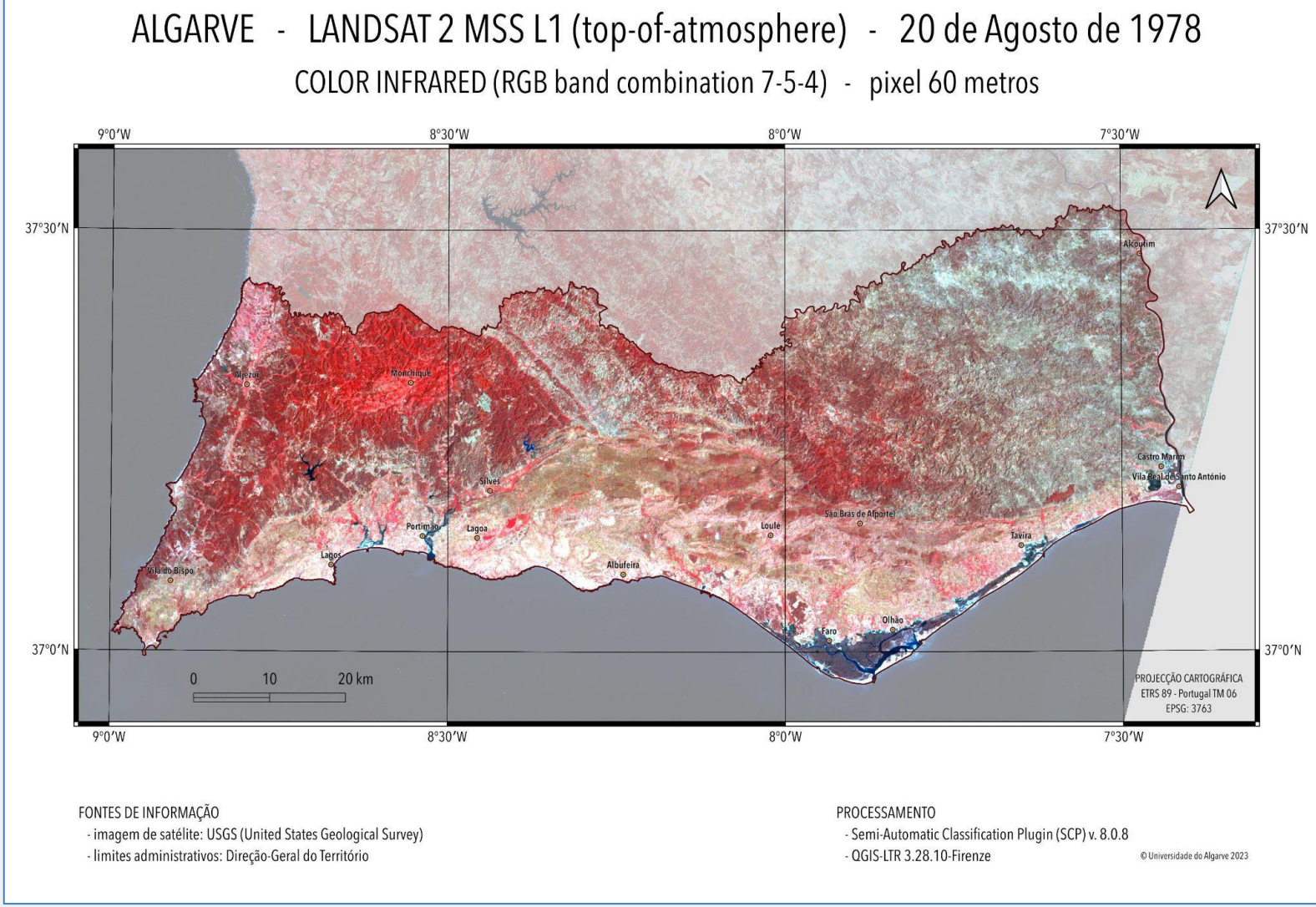
CIR

www.mngeo.state.mn.us/chouse/airphoto/cir

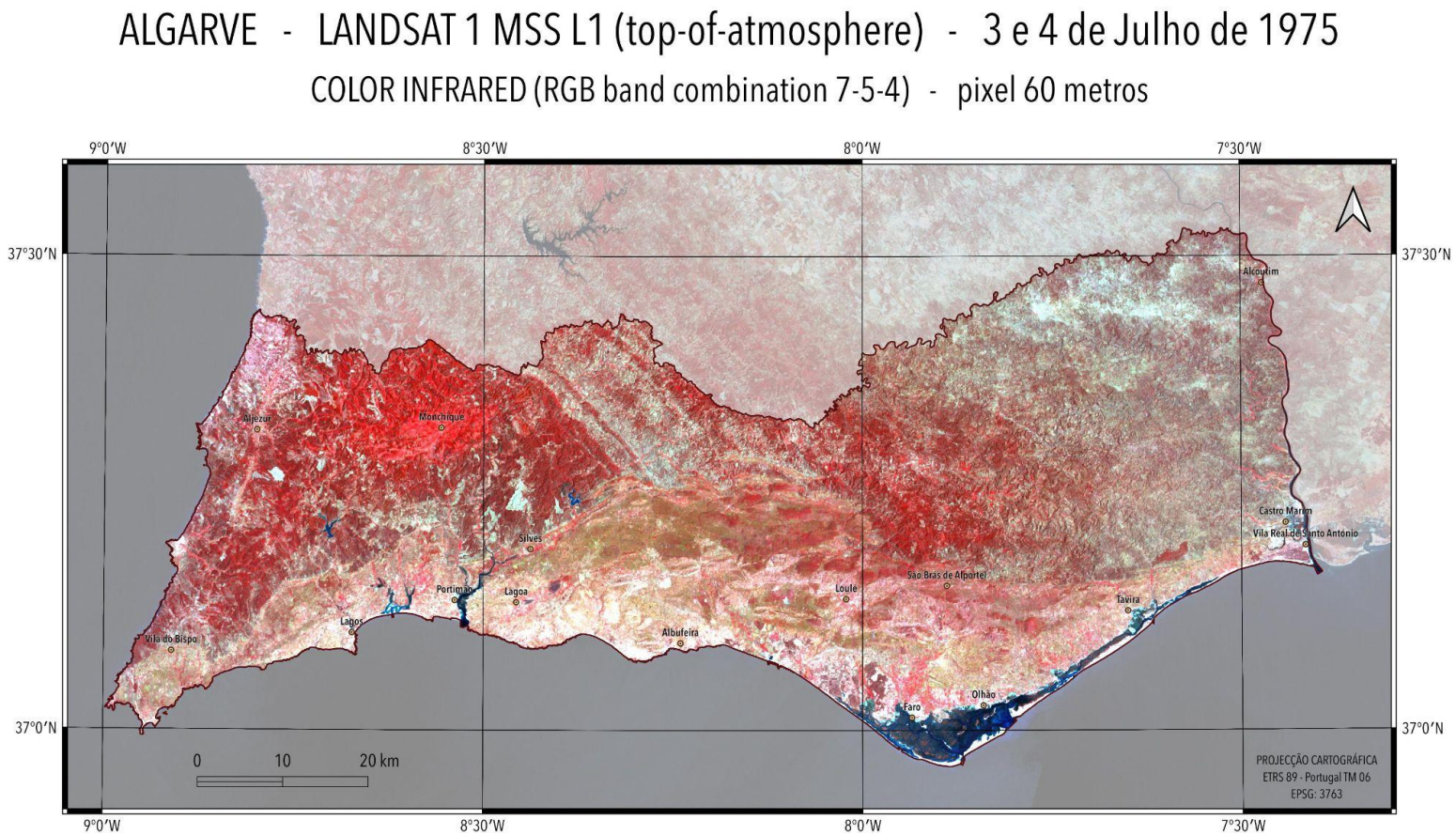
Processamento de Imagens Landsat



Processamento de Imagens Landsat



Processamento de Imagens Landsat



5. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

General description

The well known and widely used NDVI is a simple, but effective index for quantifying green vegetation. It normalizes green leaf scattering in Near Infra-red wavelengths with chlorophyll absorption in red wavelengths.

The value range of the NDVI is -1 to 1. Negative values of NDVI (values approaching -1) correspond to water. Values close to zero (-0.1 to 0.1) generally correspond to barren areas of rock, sand, or snow. Low, positive values represent shrub and grassland (approximately 0.2 to 0.4), while high values indicate temperate and tropical rainforests (values approaching 1). It is a good proxy for live green vegetation; see [1] for details.

The normalized difference vegetation index, abbreviated NDVI, is defined as

$$NDVI := \texttt{Index}(NIR, RED) = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}.$$

For Sentinel-2, the index looks like this:

$$NDVI := \texttt{Index}(B8, B4) = \frac{B8 - B4}{B8 + B4}.$$

[1] Wikipedia, Normalized Difference Vegetation Index.

Raster Calculator - NDVI

O cálculo do NDVI pode ser feito com muita facilidade no **Raster Calculator**. É uma operação não destrutiva (os rasters originais não são alterados ou eliminados).

Janela **Raster Bands** permite visualizar e seleccionar as camadas raster do Projecto.

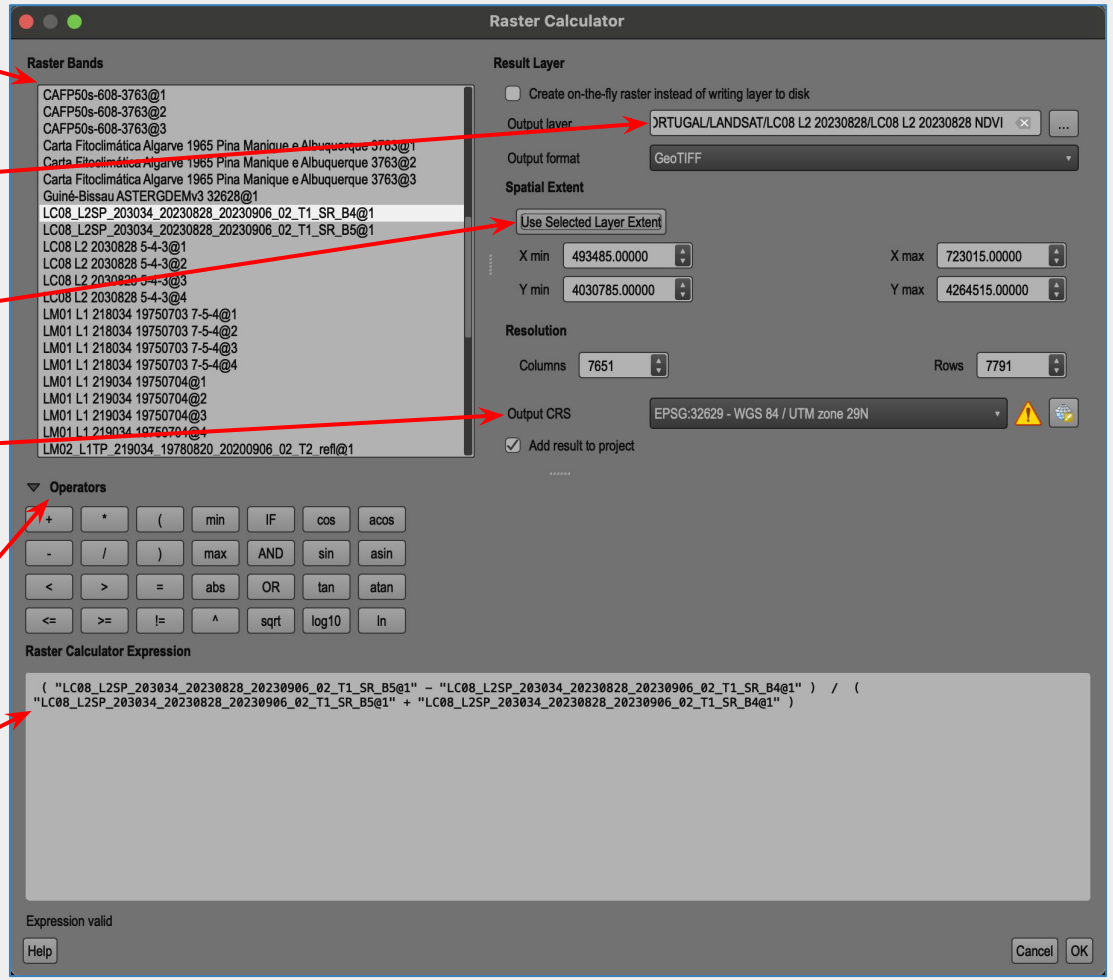
Nome do **raster** que resultará da expressão de cálculo.

Limites das coordenadas do raster que resultará da execução dos cálculos.

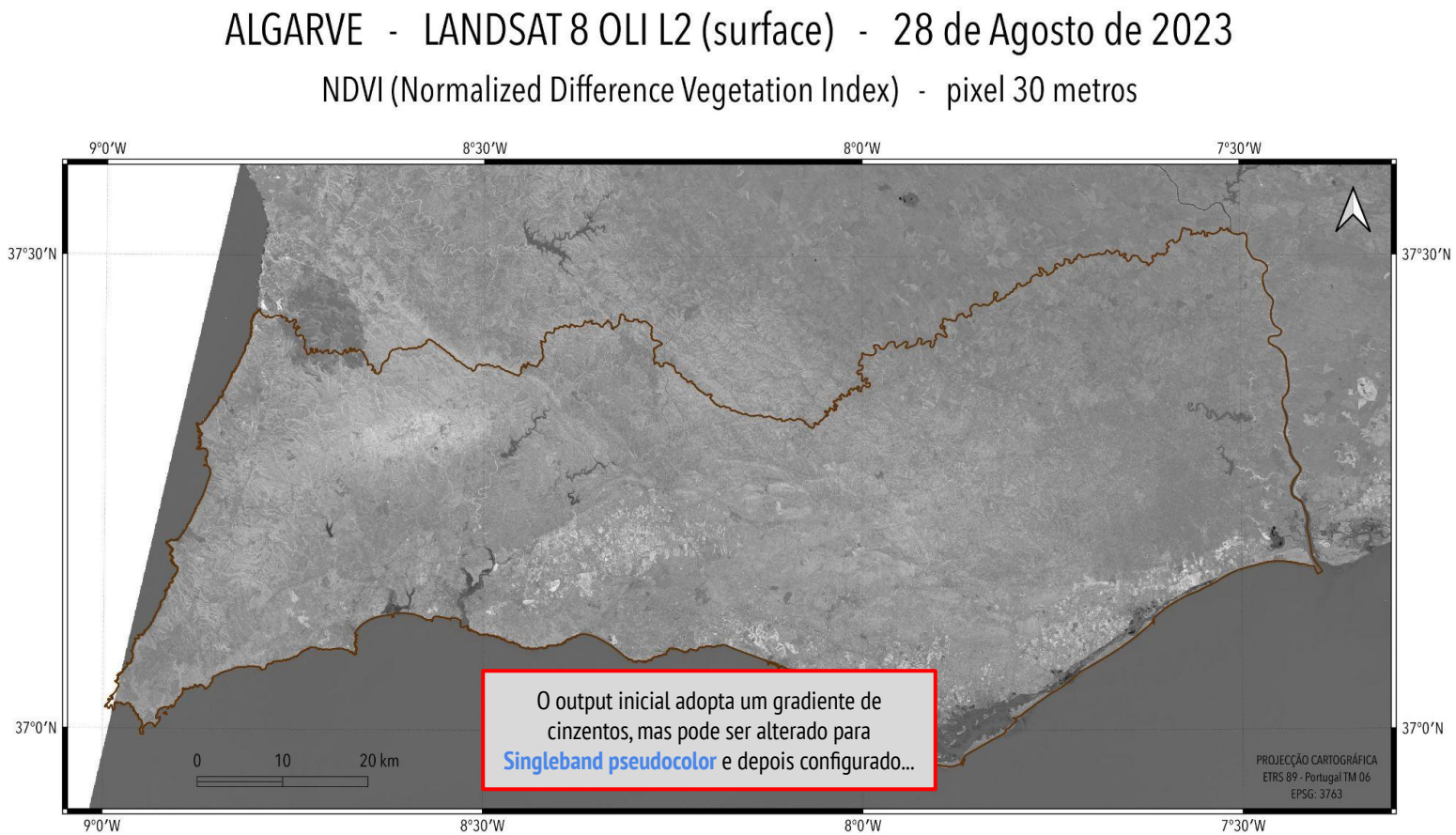
EPSG do raster que resultará da expressão de cálculo...

Operadores que podem ser utilizados para estabelecer a expressão de cálculo.

Janela onde se estabelece a **expressão de cálculo**...



NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



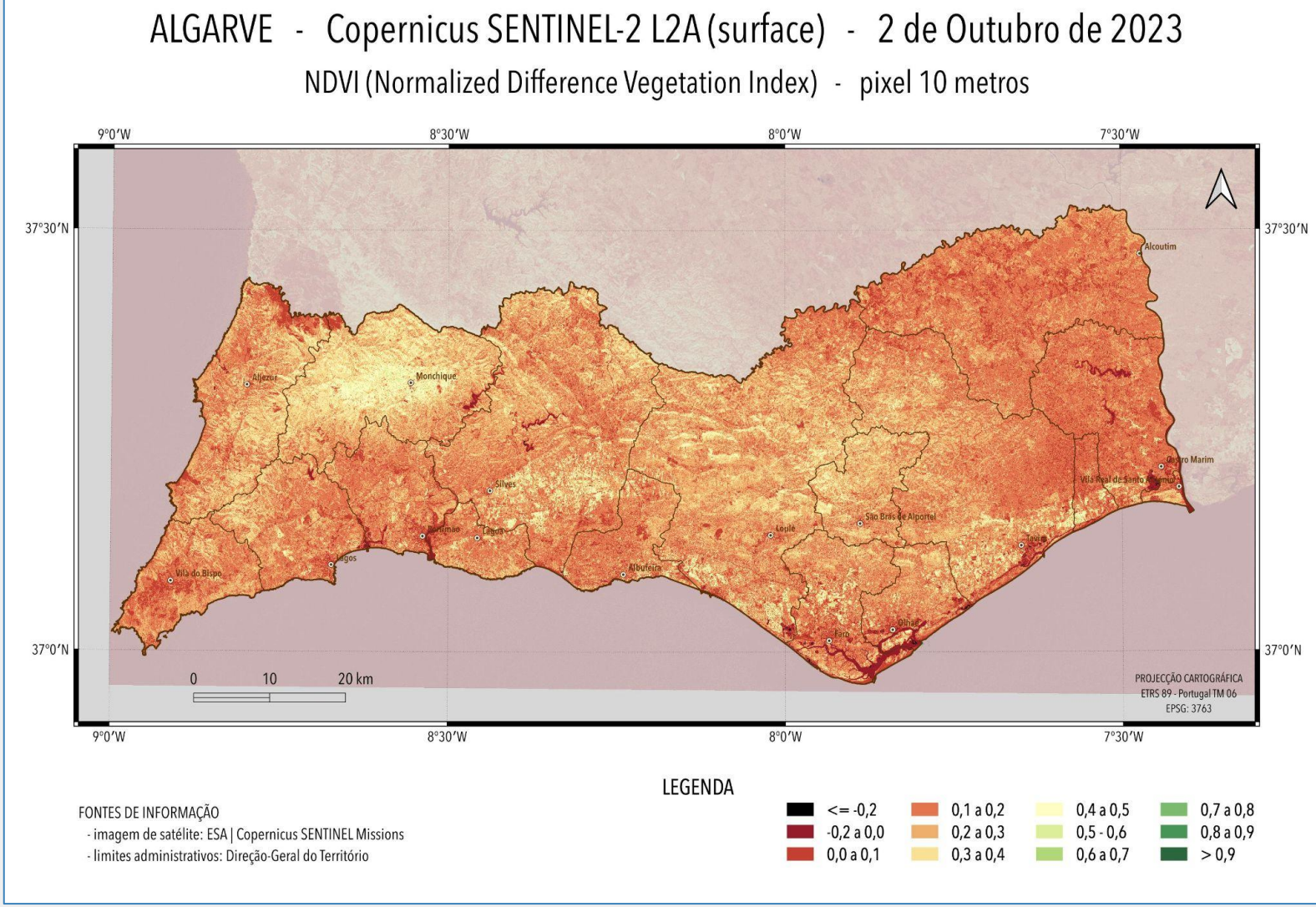
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Color legend

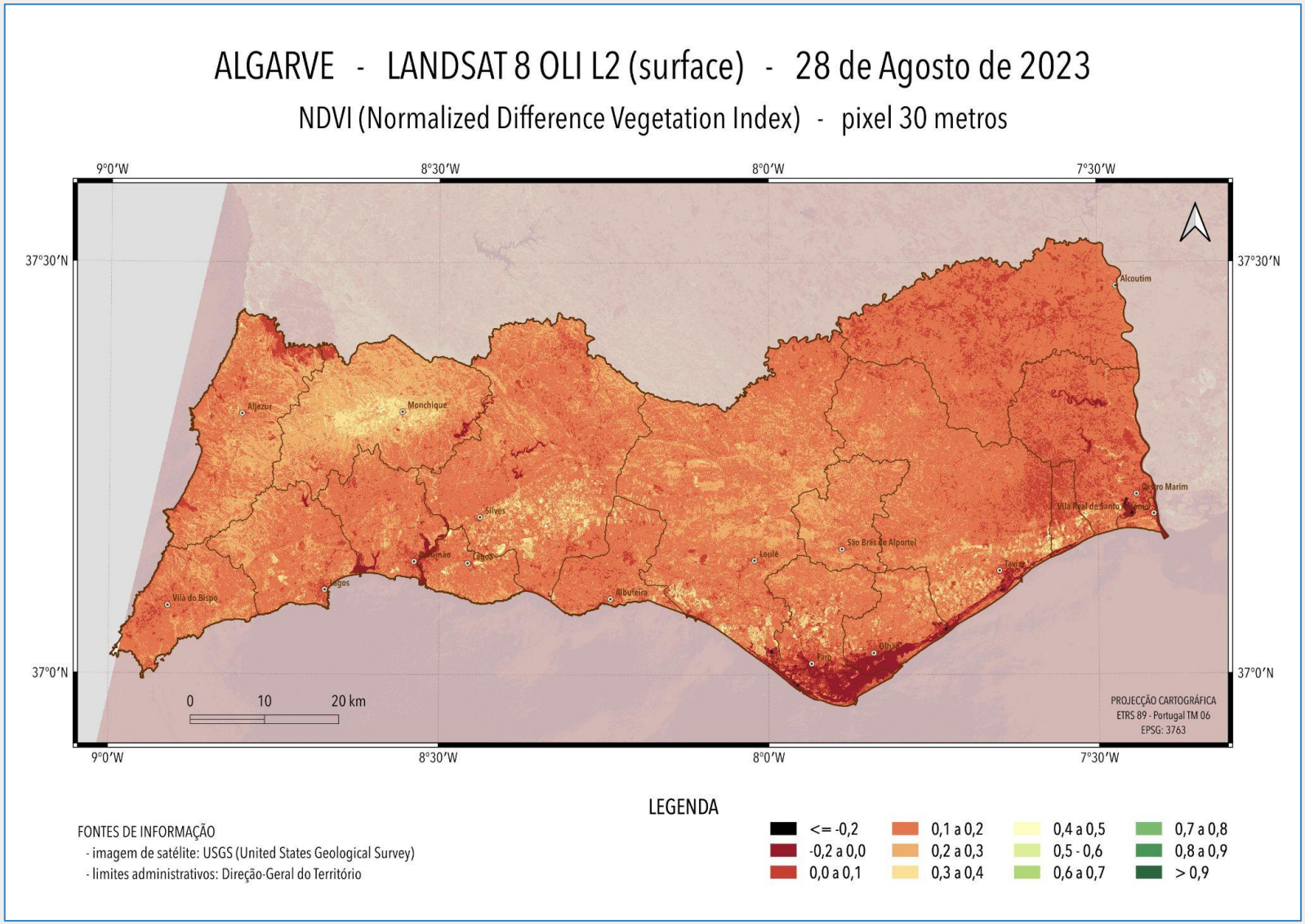
NDVI range	HTLM color code	Color
NDVI < -0.2	#000000	
-.2 < NDVI ≤ 0	#a50026	
0 < NDVI ≤ .1	#d73027	
.1 < NDVI ≤ .2	#f46d43	
.2 < NDVI ≤ .3	#fdae61	
.3 < NDVI ≤ .4	#fee08b	
.4 < NDVI ≤ .5	#ffffbf	
.5 < NDVI ≤ .6	#d9ef8b	
.6 < NDVI ≤ .7	#a6d96a	
.7 < NDVI ≤ .8	#66bd63	
.8 < NDVI ≤ .9	#1a9850	
.9 < NDVI ≤ 1.0	#006837	

sentinel-hub.com

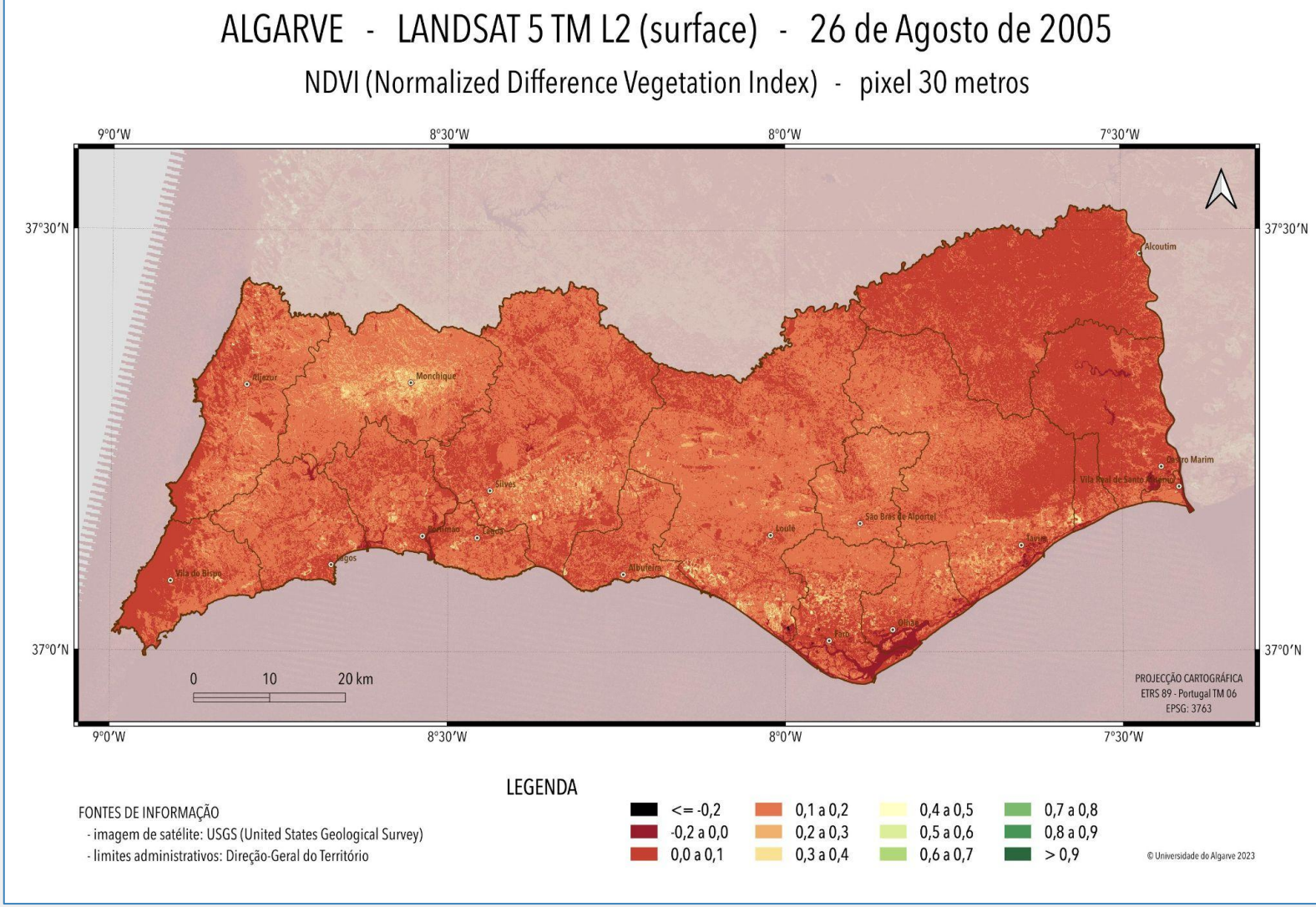
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



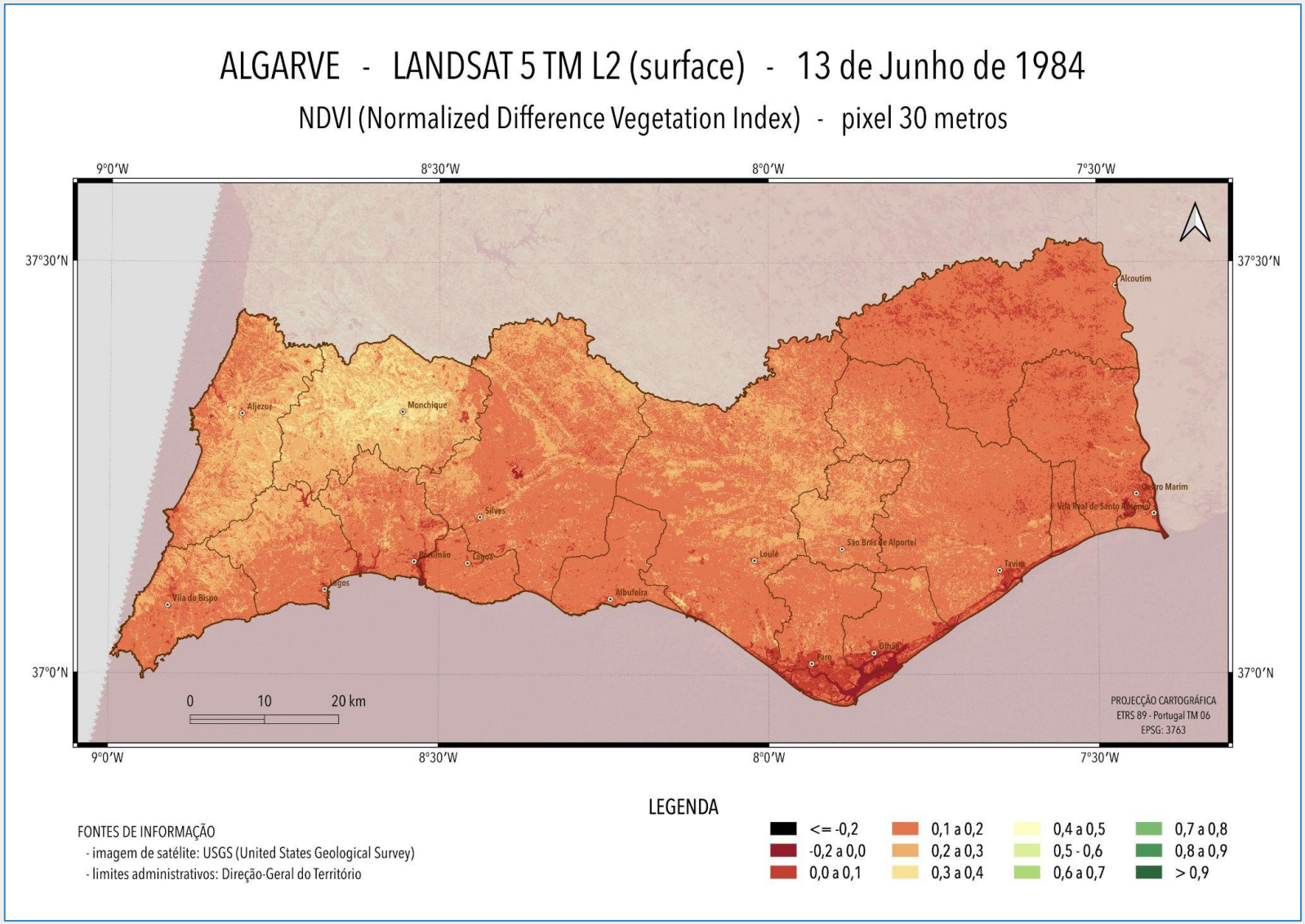
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



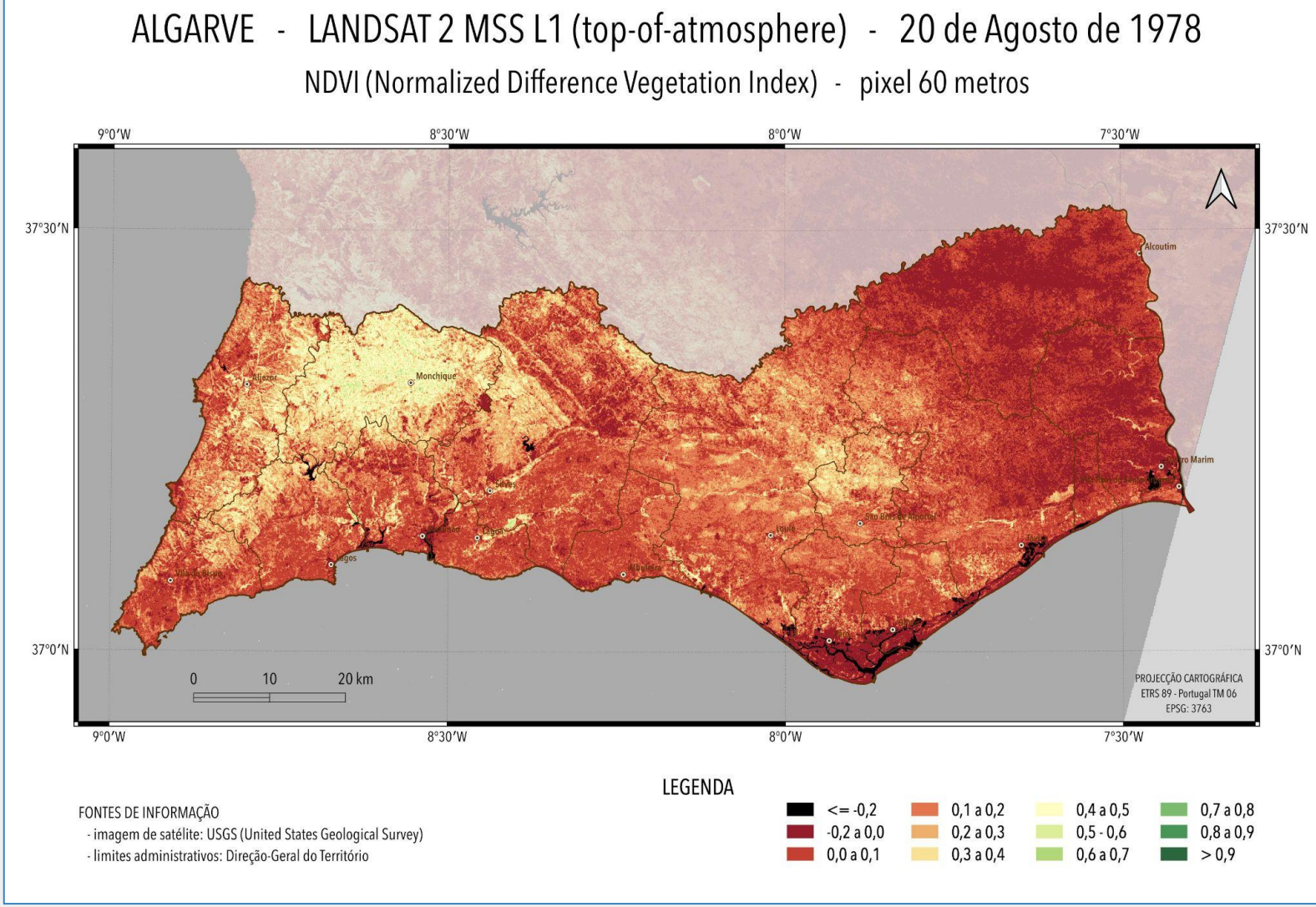
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



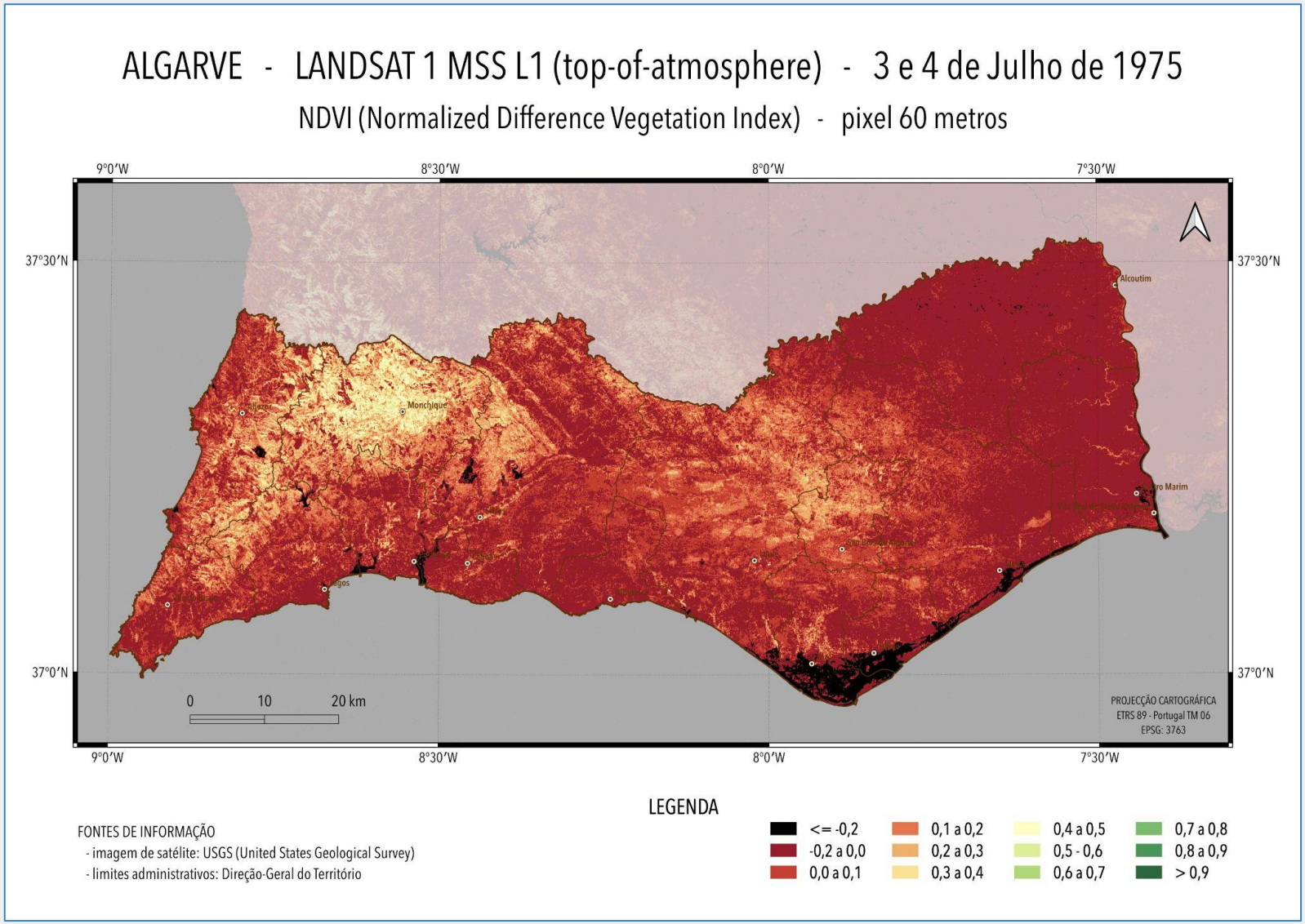
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

RED = 0,64 a 0,67 µm
NIR = 0,85 a 0,88 µm

LANDSAT 1 :: Julho de 1972 a Janeiro de 1978
LANDSAT 2 :: Janeiro de 1975 a Julho de 1983

MSS - Multispectral Scanner | Resolução de **60 metros**
18 dias de Repeat Coverage | Image Size de 185 km x 185 km
Worldwide Reference System **1** (**WRS1**) | Collection 2 **Level 1** data (**C2 L1**)

RED = band 5 (0,6 a 0,7 µm)
NIR = band 7 (0,8 a 1,1 µm)

LANDSAT 3 :: Março de 1978 a Março de 1983

MSS - Multispectral Scanner | Resolução de **60 metros**
18 dias de Repeat Coverage | Image Size de 185 km x 185 km
Worldwide Reference System **1** (**WRS1**) | Collection 2 **Level 1** data (**C2 L1**)

RED = band 5 (0,6 a 0,7 µm)
NIR = band 7 (0,8 a 1,1 µm)

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

RED = 0,64 a 0,67 µm
NIR = 0,85 a 0,88 µm

LANDSAT 4 :: Julho de 1982 a Junho de 2001
LANDSAT 5 :: Março de 1984 a Novembro de 2011

MSS - Multispectral Scanner | Resolução de **60 metros**
16 dias de Repeat Coverage | Image Size de **185 km x 185 km**
Worldwide Reference System **2** (**WRS2**) | Collection 2 **Level 2** data (**C2 L2**)

RED = band 2 (0,6 a 0,7 µm)
NIR = band 4 (0,8 a 1,1 µm)

TM - Thematic Mapper | Resolução de **30 metros**
16 dias de Repeat Coverage | Image Size de **185 km x 172 km**
Worldwide Reference System **2** (**WRS2**) | Collection 2 **Level 2** data (**C2 L2**)

RED = band 3 (0,63 a 0,69 µm)
NIR = band 4 (0,76 a 0,90 µm)

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)

RED = 0,64 a 0,67 µm
NIR = 0,85 a 0,88 µm

LANDSAT 7 :: Abril de 1999 a Abril de 2022

ETM+ - Enhanced Thematic Mapper Plus | Resolução de 30 metros
16 dias de Repeat Coverage | Image Size de **183 km x 170 km**
Worldwide Reference System **2** (**WRS2**) | Collection 2 **Level 2** data (**C2 L2**)

RED = band 3 (0,631 a 0,692 µm)
NIR = band 4 (0,772 a 0,898 µm)

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)

RED = 0,64 a 0,67 µm
NIR = 0,85 a 0,88 µm

LANDSAT 8 :: Fevereiro de 2013 a ...

OLI - Operational Land Imager | Resolução de 30 metros
16 dias de Repeat Coverage | Image Size de **185 km x 180 km**
Worldwide Reference System **2** (**WRS2**) | Collection 2 **Level 2** data (**C2 L2**)

RED = band 4 (0,636 a 0,673 µm)
NIR = band 5 (0,851 a 0,879 µm)

LANDSAT 9 :: Setembro de 2021 a ...

OLI 2 - Operational Land Imager 2 | Resolução de 30 metros
16 dias de Repeat Coverage | Image Size de **185 km x 180 km**
Worldwide Reference System **2** (**WRS2**) | Collection 2 **Level 2** data (**C2 L2**)

RED = band 4 (0,63588 a 0,67276 µm)
NIR = band 5 (0,85026 a 0,87903 µm)

NDWI (Normalized Difference Water Index)

NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR)

GREEN = 0,53 a 0,59 µm
NIR = 0,85 a 0,88 µm

LANDSAT 1 :: Julho de 1972 a Janeiro de 1978
LANDSAT 2 :: Janeiro de 1975 a Julho de 1983

MSS - Multispectral Scanner | Resolução de **60 metros**
18 dias de Repeat Coverage | Image Size de 185 km x 185 km
Worldwide Reference System **1** (**WRS1**) | Collection 2 **Level 1** data (**C2 L1**)

GREEN = band 4 (0,5 a 0,6 µm)
NIR = band 7 (0,8 a 1,1 µm)

LANDSAT 3 :: Março de 1978 a Março de 1983

MSS - Multispectral Scanner | Resolução de **60 metros**
18 dias de Repeat Coverage | Image Size de 185 km x 185 km
Worldwide Reference System **1** (**WRS1**) | Collection 2 **Level 1** data (**C2 L1**)

GREEN = band 4 (0,5 a 0,6 µm)
NIR = band 7 (0,8 a 1,1 µm)

NDWI (Normalized Difference Water Index)

NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR)

GREEN = 0,53 a 0,59 µm
NIR = 0,85 a 0,88 µm

LANDSAT 4 :: Julho de 1982 a Junho de 2001
LANDSAT 5 :: Março de 1984 a Novembro de 2011

MSS - Multispectral Scanner | Resolução de **60 metros**
16 dias de Repeat Coverage | Image Size de **185 km x 185 km**
Worldwide Reference System **2** (**WRS2**) | Collection 2 **Level 2** data (**C2 L2**)

GREEN = band 1 (0,5 a 0,6 µm)
NIR = band 4 (0,8 a 1,1 µm)

TM - Thematic Mapper | Resolução de **30 metros**
16 dias de Repeat Coverage | Image Size de **185 km x 172 km**
Worldwide Reference System **2** (**WRS2**) | Collection 2 **Level 2** data (**C2 L2**)

GREEN = band 2 (0,52 a 0,60 µm)
NIR = band 4 (0,76 a 0,90 µm)

NDWI (Normalized Difference Water Index)

NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR)

GREEN = 0,53 a 0,59 µm
NIR = 0,85 a 0,88 µm

LANDSAT 7 :: Abril de 1999 a Abril de 2022

ETM+ - Enhanced Thematic Mapper Plus | Resolução de 30 metros
16 dias de Repeat Coverage | Image Size de **183 km x 170 km**
Worldwide Reference System **2** (**WRS2**) | Collection 2 **Level 2** data (**C2 L2**)

GREEN = band 2 (0,525 a 0,605 µm)
NIR = band 4 (0,772 a 0,898 µm)

NDWI (Normalized Difference Water Index)

NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR)

GREEN = 0,53 a 0,59 µm
NIR = 0,85 a 0,88 µm

LANDSAT 8 :: Fevereiro de 2013 a ...

OLI - Operational Land Imager | Resolução de 30 metros
16 dias de Repeat Coverage | Image Size de **185 km x 180 km**
Worldwide Reference System **2** (**WRS2**) | Collection 2 **Level 2** data (**C2 L2**)

GREEN = band 3 (0,525 a 0,600 µm)
NIR = band 5 (0,851 a 0,879 µm)

LANDSAT 9 :: Setembro de 2021 a ...

OLI 2 - Operational Land Imager 2 | Resolução de 30 metros
16 dias de Repeat Coverage | Image Size de **185 km x 180 km**
Worldwide Reference System **2** (**WRS2**) | Collection 2 **Level 2** data (**C2 L2**)

GREEN = band 3 (0,53271 a 0,58920 µm)
NIR = band 5 (0,85026 a 0,87903 µm)

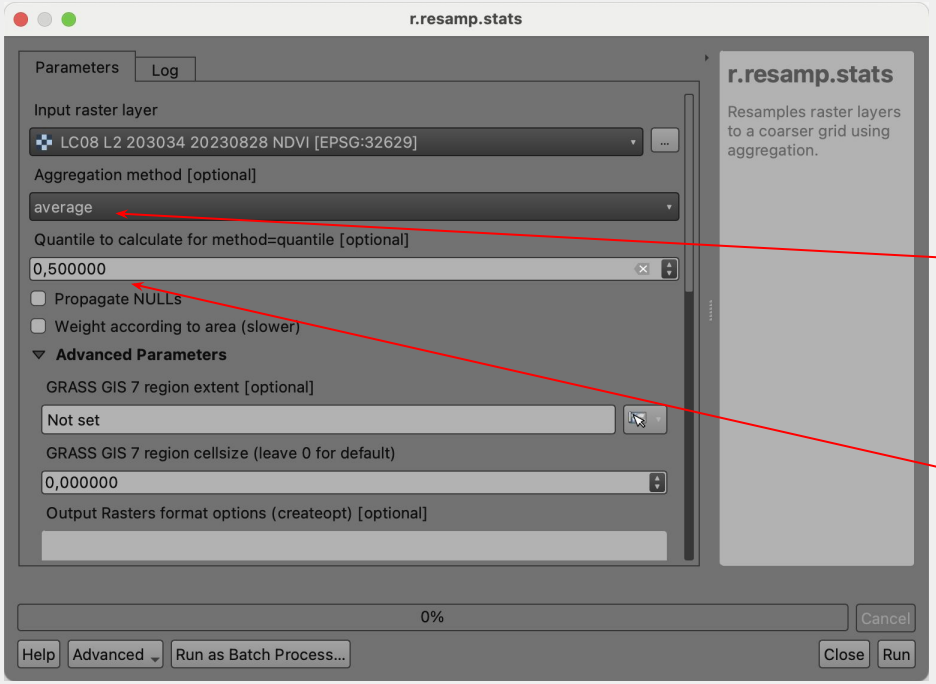
6. Alterar a resolução espacial da cartografia Raster

Alterar a resolução espacial... I

A **resolução espacial** das imagens Landsat 4 a 9 é, como se sabe, de 30 metros. A resolução espacial das imagens Landsat 1 a 3 é de 60 metros. Mas, para muitas **representações cartográficas**, essa resolução espacial poderá ser excessiva e, consequentemente, dificultar a **interpretação imediata** da informação que se pretende apresentar e comunicar.

Uma forma simples para executar a redução da resolução espacial de ficheiros raster georreferenciados é através da funcionalidade **r.resamp.stats**, concebida para esse efeito (*Resamples raster map layers to a coarser grid using aggregation*). Para saber mais sobre **Resampling methods and interpolation in GRASS GIS**...

Para aceder à funcionalidade: **Processing >>> Toolbox >>> GRASS >>> Raster (r.*) >>> r.resamp.stats**



Uma das vantagens do **r.resamp.stats** é a possibilidade de escolher entre diversos métodos de redução da resolução espacial e agregação da informação existente na resolução original.

Aggregation method

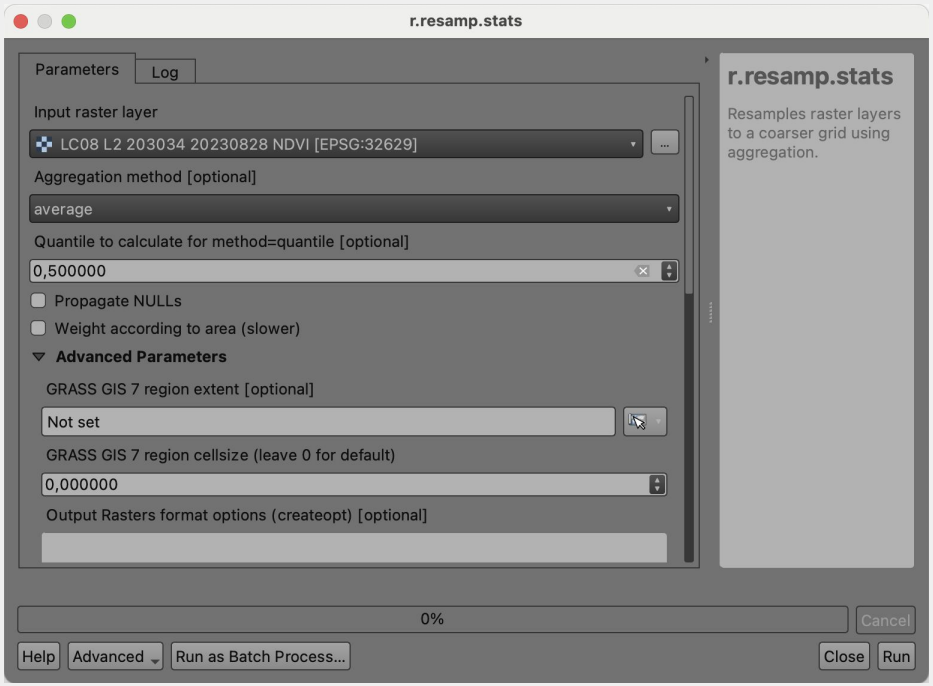
Options:

- *average*
- *median*
- *mode*
- *minimum*
- *maximum*
- *range*
- *quart1*
- *quart3*
- *perc90*
- *sum*
- *variance*
- *stddev*
- *quantile*
- *count*
- *diversity*

Default: *average*

Quando o método escolhido é quantile é possível indicar qual o quantil pretendido.

Alterar a resolução espacial... I



A **Region Extent** deve ser sempre estabelecida, tendo também em consideração o EPSG da raster layer em análise.

Para o **Algarve** será, com o **EPSG 32629**

495000,650000,4088500,4157500 [EPSG:32629]

A **Region Cellsize** é a resolução final, expressa em metros.

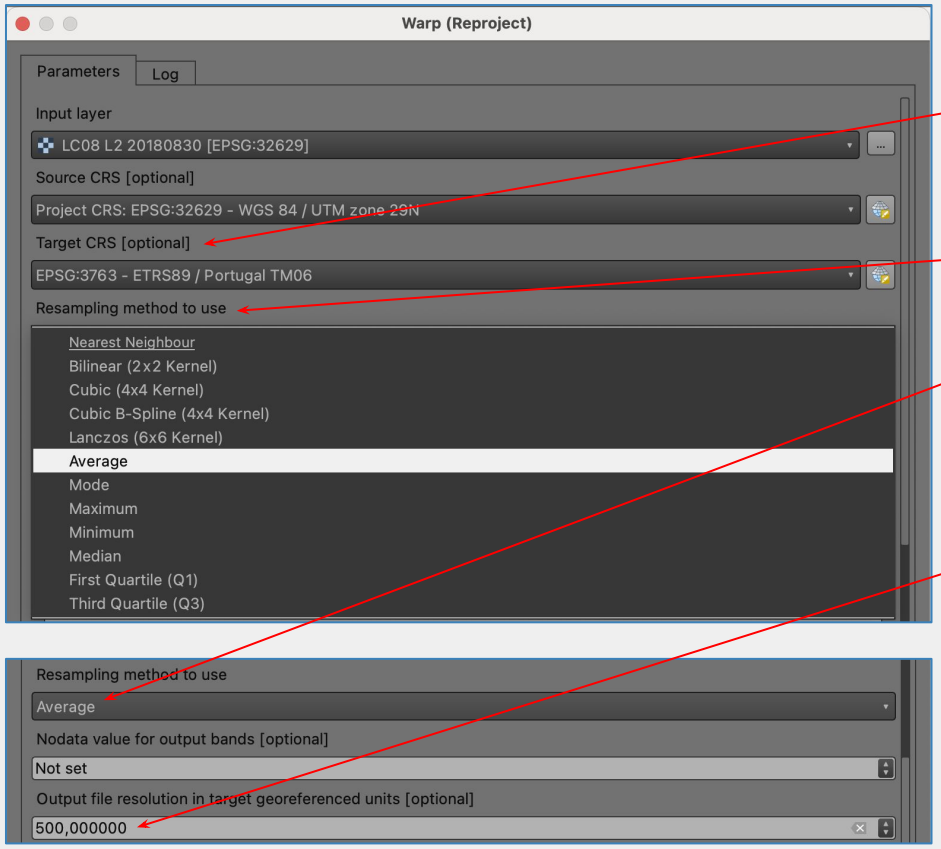
A nova raster layer (**Resampled aggregated**) pode ser inicialmente executado como *temporary file* ou pode ser logo estabelecido um nome para a mesma.

Alterar a resolução espacial... II

Uma alternativa ao **r.resamp.stats** é a funcionalidade **Raster >>> Projections >>> Warp (Reproject)**.

Através dela é possível executar em simultâneo quatro tarefas:

- alterar o EPSG
- configurar o método de Resampling desejado
- configurar a resolução espacial do Output
- restringir os limites espaciais do Output...



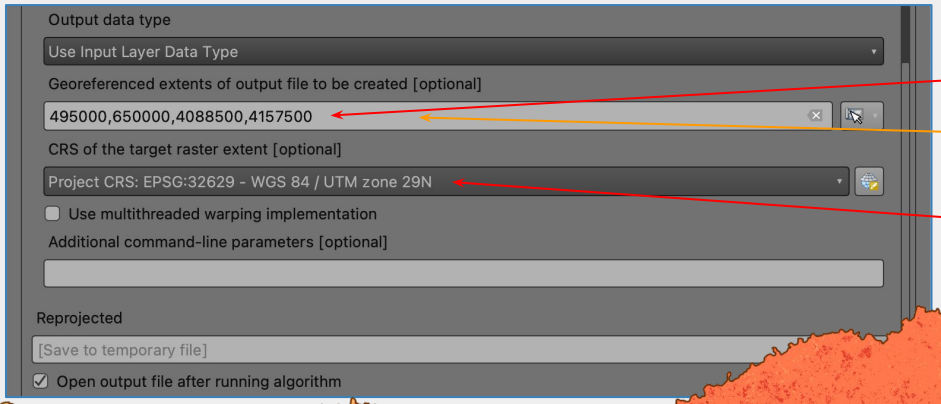
EPSG do Output

Método de Resampling (designado de Aggregation method em **r.resamp.stats**)

Resolução espacial (em metros) do Output

Os resultados fornecidos pelo **GRASS r.resamp.stats** são distintos dos obtidos pelo **GDAL Warp (Reproject)**.

Alterar a resolução espacial... II



Limites espaciais do Output

Valores para o Algarve

EPSG em que estão configurados os limites espaciais do Output

NDVI com resolução de 30 metros

Landsat 08 L2 de 30 de Agosto de 2018

NDVI com resolução de 500 metros
(Average Resampling)

Landsat 08 L2 de 30 de Agosto de 2018

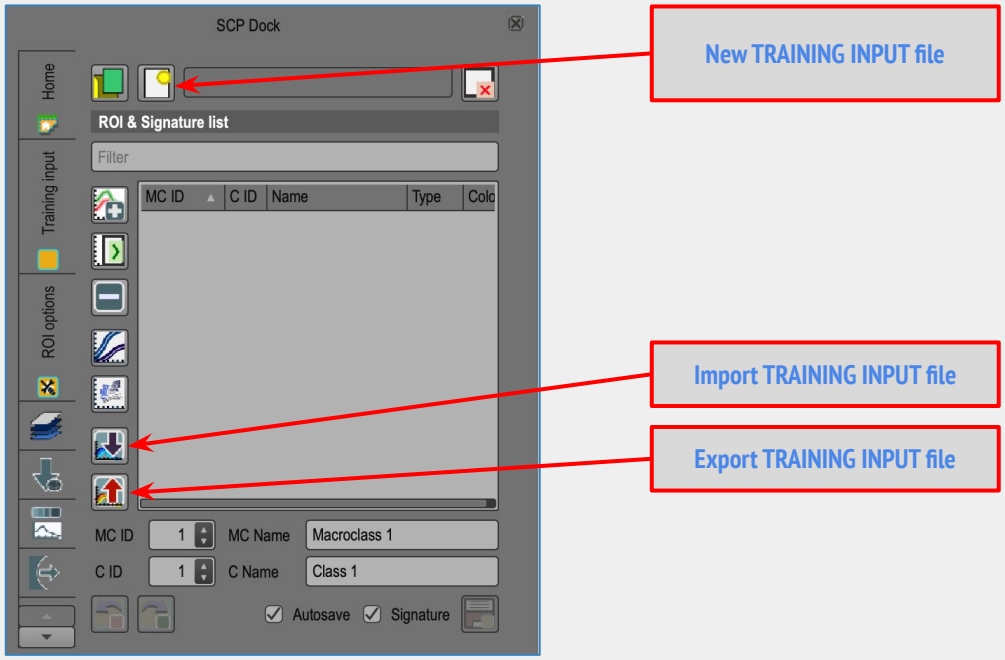
7. Classificação Semi-Automática

Classificação Semi-Automática

Para se iniciar uma classificação dos **usos e ocupações do solo** o primeiro passo é a criação de um ficheiro **training input**. Na **SCP Dock** há um **botão** para criar o training input, que deve ter um **nome** e ser armazenado numa **pasta adequada**. Existem igualmente **botões** que permitem **importar** e **exportar** ficheiros **training input**...

O ficheiro training input é um **ficheiro com extensão .scpx**. Armazena as **geometrias** e as **assinaturas espectrais** dos **usos e ocupações** do solo que se pretendem cartografar.

As **geometrias** e as **assinaturas espectrais** devem ser organizadas em **Macroclasses** e **Classes**, cada uma com o seu **ID** e a sua designação (**Name**). É uma estrutura de catálogo de usos e ocupações do solo hierárquica, com dois níveis. Um determinado uso e ocupação do solo é assim identificado por uma designação e ID de macroclasse (**MC Name** e **MC ID**) e também uma designação e ID de classe (**C Name** e **C ID**).



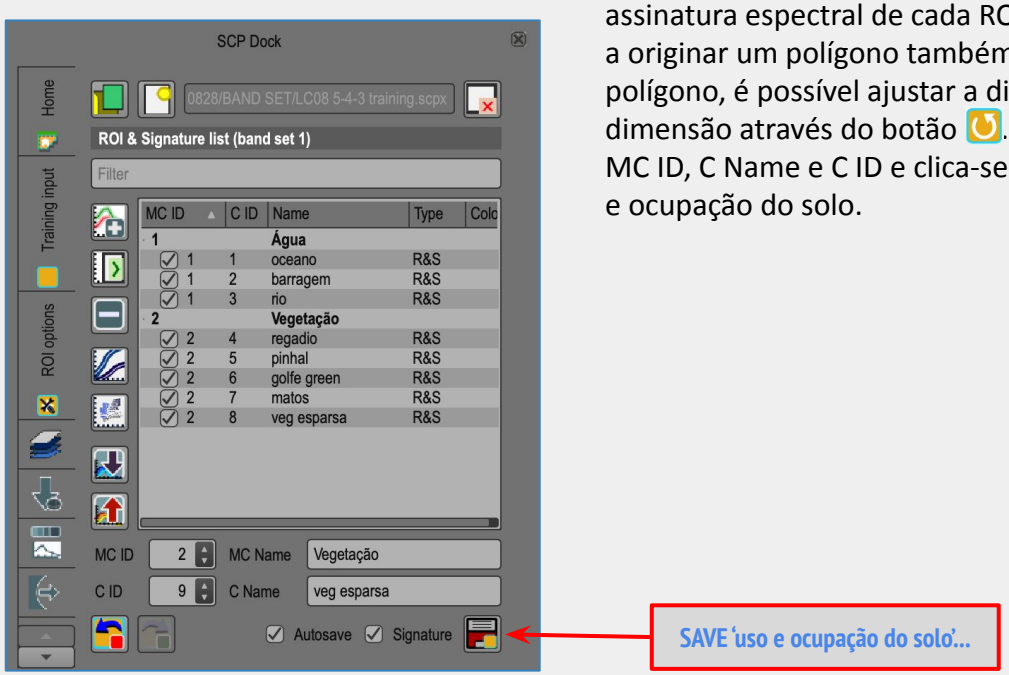
VIDEO TUTORIAL SCP AQUI...

Classificação Semi-Automática

O segundo passo é o desenho de **polígonos de treino** ou **ROI**s (regions of interest) e, simultaneamente, a sua designação e identificação (MC Name, MC ID, C Name e C ID).

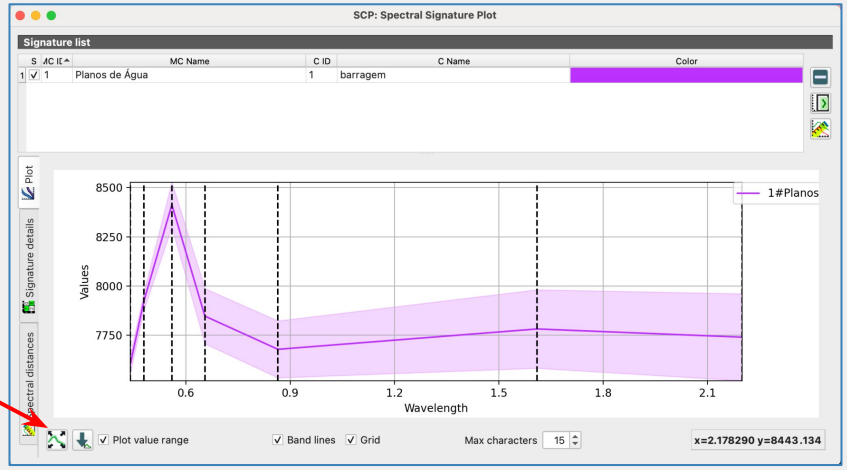
Existem **duas opções possíveis** para a criação inicial de cada ROI e uma delas deverá ser a escolhida de acordo com as conveniências específicas da operação.

1. O ROI é desenhado activando o botão e clicando com os botões esquerdo e direito do rato. Na SCP Dock preenchem-se os MC Name, MC ID, C Name e C ID e clica-se no botão adequado para gravar o uso e ocupação do solo.
2. O ROI é desenhado através do botão que permite utilizar o **automatic region growing algorithm**. Estabelece-se uma **Distance value** (= 0.05000, por exemplo) e clica-se sobre o centro de um polígono aproximadamente homogéneo. A distância está relacionada com a amplitude das semelhanças e diferenças da assinatura espectral de cada ROI. Uma distância maior tende a originar um polígono também maior. Depois de clicar no centro do polígono, é possível ajustar a distância e actualizar a sua dimensão através do botão . No final, preenchem-se os MC Name, MC ID, C Name e C ID e clica-se no botão adequado para gravar o uso e ocupação do solo.

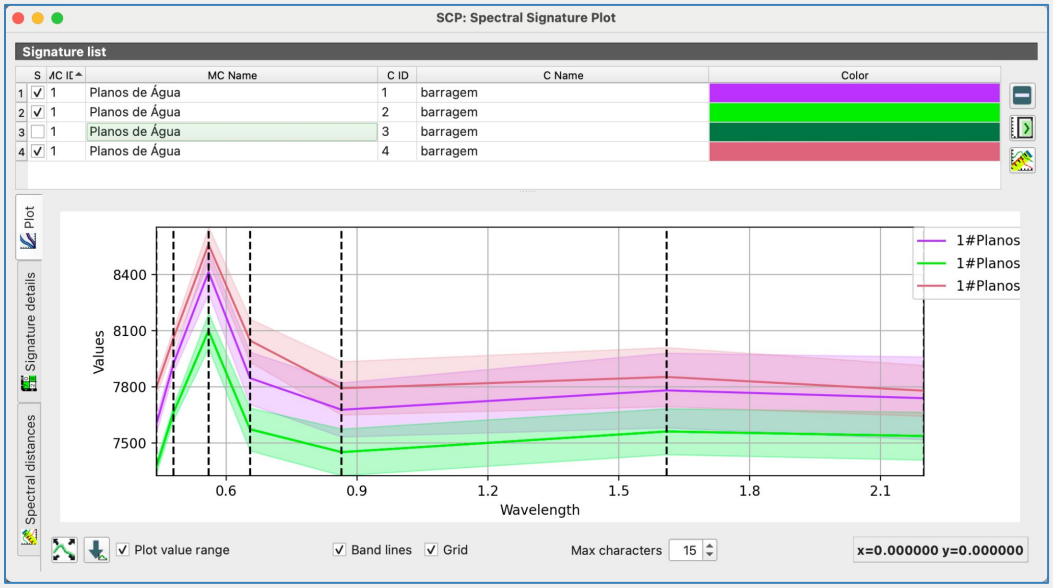


Classificação Semi-Automática

À medida em que vão sendo criados e gravados os ROI é possível ir analisando as respectivas assinaturas espectrais através do botão . Pode ser necessário ajustar o eixo dos YYY para visualizar completamente a assinatura espectral...



Ajustar o eixo dos YYY...

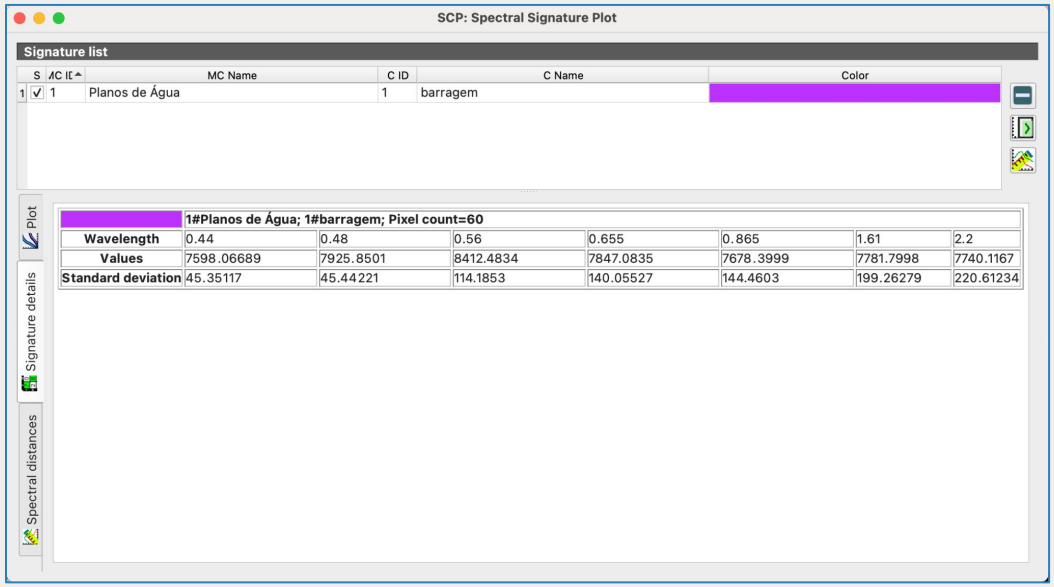


É igualmente possível visualizar e, naturalmente, comparar **diversas assinaturas espectrais em simultâneo**.

Classificação Semi-Automática

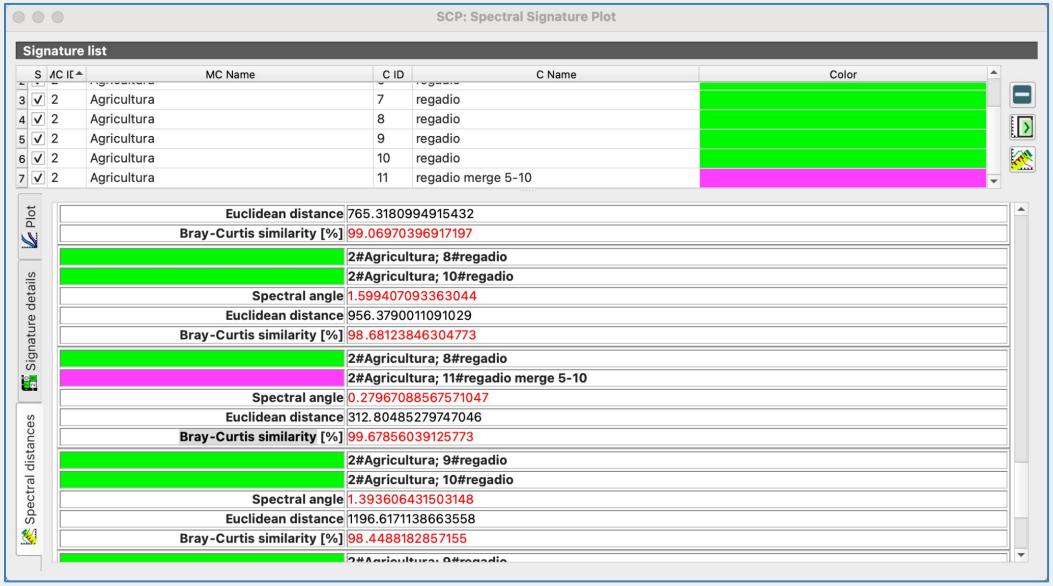
Na janela das assinaturas espectrais para além do separador **Plot** existem outros dois separadores: **Signature details** e **Spectral distances**.

O separador **Signature details** permite conhecer a assinatura espectral banda por banda. No exemplo abaixo são apresentadas sete bandas, as B01 a B07 do Landsat 8 OLI.



Classificação Semi-Automática

O separador **Spectral distances** permite comparar as assinaturas espectrais de diferentes ROIs, recorrendo ao **Bray-Curtis similarity index**. Para tal, depois de seleccionar o separador, é necessário clicar no botão .



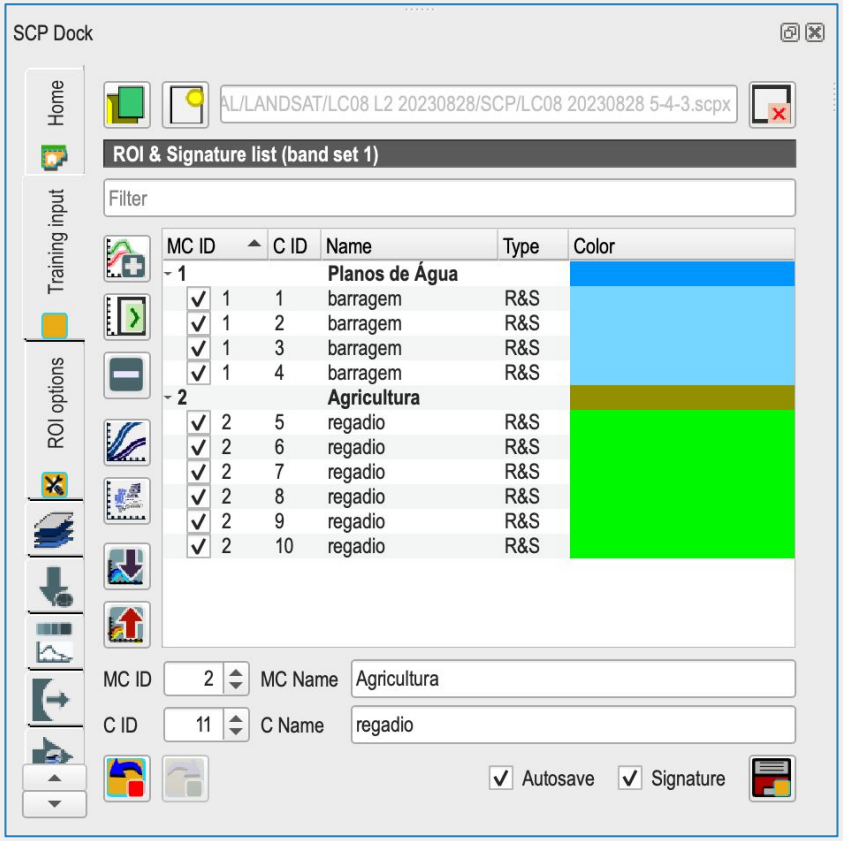
Neste exemplo fez-se inicialmente um Merge (*ver mais à frente*) dos ROIs C ID 5 a 10.

Depois calcularam-se as Spectral distances, que são apresentadas na tabela em pares. O **Bray-Curtis similarity** é apresentado em percentagem e surge a vermelho quando os dois ROI apresentam um elevado nível de semelhança. Caso contrário surge a negro...

Bray-Curtis similarity (or dissimilarity) index

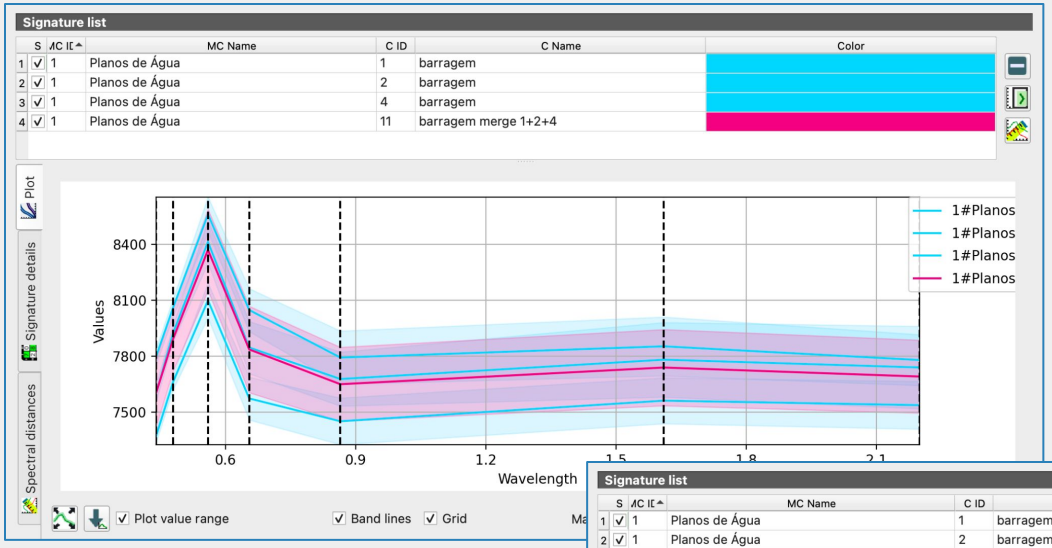
Classificação Semi-Automática

As cores de cada Macroclasse e de cada cada Classe são, inicialmente, atribuídas de forma aleatória. Podem ser alteradas de forma bastante simples fazendo duplo clique em cima da barra de cores.

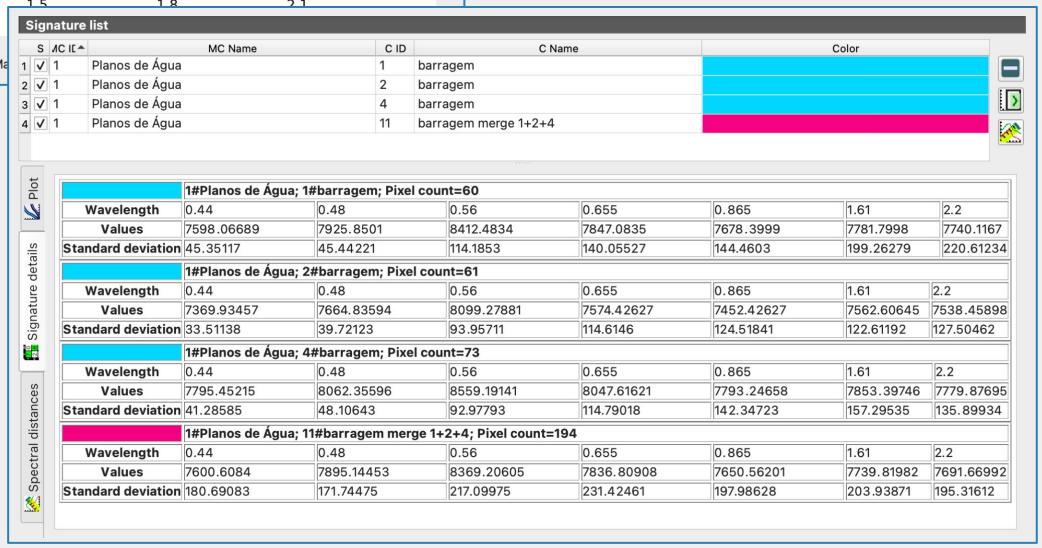


Classificação Semi-Automática

Há ainda a possibilidade de criar um **novo ROI** a partir do **Merge** de diversos ROIs anteriormente criados. Para tal basta seleccionar os ROIs a unir e depois clicar no botão. Terminada a operação surge o novo ROI, ao qual poderá ser necessário alterar o MC Name, o MC ID e o C Name.



Neste exemplo fez-se o Merge dos C IDs 1, 2 e 4 (representados a azul) e obteve-se o C ID 11 (representado a bordeaux).



	1#Planos de Água; 1#barragem; Pixel count=60						
Wavelength	0.44	0.48	0.56	0.655	0.865	1.61	2.2
Values	7598.06689	7925.8501	8412.4834	7847.0835	7678.3999	7781.7998	7740.1167
Standard deviation	45.35117	45.44221	114.1853	140.05527	144.4603	199.26279	220.61234
	1#Planos de Água; 2#barragem; Pixel count=61						
Wavelength	0.44	0.48	0.56	0.655	0.865	1.61	2.2
Values	7369.93457	7664.83594	8099.27881	7574.42627	7452.42627	7562.60645	7538.45898
Standard deviation	33.51138	39.72123	93.95711	114.6146	124.51841	122.61192	127.50462
	1#Planos de Água; 4#barragem; Pixel count=73						
Wavelength	0.44	0.48	0.56	0.655	0.865	1.61	2.2
Values	7795.45215	8062.35596	8559.19141	8047.61621	7793.24658	7853.39746	7779.87695
Standard deviation	41.28585	48.10643	92.97793	114.79018	142.34723	157.29535	135.89934
	1#Planos de Água; 11#barragem merge 1+2+4; Pixel count=194						
Wavelength	0.44	0.48	0.56	0.655	0.865	1.61	2.2
Values	7600.6084	7895.14453	8369.20605	7836.80908	7650.56201	7739.81982	7691.66992
Standard deviation	180.69083	171.74475	217.09975	231.42461	197.98628	203.93871	195.31612

Classificação Semi-Automática

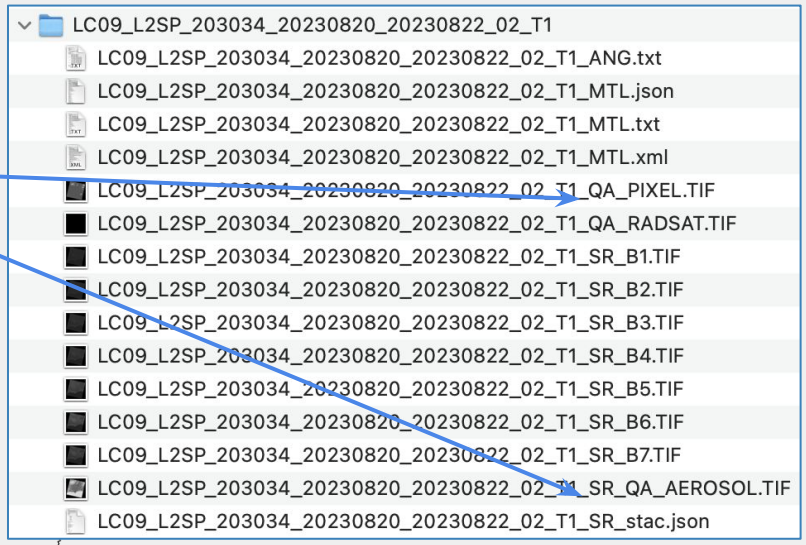
8. Landsat Collection 2 Quality Assessment Bands

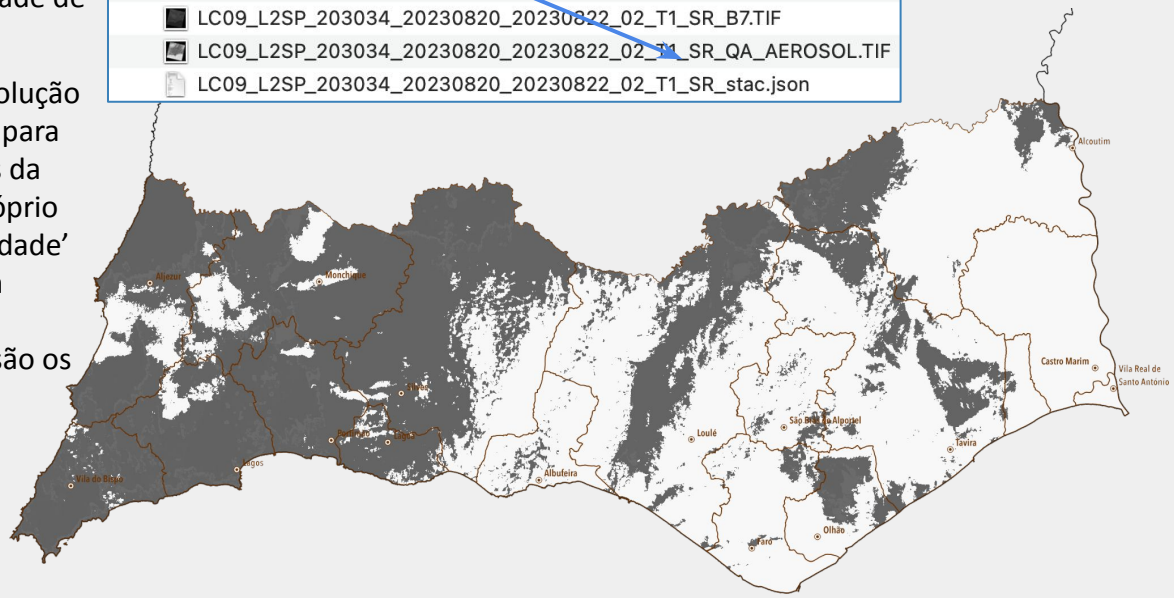
Avaliação da Qualidade das Imagens Landsat 8

Para além dos onze ficheiros tif, cada um correspondendo a uma das bandas do Landsat 8, são fornecidos ficheiros **Pixel Quality Assessment Band (QA_PIXEL)** e **Surface Reflectance Aerosol Quality Assessment (QA_SR_AEROSOL)**, ou seja, ficheiros que permitem a avaliação objectiva da 'qualidade' das outras bandas.

São, consequentemente, bandas de suporte à análise fundamentada das onze bandas principais. O termo 'qualidade' acima referido pode ser considerado como sinónimo de 'potencialidade de utilização para análise temática'.

A banda de suporte **QA_PIXEL** tem uma resolução espacial de 30 metros. O valor estabelecido para cada pixel é uma combinação das condições da atmosfera, da superfície do terreno e do próprio sensor, e que podem ou não afectar a 'qualidade' desse mesmo pixel para as onze bandas. Em síntese, a banda de suporte BQA permite confirmar quais são os ***clean pixels*** e quais são os restantes pixels (***contaminated pixels***), cuja informação é, na verdade, contaminada por nebulosidade ou deficiências dos sensores.





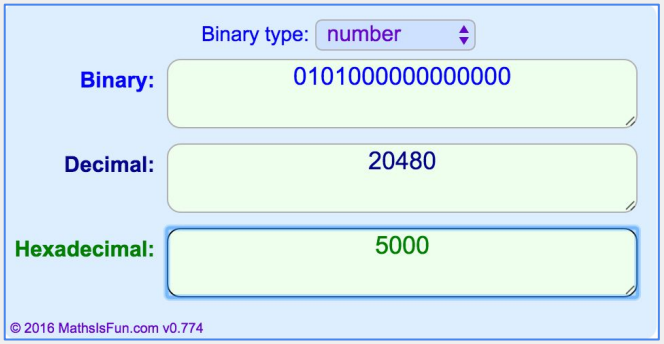
reprodução parcial (Algarve) da banda de suporte LC08 QA_PIXEL, do Path 203 Row 34 correspondente ao dia 23 de Março de 2024

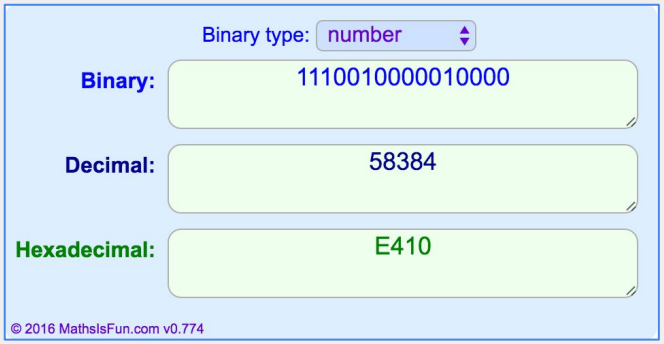
Landsat 8-9 Pixel Quality Assessment (QA_PIXEL) Bit Index

Bit	Flag Description	Values
0	Fill	0 for image data 1 for fill data
1	Dilated Cloud	0 for cloud is not dilated or no cloud 1 for cloud dilation
2	Cirrus	0 for Cirrus Confidence: no confidence level set or Low Confidence 1 for high confidence cirrus
3	Cloud	0 for cloud confidence is not high 1 for high confidence cloud
4	Cloud Shadow	0 for Cloud Shadow Confidence is not high 1 for high confidence cloud shadow
5	Snow	0 for Snow/Ice Confidence is not high 1 for high confidence snow cover
6	Clear	0 if Cloud or Dilated Cloud bits are set 1 if Cloud and Dilated Cloud bits are not set
7	Water	0 for land or cloud 1 for water
8-9	Cloud Confidence	00 for no confidence level set 01 Low confidence 10 Medium confidence 11 High confidence
10-11	Cloud Shadow Confidence	00 for no confidence level set 01 Low confidence 10 Reserved 11 High confidence
12-13	Snow/Ice Confidence	00 for no confidence level set 01 Low confidence 10 Reserved 11 High confidence
14-15	Cirrus Confidence	00 for no confidence level set 01 Low confidence 10 Reserved 11 High confidence

A informação original da banda de suporte **QA_PIXEL** é apresentada em **formato decimal**, mas a sua interpretação rigorosa implica a transformação para **formato binário 16-bit**.

Alguns aplicativos simples disponíveis *online*, como por exemplo o **math is fun**, permitem fazer a conversão com toda a facilidade.

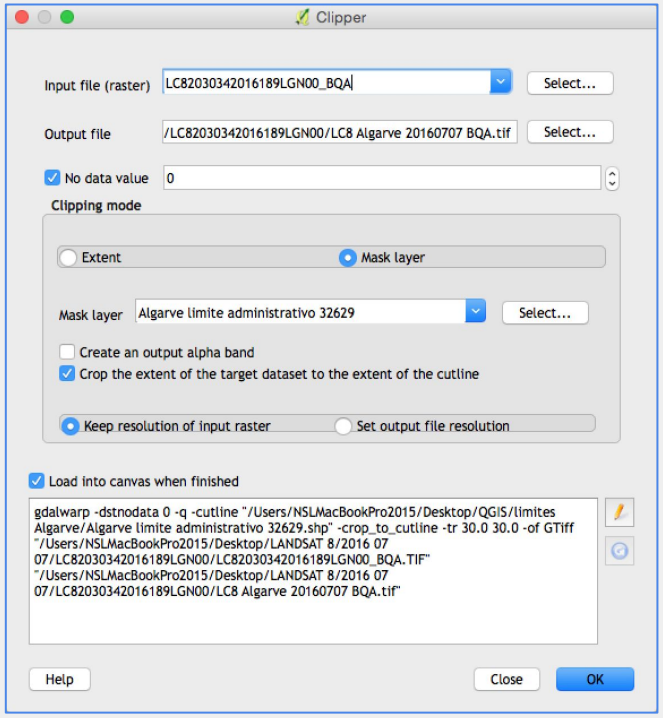




Avaliação da Qualidade das Imagens Landsat 8

A preparação das imagens **QA_PIXEL** para análise no **QGIS** tem início com diversas tarefas de rotina:

- importação da imagem como raster (automaticamente deve ficar assumido o EPSG: 32629)
- recorte da imagem para ficar limitada ao território do Algarve (**Raster > Extraction > Clip Raster by Mask Layer...**)

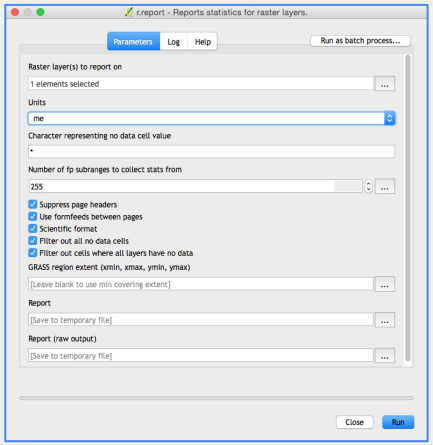


- utilização de uma funcionalidade do **GRASS** para, com facilidade e rapidez, identificar os valores dos pixels correspondentes à imagem BQA já *clipada* para o Algarve: **Processing Toolbox > GRASS commands > Raster > r.report**

na janela do **r.report** é necessário escolher a layer adequada e depois, no campo **Units**, escolher **me** (square meters)

o resultado é exportado num ficheiro *.txt e apresentado como na janela abaixo

a primeira coluna indica os valores em formato decimal



#	Category Information description	square meters
1	. . . . .	3.9933e+06
20480	. . . . .	2.2388e+09
20512	. . . . .	8.7179e+07
23552	. . . . .	1.7910e+05
28672	. . . . .	2.4462e+08
31744	. . . . .	81000.
36864	. . . . .	1.1936e+08
36896	. . . . .	3600.0
39936	. . . . .	53100.
45056	. . . . .	1.1033e+08
48128	. . . . .	13500.
53248	. . . . .	6.1213e+08
61440	. . . . .	1.5768e+09
TOTAL		4.9935e+09

Avaliação da Qualidade das Imagens Landsat 8

Landsat 8-9 Pixel Quality Assessment (QA_PIXEL) Value Interpretations

Pixel Value	Fill	Dilated Cloud	Cirrus	Cloud	Cloud Shadow	Snow	Clear	Water	Cloud Conf.	Cloud Shadow Conf.	Snow/ Ice Conf.	Cirrus Conf.	Pixel Description
1	Yes	No	No	No	No	No	No	No	None	None	None	None	Fill
21824	No	No	No	No	No	No	Yes	No	Low	Low	Low	Low	Clear with lows set
21826	No	Yes	No	No	No	No	Yes	No	Low	Low	Low	Low	Dilated cloud over land
21888	No	No	No	No	No	No	No	Yes	Low	Low	Low	Low	Water with lows set
21890	No	Yes	No	No	No	No	No	Yes	Low	Low	Low	Low	Dilated cloud over water
22080	No	No	No	No	No	No	Yes	No	Mid	Low	Low	Low	Mid conf cloud
22144	No	No	No	No	No	No	No	Yes	Mid	Low	Low	Low	Mid conf cloud over water
22280	No	No	No	Yes	No	No	No	No	High	Low	Low	Low	High conf Cloud
23888	No	No	No	No	Yes	No	Yes	No	Low	High	Low	Low	High conf cloud shadow
23952	No	No	No	No	Yes	No	No	Yes	Low	High	Low	Low	Water with cloud shadow
24088	No	No	No	Yes	Yes	No	No	No	Mid	High	Low	Low	Mid conf cloud with shadow
24216	No	No	No	Yes	Yes	No	No	Yes	Mid	High	Low	Low	Mid conf cloud with shadow over water
24344	No	No	No	Yes	Yes	No	No	No	High	High	Low	Low	High conf cloud with shadow
24472	No	No	No	Yes	Yes	No	No	Yes	High	High	Low	Low	High conf cloud with shadow over water
30048	No	No	No	No	No	Yes	Yes	No	Low	Low	High	Low	High conf snow/ice
54596	No	No	Yes	No	No	No	Yes	No	Low	Low	Low	High	High conf Cirrus
54852	No	No	Yes	No	No	No	Yes	No	Mid	Low	Low	High	Cirrus, mid cloud
55052	No	No	Yes	Yes	No	No	No	No	High	Low	Low	High	Cirrus, high cloud

Avaliação da Qualidade das Imagens Landsat 8

Na banda de suporte **QA_PIXEL** o valor **21824** corresponde a ***clean pixel***.

Na figura ao lado foi feita uma reclassificação dos valores originais dos *pixels* por forma a que os *pixels* com valor igual a 21824 passem a **1** (representados com a cor **branca**) e os *pixels* com valores diferentes passem a valor **0** (representados com a cor **preta**).

Esta operação é levada a cabo no **Raster calculator**.

Em síntese, a banda de suporte permite distinguir os ***clean pixels*** dos ***contaminated pixels***.

```
("LC08_L2SP_203034_20240323_20240403_02_T1_QA_PIXEL@1" = 21824) * 1 +
("LC08_L2SP_203034_20240323_20240403_02_T1_QA_PIXEL@1"  !=  21824) * 0
```

Landsat 8-9 Internal Surface Reflectance Aerosol Quality Assessment (SR_QA_AEROSOL) Bit Index

Bit	Flag Description	Values
0	Fill	0 Pixel is not fill 1 Pixel is fill
1	Valid aerosol retrieval	0 Pixel retrieval is not valid 1 Pixel retrieval is valid
2	Water	0 Pixel is not water 1 Pixel is water
3	Unused	0
4	Unused	0
5	Interpolated Aerosol	0 Pixel is not aerosol interpolated 1 Pixel is aerosol interpolated
6	Aerosol Level	00 Climatology 01 Low 10 Medium 11 High
7		
0 is Least Significant Bit, 7 is Most Significant Bit		

A informação original da banda de suporte **SR_QA_AEROSOL** também é apresentada em **formato decimal**.

A resposta dos aerossóis é fundamental para a avaliação prévia da validade dos cálculos baseados nas reflectâncias de superfície das bandas espectrais do Landsat 8.

Quando o nível de aerossóis (***Aerosol Level***) é elevado (***High***) não é recomendada a utilização dos pixels nos cálculos subsequentes.

A banda de suporte **SR_QA_AEROSOL** é a fonte de informação mais adequada para fazer essa validação e distinguir os ***clean pixels*** dos ***contaminated pixels***.

Attribute	Pixel Value
Fill	1
Valid Aerosol Retrieval (center pixel of 3x3 window)	2, 66, 130, 194
Water Pixel (or water pixel was used in the fill-the-window interpolation)	4, 68, 100, 132, 164, 196, 228
Non-center window pixel for which aerosol was interpolated from surrounding 3x3 center pixels	32, 96, 100, 160, 164, 224, 228
Low-level aerosol	66, 68, 96, 100
Medium-level aerosol	130, 132, 160, 164
High-level aerosol	192, 194, 196, 224, 228

Avaliação da Qualidade das Imagens Landsat 8

Landsat 8-9 SR_QA_AEROSOL Value Interpretations

Pixel Value	Fill	Aerosol Retrieval – Valid (center of 3x3 window)	Water	Aerosol Retrieval – Interpolated (non-center of 3x3 window)	Aerosol	Pixel Description
1	Yes	No	No	No	NA	Fill
2	No	Yes	No	No	Climatology	Valid aerosol retrieval
4	No	No	Yes	No	Climatology	Water
32	No	No	No	Yes	Climatology	Aerosol interpolated
66	No	Yes	No	No	Low	Valid aerosol ret., low aerosol
68	No	No	Yes	No	Low	Water, low aerosol
96	No	No	No	Yes	Low	Aerosol interpolated, low aerosol
100	No	No	Yes	Yes	Low	Water pixel used in interpolation, aerosol interpolated, low aerosol
130	No	Yes	No	No	Medium	Valid aerosol retrieval, medium aerosol
132	No	No	Yes	No	Medium	Water, medium aerosol
160	No	No	No	Yes	Medium	Aerosol interpolated, medium aerosol
164	No	No	Yes	Yes	Medium	Water pixel used in interpolation, aerosol interpolated, medium aerosol
192	No	No	No	No	High	High aerosol
194	No	Yes	No	No	High	Valid aerosol retrieval, high aerosol
196	No	No	Yes	No	High	Water, high aerosol
224	No	No	No	Yes	High	Aerosol interpolated, high aerosol
228	No	No	Yes	Yes	High	Water pixel used in interpolation, aerosol interpolated, high aerosol

CLEAN PIXELS

- **66** - valid aerosol retrieval, **low aerosol**
- **68** - water, **low aerosol**
- **96** - aerosol interpolated, **low aerosol**
- **100** - water pixel used in interpolation, aerosol interpolated, **low aerosol**

- **130** - valid aerosol retrieval, **medium aerosol**
- **132** - water, **medium aerosol**
- **160** - aerosol interpolated, **medium aerosol**
- **164** - water pixel used in interpolation, aerosol interpolated, **medium aerosol**

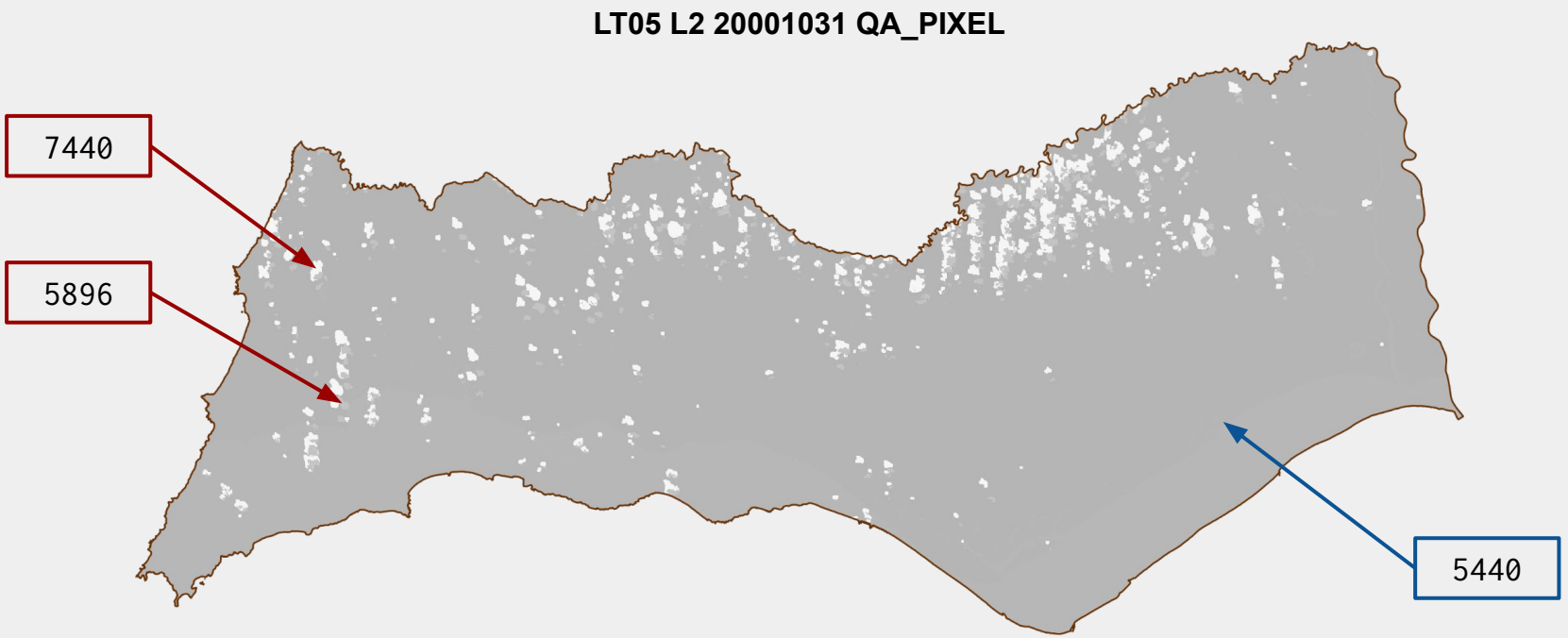
CONTAMINATED PIXELS

- **192** - **high aerosol**
- **194** - valid aerosol retrieval, **high aerosol**
- **196** - water, **high aerosol**
- **224** - aerosol interpolated, **high aerosol**
- **228** - water pixel used in interpolation, aerosol interpolated, **high aerosol**

Avaliação da Qualidade das Imagens Landsat 4 a 7

Para os Landsat 4 a 7 também são fornecidos ficheiros **Pixel Quality Assessment Band (QA_PIXEL)**, **Radiometric Saturation (QA (QA_RADSAT)** e **Surface Reflectance Cloud QA (SR_CLOUD_QA)**, ou seja, ficheiros que permitem a avaliação objectiva da 'qualidade' das outras bandas.

A banda de suporte **QA_PIXEL** é a que expressa o nível de confiança na veracidade da informação disponibilizada por cada pixel, sendo considerada uma medida mais fiável e rigorosa da efectiva contaminação ou não por nebulosidade das bandas **SR** (***Surface Reflectance***). Assim sendo, a banda de suporte QA_PIXEL permite confirmar quais são os ***clean pixels*** e quais são os restantes pixels (***contaminated pixels***).



Avaliação da Qualidade das Imagens Landsat 4 a 7

Landsat 4-7 Pixel Quality Assessment (QA_PIXEL) Value Interpretations

Pixel Value	Fill	Dilated Cloud	Cirrus	Cloud	Cloud Shadow	Snow	Clear	Water	Cloud Conf.	Cloud Shadow Conf.	Snow/ Ice Conf.	Cirrus Conf.	Pixel Description
1	Yes	No	N/A	No	No	No	No	No	None	None	None	None	Fill
5440	No	No	N/A	No	No	No	Yes	No	Low	Low	Low	None	Clear with lows set
5442	No	Yes	N/A	No	No	No	Yes	No	Low	Low	Low	None	Dilated cloud over land
5504	No	No	N/A	No	No	No	No	Yes	Low	Low	Low	None	Water with lows set
5506	No	Yes	N/A	No	No	No	No	Yes	Low	Low	Low	None	Dilated cloud over water
5696	No	No	N/A	No	No	No	Yes	No	Mid	Low	Low	None	Mid conf cloud
5760	No	No	N/A	No	No	No	No	Yes	Mid	Low	Low	None	Mid conf cloud over water
5896	No	No	N/A	Yes	No	No	No	No	High	Low	Low	None	High conf Cloud
7440	No	No	N/A	No	Yes	No	No	No	Low	High	Low	None	High conf cloud shadow
7568	No	No	N/A	No	Yes	No	No	Yes	Low	High	Low	None	Water with cloud shadow
7696	No	No	N/A	No	Yes	No	No	No	Mid	High	Low	None	Mid conf cloud with shadow
7824	No	No	N/A	No	Yes	No	No	Yes	Mid	High	Low	None	Mid conf cloud with shadow over water
7960	No	No	N/A	Yes	Yes	No	No	No	High	High	Low	None	High conf cloud with shadow
8088	No	No	N/A	Yes	Yes	No	No	Yes	High	High	Low	None	High conf cloud with shadow over water
13664	No	No	N/A	No	No	Yes	Yes	No	Low	Low	High	None	High conf snow/ice

Dinâmica geológica do Plio-Plistocénico em arriba a poente da Praia do Paraíso, Carvoeiro, Lagoa | 37,0978º N 8,4774º W
fotografia feita com drone DJI Mavic 3 Classic em 27 de Outubro de 2023 | Nuno de Santos Loureiro ©

ligações úteis

- QGIS (Quantum GIS) - **ligação**
- QGIS PT (grupo de utilizadores de QGIS em língua portuguesa) - **ligação**
- Grupo português do Open Source Geospatial Foundation - OSGeo (OSGeo PT) - **ligação**

- Programa **LANDSAT** - **ligação**
- **USGS** (United States Geological Survey) **Earth Explorer** - **ligação**

- **ESA** (European Space Agency) - **ligação**
- **Copernicus** (Europe's eyes on Earth) - **ligação**
- ESA | Copernicus | **Sentinel-2** - **ligação**
- ESA WorldCover - **ligação**

- **O**pen**G**eo HUB - **ligação**

- From GIS to Remote Sensing - **ligação**
- SCP Facebook group - **ligação**

- Universidade do Algarve - **ligação**
- Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica - **ligação**
- **QGIS - tutoriais by nsloureiro.pt** - **ligação**

Se tiver dúvidas, quiser fazer sugestões ou recomendar alterações não deixe de contactar!