

Tomás Herculano Diniz de Carvalho

**Deteção Remota e o Algarve:
cartografia, usos do território e
paisagem**



2017

Tomás Herculano Diniz de Carvalho

**Deteção Remota e o Algarve:
cartografia, usos do território e
paisagem**

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Trabalho efetuado sob orientação de:

Prof. Doutor Nuno de Figueiredo de Santos Loureiro



UAAlg FCT

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

2017

Deteção Remota e o Algarve: cartografia, usos do território e paisagem

“Declaro ser o(a) autor(a) deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.”



Copyrightem nome de Tomás Herculano Diniz de Carvalho

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

Agradecimentos

Gostaria de deixar os meus agradecimentos a todos os meus professores que me acompanharam durante esta jornada e me disponibilizaram ao longo destes anos toda a ajuda e apoio necessários. Em especial queria deixar um agradecimento ao Professor Doutor Nuno de Figueiredo de Santos Loureiro pelo tempo dispendido, pela ajuda, presença, disponibilidade, compreensão e paciência durante o realizar desta dissertação e ao Professor Doutor Luís Nunes e Professora Doutora Margarida Ribau por toda a ajuda e conselhos dados ao longo de todo o curso.

Queria agradecer a toda a minha família pelo apoio incondicional e por sempre acreditarem em mim e me apoiarem. Em especial queria agradecer ao meu pai, à Anita e ao meu irmão Miguel por toda a força, confiança e por estarem sempre lá seja para o que fosse, e claro pelo financiamento do curso. Queria agradecer também à minha mãe e irmão Diogo por toda a força e a energia e por me apoiar em todas as minhas decisões.

Queria ainda deixar uma forte agradecimento a todos os meus amigos que representaram um papel muito importante nesta minha conquista, em especial à minha namorada Vânia, à minha prima Catarina, ao meu treinador Lauro e poucos mais que estiveram sempre ao meu lado e sem eles isto não seria possível.

Índice

Agradecimentos	iv
Índice	v
Índice de figuras	vi
Resumo.....	vii
Abstract	vii
Palavras chave.....	vii
1.Introdução.....	1
1.1. Justificação do tema.....	1
1.2. Satélites e Deteção Remota	2
1.3. Programa Landsat	4
1.4. Os satélites Landsat.....	5
1.4.1. Missão LANDSAT 8	8
2. Análise da Vegetação e o Índice NDVI	11
2.1.NDVI	11
2.1.1. NDVI e Séries Multitemporais	12
2.1.2. Erros associados às séries temporais.....	14
3. Ojetivo da Investigação	17
4. Metodologia.....	17
4.1. Caraterização da área de estudo.....	17
4.2. Programa QGIS.....	20
4.3. Obtenção das imagens.....	22
4.4. Análise das bandas CFMask e CFMask_conf.....	24
4.5. Clip CFMask e CFMask_conf.....	25
4.6. r.report	27
4.7. r.reclass	27
4.8. Análise do NDVI.....	29
4.9. NDVI * cfmask_null_clean.....	29
4.10. NDVI clip 4 grelhas	31
4.11. <i>Shape</i> de pontos aleatórios.....	33
5. Resultados e discussão.....	35
5.1. NDVI no Algarve	36
Altimetria.....	37

Concelhos	38
Geologia e Litologia	39
5.2. NDVI nos quatro quadrantes da região.....	41
5.3. NDVI Barlavento vs NDVI Sotavento	43
6. Conclusão	47
Referências Bibliográficas	49

Índice de figuras

Figura 1: Algarve e Observação da Terra por Detecção Remota	1
Figura 2: Cronologia projetos Landsat (USGS Science for a Changing World, 2016)	8
Figura 3: Distribuição das principais espécies indígenas de vegetação do Algarve (Alves, 2017)	19
Figura 4: Preenchimento do menu de seleção da área pretendida para extração das imagens.22	
Figura 5: Listagens de imagens resultantes da pesquisa.	23
Figura 6: Ficheiro *.txt para o pedido das imagens.	23
Figura 7: Preenchimento dos campos para o pedido das imagens.....	24
Figura 8: <i>Clip</i> CFmask e CFmas_conf com os limites administrativos do Algarve.....	25
Figura 9: Preenchimento da janela do " <i>clip</i> ".	26
Figura 10: CFmas e CFmask_conf do Algarve.....	26
Figura 11: Preenchimento da janela r.report.....	27
Figura 12: Ficheiro *.txt para o r.reclass.	28
Figura 13: Preenchimento da janela r.reclass.	28
Figura 14: Preenchimento da janela do <i>clip</i> do NDVI.	29
Figura 15: Multiplicação do <i>raster</i> do NDVI com o CFmask.....	30
Figura 16: NDVI_null_clean do Algarve.....	31
Figura 17: As quatro grelhas para o <i>clip</i> do CFmask_null_clean.....	31
Figura 18: Preenchimento da janela para o <i>clip</i> das quatro grelhas.....	32
Figura 19: <i>Clip</i> das quatro grelhas para o Cfmask_null_clean.	32
Figura 20: <i>Shape</i> dos pontos Aleatórios.....	33
Figura 21: Preenchimento da janela de atribuição de valores de NDVI aos pontos aleatórios..	34
Figura 22: Pontos aleatórios e informação dos valores de NDVI para a grelha número 3.	34
Figura 23: Tabela CFmask % de <i>clean</i>	35
Figura 24: NDVI Algarve vs datas.	36
Figura 25: Comparação do NDVI com a altimetria do Algarve.....	38
Figura 26: Comparação do NDVI com a distribuição dos concelhos da região algarvia.	39
Figura 27: Comparação do NDVI com as linhas de geologia e litologia do Algarve.	40
Figura 28: NDVI grelha 1 vs datas; NDVI grelha 2 vs datas: NDVI grelha 3 vs datas; NDVI grelha 4 vs datas.....	41
Figura 29: NDVI grelhas 1, 2, 3 e 4 vs datas.	42
Figura 30: NDVI barlavento vs NDVI sotavento.	44
Figura 31: Tabela de diferenças de amplitude do barlavento vs sotavento.	45

Resumo

A informação obtida por deteção remota sustenta um domínio de conhecimento que tem sofrido grande evolução nos últimos anos, abrindo cada vez mais o leque de potenciais aplicações relacionadas com a observação da superfície da terra recorrendo à deteção remota. Os satélites LANDSAT 8 e SENTINEL-2, dois dos mais recentes a entrar em órbita, estão na vanguarda da tecnologia de Observação da Terra por deteção remota, apresentando melhor resolução espacial, espectral e temporal em relação a satélites anteriores.

A informação obtida por deteção remota tem vindo a ser aplicada em diversas áreas de estudo e torna-se agora relevante compreender qual a potencialidade dessa informação para Portugal e, mais especificamente, para o Algarve. Surge assim um estudo de caso da análise temporal e espacial da presença de stress hídrico da vegetação, com a utilização do Índice e NDVI.

Abstract

The information obtained by remote sensing sustains a domain of knowledge that has undergone great evolution in recent years, increasingly opening the range of potential applications related to the observation of the earth's surface using remote sensing. The LANDSAT 8 and SENTINEL-2 satellites, two of the most recent to orbit, are at the forefront of Earth observation technology by remote sensing, presenting better spatial, spectral and temporal resolution compared to previous satellites.

The information obtained by remote sensing has been applied in several areas of study and it is now relevant to understand the potential of this information for Portugal and, more specifically, for the Algarve. Thus, a case study of the temporal and spatial analysis of the presence of water stress of the vegetation, using the Index and NDVI.

Palavras chave: Deteção remota, LANDSAT 8, satélites, uso dos solos, índices de vegetação, NDVI.

1.Introdução

1.1.Justificação do tema

Este tema surge em resposta à iniciativa de disponibilização dos dados de deteção remota de forma gratuita e simplificada adotada pelo USGS, a qual estimulou um grande crescimento na procura e consequente exploração desse tipo de informação. Adicionalmente surgiu uma nova fonte de dados de deteção remota, em resultado do início da operacionalidade da missão SENTINEL-2. Landsat e Sentinel têm vindo a estimular, nos anos mais recentes, um enorme crescimento de todo o domínio de investigação e saber do setor da Observação da Terra a partir de satélites.

Este crescimento é, por certo, resultado da evolução exponencial das tecnologias utilizadas para a aquisição de imagens por deteção remota (Fig. 1), abrindo um grande leque de potencialidades para a utilização desta informação em numerosas aplicações.

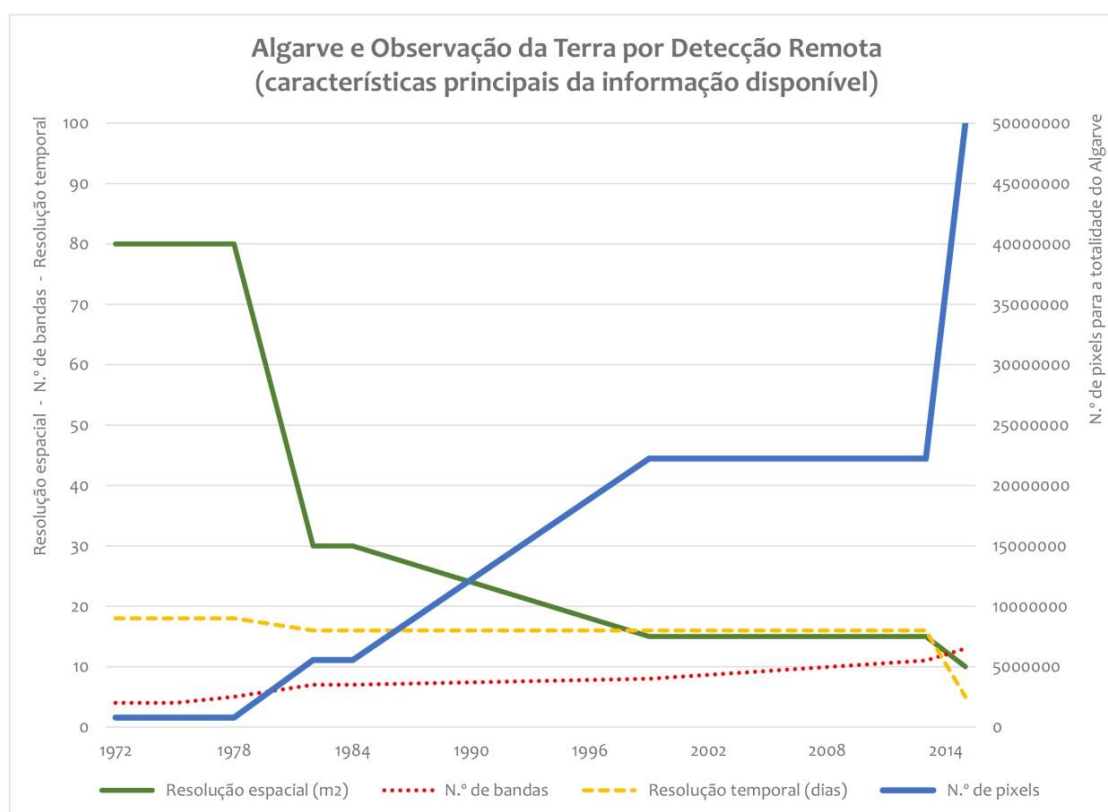


Figura 1: Algarve e Observação da Terra por Deteção Remota

Surge assim a ambição de, com este trabalho, contribuir-se, ainda que simbolicamente, para a compreensão das potencialidades de utilização destas novas fontes de informação para uma região pequena mas heterogénea como o Algarve.

1.2. Satélites e Detecção Remota

A superfície da Terra encontra-se em constante mudança. Para além das mudanças que ocorrem naturalmente, o Homem também é responsável por grande parte de outras alterações, uma vez que depende do uso dos solos para a maioria das suas atividades. A juntar a esta necessidade existem interesses económicos, políticos, culturais, históricos e de propriedade das terras que causam conflitos e, conseqüentemente, o uso e alteração da superfície terrestre de forma brusca e não sustentável (Rozenstein & Karnieli, 2011). Verifica-se que na sua maioria as mudanças drásticas e profundas da superfície da Terra devem-se, de forma direta e indireta, às atividades humanas. O Homem contribui com a rápida e por vezes descontrolada construção e edificação, com a intensa desflorestação, a agricultura massiva, a deflagração de grandes incêndios e a exploração mineira, e de forma indireta com as alterações climáticas que causam o acelerado degelo e a subida do nível médio do mar. Estas rápidas e, muitas vezes, insustentáveis e irreversíveis alterações da superfície terrestre podem ser encontradas tanto à escala global como local, causando grandes impactes a nível social, ambiental e económico. No intuito de fornecer informação rigorosa, detalhada e atualizada, proporcionando ferramentas de gestão do território, existem vários satélites que orbitam em torno do planeta Terra captando imagens, monitorizando estas mudanças, fornecendo um conjunto de dados e indicadores relevantes, úteis, imparciais e de fácil acesso (USGS, 2016).

O *U.S. Geological Survey* (USGS) é um programa de observação da Terra que nasceu no rescaldo de um congresso em 1879, e que ao longo de 125 anos desenvolveu um vasto conhecimento sobre a ciência e tecnologias de observação da superfície terrestre (USGS Science for a Changing World, 2016). O programa fornece um portal aberto com o maior arquivo de dados de deteção remota do mundo, de acesso

contínuo e gratuito, disponibilizando imagens da superfície da Terra desde do início do programa *Land Remote Sensing* (LRS) até aos dias de hoje(USGS , 2016). O LRS é um programa que assenta em três componentes principais: I. missões de deteção remota e aquisição de dados; II. preservação e acesso a dados a longo prazo; e III. pesquisa por deteção remota e utilização de dados(USGS & USDI, 2007).O objetivo principal deste programa é fornecer ao governo dos E.U.A. e ao público em geral uma fonte primária de dados de deteção remota, passíveis de serem utilizados para a avaliação de impactes de desastres naturais, monitorização de atividades como a agricultura e a construção, monitorização de impactes das alterações climáticas, alterações da linha de costa, entre muitas outras aplicações possíveis (USGS , 2016).

Com a mesma finalidade da USGS, mas ainda a dar os primeiros passos na aquisição e disponibilização de dados por deteção remota, encontra-se a *European Space Agency* (ESA). Trata-se de uma organização internacional que conta com 22 estados membros. A sua missão é a elaboração e execução do programa espacial europeu, o qual tem como objetivos conhecer melhor a Terra, o seu ambiente espacial, o sistema solar e o Universo. Neste sentido, uma das incumbências da ESA é o desenvolvimento de tecnologias e serviços de satélites que se destinam à recolha de dados de imagens de satélite da superfície da Terra para diversas aplicações. A missão Sentinel é um exemplo das estratégias adoptadas para cumprir tais incumbências (ESA, 2016).

Todos os dados adquiridos através de deteção remota fornecem informação que permite uma melhor compreensão dos ecossistemas, dotando os especialistas e a população em geral da capacidade de prever alterações nos referidos ecossistemas, possibilitando uma melhor gestão das atividades humanas e, conseqüentemente, a minimização dos impactes. Permite, igualmente criar a percepção e consciência da fragilidade e importância do ambiente para os seres humanos no que toca à saúde, à capacidade de resposta a desastres, às alterações climáticas e à disponibilidade de recursos. No sentido de dar continuidade à aquisição e recolha destes dados, através da deteção remota, o programa LRS foi um dos principais responsáveis pelo planeamento e continuidade da missão "*Landsat Data Continuity Mission*", a qual conta com os satélites Landsat que recolhem dados da superfície terrestre, para

apoiar estudos globais, desde 1972. Proporcionam, assim, a existência de uma base de dados de imagens da terra vista do espaço, com mais de 35 anos de duração e sendo as mais longas séries disponíveis(USGS& USDI, 2007).

1.3.Programa Landsat

O programa Landsat, em vigor há cerca de quatro décadas, recolhe continuamente imagens multiespectrais de resolução moderada da superfície da Terra, representando uma ferramenta única e importantíssima para estudos em diversas áreas como a agricultura, geologia, silvicultura, ordenamento de território, exploração mineira, educação, cartografia e análise das alterações da superfície terrestre a nível mundial (USGS Science for a Changing World, 2016). Para além destas aplicações, os dados recolhidos podem ainda ser utilizados para a gestão de recursos renováveis, bem como a sua exploração de forma sustentável, compreensão e posterior controlo de catástrofes naturais, rastreamento de derrames de petróleo e controlo de poluição (U.S. Geological Survey; U.S. Department of the Interior, 2016).

Esta missão é uma iniciativa conjunta da *U.S. Geological Survey* (USGS) e da *National Aeronautics and Space Administration*(NASA). A NASA é a responsável pelo desenvolvimento de todos instrumentos e sensores de deteção remota, bem como da construção dos satélites e seu lançamento, estando também a seu cargo a avaliação do desempenho destes instrumentos. Cabe à USGS assumir a manutenção dos aparelhos e operá-los, bem como gerir, arquivar e disponibilizar todos os dados recolhidos (National Science and Technology Council Executive Office of the President, 2014).

A missão "*Landsat Data Continuity Mission*" assenta em três políticas essenciais (NASA & USGS, 2008)

1. Garantir que os dados estão disponíveis para os utilizadores de forma simples e gratuita;

2. Assegurar a disponibilidade de dados rigorosos a todos os tipos de utilizadores, sejam eles civis, comerciais, entidades governamentais, comunidade científica e outros, sem atrasos na receção, processamento e distribuição da informação;
3. Garantir que o USGS é o proprietário e gestor da informação recolhida pelos satélites Landsat.

1.4.Os satélites Landsat

Esta missão, que já conta com oito satélites, iniciou-se operacionalmente a 23 de julho de 1972 com o lançamento do *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS-1). Este satélite, mais tarde renomeado LANDSAT 1, operou apenas durante 13 dias recolhendo 1692 imagens, embora tenha estado em órbita até 1978. A resolução espacial das imagens recolhidas foi de 80 metros. O LANDSAT 1 apresentava dois sensores, o *Return Beam Vidicon* (RBV) e o *Multispectral Scanner* (MSS), que operavam nas seguintes bandas (USGS Science for a Changing World, 2016):

- RBV
 - Banda 1, visível azul-verde: 0,475-0,575 μm ;
 - Banda 2, visível laranja-vermelho: 0,58-0,68 μm ;
 - Banda 3, vermelho e infravermelho próximo: 0,69-0,83 μm .
- MSS
 - Banda 4, visível verde: 0,50-0,40 μm ;
 - Banda 5, visível vermelho: 0,60-0,70 μm ;
 - Banda 6, infravermelho próximo: 0,70-0,80 μm ;
 - Banda 7, infravermelho próximo: 0,80-1,10 μm .

O segundo satélite deste projeto foi o LANDSAT 2, lançado a 22 de janeiro de 1975 e que permaneceu em órbita até 1983. Este satélite, à semelhança do LANDSAT 1, apresentava sensores RBV e MSS com uma resolução de 80 metros. O sensor RBV apresentava as mesmas bandas espectrais que o anterior e algumas das imagens captadas foram utilizadas para a cartografia de áreas remotas. O sensor MSS apresentava as mesmas características do LANDSAT 1 (USGS Science for a Changing World, 2016).

O terceiro satélite lançado foi o LANDSAT 3, a 5 de março de 1978 e permaneceu em órbita até 1983. Neste satélite o sensor RBV utilizava duas câmaras montadas lado a lado, as quais apresentavam uma resposta espectral pancromática e uma resolução de 40 metros, complementando desta forma a cobertura multiespectral do sensor MSS. O sensor MSS, para além das 5 bandas espectrais, apresentava também uma banda térmica (USGS Science for a Changing World, 2016):

- MSS
 - Banda 4, visível verde: 0,50-0,40 μm ;
 - Banda 5, visível vermelho: 0,60-0,70 μm ;
 - Banda 6, infravermelho próximo: 0,70-0,80 μm ;
 - Banda 7, infravermelho próximo: 0,80-1,10 μm ;
 - Banda 8, térmica: 10,40-12,60 μm .

O LANDSAT 4 foi o seguinte a ser lançado, a 16 de julho de 1982, permanecendo a orbitar a Terra até 1993. Disponibilizou uma resolução espacial de 30 metros para as bandas espectrais e 120 metros para a térmica. Este quarto satélite apresentava o sensor MSS que operava nas mesmas quatro bandas espectrais que os LANDSAT 1 e 2, aparecendo um novo sensor o *Thematic Mapper* (TM), o qual possibilitava sete bandas espectrais mais uma banda térmica (Loureiro, 2016):

- MSS
 - Banda 4, visível verde: 0,50-0,40 μm ;
 - Banda 5, visível vermelho: 0,60-0,70 μm ;
 - Banda 6, infravermelho próximo: 0,70-0,80 μm ;
 - Banda 7, infravermelho: 0,80-1,10 μm .
- TM
 - Banda 1, visível: 0,45-0,52 μm ;
 - Banda 2, visível: 0,52-0,60 μm ;
 - Banda 3, visível: 0,63-0,69 μm ;
 - Banda 4, infravermelho próximo: 0,76-0,90 μm ;
 - Banda 5, infravermelho próximo: 1,55-1,75 μm ;
 - Banda 6, térmica: 10,40-12,50 μm ;
 - Banda 7, infravermelho médio: 2,08-2,35 μm .

O LANDSAT 5 foi lançado a 1 de março de 1984, estabelecendo o recorde dos satélites de Observação da Terra a estarem operacionais durante mais tempo. Recolheu informação até 2011, ano em que perdeu o sensor TM. O sensor MSS continuou a fornecer dados até 2013. Este satélite assegurava a mesma resolução espacial que o LANDSAT 4, com 30 metros para as bandas espectrais e 120 metros para a banda térmica, operando também nas mesmas bandas tanto para o sensor MSS como para o sensor TM (Loureiro, 2016).

O LANDSAT 6 foi lançado a 5 de outubro de 1993. Todavia não conseguiu alcançar a sua órbita e converteu-se numa missão fracassada. Após o insucesso da missão LANDSAT 6 foi lançado, a 15 de abril de 1999, o LANDSAT 7 o qual ainda se encontra operacional. Este satélite apresenta um novo sensor, o *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), que opera com oito bandas espectrais de resolução de 30 metros, uma banda térmica com resolução de 60 metros e uma pancromática com resolução de 15 metros (USGS Science for a Changing World, 2016).

- ETM +
 - Banda 1, visível: 0,45-0,52 μm ;
 - Banda 2, visível: 0,52-0,60 μm ;
 - Banda 3, visível: 0,63-0,69 μm ;
 - Banda 4, infravermelho próximo: 0,77-0,90 μm ;
 - Banda 5, infravermelho próximo: 1,55-1,75 μm ;
 - Banda 6, térmica: 10,40-12,50 μm com alto e baixo ganho;
 - Banda 7, infravermelho médio: 2,08-2,35 μm ;
 - Banda 8, pancromática: 0,52-0,90 μm .

Para além destas características foi adicionada ao LANDSAT 7 uma funcionalidade de calibração de bordo, com um calibrador solar de abertura completo e um calibrador solar de abertura parcial (USGS Science for a Changing World, 2016).

O mais recente satélite a ser lançado pelo programa Landsat foi o LANDSAT 8. Foi lançado a 11 de fevereiro de 2013 e ainda se encontra operacional, em órbita à volta da Terra. Apresenta dois novos sensores ópticos, o *Operational Land Imager* (OLI), com nove bandas espectrais de resolução de 30 metros e uma banda

pancromática com 15 metros de resolução, e o *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* com duas bandas espectrais térmicas com 100 metros de resolução (Loureiro, 2016):

- OLI
 - Banda 1, aerossóis costeiros: 0,43-0,45 μm ;
 - Banda 2, visível azul: 0,45-0,51 μm ;
 - Banda 3, visível verde: 0,53-0,59 μm ;
 - Banda 4, vermelho: 0,64-0,67 μm ;
 - Banda 5, próximo do infravermelho: 0,85-0,88 μm ;
 - Banda 6, SWIR 1 (infravermelhos de onda curta): 1,57-1,65 μm ;
 - Banda 7, SWIR 2 (infravermelhos de onda curta): 2,11-2,29 μm ;
 - Banda 8, pancromática: 0,50-0,68 μm ;
 - Banda 9, cirros: 1,36-1,38 μm .
- TIRS
 - Banda 10, TIRS 1 (infravermelhos térmicos): 10,6-11,19 μm ;
 - Banda 11, TIRS 2 (infravermelhos térmicos): 11,5-12,51 μm .

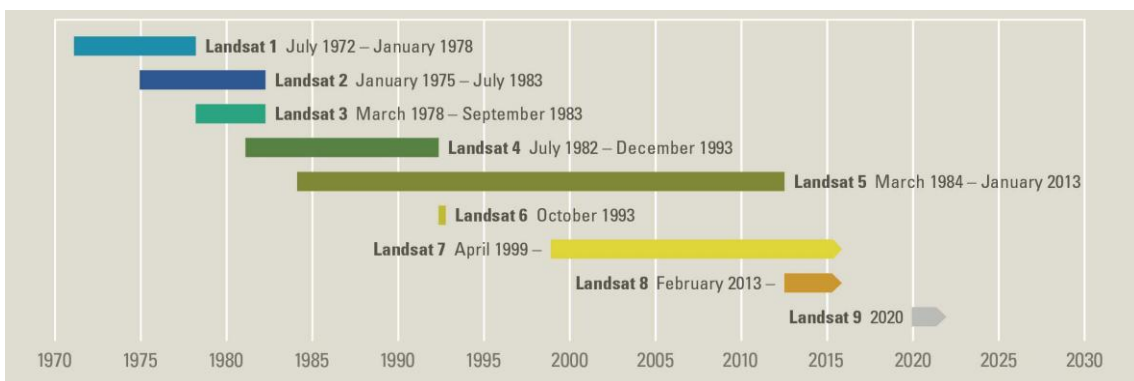


Figura 2: Cronologia projetos Landsat (USGS Science for a Changing World, 2016)

1.4.1. Missão LANDSAT 8

A 30 de maio de 2013 ficaram disponíveis os primeiros dados da missão LANDSAT 8. À semelhança das anteriores, esta missão vem dar continuidade ao legado de aquisição contínua de dados de deteção remota de resolução moderada dos satélites Landsat (USGS Science for a Changing World, 2016). O novo satélite pretendeu aumentar a capacidade de deteção e de caracterização quantitativa das alterações da superfície terrestre a uma escala global, possibilitando a diferenciação

entre as causas naturais e as induzidas pelo Homem. Esta capacidade acrescida do LANDSAT 8 é a possível através da introdução dos dois novos sensores, o OLI e o TIRS já referidos. Assim, assumem-se como objetivos principais desta missão (Loveland & Irons, 2016):

- Adquirir e arquivar imagens multiespectrais de resolução moderada da superfície da Terra durante pelo menos 5 anos;
- Adquirir e arquivar imagens multiespectrais térmicas de resolução moderada da superfície da Terra durante pelo menos 3 anos;
- Garantir a consistência dos dados em termos de geometria de aquisição, calibração, características de cobertura, características espectrais e espaciais, qualidade dos dados e disponibilidade dos dados.
- Assegurar a distribuição dos dados a todos os interessados e sem custos para os utilizadores.

No sentido de atingir os objetivos propostos, as principais melhorias do LANDSAT 8, em relação aos anteriores, são (Loveland & Irons, 2016):

- Aquisição de informação em 11 bandas de imagens multiespectrais, 9 com o sensor OLI de resolução espacial de 30 metros e 2 com o sensor TIRS de resolução espacial de 100 metros;
- Alteração das tecnologias dos instrumentos, possibilitando a calibração em órbita, melhorias na relação sinal-ruído de cada banda, resolução radiométrica de 12 bits e melhor capacidade de geolocalização.
- Maior capacidade de aquisição de imagens;
- Maior rede de pontos terrestres, possibilitando uma rápida transmissão dos dados para o USGS, para processamento e disponibilização em tempo quase-real aos utilizadores.

O LANDSAT 8 encontra-se a uma altitude de 705 km movendo-se de Norte a Sul, no lado iluminado da Terra, numa órbita síncronica solar completando uma volta a cada 99 minutos, perfazendo um total de 14 órbitas por dia o que resulta numa passagem sobre o mesmo ponto da Terra a cada 16 dias (U.S. Geological Survey; U.S. Department of the Interior, 2016).

Os produtos LANDSAT 8 estão disponíveis para os utilizadores de todo o mundo desde dezembro de 2013. O fornecimento desta informação é da responsabilidade do USGS, que disponibiliza informação sistemática de alta qualidade geométrica e radiométrica, sem quaisquer custos para os utilizadores. Os formatos em que esta informação está disponível são o *Georeferenced Tagged Image File Format* (GeoTIFF) e o *Joint Photographic Expert Group* (.jpg) para imagens de alta resolução em cor natural (U.S. Geological Survey; U.S. Department of the Interior, 2016).

2. Análise da Vegetação e o Índice NDVI

A informação obtida por deteção remota tem sido bastante utilizada para estudos relacionados com a caracterização e monitorização da vegetação. Nesse sentido tem sido explorado o potencial desta informação para diversas aplicações, como a agricultura que usa tais informações para apoio à tomada de decisão, para controlo e gestão de culturas, previsão da produção agrícola, gestão do uso da água e irrigação, análise do estado das culturas e monitorização de secas (Santos & Gonçalves, 2014). Outra das aplicações possíveis é a do mapeamento da floresta a nível global, sendo possível através de uma análise temporal calcular não só a área florestal mas também o seu avanço/recuo. O “*Landsat Pathfinder Humid Tropical Deforestation Project*” foi o primeiro projeto de utilização da deteção remota para a medição da desflorestação, neste caso da Amazónia (Feng et al., 2016).

Para a aplicação da deteção remota na monitorização da variação da vegetação torna-se importante o recurso a índices de vegetação, ou seja, à combinação aritmética de duas ou mais bandas relacionadas com características espectrais da vegetação. A utilização destes índices serve para eliminar alguns erros causados por fatores ambientais. Um dos índices de vegetação mais usados é o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), o qual permite anular uma grande parte dos erros derivados de diferentes ângulos de incidência da radiação solar, efeitos de topografia, nuvens, sombras e condições atmosféricas.

2.1.NDVI

O NDVI é um dos mais comuns índices de monitorização da cobertura vegetal, cuja informação é recolhida desde do início dos anos 80 (Bradley et al., 2007). O NDVI representa um índice de vegetação que se baseia no rácio entre a reflexão da luz do infra-vermelho próximo e a absorção da luz visível, uma vez que todas as plantas absorvem a luz da gama do visível para a realização da fotossíntese. A medição destes dois indicadores é, portanto, um indicativo do crescimento das plantas bem como do seu estado de vivacidade, e permite fazer uma gestão e monitorização das culturas percebendo se se encontram com excesso ou défice de água, bem como estimar o seu crescimento (Altaweel, 2017).

O NDVI pode ser útil em muitos outros estudos para além da medição e estimativa do crescimento de culturas. Esta ferramenta pode ajudar na distinção entre variedades de vegetação, como a vegetação espontânea ou a cultivada, e pode ter um papel importante na identificação e controlo de mudanças sazonais, percebendo como as culturas podem ser afectadas com secas de curto prazo ajudando a criar medidas minimização de impactes(Altaweel, 2017).

2.1.1. NDVI e Séries Multitemporais

A análise de dados de séries temporais, obtidos por deteção remota, é uma fonte de informação importante para a compreensão da cobertura do solo. Estasséries temporais, baseadas no NDVI, são fundamentais para a avaliação remota da fenologia da vegetação bem como para observações numéricas relacionadas com dinâmicas do coberto vegetal. O NDVI surge assim como um indicador da biomassa acima do solo devido à alta correlação entre a densidade de folhas verdes, a produção primária líquida e os fluxos de CO₂(Bradley et al., 2007).

Atualmente, com o aparecimento de novas e melhores técnicas de recolha de dados por deteção remota, onde cada vez é possível obter uma maior resolução espacial, temporal e espectral, o desenvolvimento de metodologias para a análise dos dados multitemporais surge como um dos maiores desafios desta área de estudo(Martínez & Gilabert, 2009).

A dinâmica da vegetação pode ser estudada através de diferentes escalas temporais, onde geralmente a fenologia da vegetação segue padrões sazonais ao longo do ano ou ao longo de ciclos anuais. Numa análise intra-anual os indicadores de crescimento da vegetação podem ser afetados de forma natural por flutuações climáticas de curto prazo, e por factores antropogénicos localizados e sem grandes impactes. Por outro lado, numa análise inter-anual, ou seja fazendo uma análise a longo prazo ao longo de ciclos anuais, os indicadores de crescimento podem ser afectados pelas alterações climáticas de longo prazo e por factores antropogénicos mais severos(Bradley et al., 2007).

Para diferentes tipos de metodologias de análise de séries multitemporais recorre-se a diferentes tipos de imagens, temos assim as análises intra-anuais e inter-

anuais(Martínez & Gilabert, 2009). A análise intra-anual monitoriza mudanças sazonais de curto prazo através da análise da fenologia da vegetação, isto é, através da análise das diferentes características do coberto vegetal ao longo das estações como a queda de folha, floração, precipitação e períodos de seca de curta duração.A análise intra-anual pode ainda monitorizar pequenas mudanças na fenologia da vegetação derivadas de efeitos antropogénicos, como a extração excessiva de águas subterrâneas, alterações das características dos solos ou perda de coberto vegetal por incêndios florestais(Bradley et al., 2007). A análise inter-anualmonitoriza mudanças da vegetação a longo prazo,podendo fornecer informação relativamente ao estado de “saúde” de uma cultura bem como da perda de densidade de vegetação e conseqüentemente da degradação dos solos. Este tipo de análise pode ainda demonstrar os efeitos de mudanças drásticas como a degradação de uma cultura por desflorestação ou por urbanização, bem como fornecer informação relativamente à resposta da vegetação face a eventos relacionados com as alterações climáticascomo, por exemplo, longos períodos de seca(Martínez & Gilabert, 2009).

Resumidamente a análise intra-anual transmite informação relativamente à fenologia da vegetação como o valor mínimo e máximode NDVI e amplitude dos ciclos fenológicos. A análise inter-anual serve para calcular o valor médio de NDVI de uma cultura, detetar padrões e tendências de mudança a longo prazo, e para cartografia das mudanças da ocupação e uso dos solos (Martínez & Gilabert, 2009).

Este género de séries temporais de NDVI geralmente não são estacionárias, ou seja são séries que apresentam diferentes componentes de frequência como variações sazonais e flutuações de curto e longo prazo, características que podem afectar toda estrutura da série. Podem-se assim caracterizar este tipo de séries por padrões como a sazonalidade, tendências, mudanças abruptas localizadas ou descontinuidades resultantes de perturbações. Para o estudo destas séries temporais não estacionárias de NDVI pode ser utilizado o *multi-resolution analysis* (MRA) baseado no *wavelet transform* (WT)(Martínez & Gilabert, 2009).

O estudo de séries temporais de NDVI utilizando a ferramenta MRA consiste no estudo do sinal com uma resolução mais grosseira, de forma a obter-se uma visão mais geral e progressivamente aumentar a resolução, ou seja este procedimento permite decompor o sinal em diferentes componentes temporais possibilitando uma análise de várias escalas temporais. Uma vez que é utilizada uma série temporal não estacionária o processo mais eficaz para esta análise é o WT. Este método baseia-se na decomposição das séries temporais, de acordo com uma janela ajustada à escala, possibilitando a análise das diferentes secções do tempo. Desta maneira, a técnica do MRA baseado no WT permite a identificação da presença de padrões como eventos sazonais de curta duração, tendências ou perturbações que possam existir na série temporal (Martínez & Gilabert, 2009).

Resultados baseados num estudo realizado por Martínez e Gilabert para Espanha, utilizando a análise *wavelet*, demonstraram que esta fornece informações relevantes relativamente à dinâmica da vegetação a escala regional, nomeadamente o valor de NDVI médio e mínimo, a amplitude do ciclo fenológico, o momento onde o valor de NDVI atinge o máximo e magnitude da mudança da cobertura do solo (Martínez & Gilabert, 2009).

2.1.2. Erros associados às séries temporais

Na análise de séries temporais de NDVI os dados de deteção remota nem sempre são obtidos com a melhor qualidade. Isto deve-se ao facto de existirem perturbações como nuvens, sombras e massas de água superficiais, entre outras causas possíveis. Assim, o potencial destes dados é muitas vezes prejudicado pela baixa qualidade das imagens recolhidas, associada não apenas às condições atmosféricas e dos solos mas também a problemas na calibração dos instrumentos e mudanças de ângulos dos sensores. Estas perturbações originam dados com valores anormalmente baixos tornando difícil a identificação dos indicadores fenológicos (Bradley et al., 2007).

De forma a obter dados livres de perturbações é necessário recorrer a métodos que possibilitem a redução da contaminação destes dados. Com esse objetivo surgiu inicialmente o método *Maximum Value Compositing* (MVC) no qual a informação

recolhida é temporariamente composta para reter os valores de NDVI mais elevados dentro de uma janela temporal fixa, e mais tarde é apresentado o método *Best Index Slope Extraction* (BISE), o qual utiliza uma janela de tempo deslizante para reter valores máximos de NDVI locais. Estes métodos são utilizados para criar bases de dados semanais, quinzenais ou mensais reduzindo o aparecimento de erros diários relacionados com perturbações atmosféricas ou com o tipo de solos (Bradley et al., 2007).

Contudo existem ainda ferramentas que podem ser utilizadas para identificar perturbações atmosféricas ou relacionadas com o tipo de solos em cada imagem, permitindo perceber a percentagem da imagem que é afetada por estes obstáculos visuais de maneira a perceber as imagens que estão em condições de ser utilizadas para o estudo. Uma das ferramentas é o CFmask, esta é um algoritmo que tem como finalidade preencher os *pixels* correspondentes a nuvens, sombras de nuvens, neve ou massas de água para o processamento de dados *Landsat Collection level-1*. O CFmask deriva de uma função máscara (Fmask) de um algoritmo criado em MATLAB e traduzido para C no USGS EROS, para mais fácil implementação em ambiente de trabalho. É um algoritmo de passagem múltipla que serve para rotular, validando ou rejeitando, a informação contida em cada pixel, assim é criada uma máscara de sombra para os *pixels* que se encontram com “ruído”, projetando-a no chão apagando na imagem os *pixels* cuja informação não se encontra útil para ser trabalhar (USGS, 2017).

Contudo o CFmask tem algumas limitações nomeadamente no reconhecimento de objetos brilhantes como gelo e neve, praias e dunas, lagos e nuvens de baixa densidade tendo sido apenas validado para a deteção de nuvens e sombras de nuvens (USGS, 2017).

Apesar de todas as técnicas que possam ser utilizadas para a minimização do “ruído” das imagens a variabilidade sazonal e as diferenças de sensibilidade para as condições ambientais pode muitas vezes tornar estas análises especialmente desafiadoras em alguns locais. Assim, a utilização de várias técnicas em simultâneo é sempre uma mais-valia para a obtenção de dados mais consistentes e fidedignos.

É esta adaptabilidade e simplicidade de utilização do NDVI para o estudo do coberto vegetal que proporcionaram que fosse das técnicas de detecção remota remoto mais utilizadas para monitorizar a agricultura e o mapeamento de mudanças da ocupação e usos dos solos(Bradley et al., 2007).

3. Ojetivo da Investigação

Consiste na análise temporal e espacial da presença e severidade do stress hídrico da vegetação na região do Algarve, através de uma série temporal de imagens provenientes de deteção remota. Realizar-se-á uma comparação ao longo de anos hidrológicos (1 de setembro a 31 de agosto do ano civil seguinte) da ocorrência de vegetação espontânea ou cultivada na região algarvia, em intervalos de 16 dias, recorrendo a imagens e produtos LANDSAT 8 SR (*soil reflectance*), com particular incidência no indicador NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).

Após esta análise irá proceder-se à discussão e posterior validação ou rejeição da hipótese de que o Barlavento tem valores de NDVI superiores e amplitudes de variação sazonal inferiores, quando comparado com o Sotavento.

4. Metodologia

4.1. Caraterização da área de estudo

O Algarve encontra-se no extremo ocidental da Europa e no sul de Portugal. É uma região fortemente influenciada por características mediterrâneas o que lhe confere um clima e uma geomorfologia que permitem a existência de um coberto vegetal variado.

A região algarvia tem uma longa tradição de utilização dos solos para a agricultura, tendo cerca de 100.000ha de solos agrícolas, concentrados essencialmente no Litoral e no Barrocal meridional, cultivando diversas espécies autóctones e não autóctones. Contudo ainda se podem encontrar vestígios da quase extinta vegetação autóctone da orla mediterrânea, designada por *Oleo-Ceratonion* devido às duas árvores principais que a constituem: o zambujeiro ou oliveira brava (*Olea europaea*) e a alfarrobeira (*Ceratonia siliqua*) (Ecosistemas, 2009).

A floresta algarvia localiza-se essencialmente na Serra, na área correspondente ao complexo xisto-grauváquico do Carbónico e à mancha dos sienitos de Monchique. Ocupa cerca de 62.000ha, que devido a toda a degradação que tem vindo a sofrer já

não formar as típicas florestas, adquirindo agora um porte de matagal onde predominam as espécies de grande porte como o sobreiro, o medronheiro, o eucalipto, o pinheiro e a azinheira. Podem ser encontradas também formações de montado de sobro, grandes áreas de esteva (*Cistus ladanifer*), tojo (*Ulex argenteus* e *Strauracanthus genistoides*), rosmaninho (*Lavandula luisieri*) entre outras espécies aromáticas, medicinais e melíferas. Nas zonas de sequeiro embora em fase de degradação progressiva, predominam espécies como a figueira, amendoeira, alfarrobeira, oliveira e videira. Como vegetação espontânea característica na maior parte da região aparecem espécies como o azinho, carrasco e o medronheiro, e ainda pode ser encontrado na serra de Monchique um núcleo de carvalhos (*Quercus canariensis* e *Quercus faginea*), espécies que são indígenas ibéricas, já raras em Portugal e encontrando-se seriamente ameaçadas (Ecosistemas, 2009).

O Litoral algarvio divide-se em duas sub-regiões distintas. O Sotavento, constituído por praias arenosas que se estendem de Quarteira a Vila Real de Santo António, e o Barlavento, constituído por falésias rochosas que vão desde Quarteira até ao Cabo de S. Vicente. O principal coberto vegetal desta zona encontra-se nas dunas apresentando adaptações morfológicas e fisiológicas que lhes permitem sobreviver em condições de extremas características das zonas costeiras como a alta salinidade, ventos fortes e escassez de água doce. Uma das espécies comuns desta zona é a palmeira anã (*Chamaerops humilis*), sendo a única que é espontânea na Europa, surgindo no Algarve em solos arenosos e geralmente em colinas e barrancos secos e expostos ao Sol, apresentando uma forma anã e constituindo pequenas moitas dispersas (Ecosistemas, 2009).

Ainda no litoral em zonas estuarinas, lagos e baías encontram-se os sapais, com solos lodosos, que apresentam um coberto vegetal bastante peculiar encontrando-se submerso durante a preia-mar e ficando a descoberto durante a baixa-mar (Ecosistemas, 2009).

Uma vez apresentadas as características do coberto vegetal da região do Algarve a imagem seguinte (Fig. 3) demonstra as espécies principais indígenas do Algarve bem como a sua distribuição geográfica ao longo do país (Alves, 2017).



Figura 3: Distribuição das principais espécies indígenas de vegetação do Algarve (Alves, 2017)

4.2. Programa QGIS

O programa QGIS é a plataforma utilizada para o tratamento e análise das imagens obtidas por detecção remota utilizadas no estudo de caso. Assegura aos utilizadores um conjunto de funcionalidades GIS fornecidas por recursos principais e por um conjunto de *plugins*(QGIS, 2017).

Neste programa é possível a sobreposição de dados vectoriais e matriciais em diferentes formatos sem que seja necessário a sua conversão num formato em comum, sendo que os principais formatos suportados são os seguintes(QGIS, 2017):

- Como formatos vectoriais suportados pela biblioteca OGR estão o PostGIS, Spatialite e MS SQL Spatial e Oracle Spatial, incluindo arquivos de forma ESRI, MapInfo, SDTS e GML;
- Como formatos *raster* suportados pela biblioteca GDAL estão o GeoTIFF, ERDAS IMG, ArcInfo ASCII GRID, JPEG e PNG;
- Dados *raster* e vectoriais da base de dados GRASS;
- Serviço de dados *online* como OGC Web Services incluindo WMS, WMTS, WCS, WFS e WFS-T.

Para a exploração destes dados é possível a composição de mapas e a sua exploração de forma interactiva através de ferramentas do QGIS como o Navegador QGIS, Reprojeção *On-the-Fly*, Gestor BD, Compositor de Mapas, Painel de Vista Global, Marcadores espaciais, Ferramentas de anotação, Identificar/selecionar elementos, Editar/ver/procurar atributos, Etiquetagem de características definidas por dados, Ferramentas de simbologia de vetores e *rasters* definidos por dados, Composição de mapas com diferentes *layers*, Barra de escala, Seta de indicação do norte, Rótulo de autoria para mapas e Suporte para guardar e restaurar projetos. Estão ainda disponíveis ferramentas de edição, criação, gestão e exportação de *layers* vectoriais e *rasters* que possibilitam as seguintes funcionalidades(QGIS, 2017):

- Digitalização para formatos compatíveis com OGR e *layers* de vetores GRASS;
- Criação e edição de *shapefiles* e *layers* vectoriais GRASS;

- Georreferenciação de imagens através do *Georeferencer plugin*;
- Importação e exportação de dados em formato GPX bem como converter formatos de GPS para GPX;
- Baixar/enviar dados diretamente para uma unidade GPS;
- Suporte para visualizar e editar dados *OpenStreetMap*;
- Criação de tabelas de base de dados espaciais par *shapefiles* com o *plugin DB Manager*;
- Tratamento melhorado de tabelas de bases de dados espaciais;
- Gestão de tabelas de atributos vetoriais;
- Opção para guardar *screenshots* como imagens georreferenciadas;
- Exportação de estilos e *plugins* para executar funções semelhantes a CAD.

Todas estas ferramentas do QGIS permitem aos utilizadores realizar tarefas como análises, amostragens, geoprocessamento, geometria e gestão de base de dados. Para diferentes funcionalidades é possível ainda a utilização de ferramentas do GRASS integradas bem como dos diferentes plugins que fornecem uma poderosa estrutura de análise geoespacial para a utilização de algoritmos nativos ou do QGIS como GDAL, SAGA, GRASS, fTools entre outros (QGIS, 2017).

4.3. Obtenção das imagens

A primeira fase deste trabalho consistiu na extração das imagens de detecção remota. Para a obtenção destas imagens, em primeiro lugar é necessário criar uma conta no website da USGS, em "<https://earthexplorer.usgs.gov/>". Uma vez criada a conta e feito o *login* as imagens pretendidas podem ser consultadas através do preenchimento de três menus:

- *Search Criteria* – Neste menu é selecionada a área do território que é pretendida analisar bem como o intervalo temporal desejado para a pesquisa das imagens. Assim são preenchidos os campos como ilustra a imagem seguinte (Fig. 4) onde os *path 203* e o *row 34* correspondem à localização geográfica da região do Algarve e as datas ao ano de 2016, ficando toda a pesquisa à base de dados limitada geográfica e temporalmente à informação cedida.

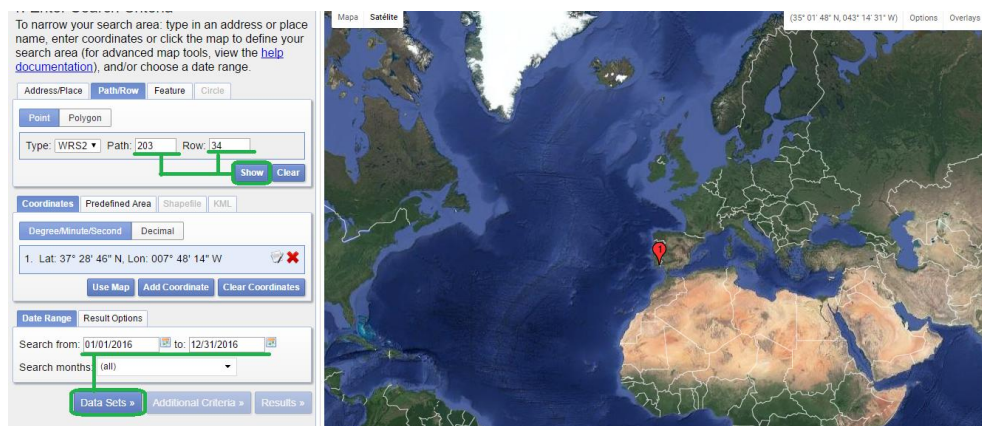


Figura 4: Preenchimento do menu de seleção da área pretendida para extração das imagens.

- *Data Sets* – Neste menu são selecionados os satélites dos quais são pretendidas as imagens. Neste caso as imagens do *Landsat 8* estão na pasta ***Landsat Archive>>Pre-Collection>>L8 OLI/TIRS***.
- *Results* – Uma vez selecionada a opção "*Results*" é disponibilizada a listagem de imagens de acordo com a informação preenchida anteriormente (Fig. 5).

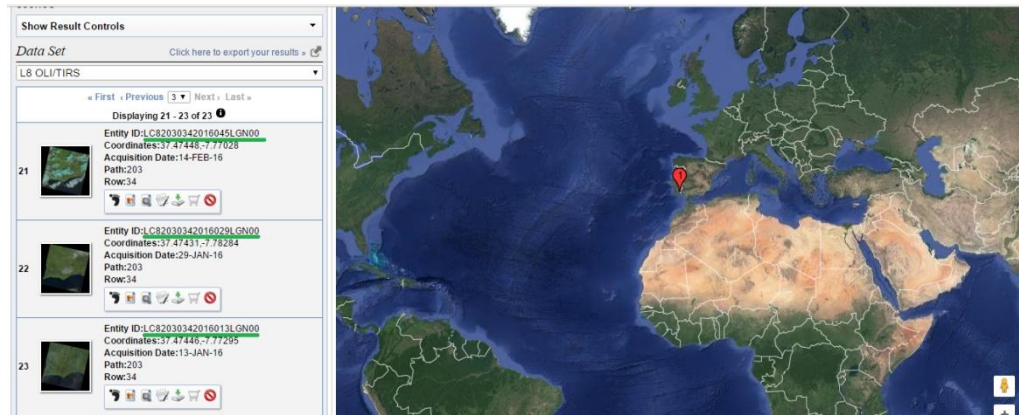


Figura 5: Listagens de imagens resultantes da pesquisa.

Obtida a listagem das imagens é necessário criar um ficheiro *.txt em que cada linha é escrita com nome dos ficheiros (*entity ID*) de cada imagem, como sugere a imagem seguinte (Fig. 6). O nome do ficheiro aparece como “LC82030342016013LGN00” onde LC8 - satélite; 203 - *path*; 34 - *row*; 2016 – ano; 013 – dia do calendário juliano; LGN – estação terrestre que recebeu e pré-processou a imagem; 00 – número da versão do ficheiro.

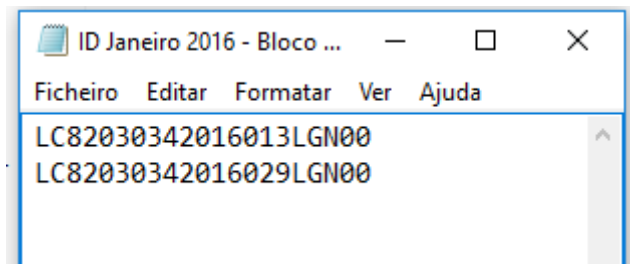


Figura 6: Ficheiro *.txt para o pedido das imagens.

O *download* das imagens de *LANDSAT standard Level2* é feito através do website “<https://espa.cr.usgs.gov>”, onde os elementos do *login* são os mesmos criados para o *EarthExplorer*. Para se efetuar o pedido é selecionada a opção “*New Order*” sendo esta interface preenchida como demonstra a imagem seguinte (Fig. 7), onde o **Scene List** é carregado com o ficheiro *.txt correspondente aos ID’s das imagens pretendidas, o **Source Products** corresponde à informação em *standard Level 1-C*, o **Climate Data Records** permite obter a SR (*Surface Reflectance*), isto é as diferentes bandas espectrais já processadas com o *LaSR (Landsat Surface Reflectance Code)* e o **Other Landsat Level-2 Products** permite a obtenção de informação adicional como o *CFMask* e Índices Espectrais de Vegetação (como o *NDVI*).

Add Input Products ([Show Available Products](#))

Scene List	
<input type="button" value="Escolher ficheiro"/>	ID Janeiro 2016.txt

Select Product Contents

Source Products	
<input checked="" type="checkbox"/>	Input Products
<input checked="" type="checkbox"/>	Input Product Metadata

Additional Processing (Landsat Only)

Climate Data Records	
<input checked="" type="checkbox"/>	Surface Reflectance

Other Landsat Level-2 Products	
<input type="checkbox"/>	Top of Atmosphere Reflectance
<input type="checkbox"/>	Brightness Temperature
<input checked="" type="checkbox"/>	CFMask
<input checked="" type="checkbox"/>	Spectral Indices
<input checked="" type="checkbox"/>	NDVI
<input checked="" type="checkbox"/>	EVI
<input type="checkbox"/>	SAVI
<input type="checkbox"/>	MSAVI
<input type="checkbox"/>	NDMI
<input type="checkbox"/>	NBR
<input type="checkbox"/>	NBR2

Figura 7: Preenchimento dos campos para o pedido das imagens.

Após submeter o pedido é enviado um *email* de confirmação, e uma vez processado e disponível para ser descarregado é novamente enviado um *email* com um *link* que remete para a página “*Show Order*”, onde é possível fazer o *download* das imagens.

4.4. Análise das bandas CFMask e CFMask_conf

Uma vez obtidas as imagens, o primeiro passo é fazer uma análise das bandas do CFMask e CFMaks_conf para todas as datas. Estas bandas permitem avaliar as zonas do território que se encontram limpas e as zonas que se encontram perturbadas por obstáculos troposféricos (e.g. nuvens, água, sombras). Assim é possível saber quais as imagens que se apresentam em boas condições para serem utilizadas no estudo de caso.

4.5. Clip CFMask e CFMask_conf

A primeira fase desta análise é fazer um “clip”, isto é, recortar das imagens fornecidas a área correspondente à região algarvia, para isso é utilizado o programa QGIS onde se abrem as *layers raster* do CFMask e do CFMask_conf e a *layer* vetorial do limite administrativo do Algarve. De notar que todas as *layers* se devem encontrar no mesmo EPSG (sistema de georreferenciação) para que se consiga sobrepô-las, que neste caso é o EPSG 32629, obtendo-se o representado na imagem seguinte (Fig. 8).

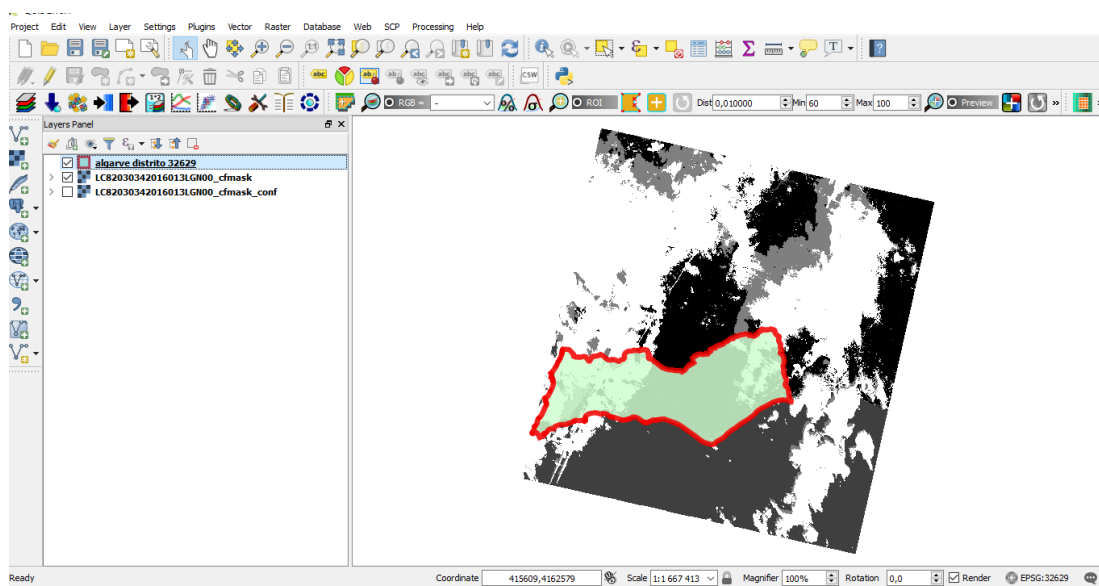


Figura 8: Clip CFmask e CFmas_conf com os limites administrativos do Algarve.

O “clip” pode ser realizado através de uma ferramenta do *plugin* SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*), seguindo o caminho **SCP>>Preprocessing>>Landsat>>Clip multiple rasters**. Abre-se assim uma janela que é preenchida como ilustra a imagem seguinte (Fig. 9) e posteriormente clica-se em “run”.

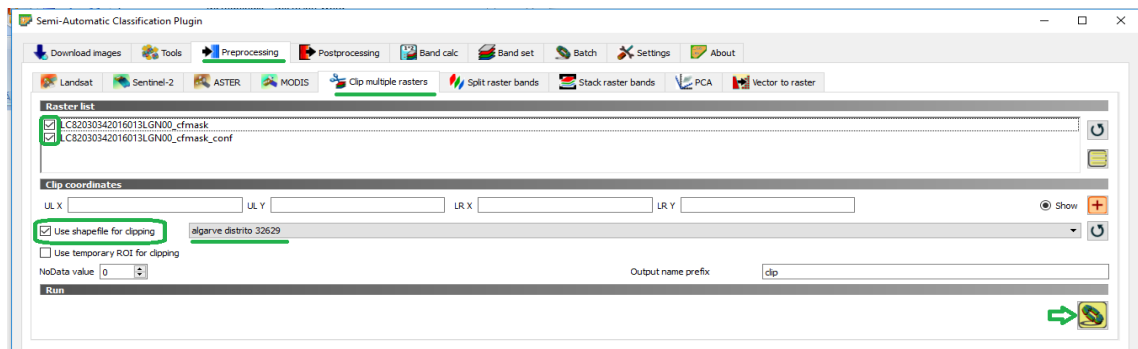


Figura 9: Preenchimento da janela do “clip”.

Uma vez recortadas, as novas *layers* surgem com “clip” antes do nome e representam apenas a área geográfica correspondente ao Algarve, das bandas CFMask e CFMask_conf. Para que a sua interpretação seja mais fácil são aplicadas a estas novas *layers* máscaras de estilo, permitindo distinguir a presença de nuvens e sombras de nuvens no solo e superfícies de água no estado líquido (água) e sólido (gelo) com CFMask, bem com nuvens com diferentes níveis de confiança com CFMaks_conf. Obtêm-se assim o CFMask e o CFMask_conf do Algarve representados na imagem que se segue (Fig. 10).

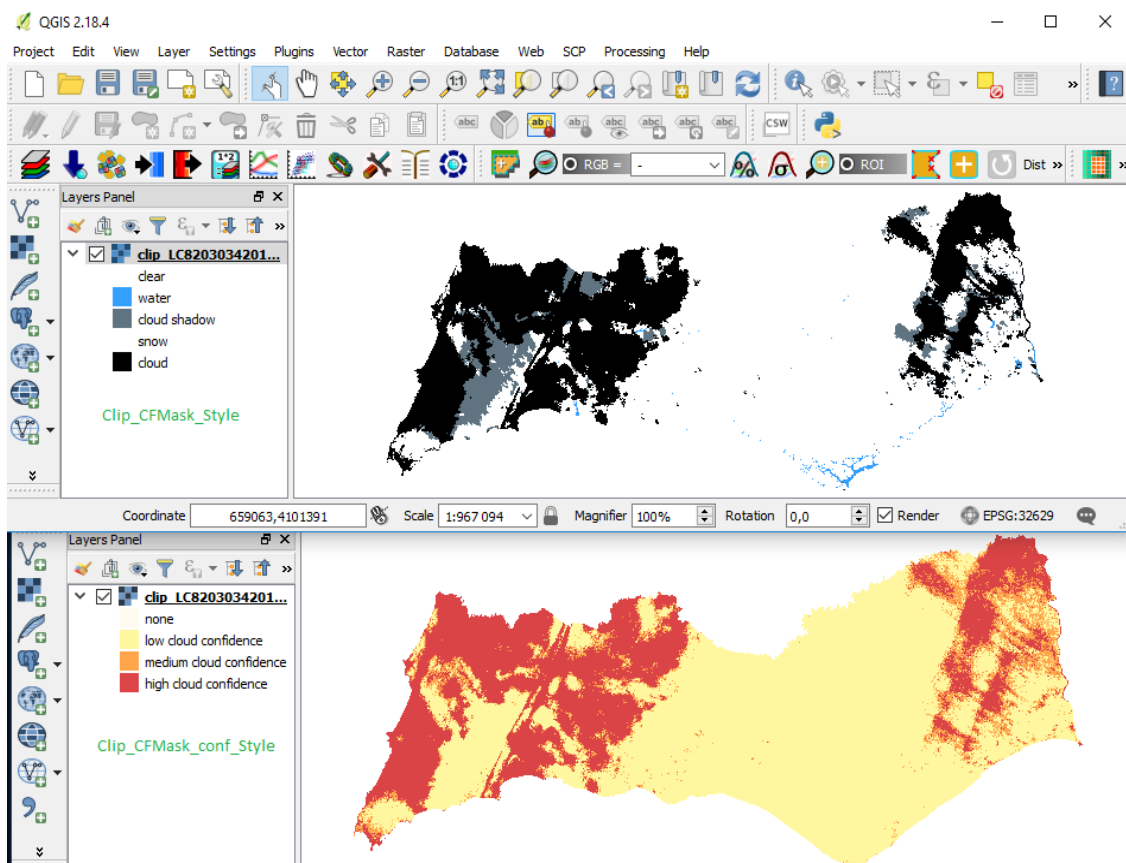


Figura 10: CFMas e CFmask_conf do Algarve.

4.6. r.report

O passo seguinte é verificar a importância de cada uma das categorias das bandas CFMask e CFMask_conf, para isso é feita uma análise das diferentes classes, para se perceber quais as imagens que se encontram “limpas”, e podem assim ser utilizadas, e quais as que se encontram perturbadas e tem que ser descartadas. Para esta análise é utilizada a função “*r.report*” do *plugin* GRASS 7, segue-se o caminho **Processing>>Toolbox>>GRASS GIS 7 commands>>Raster (R.*)>>r.report** de seguida surge uma tabela que é preenchida como ilustra a imagem seguinte (Fig. 11).

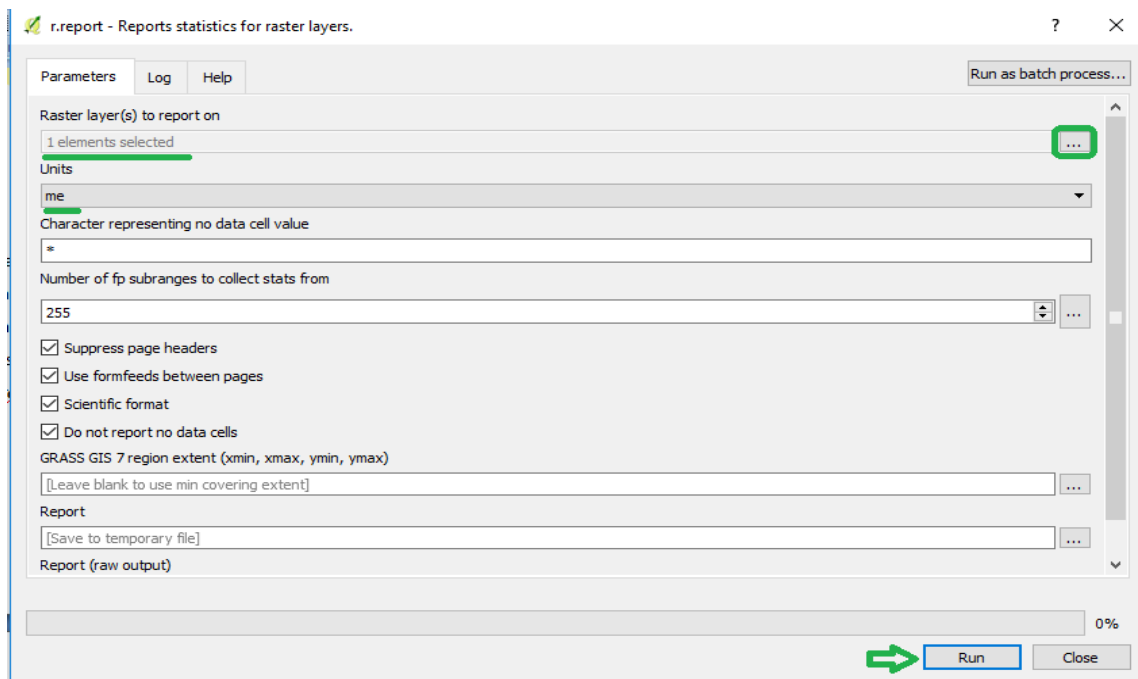


Figura 11: Preenchimento da janela *r.report*.

Após fazer “*run*” os resultados aparecem no *report* de forma muito simples e podem ser copiados para uma folha de cálculo para uma análise mais detalhada, como por exemplo o cálculo da percentagem de área útil (*clean*) em cada imagem.

4.7. r.reclass

O passo seguinte é o “*r.reclass*”, esta função permite sintetizar a informação de cada imagem em apenas duas classes: **1** - que corresponde ao *clean*, ou seja, toda a área da imagem que se encontra válida para trabalhar; **Null** – que corresponde a

todas as áreas da imagem que se encontram perturbadas por nuvens, sombra de nuvens, água ou gelo. Para a utilização desta ferramenta é necessário criar um ficheiro *.txt com as indicações da reclassificação, como ilustra a imagem seguinte (Fig. 12).

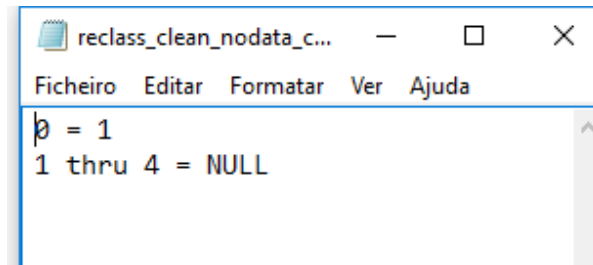


Figura 12: Ficheiro *.txt para o r.reclass.

Uma vez criado o ficheiro de texto com as regras da reclassificação, abrem-se as bandas do CFMask e é utilizada a função “r.reclass” do *plugin* GRASS 7, para isso segue-se o caminho **Processing**>>**Toolbox**>>**GRASS GIS 7 commands**>>**Raster (R.*)**>>**r.reclass** onde surge uma tabela que é preenchida com a banda CFMask a reclassificar e com o ficheiro *.txt, como sugere a imagem seguinte (Fig. 13).

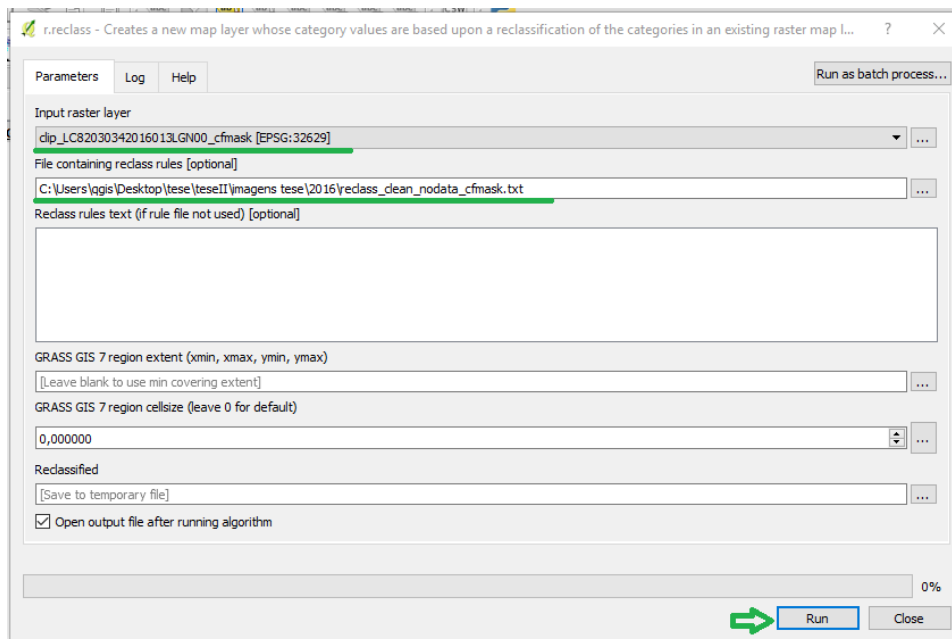


Figura 13: Preenchimento da janela r.reclass.

Após carregar em “run” surge uma nova *layer* de nome “reclassified” a qual é guardada com o nome “cfmask_null_clean”. Esta nova imagem aparece a preto com a área correspondente ao valor **1** (*clean*) e a branco com a área correspondente a *null*, podendo agora, estas imagens reclassificadas, serem multiplicadas por outros *layers*.

4.8. Análise do NDVI

Nesta fase são utilizadas as imagens do índice NDVI. Para tal, serão recortadas com a área correspondente à região do Algarve, para isso é necessário fazer um “clip”. Para fazer o “clip” seguem-se os mesmos passos utilizados no ponto 4.2.1. abrindo no QGIS as *layers raster* do NDVI e a *layer* vetorial do limite administrativo do Algarve. O “clip” é feito através da ferramenta do *plugin* SCP (*Semi-Automatic Classification PI*), seguindo o caminho **SCP>>Preprocessing>>Landsat>>Clip multiple rasters**. Abre-se assim uma janela que é preenchida como sugere a imagem seguinte (Fig. 14) e posteriormente clica-se em “run”.

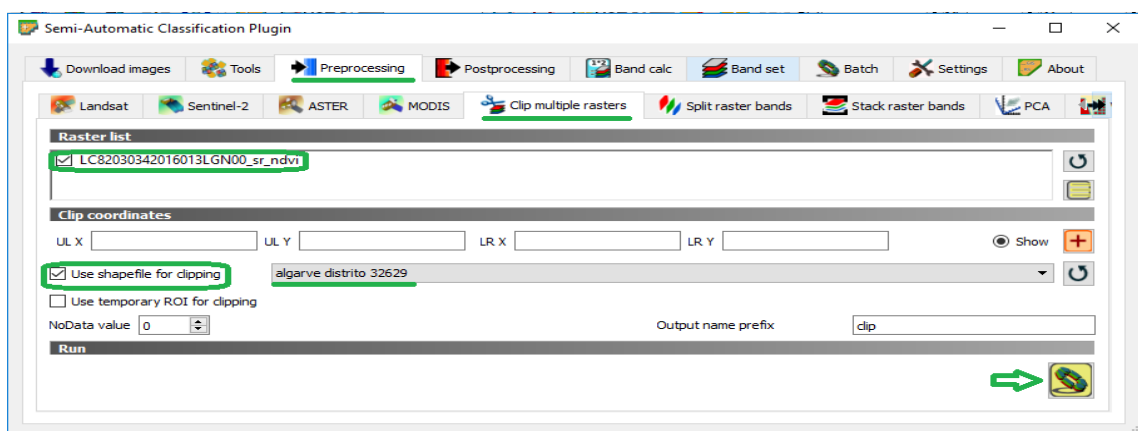


Figura 14: Preenchimento da janela do clip do NDVI.

Uma vez recortadas, as novas *layers* surgem como “NDVI_clip”, estas imagens representam o índice NDVI para a área geográfica da região do Algarve.

4.9. NDVI * cfmask_null_clean

Este próximo passo consiste na multiplicação das *layers* “NDVI_clip” e “cfmask_null_clean”, isto resulta na obtenção de imagens do índice NDVI para a região do Algarve apenas com a área correspondente à zona “clean” (área útil de

cada imagem). Para este procedimento abrem-se no QGIS as *layers* “NDVI_clip” e “cfmask_null_clean” e utiliza-se a ferramenta “*raster calculator*” através do caminho **Raster >>Raster Calculator** surgindo uma janela que é preenchida como mostra a figura seguinte (Fig. 15).

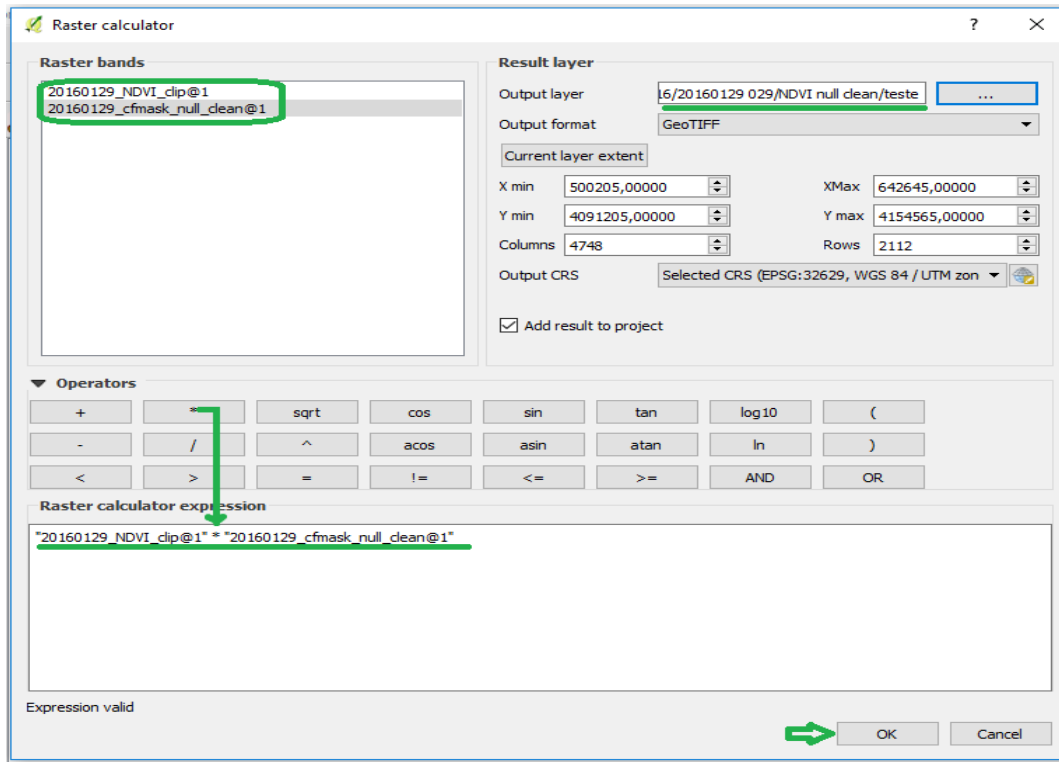


Figura 15: Multiplicação do *raster* do NDVI com o CFmask.

Uma vez feita a multiplicação entre as duas *layers* surge uma nova camada com o nome “NDVI_null_clean”, esta nova imagem apresentada abaixo (Fig. 16) representa o índice de vegetação NDVI, para a região do Algarve, correspondente ao *clean*, ou seja, toda a área da imagem que se encontra válida para trabalhar, tendo sido recortada a área que se encontrava perturbada por nuvens, sombra de nuvens, água ou gelo.

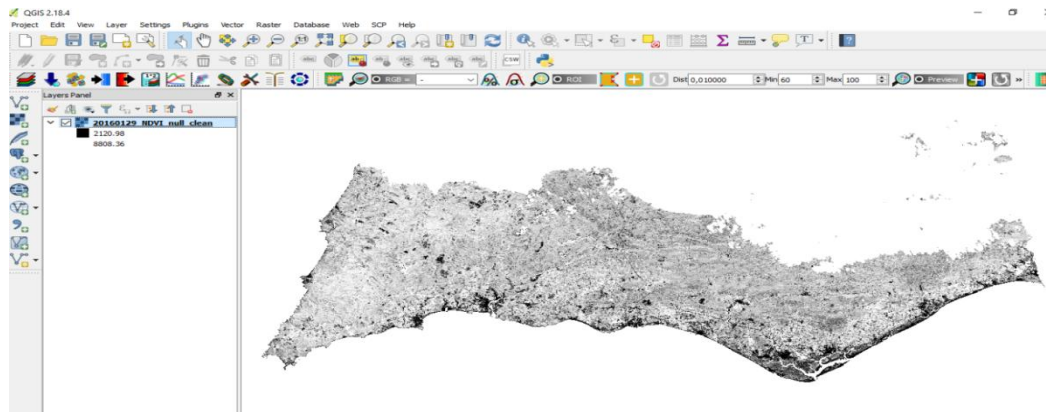


Figura 16: NDVI_null_clean do Algarve.

4.10. NDVI clip 4 grelhas

Nesta fase o Algarve foi dividido em 4 grelhas de acordo com as coordenadas UTM, estas subdivisões têm como finalidade reduzir a área de análise para melhor interpretação dos dados e também perceber como se comporta o índice de NDVI nestas quatro zonas de características distintas. Para fazer este “clip” é necessário abrir no programa a *layer raster* “NDVI_null_clean” e as *layers* vectoriais “NDVI Algarve grelhas 1”, “NDVI Algarve grelhas 2”, “NDVI Algarve grelhas 3” e “NDVI Algarve grelhas 4”. Uma vez abertas todas as camadas, surge a imagem demonstrada abaixo (Fig. 17), procede-se então ao “clip” seguindo o caminho **SCP>>Preprocessing>>Landsat>>Clip multiple rasters** primeiramente com a camada “NDVI Algarve grelha 1” (Fig. 18) e posteriormente repete-se o “clip” para as restantes camadas “NDVI Algarve grelhas 2”, “NDVI Algarve grelhas 3” e “NDVI Algarve grelhas 4”.

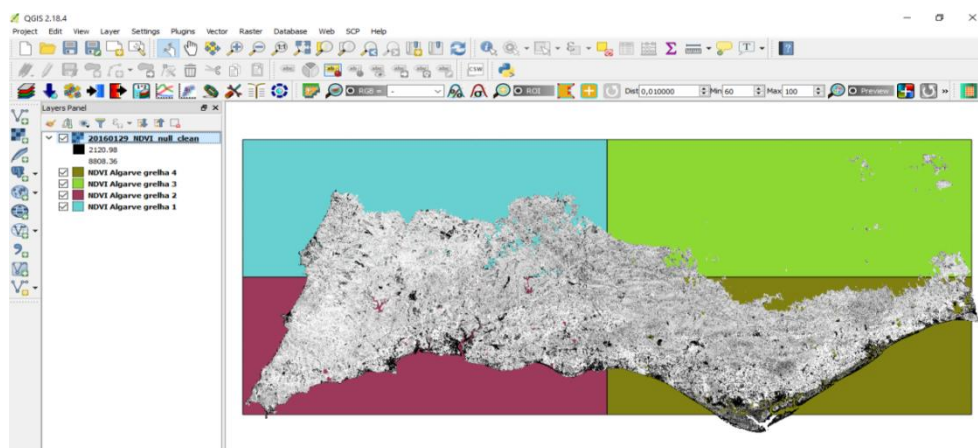


Figura 17: As quatro grelhas para o clip do CFmask_null_clean.

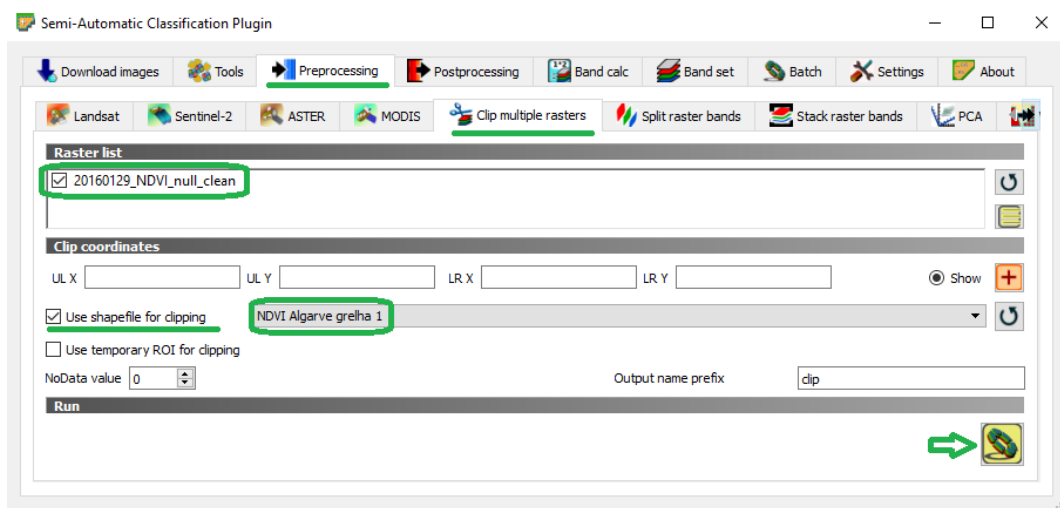


Figura 18: Preenchimento da janela para o clip das quatro grelhas.

Uma vez feitos todos os “clips” obtemos para cada imagem do “NDVI_null_clean” quatro novas imagens representativas das quatro grelhas, denominadas por “NDVI_grelha1”, “NDVI_grelha2”, “NDVI_grelha3”, “NDVI_grelha4” como ilustram as imagens seguintes (Fig. 19).

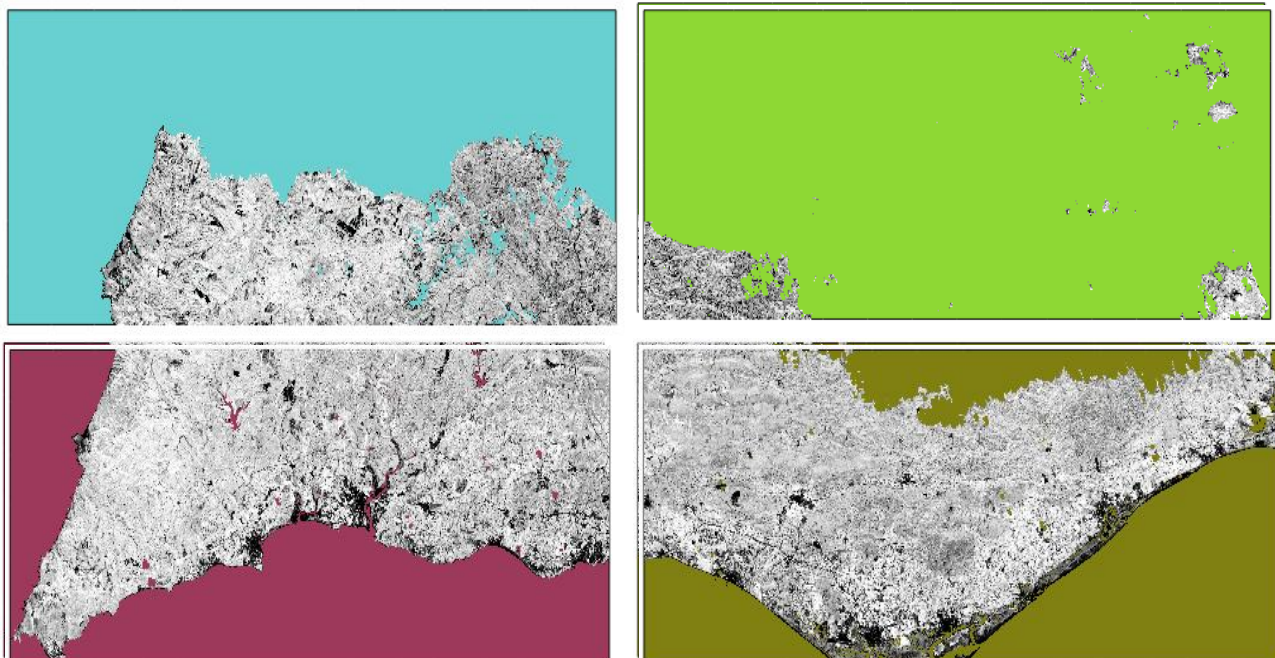


Figura 19: Clip das quatro grelhas para o Cmask_null_clean.

4.11. *Shape* de pontos aleatórios

Após a divisão da região do Algarve nas quatro grelhas, estas *layers raster* são abertas no programa e posteriormente são criadas quatro novas *shapes* obtidas através de uma funcionalidade do QGIS seguindo-se o caminho **Vetor>>Research Tolls>>Random Points** gerando pontos aleatórios sobre as camadas “NDVI_grelhas” distanciados por um raio de aproximadamente 1 km. Obtemos assim quatro novas *layers* vectoriais onde a camada que se sobrepõe à “NDVI_grelha1” contém 169 pontos, a que se sobrepõe à “NDVI_grelha2” contém 261 pontos, a que se sobrepõe à “NDVI_grelha3” contém 258 pontos e a que se sobrepõe à “NDVI_grelha4” contém 307 pontos (Fig. 20).

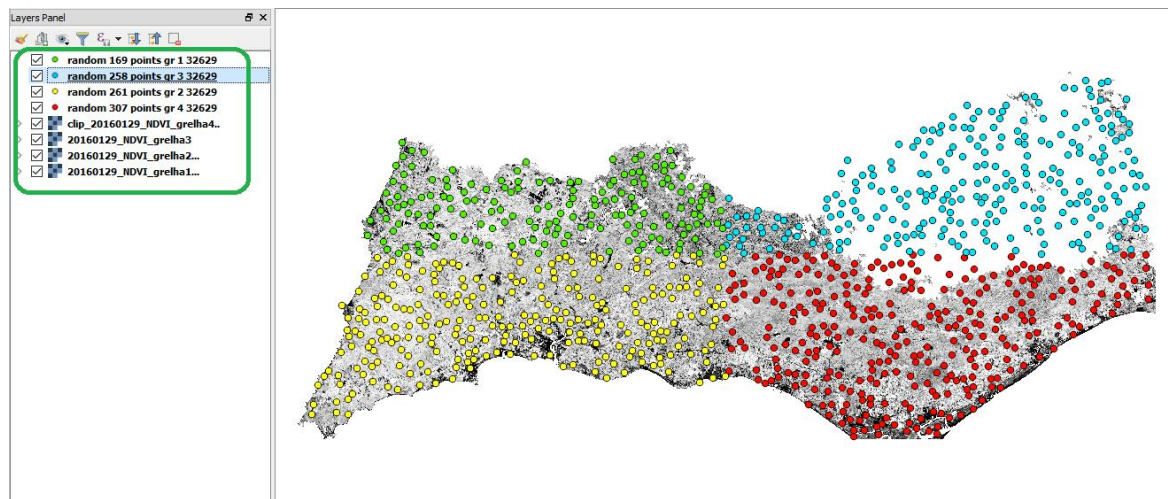


Figura 20: *Shape* dos pontos Aleatórios.

Uma vez criadas as quatro *layers* vectoriais dos pontos aleatórios é necessário transpor a informação do valor do NDVI correspondente a cada ponto, para isso é utilizado o *plugin* “*Point Sampling tool*”. Selecionando a *layer raster* “NDVI_grelha1” e a *layer* vectorial dos pontos aleatórios correspondente, segue-se o caminho **Plugins>>Analyses>>Point Sampling tool** surgindo um quadro que é preenchido como sugere a imagem seguinte (Fig. 21).

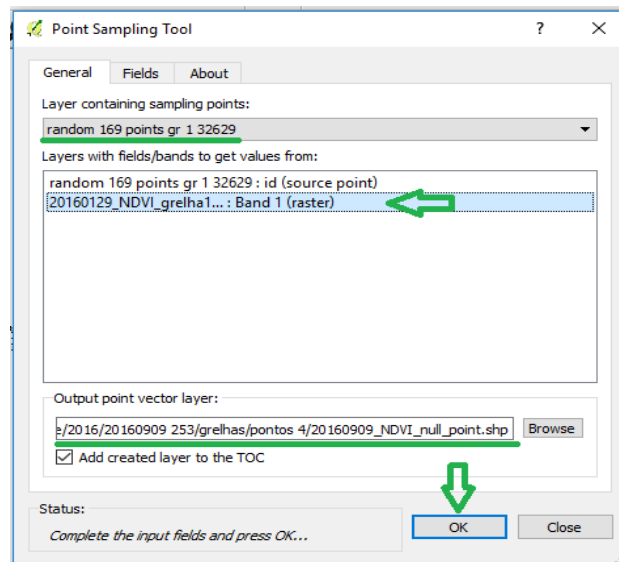


Figura 21: Preenchimento da janela de atribuição de valores de NDVI aos pontos aleatórios.

Após carregar em “ok” surge uma nova camada à qual chamamos “NDVI_null_points”, esta é uma *layer* vetorial de pontos aleatórios onde cada ponto contém o valor de NDVI do local onde se sobrepõe na *layer raster* correspondente, como nos demonstra a imagem seguinte para a camada “NDVI_grelha1” (Fig. 22).

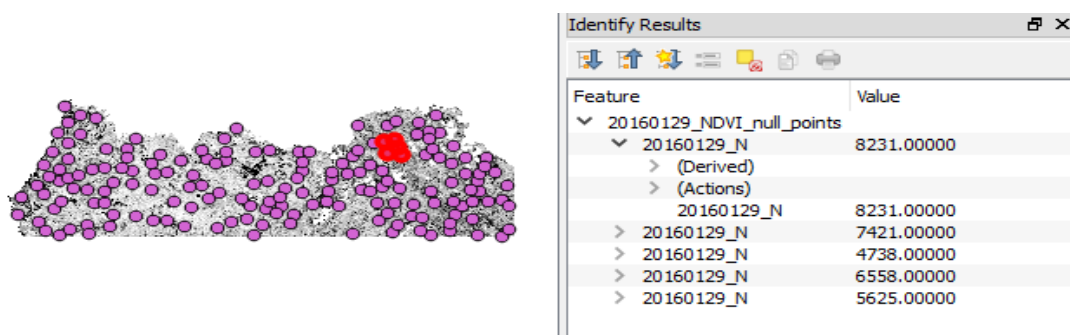


Figura 22: Pontos aleatórios e informação dos valores de NDVI para a grelha número 3.

Uma vez criada esta nova *layer* vetorial de pontos onde cada ponto já contém informação guarda-se esta nova camada em formato CSV, para isso carrega-se com o botão direito do rato sobre a camada “NDVI_null_points” e seleciona-se a opção “save as” escolhendo o formato CSV. Este formato possibilita abrir a informação do valor de NDVI de todos os pontos numa folha de cálculo para posterior análise dessa informação. Realizados estes passos repete-se todo o processo para as restantes imagens.

5. Resultados e discussão

Para este estudo de caso foram utilizadas imagens desde do ano 2013 até maio de 2017, uma vez que é recolhida, pelo aparelho de detecção remota, uma imagem a cada 16 dias, isto representa cerca de duas imagens por mês ou cerca de 23 imagens por ano, perfazendo um total de aproximadamente 103 imagens. Todavia nem todas as imagens se encontravam disponíveis sendo que dessas apenas 95 imagens se encontravam disponíveis para a sua extração.

Das 95 imagens extraídas 16 são relativas ao ano de 2013, 23 ao ano 2014, 24 ao ano 2015, 23 ao ano 2016 e 9 ao ano de 2017. Após a extração de todas as imagens, estas foram sujeitas à análise com a *layer* máscara do CFmask, esta ferramenta tem como finalidade perceber quais as imagens que se encontram em condições de ser trabalhadas, ou seja, o CFmask indica-nos a percentagem de cada imagens que não se encontra sob a influência de obstáculos visuais naturais como nuvens, sombra de nuvens, gelo ou massas de água. Uma vez aplicada esta máscara a todas as datas foram desprezadas as imagens que se encontravam com uma percentagem de “clean” inferior a 70%, resultando num universo de 78 imagens, isto é 82% das datas estão em condições de serem utilizadas no estudo de caso. A tabela seguinte demonstra as datas relativas a cada imagem assim como a sua percentagem de “clean” (Fig. 23).

2013				2014				2015				2016				2017			
date	julian day	CFmask clean m2	% Algarve	date	julian day	CFmask clean m2	% Algarve	date	julian day	CFmask clean m2	% Algarve	date	julian day	CFmask clean m2	% Algarve	date	julian day	CFmask clean m2	% Algarve
04/01/2013	4	unavailable	---	07/01/2014	7	0	0.00%	10/01/2015	10	1.86E+09	37.34%	13/01/2016	13	2.92E+09	58.33%	15/01/2017	15	4.91E+09	98.39%
20/01/2013	20	unavailable	---	23/01/2014	23	4.91E+09	98.23%	26/01/2015	26	4.89E+09	97.83%	29/01/2016	29	5.62E+09	71.53%	31/01/2017	31	0	0.00%
05/02/2013	36	unavailable	---	08/02/2014	39	unavailable	---	11/02/2015	42	unavailable	---	14/02/2016	45	1.68E+09	33.60%	16/02/2017	47	2.04E+09	40.85%
21/02/2013	51	unavailable	---	24/02/2014	55	2.62E+09	51.46%	27/02/2015	58	3.91E+09	78.33%	01/03/2016	61	4.92E+09	98.60%	04/03/2017	63	0	0.00%
09/03/2013	68	unavailable	---	12/03/2014	71	4.87E+09	97.57%	15/03/2015	74	4.87E+09	97.59%	17/03/2016	77	2.07E+09	41.53%	20/03/2017	79	2.02E+09	36.55%
25/03/2013	84	unavailable	---	28/03/2014	87	9.81E+08	19.65%	31/03/2015	90	4.66E+09	93.34%	02/04/2016	93	0	0.00%	05/04/2017	95	4.87E+09	97.55%
10/04/2013	100	unavailable	---	13/04/2014	105	3.94E+09	78.95%	16/04/2015	106	2.12E+09	42.41%	18/04/2016 *	109	3.44E+09	68.96%	21/04/2017	111	1.02E+09	20.48%
26/04/2013	116	4.90E+09	98.05%	29/04/2014	119	unavailable	---	02/05/2015	122	4.84E+09	96.85%	04/05/2016	125	1.38E+09	27.68%	07/05/2017	127	4.83E+09	96.70%
12/05/2013	132	unavailable	---	15/05/2014	135	4.87E+09	97.52%	18/05/2015	138	8.08E+08	16.18%	20/05/2016	141	4.89E+09	98.02%	23/05/2017	143	4.87E+09	97.52%
28/05/2013	148	7.66E+08	15.13%	31/05/2014	151	4.92E+09	98.54%	03/06/2015	154	4.92E+09	98.49%	05/06/2016	157	2.96E+09	59.23%	08/06/2017	159	0	0.00%
13/06/2013	164	4.93E+09	98.69%	16/06/2014	167	3.13E+09	62.73%	19/06/2015	170	4.93E+09	98.68%	21/06/2016	173	4.91E+09	98.23%	24/06/2017	175	0	0.00%
29/06/2013	180	4.87E+09	97.53%	02/07/2014	183	1.00E+09	20.06%	05/07/2015	186	4.93E+09	98.83%	07/07/2016	189	1.40E+09	27.96%	10/07/2017	191	4.89E+09	97.03%
15/07/2013 *	196	4.60E+09	92.13%	18/07/2014	199	4.83E+09	97.66%	21/07/2015	202	4.93E+09	98.77%	23/07/2016	205	4.93E+09	98.77%	26/07/2017	207	0	0.00%
31/07/2013	212	4.89E+09	97.88%	03/08/2014	215	1.69E+09	33.93%	06/08/2015	218	4.45E+09	89.10%	08/08/2016	221	4.93E+09	98.47%	11/08/2017	223	0	0.00%
16/08/2013	228	4.86E+09	97.34%	19/08/2014	231	4.57E+09	91.43%	22/08/2015	234	4.20E+09	84.16%	24/08/2016	237	4.83E+09	96.79%	27/08/2017	239	0	0.00%
01/09/2013	244	4.87E+09	97.59%	04/09/2014	247	4.83E+09	97.17%	07/09/2015	250	4.18E+09	83.80%	09/09/2016	253	4.76E+09	95.30%	12/09/2017	255	0	0.00%
17/09/2013	260	4.55E+09	91.11%	20/09/2014	263	7.90E+08	15.83%	23/09/2015	266	4.51E+09	90.33%	25/09/2016	269	4.39E+09	87.93%	28/09/2017	271	0	0.00%
03/10/2013	276	9.32E+08	19.06%	06/10/2014	279	4.09E+09	81.87%	09/10/2015	282	3.46E+09	69.33%	11/10/2016 *	285	2.54E+09	50.81%	14/10/2017	287	0	0.00%
19/10/2013	292	unavailable	---	22/10/2014	295	2.84E+06	0.06%	25/10/2015	298	8.28E+08	16.59%	27/10/2016	301	1.27E+08	2.54%	30/10/2017	303	0	0.00%
04/11/2013	308	unavailable	---	07/11/2014	311	4.01E+08	8.04%	10/11/2015	314	4.23E+09	85.13%	12/11/2016	317	1.47E+08	2.95%	15/11/2017	319	0	0.00%
20/11/2013	324	4.92E+09	98.36%	23/11/2014	327	0	0.00%	26/11/2015	330	4.91E+09	98.41%	28/11/2016 *	333	3.84E+09	76.89%	01/12/2017	335	0	0.00%
06/12/2013	340	4.91E+09	98.36%	09/12/2014	343	4.86E+09	97.41%	12/12/2015 *	346	2.34E+09	46.82%	14/12/2016	349	3.38E+08	6.73%	17/12/2017	351	0	0.00%
22/12/2013	356	4.56E+09	91.28%	25/12/2014	359	4.83E+09	97.18%	28/12/2015	362	0	0.00%	30/12/2016 *	365	4.43E+09	88.69%				

Figura 23: Tabela CFmask % de clean.

5.1. NDVI no Algarve

Obtidas as imagens que se encontram sem perturbações para serem utilizadas foram distribuídos 995 pontos aleatórios a toda a região do Algarve, estes pontos servem como locais de amostragem de valores de NDVI para as diferentes datas estudadas, tendo sido desprezadas as datas que tinham menos de 80% dos seus pontos com valores de NDVI aceitáveis. Numa primeira abordagem ao estudo de caso foi verificada a amplitude de variação sazonal do NDVI ao longo dos anos para toda a região algarvia, tendo sido obtido o gráfico seguinte (Fig. 24).

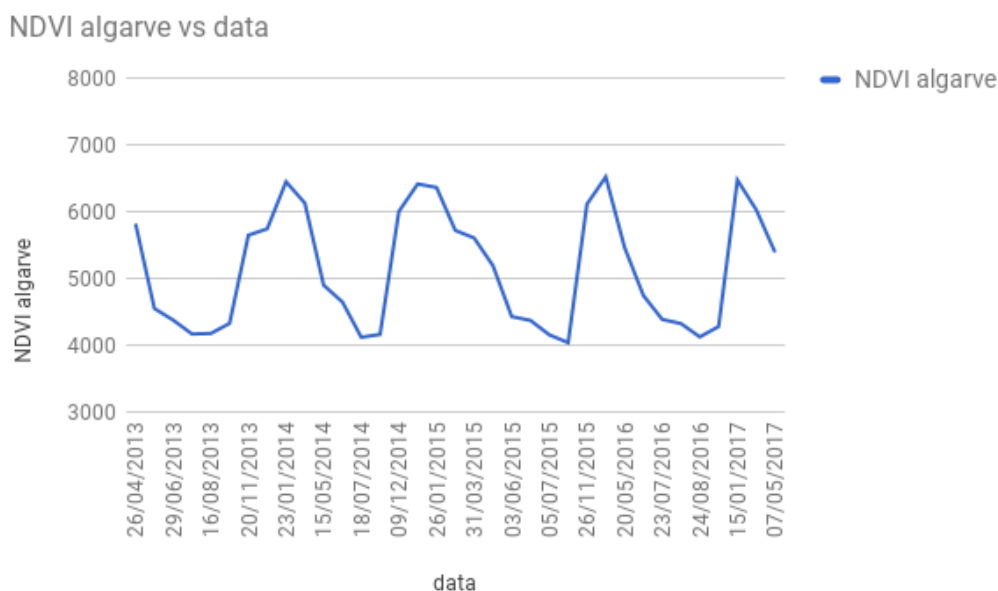


Figura 24: NDVI Algarve vs datas.

Na análise deste gráfico nota-se claramente a existência de ciclos de amplitude de variação sazonal do NDVI, completamente definidos, ao longo dos anos hidrológicos. Na parte superior do gráfico encontram-se os picos de valor máximo de NDVI, que tal como seria de esperar os quatro picos são coincidentes com a estação húmida, nomeadamente nos meses de inverno entre dezembro e fevereiro, na parte inferior do gráfico encontram-se os picos com valores mínimos de NDVI, que tal como seria de esperar também, são coincidentes com a estação seca, nomeadamente nos meses de verão entre junho e setembro.

Com a análise deste primeiro gráfico os resultados obtidos foram os esperados, notando-se claramente os ciclos de variação sazonal de NDVI ao longo de anos hidrológicos para a região do Algarve. Ainda nesta fase preliminar do estudo foram feitas três diferentes interpretações dos valores de NDVI obtidos, tendo sido feita uma comparação dos valores de NDVI com a altimetria, com a distribuição dos concelhos e de acordo com o geolito do Algarve, para ver o comportamento dos valores de NDVI de acordo com estas três categorias.

Altimetria

Comparando os valores de NDVI com a altimetria do Algarve nota-se que os valores mais elevados de NDVI tendem a aparecer nas zonas mais altas, como as serras algarvias, tanto para as imagens representativas de inverno como de verão. É evidente também que os valores mais altos aparecem na serra do barlavento Algarvio, nomeadamente na serra de Monchique uma vez que esta apresenta o ponto mais alto do território Algarvio, prolongando-se pelo maciço montanhoso para sudoeste paralelamente à costa vicentina. Já no sotavento Algarvio embora também apresente os valores de NDVI mais elevados na serra, zonas de maior altitude, estes são mais baixos que no barlavento, devido entre outros fatores às diferenças de altitude.

Outros dos factores que podem influenciar estas diferenças de valores de NDVI das serras do barlavento e do sotavento algarvios são as diferenças das características destes dois tipos de serras. A serra do Caldeirão apresenta valores de NDVI mais baixos uma vez faz parte do maciço antigo, sendo constituída essencialmente por xistos-grauvaques o qual origina solos finos e pouco férteis, outra das causas foi a alteração da paisagem por parte do Homem, na primeira metade século XX, onde a floresta natural foi destruída para dar lugar aos vastos campos agrícolas, resultando numa paisagem atual de pouca vegetação onde predominam as plantas rasteiras e os arbustos, plantas adaptadas a solos erodidos. A serra de Monchique por sua vez apresenta valores de NDVI mais elevados uma vez que devido à sua proximidade com o oceano atlântico possui um clima com elevada precipitação média anual que associada às temperaturas amenas permite a existência de uma vegetação rica e variada.

NDVI vs Altimetria

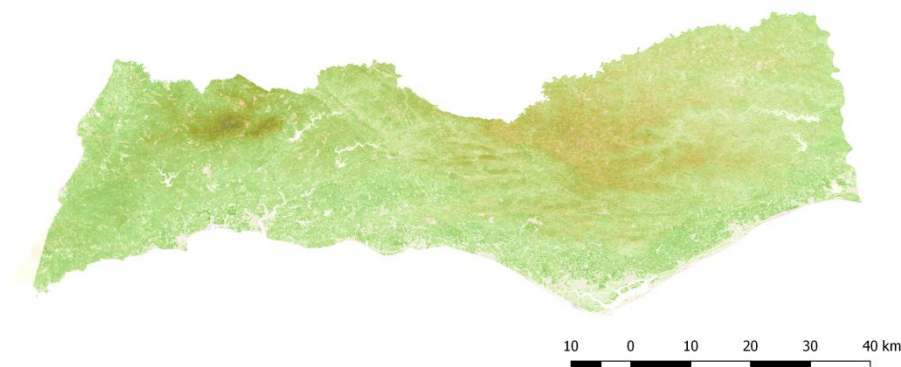


Figura 25: Comparação do NDVI com a altimetria do Algarve.

Concelhos

Comparando os valores de NDVI com as delimitações geográficas dos concelhos nota-se que os concelhos do interior centro tendem a apresentar valores de NDVI mais elevados, nomeadamente Monchique, Silves, Loulé, S. Brás de Alportel, Tavira (Norte) e Aljezur (Este). Estes concelhos tem grande parte do seu território classificada como serra ou barrocal apresentando uma grande área que não se encontra edificada mas sim coberta pelas mais variadas espécies de vegetação e arborização sendo por isso, em geral, os valores de NDVI mais elevados.

Os concelhos que se encontram no litoral por sua vez apresentam grandes áreas de edificação massificada deixando pouco espaço para o coberto vegetal, sendo normal o aparecimento de valores de NDVI mais baixos de uma forma geral. Contudo concelhos como V. R. S. António, Tavira (Sul), Olhão, Faro, Loulé (Sul) Albufeira, Silves (Sul) apresentam pequenas zonas com grandes picos de NDVI, estes são associados principalmente a campos agrícolas e estufas, podendo também ser campos de golfe (exp: Vale do Lobo e Quinta do Lago) ou espaços verdes da cidade (exp: Mata do liceu, Faro). Estas zonas são facilmente observáveis tanto nas

imagens representativas de verão como de inverno, todavia nas imagens de verão existe um maior contraste devido á rega intensificada destes espaços.

Sobre um olhar mais rigoroso nota-se também que os valores de NDVI vão aumentando de Este para Oeste, sendo os concelhos a Este como Alcoutim, Castro Marim, V. R. S. António, Tavira (este) os que apresentam valores mais baixo, depois Tavira, Olhão, S. B. Alportel, Faro, Loulé e Albufeira os concelhos no centro e por fim Silves, Lagoa, Portimão, Monchique, Lagos, Sagres e Aljezur os concelhos a oeste apresentam os valores mais elevados.

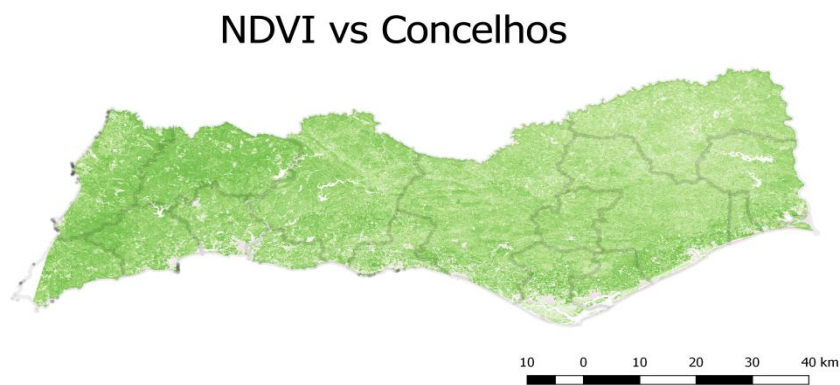


Figura 26: Comparação do NDVI com a distribuição dos concelhos da região algarvia.

Geologia e Litologia

As linhas de geologia e litologia que são utilizadas nessa análise correspondem à transição entre tipos solos diferentes. Uma vez comparadas com o NDVI do Algarve é possível notar-se que o tipo de solos existente no pico da serra de Monchique, na Fóia, tem características férteis sendo o ponto do Algarve que apresenta os valores de NDVI mais elevados. Por sua vez as linhas que aparecem a cobrir todo o litoral, desde da costa vicentina até ao Guadiana, são zonas onde os valores de NDVI são geralmente baixos devido ao facto de o litoral ser a área com maior densidade de construção, factor que contribui para que toda esta faixa litoral tenha estes valores mais baixos. As linhas que aparecem a atravessar o Algarve a meio são as linhas que

atravessam o barrocal. Esta zona apresenta um tipo de solos que se encontram degradados predominando espécies vegetais de pequeno porte, adquirindo valores de NDVI não muito altos. Nas zonas de vale predominam as culturas de regadio como os citrinos que durante as épocas mais secas devido à rega apresentam valores de NDVI um pouco mais altos que o que seria de esperar nessas zonas. Estas características são mais facilmente visíveis nas imagens de Verão, isto acontece pois nas imagens representativas de inverno, período húmido, quase todo o solo apresenta uma camada de vegetação fresca e verde que confere um padrão quase homogéneo de valores de NDVI.

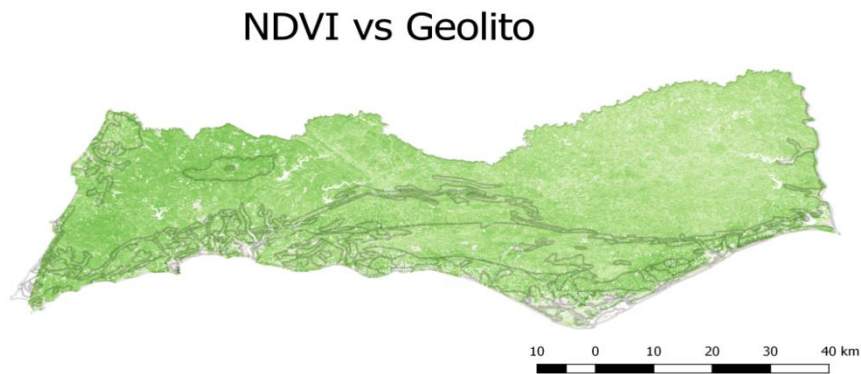


Figura 27: Comparação do NDVI com as linhas de geologia e litologia do Algarve.

5.2. NDVI nos quatro quadrantes da região

Após à análise preliminar para a região do Algarve como um todo, esta foi dividida em quatro grelhas de acordo com as coordenadas UTM, conforme explicado no ponto 4.3.3. Repetindo-se a análise anterior foram obtidos os valores de cada ponto de amostragem de NDVI para cada grelha, surgindo os diferentes quatro gráficos representativos das quatro grelhas apresentados de seguida (Fig. 28). Na obtenção destes gráficos os 995 pontos foram distribuídos de acordo com a área de cada grelha sendo que a primeira grelha tem 169 pontos, a segunda grelha 261 pontos, a terceira grelha 258 pontos e a quarta grelha 307 pontos.

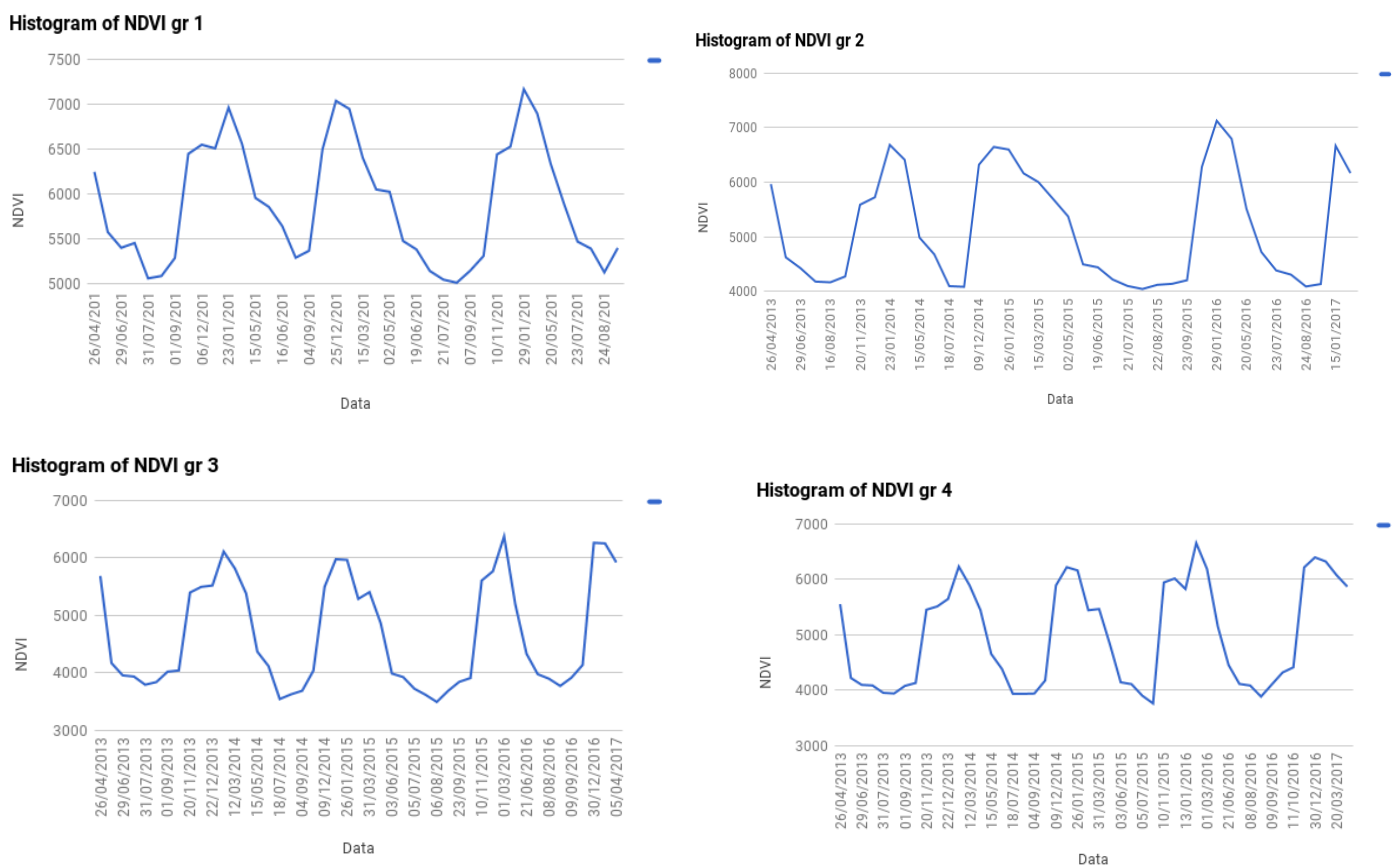


Figura 28: NDVI grelha 1 vs datas; NDVI grelha 2 vs datas; NDVI grelha 3 vs datas; NDVI grelha 4 vs datas.

Posteriormente procedeu-se à junção dos 4 gráficos para melhor interpretação dos seus resultados obtendo o gráfico apresentado na figura seguinte (Fig. 29).

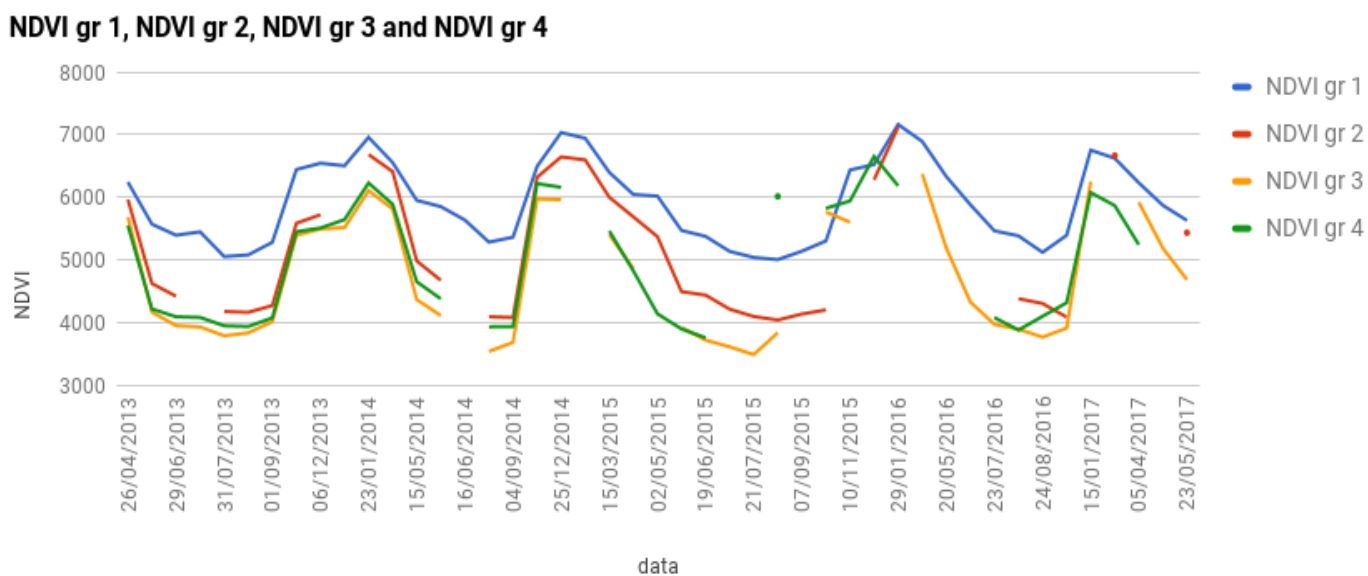


Figura 29: NDVI grelhas 1, 2, 3 e 4 vs datas.

Na interpretação destes quatro gráficos podemos visualizar que os ciclos de variação sazonal dos valores de NDVI, entre as estações húmida e seca, continuam bastante bem definidos principalmente na primeira parte dos gráficos onde as linhas correspondentes a cada grelha encontram-se em perfeita sintonia, com os seus picos máximos e mínimos a serem coincidente de acordo com as datas. Para além disso também se pode verificar que as linhas correspondentes à primeira grelha (azul) e à segunda grelha (vermelho), correspondentes ao lado do barlavento algarvio, tem continuamente valores de NDVI mais elevados que as duas restantes grelhas (amarela e verde), correspondentes ao lado do sotavento algarvio.

Todavia a segunda parte do gráfico apresenta uma zona de interrupção de valores mais ou menos entre as datas 07/09/2015 e 24/08/2016 com alguns pontos que não se distribuem como seria de esperar, isto deve-se ao facto de nessas datas haver muitas imagens que se encontram parcialmente cobertas por nuvens,

sombras de nuvens, massas de água ou gelo. Consequentemente as imagens que não atingiram 85% dos pontos com valores de NDVI aceitáveis foram desprezadas resultando nessas descontinuidades no gráfico. Para além desta falta de valores de NDVI, devido a perturbações visuais nas imagens, alguns pontos também apresentavam valores muito discrepantes comparativamente aos pontos em redor tendo sido considerados *outliers*, estes pontos encontram-se maioritariamente nas grelhas 2 e 4 (vermelho e verde) pois estas são as grelhas que se encontram no litoral sul apresentando muitos dos seus pontos em zonas de sapal ou em massas de água. As coordenadas desses pontos bem como o motivo que levou à sua exclusão podem ser visualizadas em Anexo.

Com a interpretação deste gráfico verificou-se que existem fortes indícios de a amplitude de variações sazonais dos valores de NDVI entre o barlavento e o sotavento são diferentes. Para se atingir resultados mais concretos é necessário fazer uma divisão da região algarvia entre o sotavento e o barlavento, o que remete para a análise da hipótese de que o Barlavento tem amplitudes de variação sazonal inferiores às amplitudes do Sotavento. Ainda assim é necessário provar que as séries são estatisticamente diferentes, para isso será feita uma análise estatística recorrendo aos testes t.

5.3. NDVI Barlavento vs NDVI Sotavento

Nesta última análise foi feita uma comparação da amplitude de variação sazonal entre o sotavento e o barlavento algarvios, ao longo de ciclos de anos hidrológicos, chegando-se ao gráfico apresentado de seguida (Fig. 30).

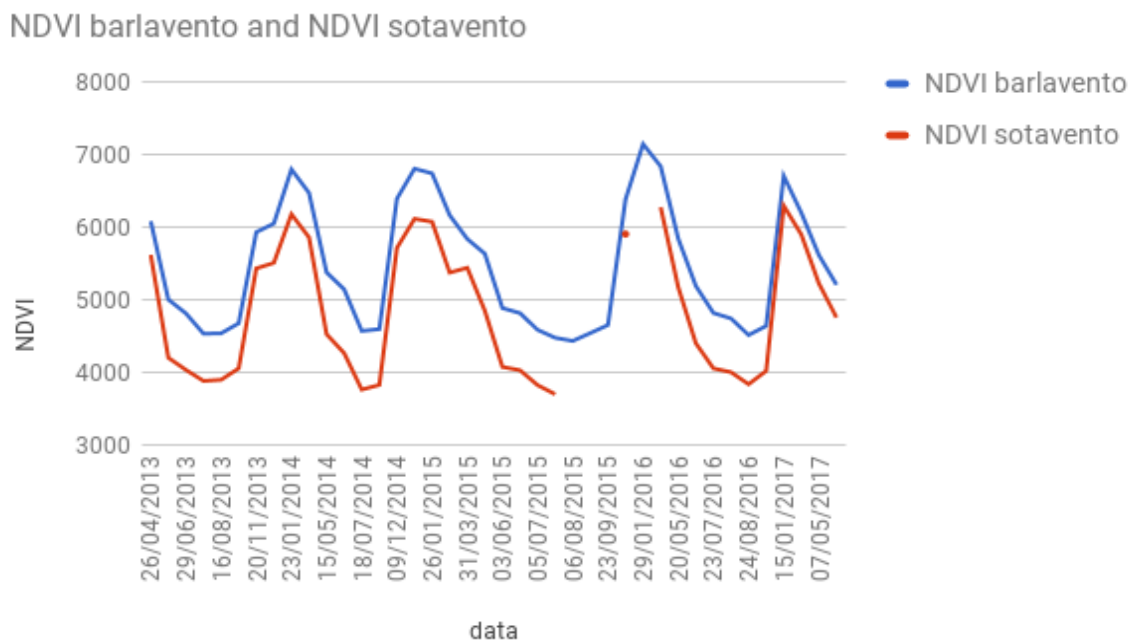


Figura 30: NDVI barlavento vs NDVI sotavento.

Na interpretação deste gráfico podemos concluir que o barlavento e o sotavento aparentemente apresentam ciclos de variação sazonal de valores de NDVI diferentes. Para confirmar que os ciclos de variação sazonal de NDVI são estatisticamente diferentes procedeu-se a uma análise estatística recorrendo aos testes t, esta análise está disponível em Anexo. Após serem sujeitos aos testes t, os resultados obtidos para as diferentes datas foram todos inferiores a 0,05, como demonstrado no ficheiro Excel disponível em anexo, concluindo-se que as séries em análise são estatisticamente diferentes.

Uma diferença visível no gráfico é que os valores de NDVI para o sotavento são constantemente inferiores ao do barlavento, o que se pode visualizar pelo facto de a linha vermelha (sotavento) encontrar-se, embora em sintonia, sistematicamente abaixo da linha azul (barlavento), concluindo-se assim que o barlavento algarvio é mais “verde” que o sotavento. Contudo a hipótese em estudo é de que existe diferença de amplitudes dos ciclos de variação sazonal ao longo de anos hidrológicos. Entenda-se por um ano hidrológico o período 1 setembro até 31 de agosto do ano seguinte. Para atingir o objetivo em estudo procedeu-se ao cálculo

das amplitudes dos ciclos entre 2013 e 2017 apurando-se os resultados apresentados na figura seguinte (Fig. 31).

Ano Hidrológico (entre 1 setembro e 31 agosto do ano seguinte)	Barlavento/Sotavento	Máximo/Mínimo	NDVI	Amplitude (Max – Min)
2013/2014	Sotavento	Máximo	6177,4	2415,0
		Mínimo	3762,4	
2013/2014	Barlavento	Máximo	6795,1	2224,6
		Mínimo	4570,5	
2014/2015	Sotavento	Máximo	6113,6	2414,7
		Mínimo	3698,9	
2014/2015	Barlavento	Máximo	6803,8	2371,1
		Mínimo	4432,7	
2015/2016	Sotavento	Máximo	6274,2*	2437,6
		Mínimo	3836,6	
2015/2016	Barlavento	Máximo	7143,0	2629,2
		Mínimo	4513,8	
2016/2017	Sotavento	Máximo	6293,2	2273,0
		Mínimo	4020,2	
2016/2017	Barlavento	Máximo	6703,9	2064,7
		Mínimo	4639,2	

Figura 31: Tabela de diferenças de amplitude do barlavento vs sotavento.

Na análise dos resultados verificamos que no ano hidrológico de 2013/2014 a amplitude do sotavento é de facto maior do que do barlavento com valores de amplitude de NDVI de 2415.0 e 2224.6 respetivamente. O mesmo acontece no ano hidrológico de 2014/2015 com valores da amplitude de NDVI do sotavento e do barlavento de 2414.7 e 2371.1 respetivamente, e no ano hidrológico de 2016/2017 com as amplitudes de NDVI 2273.0 para o sotavento e 2064.7 para o barlavento. Todavia neste último ano hidrológico a análise temporal do ciclo não foi completa tendo sido feita apenas entre 1 de setembro e 23 de maio, não tendo sido utilizadas imagens referentes aos meses mais secos onde os valores de NDVI são mais baixos o que poderia levar a aumentar ainda mais as diferenças de amplitude entre estes ciclos.

É de se notar que no ano hidrológico de 2015/2016 a amplitude de variação sazonal de NDVI do sotavento é inferior à do barlavento, com valores de amplitude de NDVI

de 2437.6 e 2629.2 respetivamente, contrariando os resultados obtidos para os outros anos. Este resultado deve-se ao facto de o valor máximo de NDVI para o sotavento (6274.2*) não ser o valor máximo real, uma vez que no gráfico existe uma descontinuidade neste pico, não sendo possível extrair o valor máximo real para o sotavento no ano hidrológico de 2015/2016 e conseqüentemente a amplitude do barlavento atingiu um valor superior à do sotavento.

Com esta análise é possível concluir que existem fortes indícios de que o barlavento tem amplitudes de variação sazonal inferiores às amplitudes do sotavento.

6. Conclusão

A realização deste estudo de caso teve como objectivo principal a análise temporal e espacial de ciclos de variação sazonal para valores de NDVI ao longo de anos hidrológicos de forma a validar/rejeitar a hipótese de que o barlavento tem amplitudes de variação sazonal diferentes às amplitudes do sotavento.

Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, embora não sejam totalmente visíveis as diferenças de amplitude entre os ciclos de variação sazonal do NDVI, após a realização da análise estatística recorrendo aos testes t verifica-se que as séries são estatisticamente diferentes. E através do exercício verifica-se que de facto o barlavento apresenta amplitudes dos ciclos de variação sazonal inferiores aos do sotavento. Estes resultados embora forneçam fortes indícios de que a hipótese seja verdadeira não nos permite validá-la uma vez que são pouco conclusivos e as diferenças de amplitude não são completamente elucidativas. Contudo podemos concluir que a hipótese em estudo é plausível e para a sua confirmação seria necessário aprofundar o estudo em certos parâmetros.

Em trabalhos futuros, de forma a se atingirem resultados mais conclusivos, poderia proceder-se a uma análise mais aprofundada de alguns pontos, nomeadamente:

- Aumentar o universo de imagens do estudo onde poderia alongar-se o estudo de caso de 5 para 10 anos, duplicando a escala temporal e consequentemente duplicando o número de imagens para a análise;
- Aumentar o número de pontos aleatórios de amostragem de maneira a que seja possível a cobertura de uma maior área geográfica, passando por exemplo para o dobro dos pontos diminuindo para metade distância entre eles;
- Delimitar áreas de massas de água superficiais, sapais, salinas ou outras áreas que causam perturbações, para que não seja atribuído nenhum ponto nessas zonas garantindo que temos mais pontos com informação fidedigna;
- Usar as características de vegetação e de cobertura dos solos das diferentes áreas da região do Algarve, percebendo de que forma estas influenciam os

valores de NDVI e conseqüentemente a amplitude dos ciclos de variação sazonal.

- Aprofundar as análises feitas do NDVI em comparação com a altimetria, NDVI em comparação com os concelhos e NDVI em comparação com a geologia e litologia. Para além disto, experimentar diferentes maneiras de divisão da região algarvia, para comparar o comportamento do NDVI de acordo com diferentes fatores, por exemplo poderia aumentar-se o número de divisões obtendo-se um maior número de áreas mas com uma escala inferior para uma análise mais rigorosa. Uma das divisões poderia ser de acordo com as diferentes “ambientes”, fazendo a divisão das serras, do barrocal e do litoral sotavento e barlavento.

Referências Bibliográficas

- Altaweel, M. 2017. *Measuring Vegetation from Satellite Imagery with NDVI*. Consultado a 25 de Julho de 2017. https://www.gislounge.com/measuring-vegetation-satellite-imagery-ndvi/?utm_medium=email&utm_campaign=GIS-Jul-20-2017&utm_source=YMLP&utm_term=...!%22+class%3D%22CToWUd%22+width%3D%22620%22%3E
- Alves, J. 2017. *Espécies arbóreas indígenas em Portugal Continental*. Consultado a 2 de Julho de 2017. <http://www.publico.pt/multimedia/infografia/especies-arboreas-indigenas-em-portugal-continental-232>
- Bradley, B.A., R.W. Jacob, J.F. Hermance&J.F. Mustard. 2007. *A curve fitting procedure to derive inter-annual phenologies from time series of noisy satellite NDVI data*. *Remote Sensing of Environment* 106(2): 137-145.
- Ecosistemas. 2009. *A b c na Arquitectura Paisagista*. Consultado a 12 de Agosto de 2017. <https://ecoprojectos.blogspot.pt/2009/05/algarve-flora-e-vegetacao.html>
- ESA. 2016. *United Space in Europe*. Consultado a 12 de Janeiro de 2017. <http://m.esa.int/ESA>
- Feng, M., J.O. Sexton, C. Huang, A. Anand, S. Channan, X.-P. Song *et al.* 2016. *Earth science data records of global forest cover and change: Assessment of accuracy in 1990, 2000, and 2005 epochs*. *Remote Sensing of Environment* 184: 73-85.
- Loureiro, N.S. 2016. *Programa LANDSAT para conhecer (ainda) melhor o Algarve. Apontamentos para os alunos*. Universidade do Algarve, Faro.
- Loveland, T.R.&J.R. Irons. 2016. *Landsat 8: The plans, the reality, and the legacy*. *Remote Sensing of Environment* 185: 1-6.
- Martínez, B.&M.A. Gilabert. 2009. *Vegetation dynamics from NDVI time series analysis using the wavelet transform*. *Remote Sensing of Environment* 113(9): 1823-1842.
- NASA &USGS. 2008. *Landsat data distribution policy*. Consultado a 15 de Novembro de 2016. https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/Landsat_Data_Policy.pdf.
- National Science and Technology Council - Executive Office of the President. 2014. *National Plan for Civil Earth Observations*. Consultado a 15 de Novembro de 2016. https://remotesensing.usgs.gov/2014_national_plan_for_civil_earth_observations.pdf.
- QGIS. 2017. *Guia do utilizador do QGIS*. Consultado a 12 de Setembro de 2017. http://docs.qgis.org/2.14/pt_PT/docs/index.html.
- Rozenstein, O.&A. Karnieli. 2011. *Comparison of methods for land-use classification incorporating remote sensing and GIS inputs*. *Applied Geography* 31(2): 533-544.
- Santos, N.D. &G. Gonçalves 2014. *Remote Sensing Applications Based on Satellite Open Data (Landsat8 and Sentinel-2)*. Conferência Nacional de Geodesição, Barreiro, 15 e 16 de maio.

USGS & USDI. 2016. *Landsat—Earth Observation Satellites. Landsat Project Fact Sheet*. Consultado a 15 de Novembro de 2016. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-earth-observation-satellites-a-new-usgs-fact-sheet/>.

USGS. 2016. *Remote Sensing*. Consultado a 30 de Dezembro de 2016. <http://remotesensing.usgs.gov/about.php>.

USGS. 2017. *Missão Landsat*. Consultado a 18 de setembro de 2017. <https://landsat.usgs.gov/what-cfmask>.

USGS Science for a Changing World. 2016. *Landsat*. Consultado a 18 de Janeiro de 2017. <https://landsat.usgs.gov/landsat-project-description>.

USGS & USDI. 2007. *The U.S. Geological Survey Land Remote Sensing Program. Land Remote Sensing Factsheet*. Consultado a 19 de Novembro de 2016. <https://pubs.usgs.gov/fs/2007/3021/fs2007-3021.pdf>.