

Dissertação de Mestrado

Riscos, Cidades e Ordenamento do Território

Variações temporais e espaciais da temperatura da superfície em Vila Nova de Gaia: análise com base em imagens de satélite Landsat 7 e 8

Bruno Manuel Castro Silva

M

2018



Bruno Manuel Castro Silva

**Variações temporais e espaciais da temperatura da superfície em
Vila Nova de Gaia: análise com base em imagens de satélite
Landsat 7 e 8**

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do
Território, orientada pelo(a) Professor(a) Doutor(a) Ana Monteiro
e coorientada pelo(a) Professor(a) Doutor(a) Helena Madureira

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

setembro de 2018

Variações temporais e espaciais da temperatura da superfície em Vila Nova de Gaia: análise com base em imagens de satélite Landsat 7 e 8

Bruno Manuel Castro Silva

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do
Território, orientada pelo(a) Professor(a) Doutor(a) Ana Monteiro
e coorientada pelo(a) Professor(a) Doutor(a) Helena Madureira

Membros do Júri

Professora Doutora Carmen do Céu Gonçalves Ferreira
Faculdade de Letras - Universidade do Porto

Professor Doutor José Augusto Alves Teixeira
Faculdade de Letras – Universidade do Porto

Professora Doutora Helena Cristina Fernandes Ferreira Madureira
Faculdade de Letras - Universidade do Porto

Classificação obtida: 18 Valores

Índice

Índice	5
Declaração de honra.....	7
Agradecimentos	8
Resumo	9
Abstract.....	10
Índice de Figuras	11
Índice de Tabelas	13
I – Introdução.....	14
Objetivos	16
Metodologia	17
1.1 Obtenção das cartas térmicas de junho e dezembro dos anos 2002 e 2016 .	18
1.2 Obtenção das cartas de ocupação do solo de 2007 e 2010	19
1.3 Processamento das alterações na temperatura da superfície no concelho de Vila Nova de Gaia, entre 2002 e 2016 nos meses de junho e dezembro.....	20
1.4 Identificação de relações entre as alterações na temperatura da superfície de 2002 a 2016 e as modificações na ocupação do solo	22
II – Revisão Bibliográfica.....	22
2.1 Clima Urbano	22
2.2 Relação entre temperatura e ocupação do solo.....	24
2.3 Cartas térmicas e uso de imagens do satélite Landsat.....	26
2.4 Variação da temperatura dos alvos à superfície e o albedo dos materiais....	29

III – Breve Caracterização da Área de Estudo	32
3.1 Enquadramento geográfico da área de estudo	32
3.2 Caracterização biofísica e socioeconómica	33
IV – Variações Temporais e Espaciais da Temperatura da Superfície em Vila Nova de Gaia.....	51
4.1 Variações espaciais na ocupação do solo e sua influência nos padrões de temperatura	51
4.2 Alterações temporais na temperatura da superfície (entre 2002 e 2016 nos meses de junho e dezembro).....	57
4.3 Alterações temporais na temperatura da superfície e suas relações com modificações na ocupação do solo	61
Considerações finais	77
Bibliografia.....	80
Anexos.....	87

Declaração de honra

Declaro que o presente trabalho/tese/dissertação/relatório/... é de minha autoria e não foi utilizado previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (afirmações, ideias, pensamentos) respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referenciação. Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

[Faculdade de Letras Universidade do Porto, setembro 2018]

[Bruno Manuel Castro Silva]

Agradecimentos

Quero agradecer, em primeiro lugar, aos meus pais por me terem acompanhado e me apoiado ao longo de toda a minha vida e por todos os sacrifícios que fizeram no decorrer dos anos para me permitirem usufruir de uma excelente qualidade de vida, espero um dia ser capaz de retribuir tudo o que fizeram por mim.

À minha família e a todos os meus amigos pelas palavras de apoio que me dirigiram durante este ano, mas também por todos os momentos que passamos desde o início que ficarão para sempre na minha memória.

Agradeço à professora Ana Monteiro e à professora Helena Madureira por todos os ensinamentos científicos, pelos conselhos partilhados e pela grande disponibilidade que sempre tiveram para me receber e me guiar ao longo da realização deste trabalho.

À Paula Gonçalves pela partilha de conhecimento, pelas sugestões e críticas construtivas, pela disponibilidade, pelo incentivo e pela integração na elaboração de outros trabalhos.

Ao Luís por toda a informação que me facultou que foi essencial para a elaboração do trabalho.

Ao Pedro, por toda a amizade, companheirismo e ajuda que me deu ao longo destes 5 anos de faculdade, por todas as gargalhadas e por todos os momentos que vivemos juntos e que irão ficar, felizmente, para sempre na nossa memória.

Resumo

As tecnologias de detecção remota vêm-se desenvolvendo ao longo dos anos e consequentemente permitem cada vez mais obter um maior, melhor e mais detalhado conhecimento da superfície terrestre. Estas tecnologias permitem a aquisição da temperatura da superfície de um determinado local, possibilitando ainda uma melhor compreensão da distribuição das fontes de calor numa área urbana.

Neste estudo a área urbana analisada é o concelho de Vila Nova de Gaia e tem como objetivo a comparação das temperaturas de superfície adquiridas através das imagens termais (banda 6_1 do satélite Landsat 7 para alguns dias do ano 2002 e banda 10 do satélite Landsat 8 para alguns dias do ano 2016) dentre as quais seleccionamos, para este trabalho, uma de Inverno (dezembro 2002 e 2016) e outra de Verão (junho 2002 e 2016). O fato de termos imagens de dois satélites diferentes, constringimento a que somos alheios, origina, naturalmente, uma diferença no processo de construção das cartas térmicas, isto é, na fórmula de cálculo que permite a obtenção do resultado de cada um dos pares de imagens.

A escolha de meses iguais em anos tão distantes tem como principal objetivo perceber o comportamento da temperatura em duas épocas do ano distintas e perceber de que forma as alterações na ocupação do solo que foram ocorrendo no concelho de Vila Nova de Gaia ao longo de 14 anos, bem como os diferentes albedos dos materiais presentes influenciaram positiva ou negativamente as temperaturas das superfícies dos alvos e consequentemente do seu ar ambiente próximo.

Todo o processo de construção das cartas térmicas e de todos os layouts apresentados neste trabalho, bem como a análise dos dados obtidos foi realizada através do *software* de SIG, mais especificamente o ArcMap 10.4, que se tornou uma mais valia durante todo o procedimento.

Palavras-chave: Detecção Remota; Clima Urbano em Vila Nova de Gaia; Landsat 7 e 8; Carta Térmica; Usos do Solo

Abstract

Remote detection technologies have been developing over the years and consequently allows more and more to obtain a greater, better and more detailed knowledge of the terrestrial surface. These technologies permits the acquisition of surface temperatures of a certain location allowing therefore a better understanding of the distribution of heat sources in an urban area.

In this study the urban area analyzed is the municipality of Vila Nova de Gaia and it aims to compare the surface temperatures acquired through the thermal images (band 6_1 of the satellite Landsat 7 for some days of the year 2002 and band 10 of the satellite Landsat 8 for some days of the year 2016) among which we selected, for this study, one in winter (december of 2002 and 2016) and other in summer (june 2002 and 2016). The fact of having images of two different satellites, constraint that we are unrelated to, will naturally result in a contrast in the process of construction of thermal charts, that is to say the calculation formula that allows to obtain the result is distinct for each pair of images.

The choice of equal months in such distant years has as final objective to understand the behavior of the temperature in two distinct seasons of the year and to perceive in what way the changes in the occupation of the soil that have been occurring in the county of Vila Nova de Gaia over 14 years, as well as the albedos of the different materials have influenced positively or negatively the temperatures of target surfaces and consequently of their near ambient air.

The entire process of construction of the thermal charts and of all the layouts presented in this study, as well as the analysis of the data obtained was done through GIS *software*, more specifically ArcMap 10.4, which became an asset during the whole procedure.

Keywords: Remote Detection; Urban Climate in Vila Nova de Gaia; Landsat 7 and 8; Thermal Chart; Land Use

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos/Questões de partida e Procedimentos metodológicos	17
Figura 2 - A) Enquadramento de Vila Nova de Gaia no território nacional; B) Enquadramento da Área Metropolitana do Porto; C) Enquadramento das freguesias em Vila Nova de Gaia	33
Figura 3 - Hipsometria (m).....	36
Figura 4 - Exposição das Vertentes - Quadrantes.....	37
Figura 5 - Carta de Ocupação do Solo 2007.....	40
Figura 6 - Carta de Ocupação do Solo 2010.....	41
Figura 7 - Rede Viária	44
Figura 8 – Edificado em 2011	46
Figura 9 - População residente em 2011 A) por subsecção estatística; B) por freguesia	47
Figura 10 - Densidade Populacional (hab/km ²) A) por subsecção estatística; B) por freguesia.....	48
Figura 11 - População residente, com idade entre os 0 e os 9 anos A) por subsecção estatística; B) por freguesia	49
Figura 12 - População idosa, com idade igual ou superior a 64 anos A) por subsecção estatística; B) por freguesia	50
Figura 13 - Carta térmica do dia 30 de junho de 2002 (°C).....	53
Figura 14 - Carta térmica do dia 28 de junho de 2016 (°C).....	54
Figura 15 - Carta térmica do dia 7 de dezembro de 2002 (°C).....	55
Figura 16 - Carta térmica do dia 5 de dezembro de 2016 (°C).....	56
Figura 17 - Variação da temperatura (°C) no mês de junho dos anos 2002 e 2016.....	59
Figura 18 - Variação da temperatura (°C) no mês de dezembro dos anos 2002 e 2016.	60
Figura 19 - Áreas que sofreram alterações no uso do solo e na temperatura de superfície	62
Figura 20 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Avintes	63

Figura 21 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Sermonde	64
Figura 22 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Sandim	65
Figura 23 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Pedroso	66
Figura 24 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Olival	67
Figura 25 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Lever	68
Figura 26 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Canidelo	69
Figura 27 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Avintes	70
Figura 28 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Mafamude	71
Figura 29 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Grijó	72
Figura 30 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Serzedo.....	73
Figura 31 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de V. Paraíso.....	74
Figura 32 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Canidelo	75
Figura 33 - Área reabilitada na freguesia de Lever, após incêndio no mês de junho de 2002	76
Figura 34 - Motivos para investir na Natureza? (Adaptado de (Monteiro 2014)).....	78

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características do satélite Landsat 7	27
Tabela 2 - Características do satélite Landsat 8	28
Tabela 3 - Emissividade dos materiais (Adaptado do manual de instruções da Sonda TESTO)	30
Tabela 4 - Área de ocupação do solo no ano 2007	42
Tabela 5 - Área de ocupação do solo no ano 2010.....	42

I – Introdução

As cidades são paisagens de forte carácter artificial, onde a ação do homem se tornou marcante, pela larga utilização dos recursos e processos naturais, de forma a responder às necessidades de uma sociedade em constante crescimento, desenvolvimento e mutação (Batty 2007). Relativamente ao clima, este tem vindo ao longo do tempo a ser uma das temáticas que mais preocupação tem originado em todo o mundo, esta inquietação vai desde como mitigar as alterações climáticas até à promoção de um melhor conforto térmico à sociedade.

Compreender as influências e os impactos que os diferentes usos do solo que nos rodeiam, bem como as alterações nos mesmo, têm na temperatura da superfície, faz com que este tema se torne essencial para planeadores, geógrafos, arquitetos, tendo em conta a ligação cada vez maior entre o território e o clima. Segundo Brito e Prudente (2005) o mapeamento dos usos do solo e da cobertura vegetal de uma dada região é de extrema importância para a compreensão da organização do espaço e das mudanças ocorridas, uma vez que o meio ambiente está em constante transformação devido ao aumento das atividades antrópicas.

As temperaturas de superfície, segundo Pinheiro (2012) são estimadas a partir dos valores de radiação detetados pelos sensores térmicos dos satélites, pelo que esta temperatura não resulta de uma medição física direta, mas de uma temperatura modelizada a partir do registo do sensor dos satélites. Relativamente às tecnologias de deteção remota, segundo Amorim (2017) o avanço nas mesmas tem proporcionado o conhecimento cada mais detalhado da superfície terrestre, e têm sido utilizadas em cada vez mais estudos de clima urbano por todo o mundo como em Silva Brito e Diniz Prudente (2005), Small (2005), Durand Alves, Niero Pereira et al. (2009), Amorim e Monteiro et al (2010), Amorim e Monteiro et al (2011), Coelho e Correa (2013), Pinheiro e Laranjeira (2013), Wang, Ma et al. (2016), Amorim e Dubreuil (2016), Amorim e Dubreuil (2016), Amorim (2017), Yang, He et al. (2017), etc.

Segundo Lopes (2003) detecção remota é a aquisição de dados sobre objetos ou fenómenos que se encontram afastados dos aparelhos de observação utilizados. A utilização de imagens de satélite, obtidas através das tecnologias de detecção remota, com o intuito de complementar o conhecimento sobre a superfície terrestre de uma determinada área tem sido cada mais posto em prática em diversos estudos a uma escala mundial. Em Portugal este tipo de investigação foi desenvolvida por inúmeros investigadores que deram o seu contributo nesta área de estudo ao longo dos anos, entre os quais podemos referenciar, Moreira (1977), Moreira (1986), Monteiro (1993), Moreira (1995), Monteiro e Madureira (2000), Lopes e Vieira (2002), Lopes (2003), Alcoforado, Lopes et al. (2006), Monteiro e Madureira (2012), Monteiro, Madureira et al. (2018), etc.

Neste caso de estudo vão ser utilizadas imagens de satélite para posterior elaboração de cartas térmicas e análises territoriais do concelho de Vila Nova de Gaia. Ao longo deste trabalho vão ser também analisadas as consequências na temperatura da superfície, tanto positivas como negativas provocadas pela variação da ocupação do solo no concelho de Vila Nova de Gaia. Numa fase posterior são elaboradas cartas de variação da temperatura, utilizando como base as cartas térmicas, mas complementando com a introdução dos ortofotomapas de Vila Nova de Gaia, o que nos vai permitir detetar a uma escala muito mais pormenorizada os usos do solo e as suas alterações, assim como a sua influência na temperatura da superfície dos alvos, uma vez que as influências antropogénicas mais importantes no clima são a emissão de gases de efeito de estufa e as alterações nos usos do solo, como a urbanização e a agricultura (Kalnay e Cai 2003).

Vila Nova de Gaia foi a cidade escolhida como área de estudo, uma vez que é um concelho que apresenta uma grande diversidade relativamente à ocupação do solo e que ao longo dos anos foi registando várias alterações. Surge também por ser uma área sobre a qual existe um leque bastante alargado de cartografia disponível de qualidade e de trabalhos relativos ao clima urbano e, fundamentalmente por ser um concelho de fácil acesso para complementar por trabalho de campo o que é visível através da cartografia de base.

Objetivos

O objetivo principal deste trabalho consiste em identificar as alterações da temperatura da superfície no concelho de Vila Nova de Gaia, tendo em conta duas estações do ano distintas (Verão e Inverno), nos meses de junho e dezembro dos anos 2002 e 2016, utilizando como base imagens de satélite provenientes do satélite Landsat, e posteriormente compreender a influência da ocupação do solo e das alterações do mesmo nas temperaturas da superfície, identificando as áreas do concelho de Vila Nova de Gaia mais afetadas e as principais causas destas variações da temperatura da superfície. São colocadas, designadamente, as seguintes questões de partida:

- Será que ocorreu um aumento da temperatura à superfície no concelho de Vila Nova de Gaia de 2002 para 2016, tendo como base a comparação os meses junho e dezembro?

- Serão as variações espaciais na ocupação do solo e nos materiais responsáveis por diferentes padrões de temperatura no município?

- Serão as alterações na ocupação do solo responsáveis por variações, tanto positivas como negativas, da temperatura da superfície do município?

- Será este tipo de caso de estudo uma das soluções a nível nacional para identificar os problemas e as respostas no que diz respeito à relação entre temperatura, ocupação do solo e conforto térmico?

O contributo científico focou-se maioritariamente na criação de procedimentos metodológicos nos SIG que permitissem obter respostas eficazes levantadas no caso de estudo, bem como a realização de cartografia adequada que permitisse identificação dos alvos de interesse para estudo. Todo este processo contribuiu para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de ferramentas em SIG que futuramente poderão vir a ser importantes no desenvolvimento de casos de estudo semelhantes.

Metodologia

Para respondermos aos objetivos/questões de partida anteriormente colocados, seguimos diferentes procedimentos metodológicos, que se encontram sintetizados na figura 1 e detalhadamente explicados nos seguintes subcapítulos.

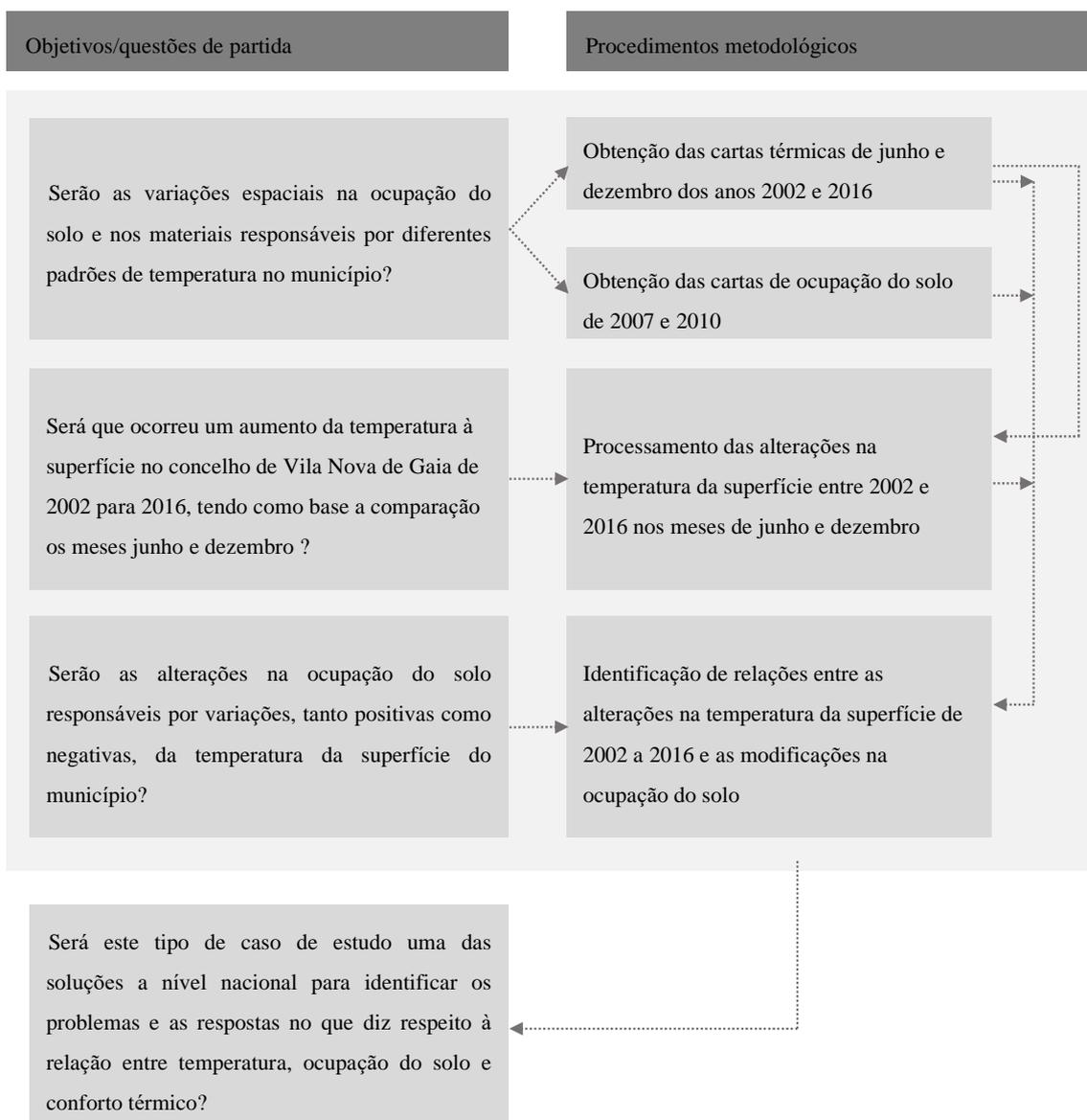


Figura 1 - Objetivos/Questões de partida e Procedimentos metodológicos

Relativamente aos dados aos quais tivemos acesso, no domínio do clima, tivemos acesso aos dados climáticos da estação Porto - Pedras Rubras, nos 5 dias antes e após às datas das imagens de satélite trabalhadas neste trabalho. Os dados da população são provenientes do INE (Instituto Nacional de Estatística); as ortofotomapas foram disponibilizadas pela GAIURB; as imagens de satélite foram obtidas através da Earth Explorer; as COS e a CAOP foram retiradas da DGTerritório (Direção Geral do Território)

1.1 Obtenção das cartas térmicas de junho e dezembro dos anos 2002 e 2016

A partir da análise das cartas térmicas é possível detetar as temperaturas da superfície do concelho de Vila Nova de Gaia e fazer uma posterior comparação das temperaturas sentidas em toda área do município nos meses de Verão (junho 2002 e 2016) e de Inverno (dezembro 2002 e 2016). As temperaturas dos alvos apresentam valores superiores às temperaturas do ar e estas são fornecidas pela passagem do satélite, pelas 11h – horário local (Amorim e Monteiro 2011).

Anteriormente à elaboração das cartas térmicas selecionaram-se os meses e os anos que iriam ser futuramente trabalhados. Foram selecionados dois meses de Verão e dois meses de Inverno com um intervalo de 14 anos (junho e dezembro de 2002 e 2016), nos quais os estados de tempo eram semelhantes e que permitiam uma melhor comparação de dados, e também para que fosse possível fazer uma análise que permitisse identificar variações significativas na temperatura dos alvos, mas também alterações na ocupação do solo do concelho que possam justificar as variações da temperatura da superfície identificadas.

Os satélites a partir dos quais foi possível obter as imagens de satélite são distintos, isto devido à disparidade dos anos das imagens, ou seja, as imagens de 2002 foram obtidas a partir do satélite Landsat 7 e as imagens de 2016 foram obtidas a partir do satélite Landsat 8. Por esta razão são necessárias duas fórmulas de cálculo distintas para obter as cartas térmicas de Vila Nova de Gaia.

O processo de elaboração das cartas térmicas é iniciado com o download das imagens de satélite que apresentam a menor nebulosidade nos meses previamente selecionados a partir da fonte (USGS, Earth Explorer). Cada imagem de satélite é

composta por bandas térmicas e apresenta os valores das temperaturas à superfície às 11h horário local. Todo o restante processo foi realizado através de um Sistema de Informação Geográfica, mais concretamente do *software* ArcMap 10.4. Esta fase do procedimento consistiu em adicionar no ArcMap 10.4 as bandas térmicas necessárias para a produção das cartas térmicas e através da ferramenta *raster calculator*, aplicar a fórmula correta para cada tipo de imagem, como será posteriormente apresentado. Foi também utilizada cartografia referente aos limites administrativos, mais concretamente a CAOP 2011 (Carta Administrativa Oficial de Portugal), disponível na direção geral do território (DGTerritório).

Para as imagens de junho e dezembro de 2002 foi utilizada a banda térmica 6_1, tendo sido seguido o procedimento proposto em USGS (2016), com a seguinte fórmula de cálculo:

$$FC = (17.040/254) * (B6_1-1) + 1 = \text{RADIÂNCIA}$$

$$TF = 1282.71 / \text{Ln}(666.09/\text{RADIÂNCIA}+1) = F$$

$$TC = F - 273$$

Para as imagens de junho e dezembro de 2016 foi utilizada a banda térmica 10, tendo sido seguido o procedimento proposto em Coelho e Correa (2013), com a seguinte fórmula de cálculo:

$$FC = (1321.08 / \text{Ln}(774.89 / (3.3420E-04 * "LC82040312016340LGN00_B10.TIF" + 0.10000) + 1)) - 273.15$$

1.2 Obtenção das cartas de ocupação do solo de 2007 e 2010

Foram elaboradas duas cartas de ocupação de solo (figura 5 e 6) de forma a tentar perceber o tipo de ocupação do solo e as alterações que ocorreram no território de Vila Nova de Gaia no intervalo de anos das duas cartas (2007 e 2010).

Neste caso de estudo só foi possível elaborar e analisar mapas das COS (Carta de Ocupação do Solo) de 2007 e 2010 uma vez que eram, à data da realização deste trabalho, as COS disponíveis mais próximas dos anos das cartas térmicas. Para uma melhor

interpretação e análise dos mapas elaborados é apresentada também a área (km²) e a percentagem (%) relativa a cada classe definida (tabela 4 e 5).

Relativamente ao processo de elaboração das cartas de ocupação do solo, este foi iniciado com o download da cartografia necessária através da direção geral do território (DGTerritório), posto isto todo o restante processo foi realizado no *software* ArcMap 10.4, onde foram adicionadas as *shapes* que continham toda a informação referente aos usos do solo do concelho de Vila Nova de Gaia nos anos 2007 e 2010, bem como a informação relativa aos limites administrativos com a introdução da CAOP 2011 (Carta Administrativa Oficial de Portugal).

O passo seguinte passou por definir através da NomenclaturaCOS_Classificação n1 as classes de ocupação do solo, uma vez que, inicialmente a COS é fornecida com um elevado número de classes, por essa razão é necessário comprimir estes dados em classes principais, para isso é fundamental definir um tipo de classificação, neste caso foi utilizada a Classificação n1. Esta classificação apresenta 10 grandes classes que definem os usos do solo em Vila Nova de Gaia, sendo que na COS 2007 não são apresentados valores referentes à área ardida, por isso apenas estão representadas 9 classes. Todo este processo de definição das classes é feito através da ferramenta tabela de atributos no ArcMap 10.4, onde é necessário introduzir uma nova coluna e através da informação fornecida pela Classificação n1, é feito um agrupamento dos dados iniciais, sendo assim possível obter as 10 classes principais.

1.3 Processamento das alterações na temperatura da superfície no concelho de Vila Nova de Gaia, entre 2002 e 2016 nos meses de junho e dezembro

Numa fase posterior do trabalho surge o objetivo de determinar as variações da temperatura da superfície (positivas e negativas) no concelho de Vila Nova de Gaia, ou seja, os alvos onde ocorreu o aumento ou a diminuição da temperatura da superfície tendo como base os anos de 2002 e de 2016. Para isso foi necessário utilizar as cartas térmicas previamente obtidas para a aplicação das fórmulas de cálculo, que a seguir apresentamos. Mais uma vez, e à semelhança do processo de elaboração das cartas térmicas, este método foi realizado no *software* ArcMap 10.4 e as fórmulas de cálculo foram aplicadas através da ferramenta *raster calculator*.

O primeiro passo passou por executar a fórmula mais simples e direta que inicialmente se pensava que iria apresentar os resultados esperados para os meses de junho e dezembro, e que passava por calcular a diferença de temperatura entre as imagens térmicas de 2016 e 2002:

$$FC = \text{valor térmica junho 2016} - \text{valor térmica junho 2002}$$

$$FC = \text{valor térmica dezembro 2016} - \text{valor térmica dezembro 2002}$$

Esta fórmula veio a tornar-se inconclusiva, devido ao facto de os valores de temperatura nos dois meses de dezembro serem bastante dispares entre si, pelo que o resultado apresentou apenas variações positivas, ou seja, toda a área do concelho aumentou a temperatura dos alvos desde 2002 até 2016, algo que não poderia ter acontecido.

Posto isto foi necessário aplicar uma fórmula de cálculo cujo resultado apresentasse valores relativizados e de possível análise. A solução encontrada passou por mais uma vez utilizar os valores das térmicas previamente trabalhadas, mas desta vez usar também os valores da temperatura média de cada mês:

$$FC = \frac{\text{valor térmica junho 2016} / T^{\circ} \text{ média junho 2016}}{\text{valor térmica junho 2002} / T^{\circ} \text{ média junho 2002}}$$

$$FC = \frac{\text{valor térmica dezembro 2016} / T^{\circ} \text{ média dezembro 2016}}{\text{valor térmica dezembro 2002} / T^{\circ} \text{ média dezembro 2002}}$$

Através deste processo foi possível obter um resultado conclusivo e de análise perceptível, onde foram definidas duas classes diferentes, os valores menores que 1 (cor azul) representam os alvos onde se deu diminuição da temperatura da superfície, ou seja, em 2002 a temperatura detetada naquele alvo era superior à temperatura do mesmo alvo em 2016, e os valores superiores a 1 (cor vermelha) apresentam os alvos onde houve

aumento da temperatura da superfície, ou seja, em 2016 a temperatura sentida naquele alvo é superior à sentida em 2002 (figura 17 e 18).

1.4 Identificação de relações entre as alterações na temperatura da superfície de 2002 a 2016 e as modificações na ocupação do solo

Para determinar se as modificações na ocupação do solo podem ser consideradas como um dos influenciadores das alterações da temperatura da superfície de Vila Nova de Gaia, foi necessário recorrer aos ortofotomapas existentes relativos à área de estudo. Posto isto, foram utilizados os ortofotomapas de 2003 e 2015, uma vez que é a cartografia mais próxima da data das cartas térmicas. De salientar que os ortofotomapas foram disponibilizados pela GAIURB.

O processo de elaboração destas imagens (figura 20 a 33) foi totalmente realizado através do *software* ArcMap 10.4, e consistiu na definição da mesma escala de análise para ambos os *layouts* (1:7500) e em sobrepor as *shapes* dos ortofotomapas sobre as *shapes* previamente obtidas relativas às alterações na temperatura da superfície, ou seja, através das classes definidas no ponto anterior (cor azul e cor vermelha). Ficaram assim perceptíveis as alterações na ocupação do solo e nos materiais presentes nestas áreas, o que por sua vez permitiu justificar o aumento ou a diminuição na temperatura da superfície.

II – Revisão Bibliográfica

2.1 Clima Urbano

A Geografia tem-se revelado um excelente instrumento de integração de uma miríade de processos dinâmicos, indispensável tanto para conhecer, explicar e antecipar os processos naturais, como para entender os mecanismos de funcionamento da sociedade, como, ainda, para perceber as formas de relacionamento entre ambos (sociedade e processos naturais) (Monteiro 2008). Assim, as relações entre a sociedade e o sistema climático dependem das características deste, mas também, da capacidade de absorção, da resistência e da elasticidade da estrutura social existente (Monteiro 2008). É também importante salientar que a climatologia urbana tem hoje um carácter pluridisciplinar, sendo extremamente importante a contribuição dada pelos geógrafos

(Andrade 2005), apesar de a análise da forma como a climatologia urbana se articula com outras áreas de estudo do ambiente urbano mostre que essa articulação é, em geral, insuficiente, quer pela incapacidade dos climatólogos de integrar o seu trabalho numa perspetiva ambiental mais ampla, quer pela reduzida importância dada às temáticas ambientais nas abordagens sociológicas e económicas do espaço urbano (Andrade 2005).

O clima não é apenas um componente do ambiente urbano, resultando da interação entre fatores naturais e antrópicos (Andrade 2005), mas é também um dos principais fatores naturais que contribui para a formação das paisagens, sendo determinado fundamentalmente por duas causas: a radiação solar e os movimentos das massas de ar, que se combinam de formas diversas, imprimindo a cada região características próprias (Brito 1997). Os problemas climáticos mais frequentes nas áreas urbanas encontram-se associados à componente térmica e à circulação do ar (Alcoforado, Lopes et al. 2006), uma vez que um dos eventos que tem a função de mitigar estes problemas é o vento (regional e local) sendo que este desempenha um papel fundamental no ambiente climático urbano, pois contribui para o arejamento e renovação do ar, atuando positivamente no conforto térmico e na qualidade do ar (Alcoforado, Lopes et al. 2006).

Assim, a incapacidade de os espaços urbanos responderem cabalmente aos desígnios que lhes deram origem, é um enigma que continua a intrigar a maioria dos decisores, dos cidadãos e dos investigadores. Imaginados como espaços otimizadores de oportunidades para todos, evoluíram, na maioria dos casos para uma organização espacial pulverizada de fracassos sociais, económicos e ambientais (Monteiro e Madureira 2012). Esta evolução repleta de fracassos pode ser compreendida devido ao fato de o processo de urbanização produzir transformações radicais na natureza das superfícies e nas propriedades atmosféricas de uma região. Promovendo a alteração das características da radiação, da temperatura, da humidade e da circulação do ar alterando, portanto, os balanços energéticos, hidrológicos e de massa (Madureira 2002), bem como devido à complexidade do meio urbano que se deve sobretudo aos múltiplos padrões morfológicos (diferentes formas, volumetrias, cores e materiais) que interagem com a atmosfera urbana (Lopes 2003).

Qualquer subsistema climático depende, integralmente, dos processos de resolução encontrados em cada uma das suas componentes: atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. O processo de urbanização, ao provocar mudanças radicais na natureza da superfície e nas propriedades da atmosfera, afeta, inequivocamente, as condições de funcionamento de cada uma destas componentes do subsistema climático (Monteiro 1993). Uma das soluções para mitigar estes impactos nas condições de funcionamento dos componentes do subsistema climático são os espaços verdes, uma vez que podem desempenhar um papel muito importante na melhoria do clima urbano, designadamente na diminuição da temperatura do ar. Estes efeitos estão dependentes do tipo e quantidade de vegetação existentes, sendo claramente mais notórios em áreas com presença de vegetação densa e com diversos estratos arbóreos (Pinheiro 2012). Não esquecer também de referir a importância da cobertura vegetal como um elemento de absorção das ondas sonoras, tornando-se a sua utilização indispensável nos centros urbanos, onde o ruído constitui um grave problema ambiental, sobretudo quando se pretende criar áreas de lazer ou descanso (Madureira 2002). É também consensual o reconhecimento da importância dos espaços verdes urbanos na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e na criação de uma imagem atrativa (e competitiva) das cidades. O seu contributo para a melhoria da qualidade de vida pode ser alcançado através das suas diversas funções, tais como as funções biofísicas que se caracterizam essencialmente pelos benefícios climáticos, biológicos e hidrológicos (Vasconcelos e Vieira 2010).

2.2 Relação entre temperatura e ocupação do solo

Um dos grandes impactos dos diferentes tipos de uso do solo na temperatura é inicialmente detetado a uma escala mais alargada através da comparação da área urbana com a área rural, uma vez que a urbanização cria um clima local diferente da área rural que a rodeia. O efeito mais comprovado é a ilha de calor e estudos demonstram diferenças de temperatura urbanas-rurais até 12°C durante noites limpas e calmas (Oke 1981). Os estudos de clima urbano sempre mostraram preocupação em relação à magnitude da diferença na temperatura do ar observada entre as cidades e as regiões urbanas circundantes (Landsberg 1981).

Embora as áreas urbanas ocupem uma porção relativamente pequena da superfície terrestre, sua extensão, distribuição e evolução tem grande impacto no meio ambiente e na dinâmica socio económica mundial (Small 2005).

Os núcleos urbanos compreendem um mosaico de áreas quentes e frescas, em função dos diferentes usos do solo (Pinheiro e Laranjeira 2013). Nas cidades encontramos grandes áreas impermeabilizadas (ruas ou outros espaços pavimentados) e edificadas (edifícios em pedra ou cimento) que armazenam e conduzem o calor de forma mais rápida do que nas áreas com vegetação (Pinheiro 2012). A impermeabilização do solo, a variedade de materiais, as novas e variadas volumetrias, a panóplia de atividades, a densidade de pessoas, veículos, etc. criam novas condições de entrada e saída de energia no sistema climático (Monteiro 2008). Por exemplo, a construção de uma casa, de uma estrada ou de uma fábrica num dado local altera o clima aí existente, criando um microclima de grande complexidade, dependendo este do desenho, da função e da densidade de construção (Barry 1985). Daí surgir o fato de a enumeração e a gestão eficaz dos riscos naturais e tecnológicos são fulcrais no planeamento do território municipal (Teixeira, Bateira et al. 2013).

Tendo em conta todas estas consequências dos processos de urbanização é necessário haver soluções que mitiguem esses impactes. E apesar de não ser o elixir para a mitigação de todos os impactes negativos da urbanização, a vegetação pode ser um importante regulador térmico dentro da cidade. Assim, uma das formas mais eficazes de mitigação consiste na criação de espaços verdes, pois estes têm vindo a ser apontados como os principais mitigadores do efeito de ilha de calor urbano, nomeadamente através do efeito sombra e de evapotranspiração (Oke 1989; Alcoforado 1996). O facto de armazenar, temporariamente, água e energia e de, consoante as suas características, intercetar mais ou menos luz solar, torna-a indispensável para compensar as profundas alterações no balanço energético introduzidas pelos materiais utilizados no espaço construído (ex: asfalto, telha, cimento, alumínio, vidro, espelho, etc.) (Monteiro e Madureira 2000). A vegetação é também um elemento estimável como purificador da atmosfera urbana, realizando esta função quer através da fixação das poeiras e gases tóxicos de forma mecânica e por efeitos electrostáticos, quer pela função clorofílica,

através da qual absorve dióxido de carbono e emite oxigênio e ozônio (Madureira 2002). Tendo isto em consideração, a presença de cobertura vegetal na cidade tem de ser entendida como um dos elementos de composição da estrutura urbana, e não constituir uma mera consequência residual do planejamento urbano (Madureira 2002). Uma vez que as funções ambientais dos espaços verdes urbanos tem ganho cada vez mais um maior reconhecimento e por isso faz com que sejam percebidos como elementos centrais das políticas urbanas (Letra, Madureira et al. 2017).

2.3 Cartas térmicas e uso de imagens do satélite Landsat

Ao longo das últimas décadas, o desenvolvimento e a divulgação de tecnologias como o GPS, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a grande disponibilidade de dados proporcionados pelo desenvolvimento da Internet, bem como a generalização dos smartphones e do uso das redes sociais, foram fulcrais para a abertura de uma grande janela de oportunidades e de necessidades no ensino da Geografia (Pereira, Pacheco et al. 2016).

As imagens de satélite são normalmente usadas para providenciar descrições visuais de áreas urbanas (Small 2005), e apresentam vantagens como: o baixo custo de aquisição da informação e em formato digital, que permite a utilização de métodos automáticos; a possibilidade de aquisição de dados tanto de cidades como de áreas remotas; e facilidade de atualização, devido à periodicidade da aquisição das imagens, em alguns casos (Pinheiro 2012). Apesar de todas estas vantagens supracitadas, o fato da captação de imagens pelo satélite Landsat se realizar sempre à mesma hora representa uma limitação, pois não permite analisar os fenômenos típicos da tarde e da noite (Pinheiro e Laranjeira 2013).

Em termos comparativos, o uso de imagens de satélite tem algumas vantagens face às medições climáticas tradicionais, uma vez que as primeiras permitem a aquisição simultânea de informação sobre vastas áreas e de um modo contínuo em áreas muitas vezes inacessíveis, ao contrário das medições climáticas tradicionais que são geralmente realizadas em locais pontuais ou segundo um perfil previamente definido, mas que não cobrem a totalidade da área estudada (Vasconcelos e Vieira 2010).

Segundo (Machado 2003) e NASA (National Aeronautics and Space Administration) o sensor ETM+ do satélite Landsat 7 apresenta as seguintes características: resolução radiométrica de 8 bits (256 níveis de cinza); resolução temporal de 169 dias, ângulo de visada encontra-se no nadir (0°) e as seguintes características espectrais:

Banda	Faixa Espectral (μm)	Região do Espectro	Resolução Espacial (m x m)
1	0.44 – 0.51 μm	Visível Azul	30 m
2	0.52 – 0.60 μm	Visível Verde	30 m
3	0.63 – 0.69 μm	Visível Vermelho	30 m
4	0.77 – 0.90 μm	Infravermelho Próximo/NIR	30 m
5	1.55 – 1.75 μm	Infravermelho Médio/SWIR	30 m
6	10.31 – 12.36 μm	Infravermelho Termal/TI	60 m
7	2.07 – 2.35 μm	Infravermelho Médio/SWIR	30 m
8	0.52 – 0.90 μm	Pancromática (PAN)	15 m

Tabela 1 - Características do satélite Landsat 7

Segundo (Coelho e Correa 2013) e NASA (National Aeronautics and Space Administration) a plataforma Landsat 8 opera dois instrumentos: o primeiro, o Operational Land Imager (OLI), com nove bandas espectrais incluindo a banda pancromática (banda 1 a 9); o segundo, o Thermal Infrared Sensor (TIRS), com duas bandas de pixel de 100 metros, processadas e disponibilizadas em 30 metros, para coincidir com a maioria das bandas multiespectrais do sistema imageador OLI (USGS 2013). O satélite Landsat 8 apresenta as seguintes características espectrais:

Banda	Faixa Espectral (μm)	Região do Espectro	Resolução Espacial (m x m)
1	0.43 – 0.45 μm	Visível Ultra-Azul	30 m
2	0.45 – 0.51 μm	Visível Azul	30 m
3	0.53 – 0.59 μm	Visível Verde	30 m
4	0.64 – 0.67 μm	Visível Vermelho	30 m
5	0.85 – 0.88 μm	Infravermelho Próximo	30 m
6	1.57 – 1.65 μm	Infravermelho Médio/SWIR 1	30 m
7	2.11 – 2.29 μm	Infravermelho Médio/SWIR 2	30 m

8	0.50 – 0.68 μm	Pancromática (PAN)	15 m
9	1.36 – 1.38 μm	Cirrus	30 m
10	10.60 – 11.19 μm	Infravermelho Termal/TIRS 1	100 m
11	11.50 – 12.51 μm	Infravermelho Termal/TIRS 2	100 m

Tabela 2 - Características do satélite Landsat 8

(Rao 1972) foi um dos primeiros investigadores a demonstrar que as áreas urbanas poderiam ser identificadas por meio de análises de dados na faixa do infravermelho termal adquiridos por um satélite. Isto só foi possível através das características apresentadas pelos sensores remotos, uma vez que estes detetam as radiações eletromagnéticas refletidas ou emitidas pela superfície da Terra ou pela atmosfera, podendo os resultados ser registados e apresentados, quer sob a forma digital, quer sob a forma analógica, em imagens ou fotografias (Henriques 1982). A partir deste estudo pioneiro, a deteção remota tem vindo a adquirir nas últimas décadas uma grande aceitação no meio académico em função do acesso a hardware, softwares e produtos gratuitos como as imagens de satélites, complementando as análises e aplicações, a exemplo das pesquisas geográficas (Coelho e Correa 2013).

Todo este processo de tratamento de imagens de satélite proporciona resultados relevantes para o território nacional, como por exemplo, o levantamento do uso do solo torna-se uma ferramenta importante para planeadores e legisladores, pois ao verificar a utilização do solo em determinada área, pode-se elaborar uma melhor política de uso do solo e para o desenvolvimento da região (Silva Brito e Diniz Prudente 2005); o mapeamento do solo urbano é importante pois reflete padrões de uso do solo relacionados com atividades socio económicas que tem impacto no ambiente envolvente (Small 2005); e a monitorização da paisagem de uma dada região é fator primordial no planeamento racional de utilização do solo, face principalmente à velocidade das transformações de ocupação do espaço físico e ao pouco conhecimento dos recursos naturais nela existentes (Assad e Sano 1998).

2.4 Variação da temperatura dos alvos à superfície e o albedo dos materiais

O clima na cidade está dependente de fatores como os usos do solo, a geometria e os materiais dos edifícios e do resultado da intervenção humana no clima local (Eliasson 2000). Com o passar dos anos, o planeamento e o ordenamento do território cada vez mais envolve a gestão de recursos limitados e visa a preservação e a conservação do património natural (Rocha, Bateira et al. 2017). Em 1833, Luke Howard colocou a hipótese de o excesso de calor nas cidades era causado, no verão, devido à maior absorção da radiação solar pelo conjunto de superfícies verticais da cidade e à falta de humidade disponível para evaporação (Gartland 2011). É também importante realçar que as características térmicas dos materiais nas cidades (asfalto, tijolo, vidro, etc.) diferem daqueles que são encontrados mais abundantemente nas áreas rurais (árvores, erva, solo a céu aberto, etc.). Em geral, os materiais de construção usados nas cidades contribuem para a intensidade da ilha de calor, devido à sua capacidade de absorção de calor (Oke 2002).

A temperatura da superfície constitui um importante parâmetro nos estudos do clima urbano, uma vez que modela a temperatura do ar e da atmosfera urbana inferior (Weng 2009). Uma vez que diferentes temperaturas à superfície, resultam de distintas propriedades radiativas e térmicas dos materiais – em particular, o albedo, a emissividade e a condutividade térmica -, que determinam o modo como a radiação solar é por eles refletida e o calor é armazenado, emitido e libertado na atmosfera urbana inferior, estas influenciam, por consequência, os valores da temperatura do ar (Lopes 2008). Nas áreas urbanas, as temperaturas da superfície são, em geral, mais elevadas do que nos arredores por que os materiais artificiais que as constituem são mais eficientes no armazenamento da energia solar, podendo reter duas vezes mais calor do que as áreas rurais vizinhas (Costa, Silva et al. 2010). Estas diferenças de temperatura de superfície entre áreas urbanas e áreas rurais, e entre os vários tipos de ocupação do solo presentes nas cidades, resultam das diferenças de materiais existentes e das suas propriedades radiativas e térmicas, em particular o albedo, a emissividade e a condutividade térmica (Pinheiro 2012). De seguida, e através de informação retirada da base de dados da sonda TESTO, que mede a temperatura, humidade e o vento, é apresentada uma tabela que indica as

emissividades típicas de materiais importantes e muito frequentes no quotidiano que permite consolidar as afirmações supracitadas:

Material (temperatura do material)	Emissividade
Alumínio, não tratado (170 °C)	0,04
Algodão (20 °C)	0,77
Betão (25 °C)	0,93
Gelo, liso (0 °C)	0,97
Ferro, esmerilado (20 °C)	0,24
Ferro com crosta de fundição (100 °C)	0,80
Ferro com escamas de laminação (20 °C)	0,77
Gesso (20 °C)	0,90
Vidro (90 °C)	0,94
Borracha, dura (23 °C)	0,94
Borracha, cinzento, mole (23 °C)	0,89
Madeira (70 °C)	0,94
Cortiça (20 °C)	0,70
Dissipador de calor, preto anodizado (50 °C)	0,98
Cobre, levemente oxidado (20 °C)	0,04
Cobre, oxidado (130 °C)	0,76
Plásticos: PE, PP, PVC (20 °C)	0,94
Latão, oxidado (200 °C)	0,61
Papel (20 °C)	0,97
Porcelana (20 °C)	0,92
Tinta preta, mate (80 °C)	0,97
Aço, com tratamento de calor Superfície (200 °C)	0,52
Aço, oxidado (200 °C)	0,79
Barro, queimado (70 °C)	0,91
Verniz para transformadores (70 °C)	0,94
Tijolo, argamassa, reboco (20 °C)	0,93
Branco	0.85 – 0.95
Vermelho	0.85 – 0.95
Preto	0.90 – 0.98

Tabela 3 - Emissividade dos materiais (Adaptado do manual de instruções da Sonda TESTO)

Por outro lado, o mapeamento do uso do solo e da cobertura vegetal natural de uma dada região é de extrema importância para a compreensão da organização do espaço e das mudanças ocorridas, uma vez que o meio ambiente está em constante transformação

devido ao aumento das atividades antrópicas (Silva Brito e Diniz Prudente 2005). Um exemplo destas transformações são as construções urbanas (telhados, muros, ruas), que atuam como refletores múltiplos, absorvendo parte da energia e refletindo outra parte para outras superfícies, aumentando a quantidade de energia recebida e armazenada na cidade. Por oposição, nas áreas com vegetação a copa das árvores recebe e retém a maior quantidade da radiação, e devido à ausência de superfícies verticais a radiação é de novo refletida para a atmosfera. Assim, os níveis inferiores permanecem relativamente mais frios, o que justifica as diferenças de temperatura entre as áreas construídas e as áreas arborizadas (Pinheiro 2012). É também importante referir que as áreas verdes durante o dia são geralmente mais frescas do que a área circundante devido ao efeito de sombra (que reduz a radiação solar recebida) e de evapotranspiração, o que favorece o arrefecimento das superfícies e da atmosfera (Vasconcelos e Vieira 2010).

III – Breve Caracterização da Área de Estudo

3.1 Enquadramento geográfico da área de estudo

O conhecimento sobre o espaço físico que nos rodeia é fundamental para a implementação com sucesso de qualquer medida política e neste caso em concreto para promover a qualidade de vida e o bem-estar da população (da Fonseca 2012).

Localizada no Norte litoral de Portugal, na margem sul da foz do rio Douro, Vila Nova de Gaia, é um município que integra a AMP (Área Metropolitana do Porto – área geográfica onde em cerca de 1900km² residem 1 759 524 pessoas (INE, 2011)).

Vila Nova de Gaia tem uma área de 168,5 km² e um total de 302 296 habitantes, distribuídos, até 2013, por 24 freguesias (figura 2).

Contudo, esta era a distribuição das freguesias previamente à reorganização administrativa do território das freguesias que ocorreu em 2013. Após este processo, Vila Nova de Gaia passou a contar apenas 15 freguesias, através da união de freguesias de Sandim, Olivar, Lever e Crestuma, união de freguesias de Sermonde e Grijó, união de freguesias de Gulpilhares e Valadares, união de freguesias de Mafamude e Vilar do Paraíso, união de freguesias de Pedroso e Seixezelo e união de freguesias de Santa Marinha e São Pedro de Afurada.

No entanto, para a realização deste trabalho utilizamos como referência a organização administrativa prévia, uma vez que os dados relativos às cartas térmicas serem de 2002 e 2016, os dados referentes aos usos do solo serem de 2007 e 2010 e o último recenseamento ter ocorrido em 2011.

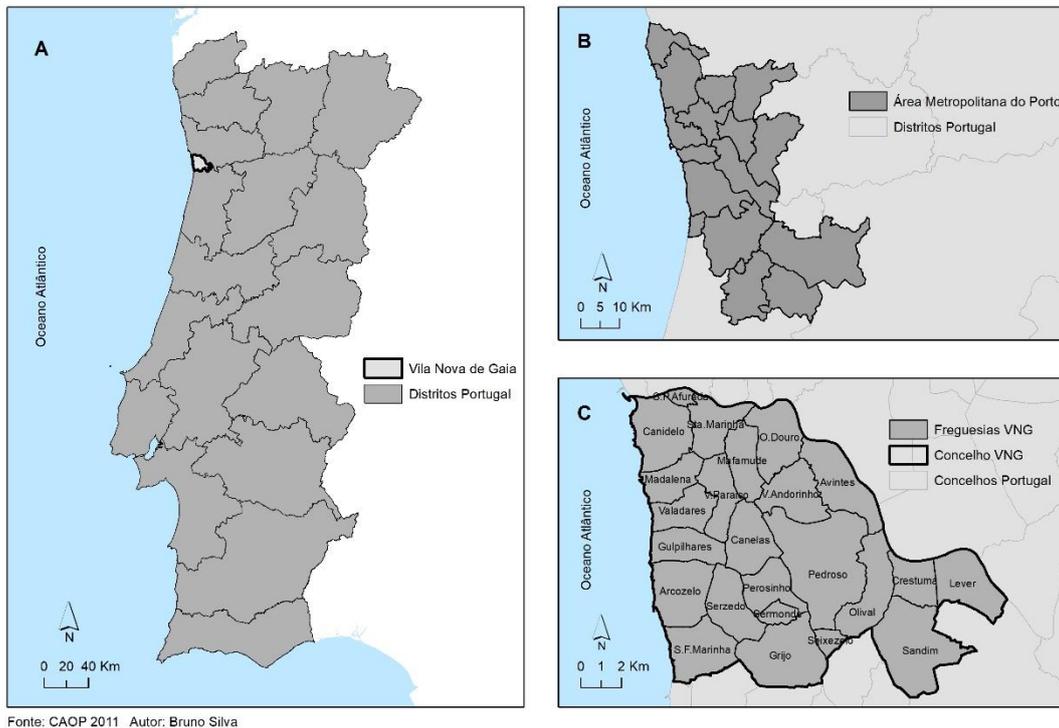


Figura 2 - A) Enquadramento de Vila Nova de Gaia no território nacional; B) Enquadramento da Área Metropolitana do Porto; C) Enquadramento das freguesias em Vila Nova de Gaia

3.2 Caracterização biofísica e socioeconómica

Clima

O concelho de Vila Nova de Gaia apresenta um clima mediterrâneo ameno, fortemente marcado pela proximidade ao Oceano Atlântico, com um Verão moderado e um Inverno temperado e livre de geadas no litoral, sendo mais frio e sujeito a geadas para o interior. A forte influência atlântica, enquanto moderadora do clima, é bem evidente nas temperaturas amenas, sendo que a época estival é de curta duração e seca (GAIURB 2008; Monteiro e Fonseca 2013; Gonçalves 2016).

Relativamente à precipitação, os meses de Inverno são os que apresentam valores mais abundantes, enquanto que o período seco é de apenas 2 meses e ocorre durante os meses de Verão, julho e agosto (GAIURB 2008).

A estação climatológica utilizada neste estudo para aquisição dos valores dos elementos climáticos (humidade, temperatura, pressão ao nível do mar, velocidade do vento e ponto de orvalho) presentes nas cartas térmicas e nos gráficos em anexo, foi a de Porto – Pedras Rubras, pois é a que apresenta uma maior e mais completa base de dados, uma vez que a estação meteorológica da Serra do Pilar não se encontra em funcionamento. A estação de Porto – Pedras Rubras está localizada no concelho da Maia, distrito do Porto com uma localização no Aeroporto Sá Carneiro (Porto). Esta estação enquadra-se numa área de baixo relevo e num contexto urbano com uma influência predominantemente continental, no entanto com a receção de ventos marítimos, tendo em conta a sua proximidade à costa. A estação encontra-se instalada em cima de uma superfície artificial numa altitude de 77 metros.

Hipsometria

Para a análise do relevo foi elaborado um modelo digital de terreno (MDT), utilizando as curvas de nível, de 10 em 10 metros e os pontos cotados. Esta caracterização é importante uma vez que o relevo é um dos principais fatores que condicionam o clima, através da altitude ou através da exposição de vertentes.

Segundo Gonçalves (2016) a morfologia é um descritor importante da relação que os elementos vivos estabelecem com o suporte biogeofísico, uma vez que explica as paisagens, influência o escoamento e a acumulação da água, os microclimas, a distribuição da vegetação e condiciona a acessibilidade.

Os modelos digitais de terreno (MDT), segundo da Fonseca (2012) são modelos topográficos que representam uma determinada superfície construída com base em dados de suporte numérico que associam as coordenadas de qualquer ponto ao seu valor de altitude. Neste trabalho, este modelo foi convertido para *raster*, e foi com suporte nesta conversão, que através da utilização de ferramentas de análise espacial, foi realizado o mapa de exposição de vertentes.

No concelho de Vila Nova de Gaia a altitude varia entre os 0 e 272 metros, (figura 3). Cerca de 46% do município encontra-se entre os 0 e os 125 metros de altitude, enquanto que aproximadamente 26% está acima dos 200 metros.

As altitudes mais elevadas, acima dos 120 metros, concentram-se sobretudo no centro e sudeste do concelho. Enquanto que as altitudes mais baixas, entre os 0 e 40 metros de altitude são visíveis ao longo de toda a extensão do rio Douro e ao longo de todo a costa litoral de Vila Nova de Gaia.

Relativamente às linhas de água, a rede hidrográfica do concelho apresenta-se, de um modo geral, pouco densa. Dependendo do relevo e do substrato geológico da área onde se desenvolvem as diferentes linhas de água, estas apresentam maior ou menor expressão no território. O Rio Douro apresenta-se como o elemento hidrográfico mais significativo do concelho (GAIURB 2008).

Exposição de Vertentes

Quanto à insolação refere-se que o número de horas anual registado é de cerca de 2583 horas, com os valores mais elevados registados em julho e agosto (328,7 e 300,3 horas respetivamente) e os valores mínimos registados em Dezembro e Janeiro (129,4 e 126,2 horas respetivamente) (GAIURB 2008).

A inclinação dos raios solares determina, que as vertentes voltadas a sul estejam mais expostas ao sol (encostas soalheiras), e que como tal tenham maior insolação. As vertentes voltadas para norte têm mais horas de sombra (encostas umbrias), e por isso a insolação é menor (Gonçalves 2016).

No concelho de Vila Nova de Gaia, e tendo em conta a irregularidade morfológica do mesmo, que origina uma heterogeneidade de exposições de vertentes à radiação solar, a exposição a sul ocupa aproximadamente 28%, a norte 27%, a oeste 16%, a este 7% e as exposições das áreas aplanadas ocupam 19% (figura 4).

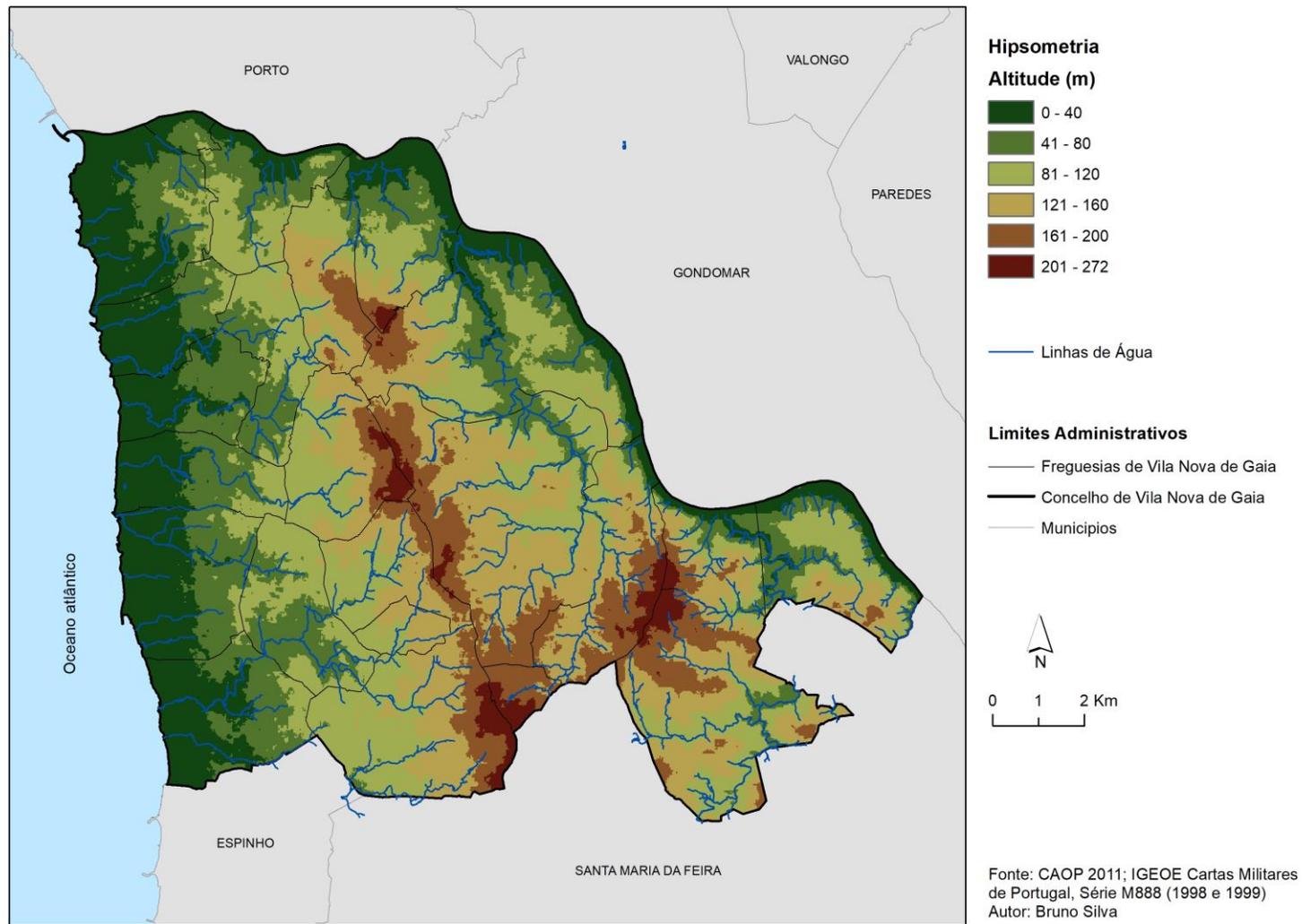


Figura 3 - Hipsometria (m)

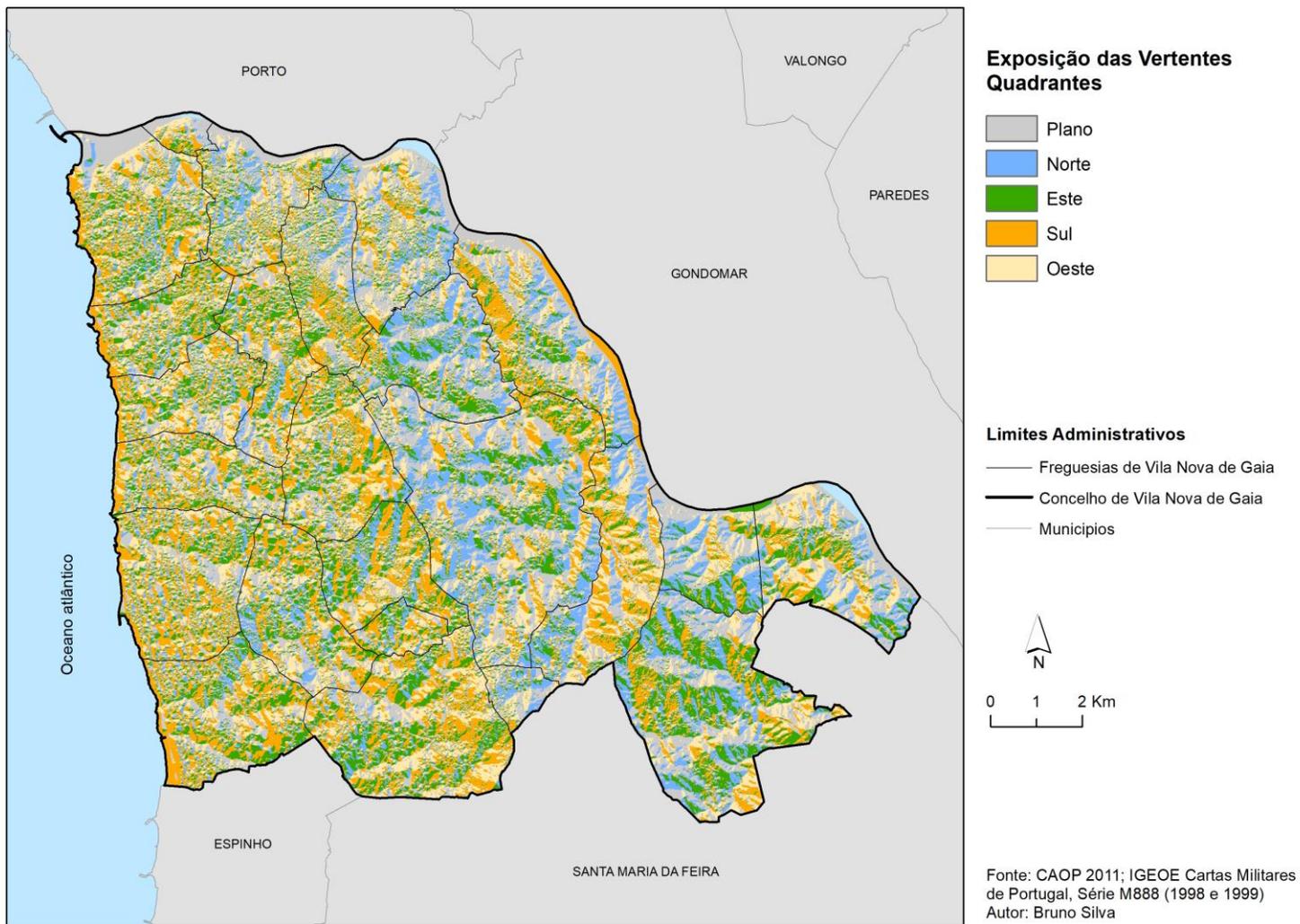


Figura 4 - Exposição das Vertentes - Quadrantes

Ocupação e Uso do Solo

Em Vila Nova de Gaia, a grande diversidade de usos do solo e a sua constante transformação, torna esta vertente de extrema importância no que diz respeito à caracterização da área de estudo (Gonçalves 2016).

As cartas de ocupação do solo foram produzidas e analisadas neste trabalho com um intuito de proporcionar um maior e melhor conhecimento de todo o território de Vila Nova de Gaia, bem como das alterações que ocorreram ao nível da ocupação do solo, para que nos fosse mais fácil perceber o porquê da existência de locais com temperaturas da superfície tão distintas das que se verificam noutros alvos. Posto isto, foram também elaboradas duas tabelas que permitem analisar as alterações na ocupação do solo numa vertente mais quantitativa.

Observando as figuras 5 e 6, é notória a divisão em duas realidades, a Norte e a Oeste predomina a impermeabilização composta pelo tecido urbano e pela rede viária, enquanto que a este, predominam essencialmente os espaços florestais e as áreas agrícolas.

Os espaços florestais têm uma maior expressão em todo o concelho, ocupando cerca de 37,7% do território em 2007 e 33,3% em 2010, apesar de estar sobretudo concentrada na área oriental do concelho de onde se destacam as freguesias de Lever, Avintes, Crestuma, Sandim e Olival.

Relativamente aos espaços impermeabilizados e tal como está supracitado, estes predominam na zona norte e oeste ao longo de toda a costa litoral.

Os espaços verdes é a classe que apresenta a menor percentagem de ocupação do município, possuindo apenas 0,61% em 2007 e diminui para 0,49% em 2010.

Os espaços industriais apesar de estarem visivelmente distribuídos por toda a área do concelho apenas constituem cerca de 4% do território em 2007 e 3,7% em 2010.

As áreas agrícolas surgem como a segunda classe mais predominante no concelho no que diz respeito a espaços permeáveis, esta classe encontra-se, tal como os espaços industriais, distribuída por todo o município, e ocupam 17,65% em 2007 e 15,11% em 2010 da área total do concelho.

De uma forma geral é possível constatar o domínio do tecido urbano e das áreas florestais por todo o concelho, mas são também perceptíveis as separações entre a área urbana e a área rural de Vila Nova de Gaia, bem como nas freguesias de Sandim, Olival e Lever é notório o aparecimento de solo a céu aberto numa área anteriormente classificada como área florestal, isto deveu-se à destruição da área florestal para posterior construção da rede viária A41 (figura 5 e 6).

Vila Nova de Gaia exhibe em toda a sua fronteira ocidental o Oceano atlântico e a Norte e a Leste o Rio Douro e os seus afluentes, o rio Febros e o rio Uima.

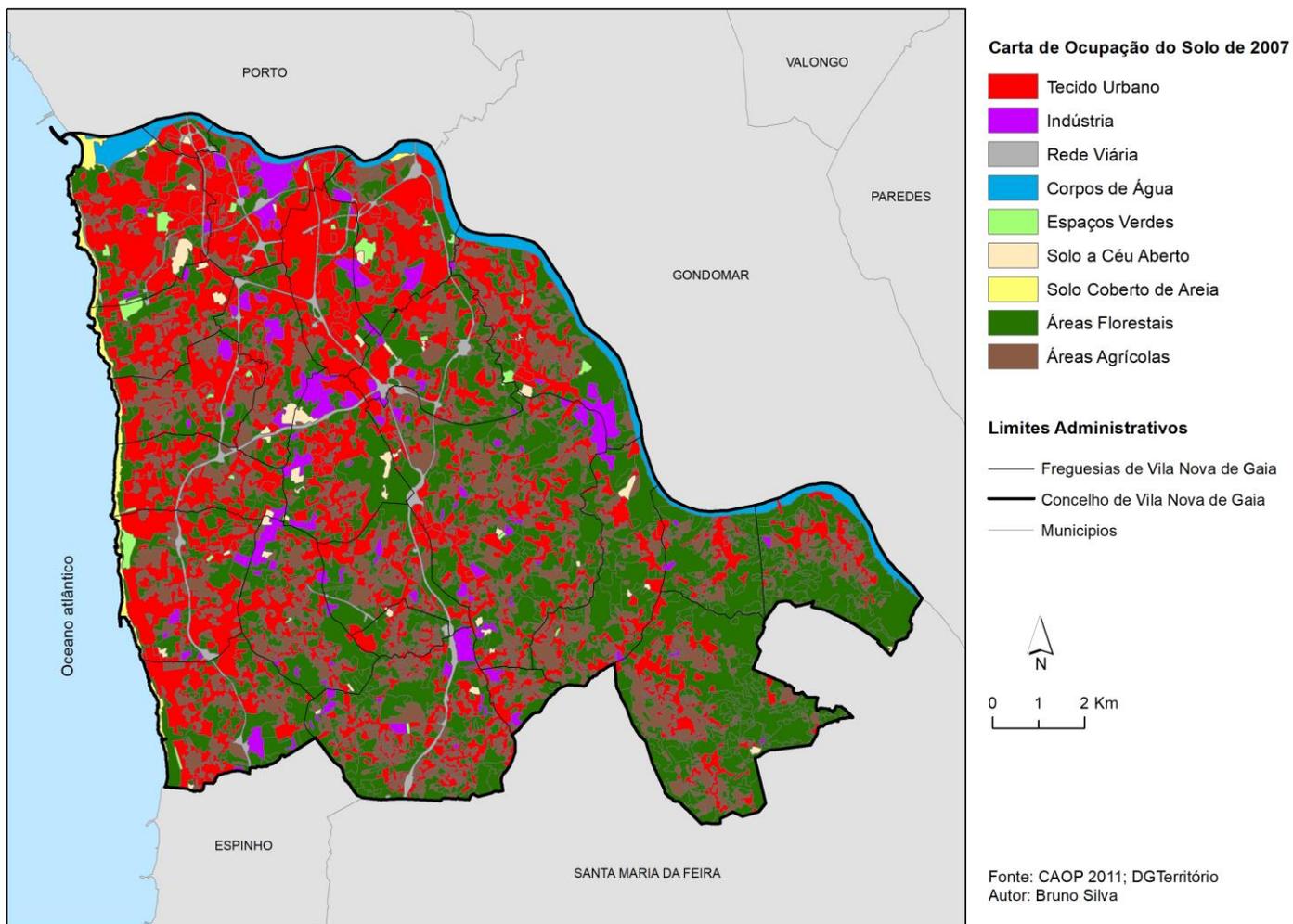


Figura 5 - Carta de Ocupação do Solo 2007

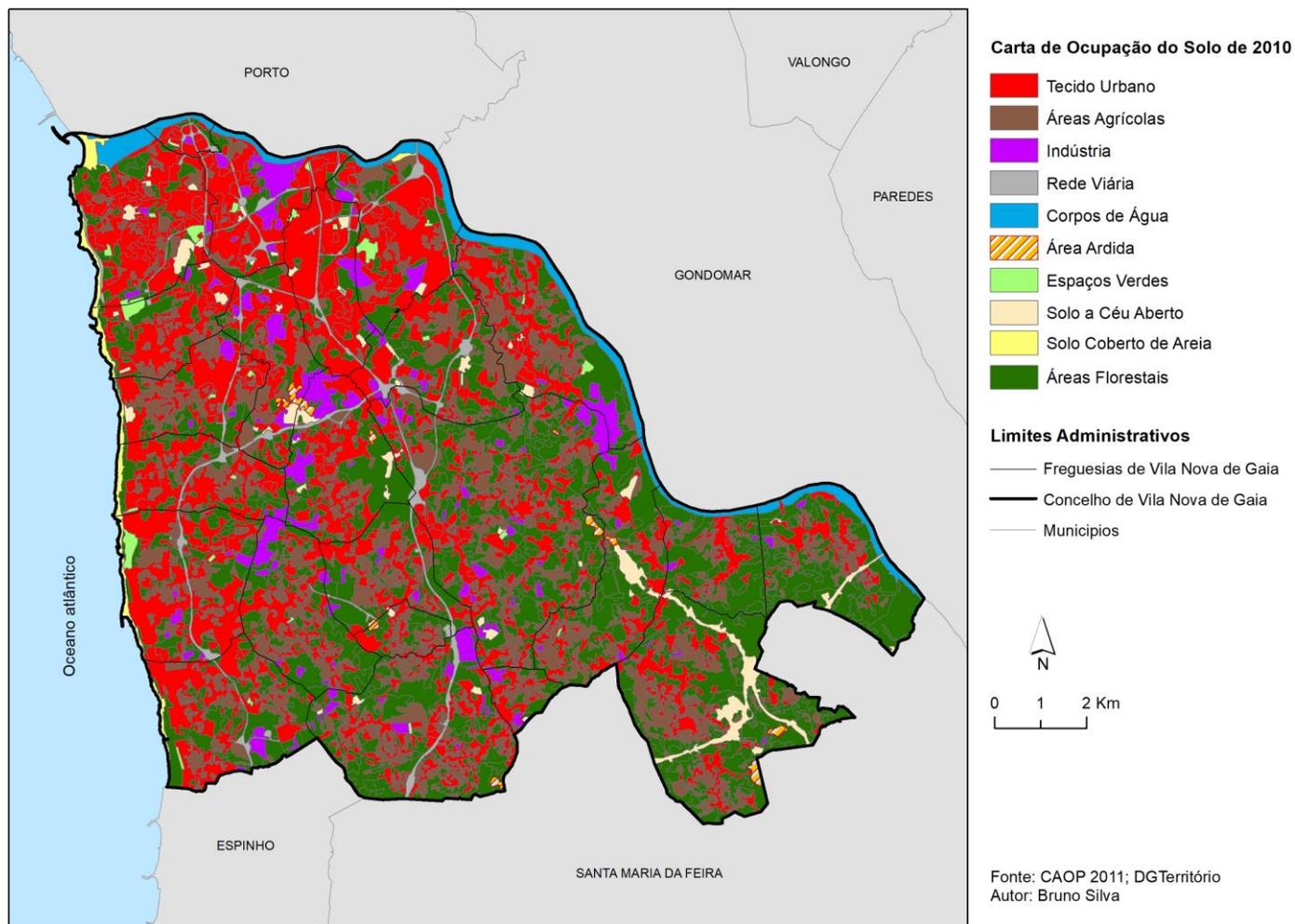


Figura 6 - Carta de Ocupação do Solo 2010

Categorias	Área Ocupada 2007	
	km ²	%
Tecido Urbano	56,33	33,45
Indústria	6,76	4,01
Rede Viária	3,62	2,15
Corpos de Água	4,45	2,64
Espaços Verdes	1,03	0,61
Solo a Céu Aberto	1,59	0,94
Solo Coberto de Areia	1,49	0,88
Áreas Florestais	63,43	37,66
Áreas Agrícolas	29,72	17,65
TOTAL	168,42	100

Tabela 4 - Área de ocupação do solo no ano 2007

Categorias	Área Ocupada 2010	
	km ²	%
Tecido Urbano	61,12	29,88
Indústria	7,41	3,66
Rede Viária	17,77	8,77
Corpos de Água	12,6	6,22
Espaços Verdes	0,99	0,49
Solo a Céu Aberto	4,33	2,14
Solo Coberto de Areia	1,55	0,77
Áreas Florestais	67,51	33,33
Áreas Agrícolas	30,60	15,11
Área Ardida	0,64	0,32
TOTAL	204,52	100

Tabela 5 - Área de ocupação do solo no ano 2010

Rede Viária

A rede viária é um fator preponderante para a estruturação de todas as áreas, na distribuição da população, e é atualmente um dos acessos mais utilizados por toda a sociedade.

Como é visível na (figura 7) a rede viária de Vila Nova de Gaia foi dividida em três classes, rede viária principal, rede viária secundária e rede viária interna, esta divisão permite verificar a sua complexidade e a criação de assimetrias entre o litoral e o interior. Relativamente à rede viária principal, A1, A20, A29, A32 e A44 são todas vias que atravessam as freguesias do concelho no sentido norte – sul e este – oeste, proporcionando acessos a uma escala local, regional e nacional. Por outro lado, a estrada nacional (N) 1 e a estrada nacional (EN) 222 criam acessibilidades às freguesias do interior da área de Vila Nova de Gaia. A rede viária interna, a STCP (Sociedade de Transportes Coletivos do Porto), o Metro e a rede ferroviária, bem como os operadores privados têm um papel fundamental na criação de acessos às inúmeras áreas de trabalho, habitação e lazer do concelho.

É importante referir a existência de uma pista pedonal e de ciclovia ao longo de toda a costa ocidental do concelho, promovendo atividades de lazer e uma mobilidade urbana sustentável para peões e ciclistas, numa tentativa de diminuição do tráfego automóvel e conseqüente poluição junto às praias de Vila Nova de Gaia.

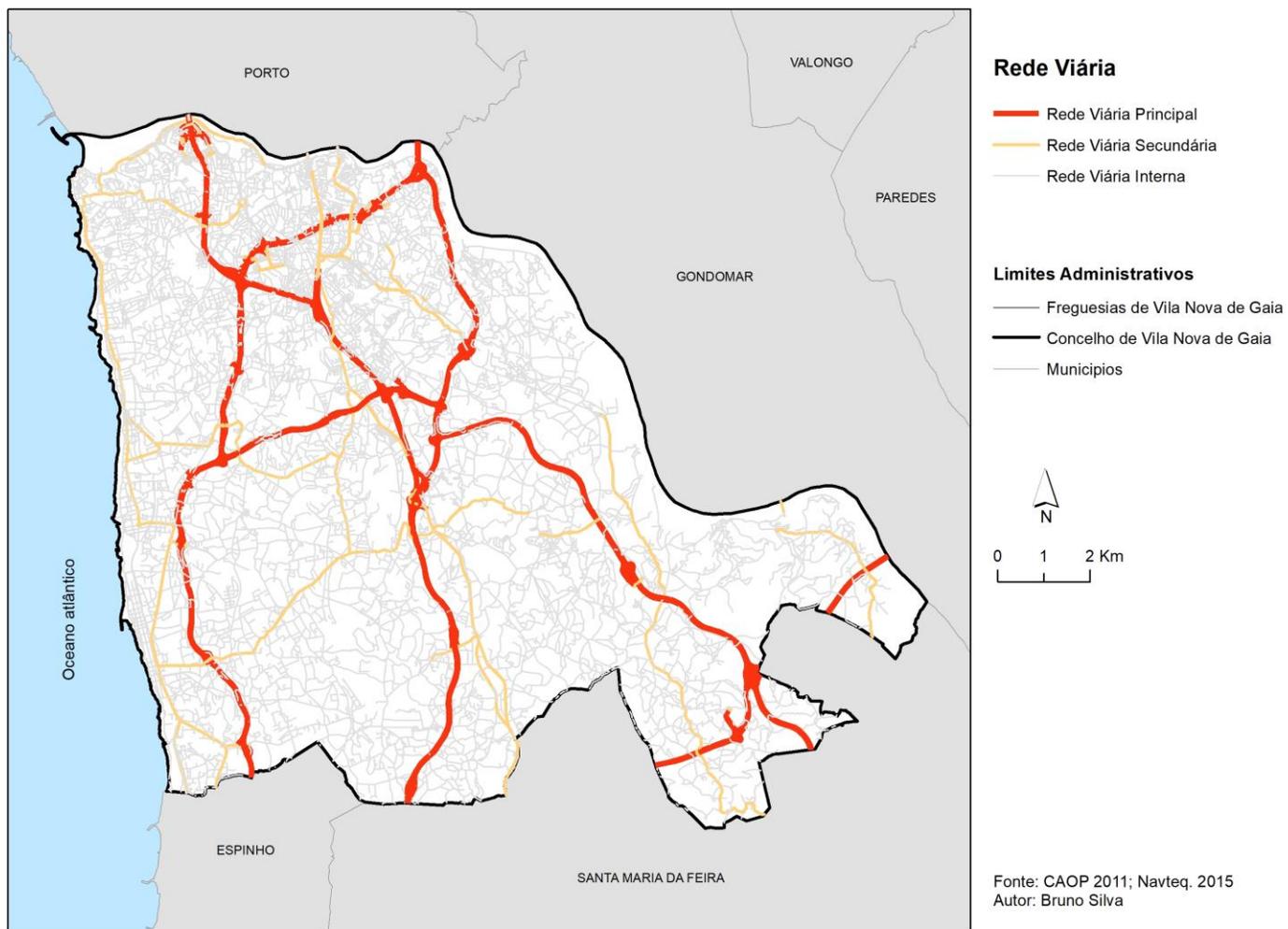


Figura 7 - Rede Viária

Edificado

É possível verificar que o edificado não se encontra distribuído de forma heterogénea pelo concelho, havendo uma concentração do mesmo na zona norte e oeste de Vila Nova de Gaia, que por sua vez representam as áreas mais urbanizadas do concelho (figura 8).

Tendo em conta os dados dos censos do INE de 2011, o município é constituído por um total de 65 088 edifícios, sendo a freguesia de Canidelo a apresentar o maior número de edifícios do concelho com 5 427 edifícios (8,3%), seguida pela freguesia de Pedroso com um total de 5 415 edifícios (8,3%). Pelo contrário são as freguesias de São Pedro da Afurada e São Félix da Marinha a possuir o menor número de edifícios em Vila Nova de Gaia, com apenas 439 (0,7%) e 517 (0,8%) respetivamente.

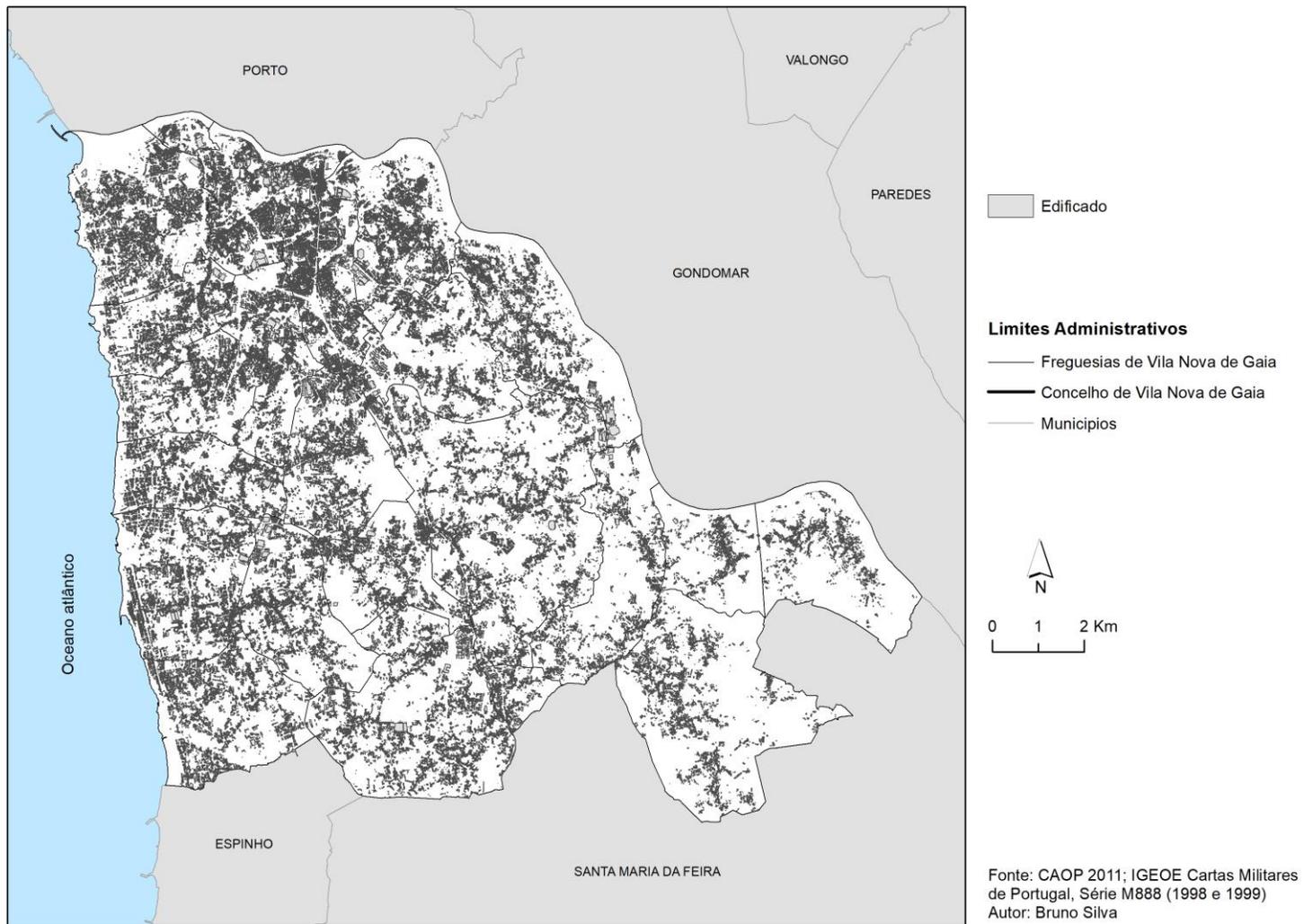


Figura 8 – Edificado em 2011

População

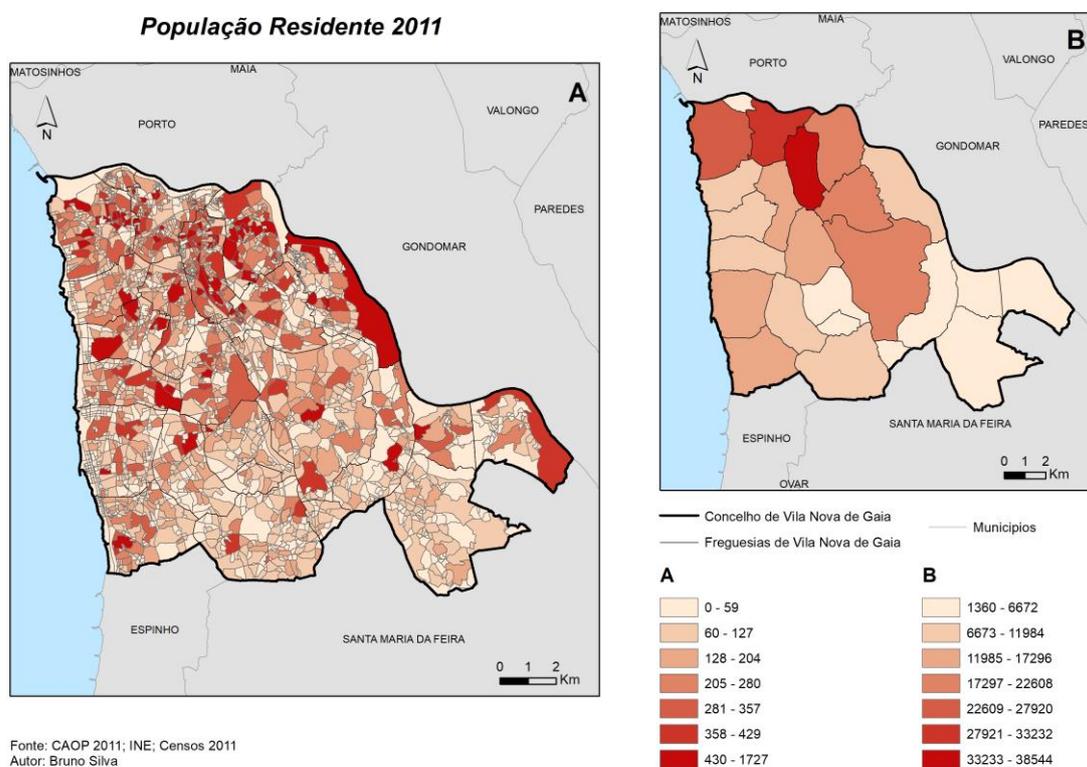


Figura 9 - População residente em 2011 A) por subsecção estatística; B) por freguesia

Após análise dos censos da população de 2001 e 2011, a partir da qual se verificou um aumento de 205 497 habitantes em Portugal, o concelho de Vila Nova de Gaia seguiu esta tendência e teve um aumento da sua população residente em cerca de 13 547 habitantes (INE).

O concelho de Vila Nova de Gaia tem uma população total de 302 295 habitantes, sendo o sexo feminino predomina (52,2%) relativamente ao sexo masculino (47,8%).

A freguesia com maior número de residentes é Mafamude (38 544 habitantes) seguida por Santa Marinha (30 146 habitantes), enquanto que a menos populosa é a freguesia de Sermonde (1 360 habitantes) seguida por Seixezelo (1 712 habitantes).

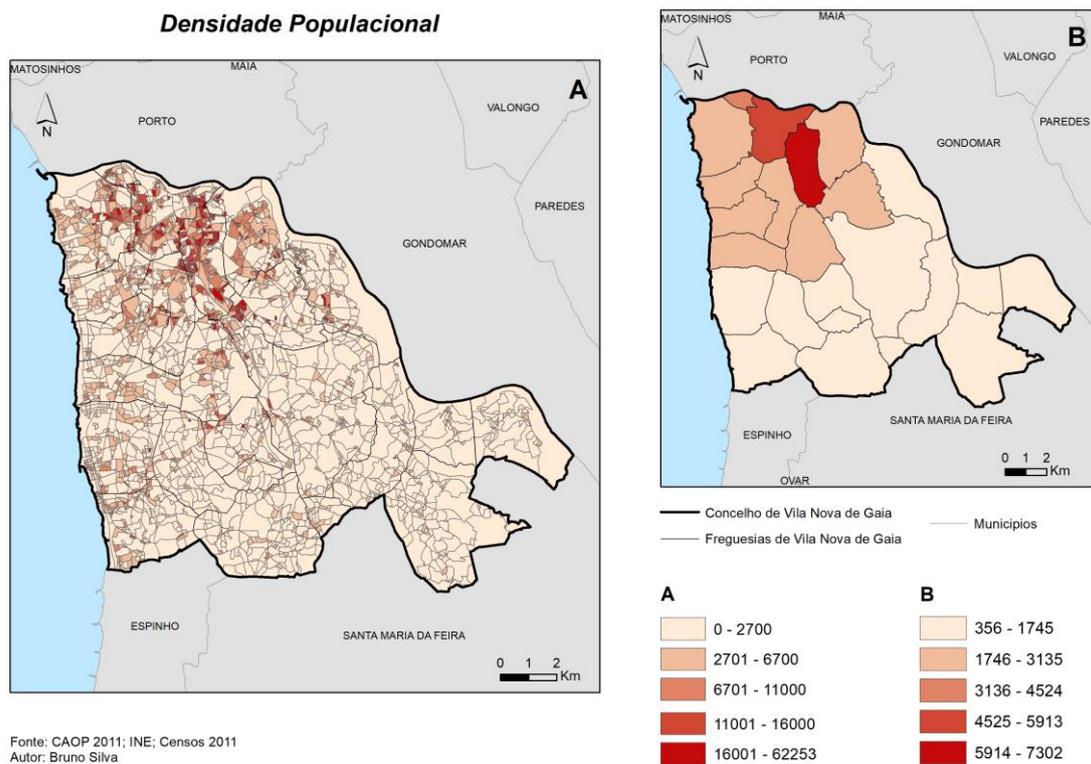


Figura 10 - Densidade Populacional (hab/km²) A) por subsecção estatística; B) por freguesia

As freguesias com maior densidade populacional são Mafamude e Santa Marinha, que apresentam uma densidade de, respetivamente, 7 302 e 5 094 hab/km², respetivamente, enquanto que as freguesias com menor densidade populacional são Lever e Sandim que possuem uma densidade de 356 e 438 hab/km².

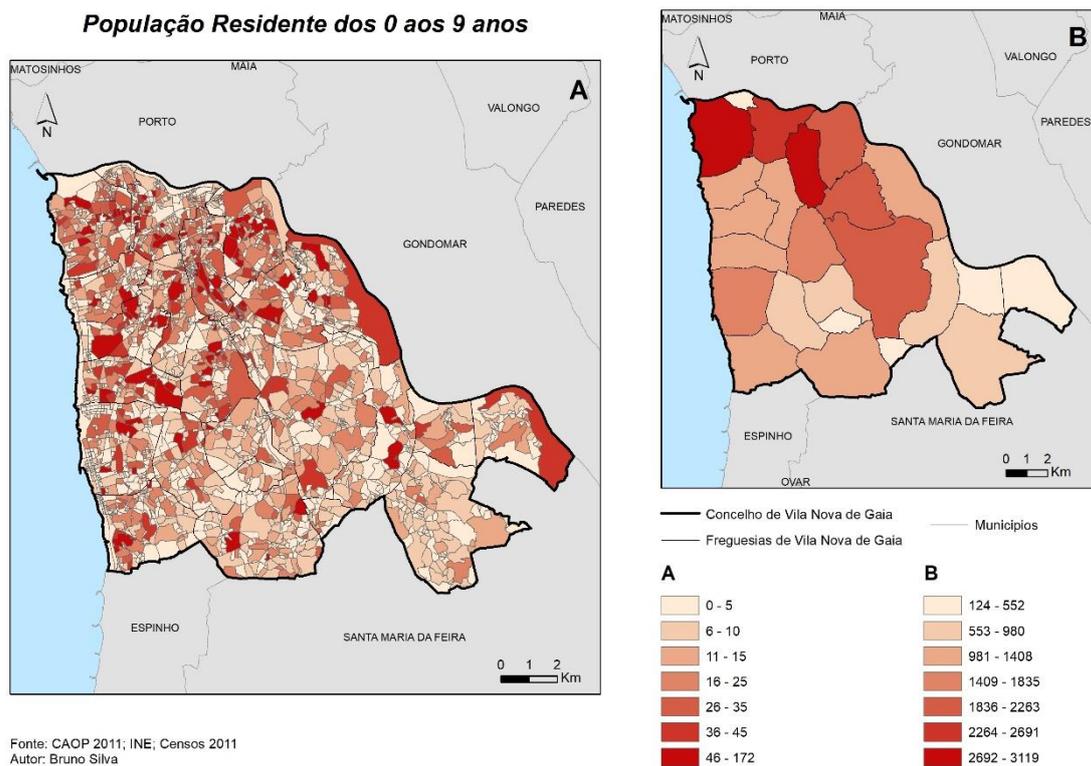


Figura 11 - População residente, com idade entre os 0 e os 9 anos A) por subsecção estatística; B) por freguesia

A partir da figura 11 é desde logo possível observar uma distribuição homogénea das crianças entre os 0 e os 9 anos por todo o concelho e uma concentração das classes mais altas a norte do município.

Com um total de 18 794 crianças no concelho, Mafamude é a freguesia que apresenta o maior número, 3 119 habitantes representando apenas 16,6% da população da mesma, logo de seguida surge a freguesia de Canidelo com 2 980 crianças e um peso relativo de 15,9%. As freguesias com menor número de habitantes dos 0 aos 9 anos são Sermonde (124 habitantes) e Seixezelo (179 habitantes), que representam 0,7% e 1%, respetivamente.

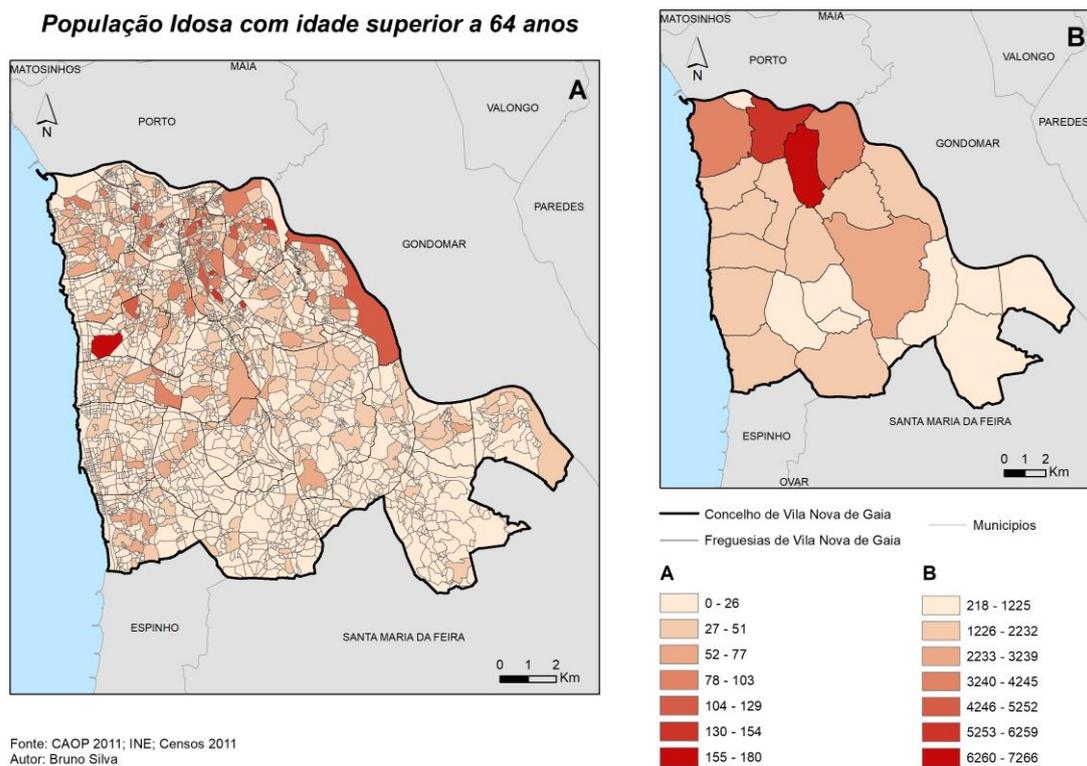


Figura 12 - População idosa, com idade igual ou superior a 64 anos A) por subsecção estatística; B) por freguesia

A partir da figura 12 é possível verificar uma distribuição homogénea dos idosos no concelho de Vila Nova de Gaia. Este grupo etário (idade superior a 64 anos) é composto por 46 658 habitantes e representa cerca de 15,4% da população do concelho.

A freguesia de Mafamude apresenta o maior número de idosos em todo o concelho, são 7 266 habitantes pertencentes a este grupo etário, que representam 15,6% do total da população da freguesia, em Santa Marinha representam 11,3% com um total de 5 288 habitantes, enquanto que as freguesias de Sermonde e Seixezelo apresentam o menor número de habitantes idosos, 218 e 284, respetivamente. De salientar a freguesia de Canelas que tem 1 470 habitantes idosos, com um peso relativo de apenas 3,2%.

IV – Variações Temporais e Espaciais da Temperatura da Superfície em Vila Nova de Gaia

4.1 Variações espaciais na ocupação do solo e sua influência nos padrões de temperatura

Tendo como objetivo um conhecimento mais aprofundado dos mosaicos térmicos de Vila Nova de Gaia, é possível fazer uma associação direta entre as temperaturas da superfície, mais elevadas e mais baixas, e os diferentes tipos de ocupação do solo. Como por exemplo, as temperaturas da superfície mais elevadas estão sobretudo associadas a áreas onde está presente uma forte urbanização, um elevado número de acessos rodoviários, áreas industriais e até mesmo locais que sofrem pela escassez de áreas verdes. Enquanto que os locais “mais frescos”, ou seja, as áreas que apresentam temperaturas de superfície mais baixas estão associadas à elevada vegetação, tanto áreas verdes como áreas florestais, à proximidade ao rio e ao mar, bem como há existência de campos agrícolas. Esta associação é possível, uma vez que os materiais presentes nestes dois tipos de locais apresentam albedos distintos, ou seja, os materiais presentes nos locais com temperaturas de superfície superiores (asfalto, betão, tijolo, etc..) absorvem mais radiação solar que os materiais presentes nos locais com temperaturas de superfície mais baixas (árvores, relva, areia, etc..), e é também por isto que é possível ao ser humano sentir diferentes temperaturas em locais próximos um do outro.

Relativamente aos elementos climáticos, em cada carta térmica estão presentes os elementos sentidos na data da mesma, mas foram também elaborados gráficos de análise (presentes em anexo) de todos estes elementos climáticos tendo em conta os 5 dias antes e após a data da carta térmica.

A figura 13 permite justificar os impactos negativos que a forte urbanização e as redes viárias provocam na temperatura da superfície, uma vez que as áreas que apresentam as temperaturas da superfície mais altas, são áreas fortemente urbanizadas situadas nas freguesias de Santa Marinha, Sandim, Vilar de Andorinho e Canelas, onde as temperaturas de superfície máximas chegam a atingir os 42°C. Relativamente à rede viária é possível observar toda a extensão da rede viária principal A1 a partir da freguesia

de Grijó, apenas observando as manchas de temperatura, uma vez que todo este percurso origina em seu redor através do elevado tráfego e à falta de áreas verdes, temperaturas à superfície superiores às outras áreas do concelho.

Mas, nem sempre as áreas onde as temperaturas da superfície se mostram mais elevadas são resultado de um tráfego mais elevado, de uma forte urbanização, da expansão de áreas industriais ou até mesmo da escassez de corredores ou espaços verdes. Como é possível verificar na figura 13, a área que apresenta a temperatura de superfície mais elevada está situada na freguesia de Lever, a Este do concelho de Vila Nova de Gaia, e é resultado de um incêndio originado pela queda de balões de São João que ocorreu no dia 24 de junho de 2002, poucos dias antes da passagem do satélite Landsat 7, como é visível na figura em anexo.

A freguesia de Avintes na figura 14 apresenta uma das áreas com temperatura da superfície bastante superior às restantes zonas do concelho, isto porque representa os efeitos da expansão de uma área industrial, uma vez que para esta expansão foi necessária a remoção de áreas florestais que apresentavam materiais de maior albedo, proporcionando temperaturas de superfície mais baixas, comparativamente com as atuais e ainda tinham a função de mitigar os efeitos negativos da emissão de poluentes das indústrias presentes no local.

A ação termorreguladora do oceano é um fator evidente nas (figuras 13; 14; 15 e 16), e é possível perceber as suas duas variantes, nos meses de junho, todas as freguesias mais próximas do oceano apresentam temperaturas da superfície inferiores àquelas que se encontram no centro ou na zona Este do concelho, por sua vez, nos meses de dezembro, as freguesias que se localizam mais próximas do oceano apresentam temperaturas da superfície superiores às freguesias da zona centro e Este de Vila Nova de Gaia. Através desta análise é possível referir que as áreas mais próximas do oceano são mais frescas nos meses de verão e mais quentes nos meses de inverno comparativamente com a restante área do município.

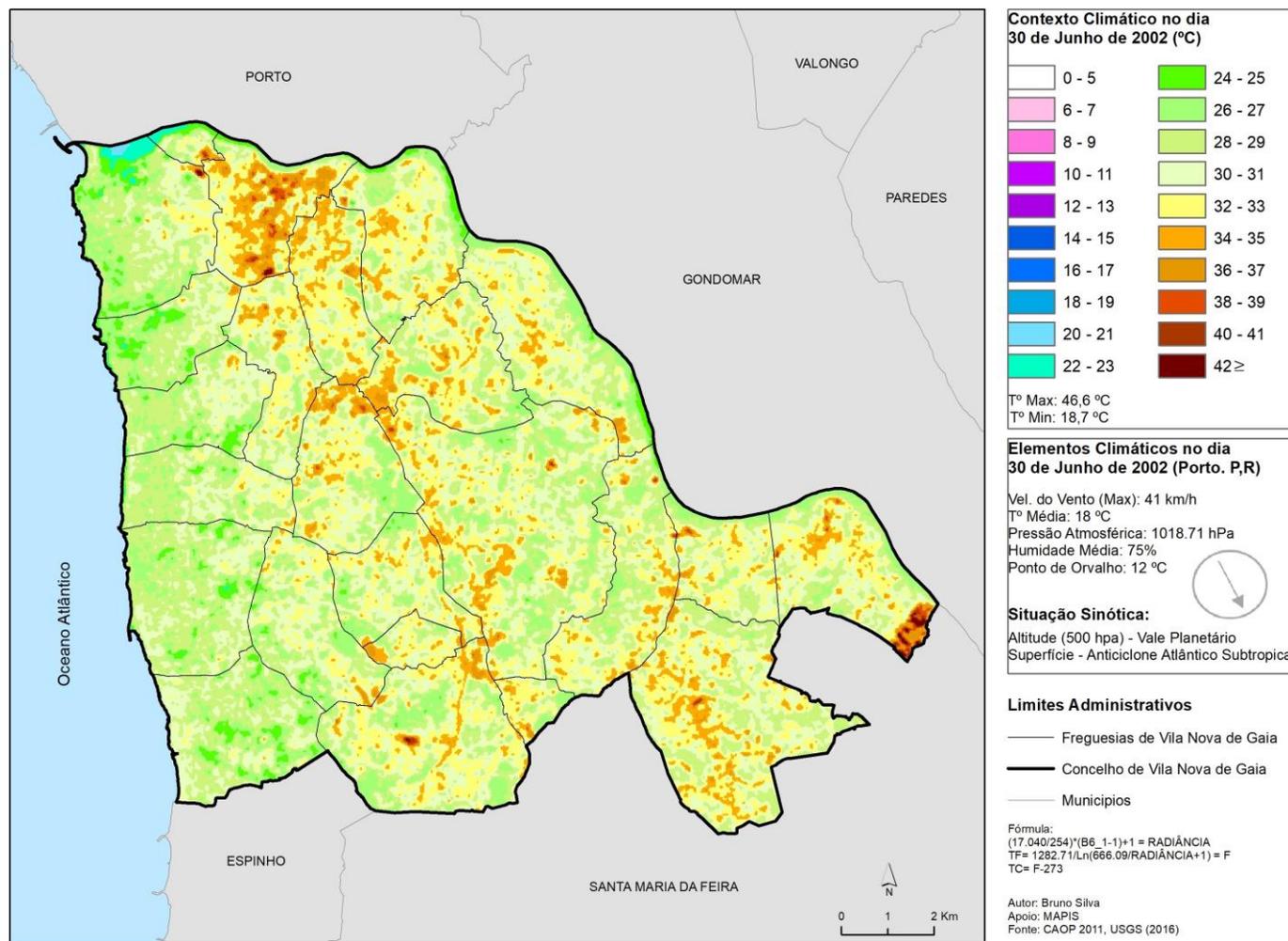


Figura 13 - Carta térmica do dia 30 de junho de 2002 (°C)

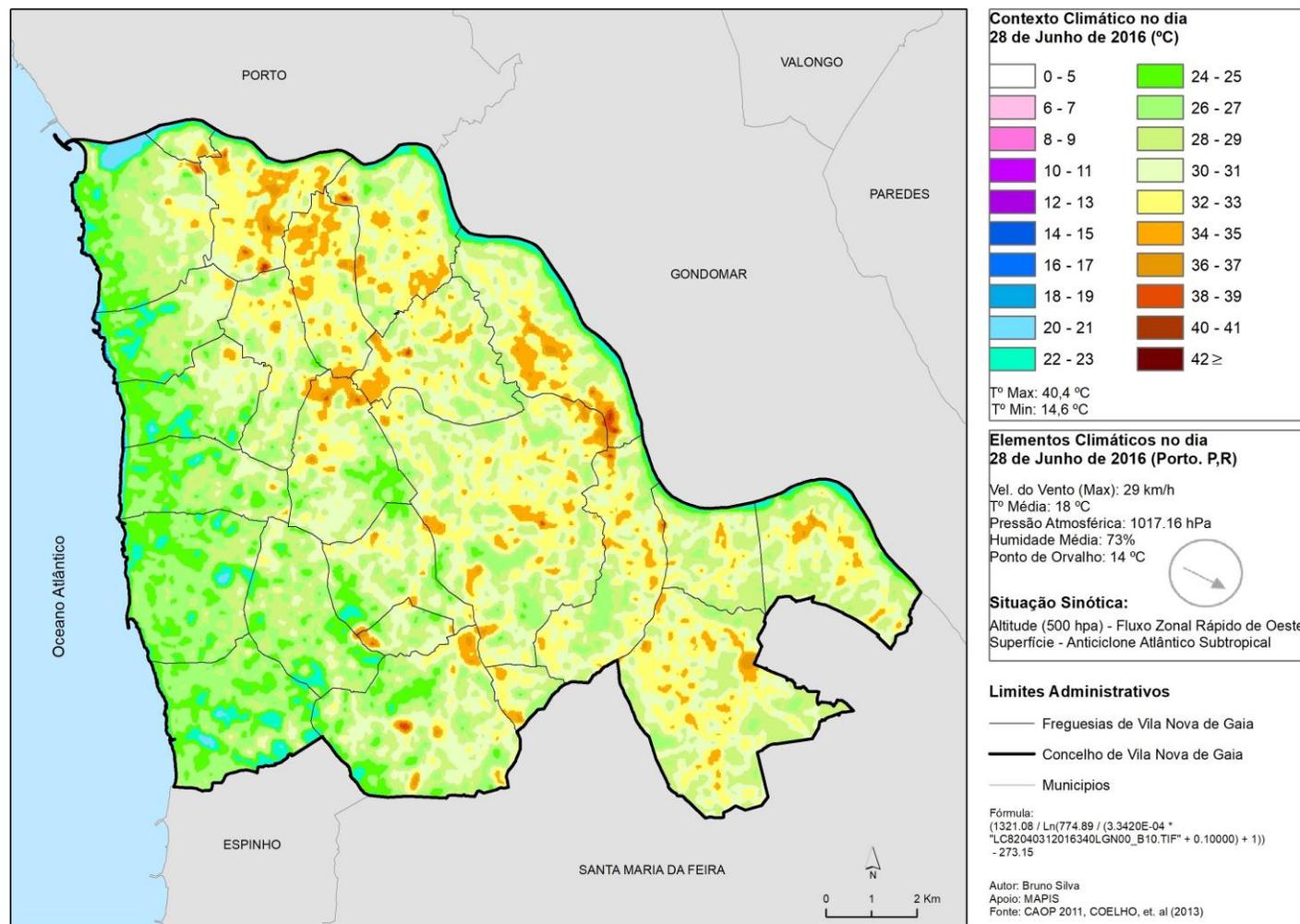


Figura 14 - Carta térmica do dia 28 de junho de 2016 (°C)

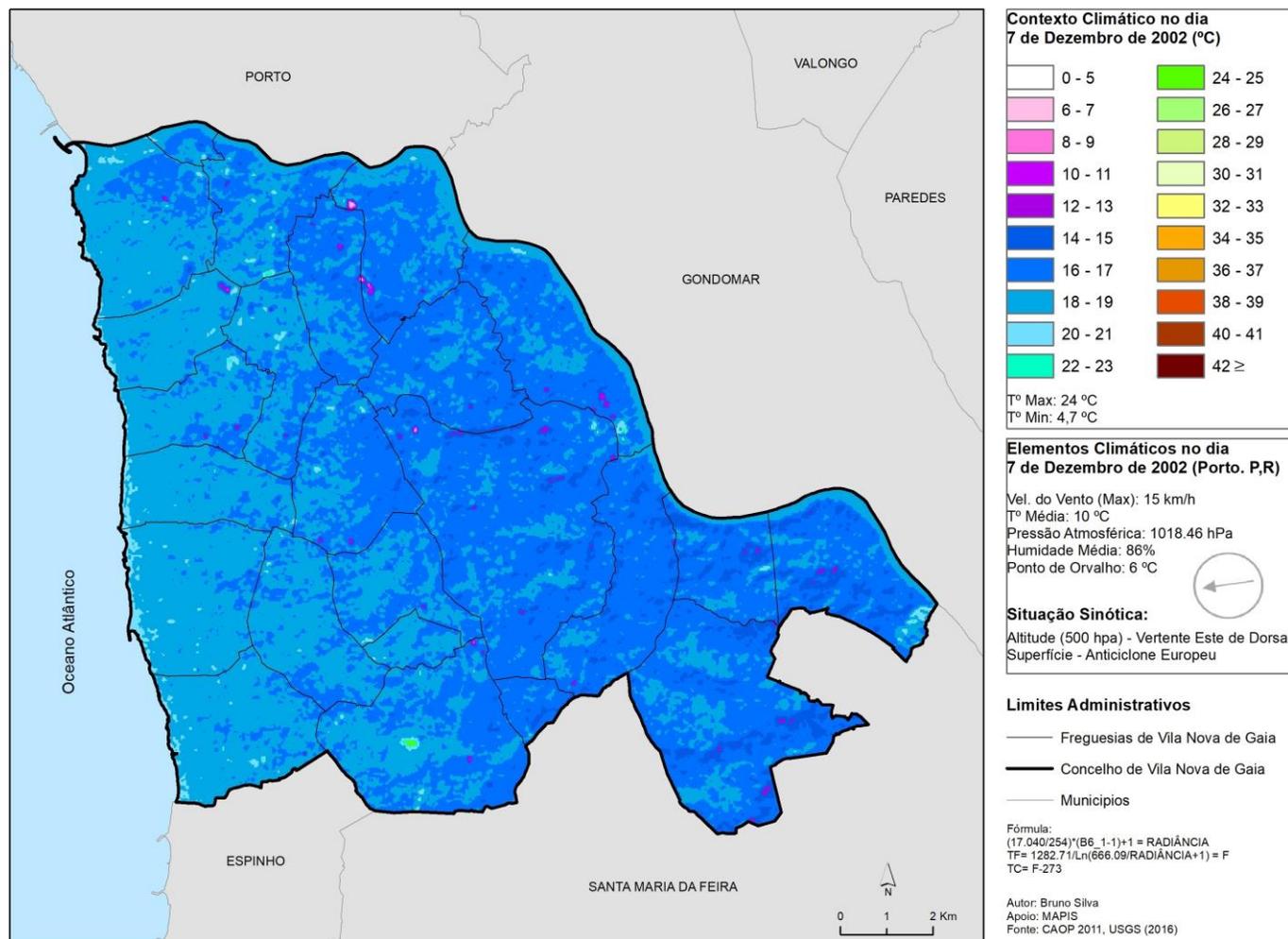


Figura 15 - Carta térmica do dia 7 de dezembro de 2002 (°C)

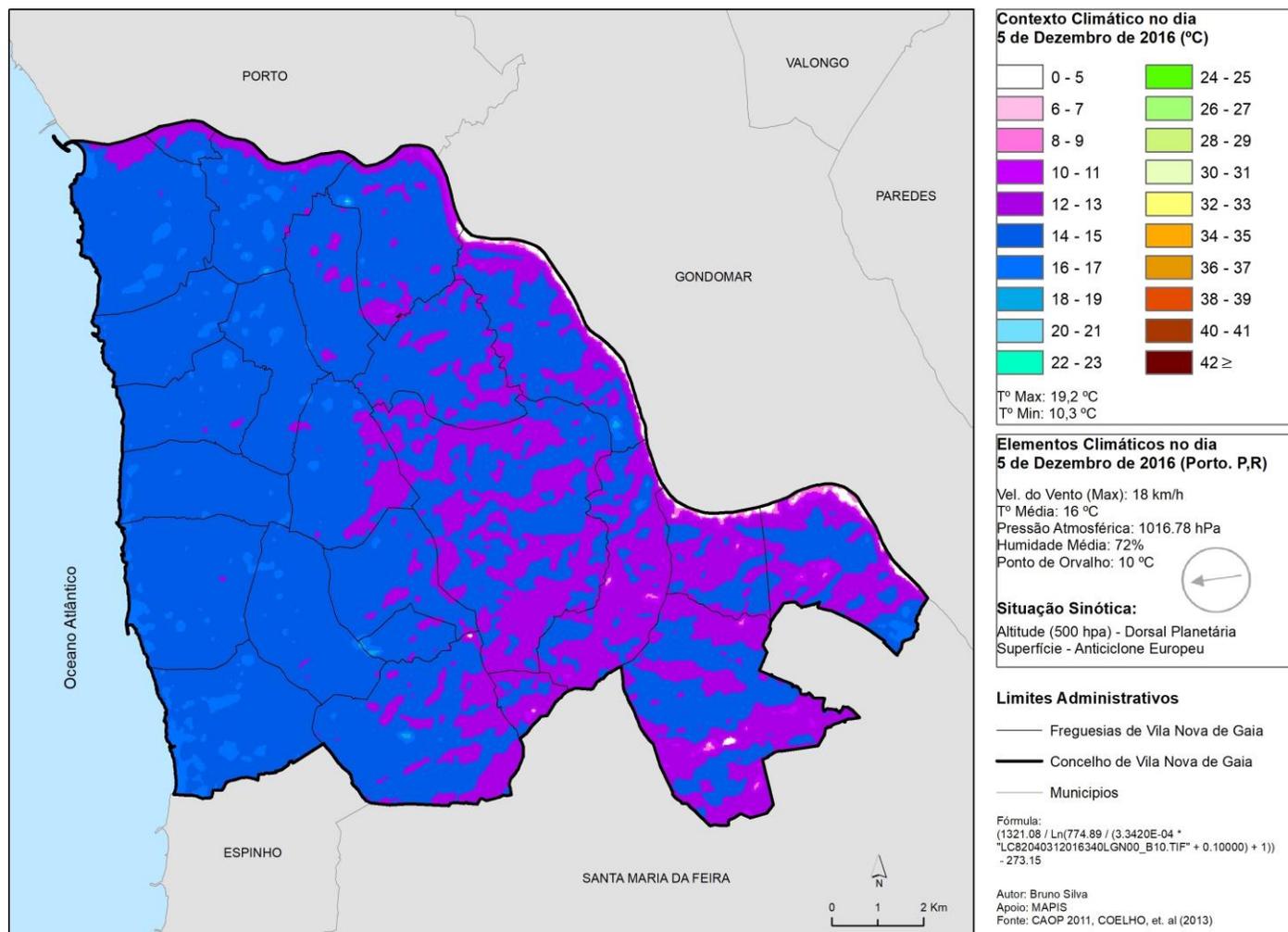


Figura 16 - Carta térmica do dia 5 de dezembro de 2016 (°C)

4.2 Alterações temporais na temperatura da superfície (entre 2002 e 2016 nos meses de junho e dezembro)

Para a análise das alterações temporais das temperaturas de superfície foram elaboradas duas cartas térmicas que permitissem obter resultados e fundamentar as conclusões retiradas. De salientar que apenas estão representados nas figuras 17 e 18 os alvos onde foram detetadas as maiores variações da temperatura da superfície. O processo de elaboração das mesmas está supracitado no subcapítulo da metodologia.

Cada carta representa variações da temperatura da superfície em meses distintos. A figura 17 representa a variação da temperatura da superfície do mês de junho para os anos de 2002 e 2016 e a figura 18 apresenta a variação da temperatura da superfície do mês de dezembro para os anos de 2002 e 2016. Em ambas as cartas, e para o período em análise, as manchas a azul representam as áreas nas quais se registou uma diminuição da temperatura da superfície e as manchas a vermelho representam as áreas em que se registou um aumento da temperatura da superfície.

De forma a complementar esta parte do trabalho foram também utilizados ortofotomapas de Vila Nova de Gaia dos anos de 2003 e 2015 (mais próximos dos anos em estudo), posteriormente apresentadas neste trabalho, que apresentam especificamente os locais do concelho onde ocorreram o aumento e a diminuição da temperatura da superfície, mas também o tipo de alteração que ocorreu na ocupação do solo que provocou esta variação da temperatura, este tipo de análise a uma escala muito mais pormenorizada permitiu obter resultados concretos relativos às variações da temperatura da superfície.

Entre muitos exemplos são predominantes como causadores do aumento da temperatura da superfície de 2002 para 2016 o aumento da área permeável, como a construção de rede viária, de áreas residenciais e a expansão de áreas industriais, bem como a diminuição das áreas permeáveis como a área florestal, os espaços verdes e a área agrícola. Dentro das razões que justificam a diminuição da temperatura da superfície de 2002 para 2016 são detetáveis o aumento da área florestal, a diminuição das áreas abandonadas e a criação e expansão de espaços verdes e áreas agrícolas.

Tendo em conta as figuras, é visível que os meses de junho são os que apresentam a maior área e o maior número de locais que sofreram variações da temperatura da superfície, tanto positivas como negativas. De salientar que toda a extensão do rio Douro, bem como a costa litoral sentiram temperaturas de superfície superiores em 2002, contudo algumas áreas a sudoeste do concelho também apresentam este desfecho sobretudo devido ao fato de ter ocorrido, como veremos um aumento das áreas verdes. De referir ainda, e como pormenorizaremos a seguir, a existência de uma mancha azul na freguesia de Lever, representativa de um incêndio que ocorreu em junho de 2002 que teve como causa os balões de São João. Relativamente às variações positivas da temperatura da superfície, é nas freguesias de Avintes, Pedroso, Olival e Sandim que está presente a maior área que sofreu aumento de temperatura da superfície, através da análise dos ortofotomapas verificamos que este aumento está diretamente relacionado com a expansão da área industrial que abrange as freguesias de Avintes, Pedroso e Olival (figura 20) e com a construção da A32 que influenciou mais uma vez as temperaturas à superfície das freguesias de Sandim, Pedroso e Olival (figura 22; 23 e 24), também a construção da A42 em Lever apresenta consequências na temperatura (figura 25).

Nos meses de dezembro não são detetadas grandes áreas com variação negativa da temperatura da superfície, mas mais uma vez toda a expansão do rio Douro e da costa litoral estão presentes nesta classificação. De mencionar o desaparecimento da mancha causada pelo incêndio na freguesia de Lever, uma vez que esta área ardida foi requalificada com campos agrícolas e área florestal (figura 33). Relativamente às alterações positivas é mais uma vez perceptível a influência da expansão da área industrial na freguesia de Avintes (figura 20), mas desta vez as áreas de Vila Nova de Gaia que sofreram maior variação da temperatura da superfície situam-se, entre outras, nas freguesias de Canidelo e Mafamude, tendo como principal causa, e como veremos com mais pormenor a seguir, o aumento da área impermeável, como a expansão da área residencial, o conseqüentemente aumento da população residente e a construção de acessos rodoviários (figuras 26 e 28).

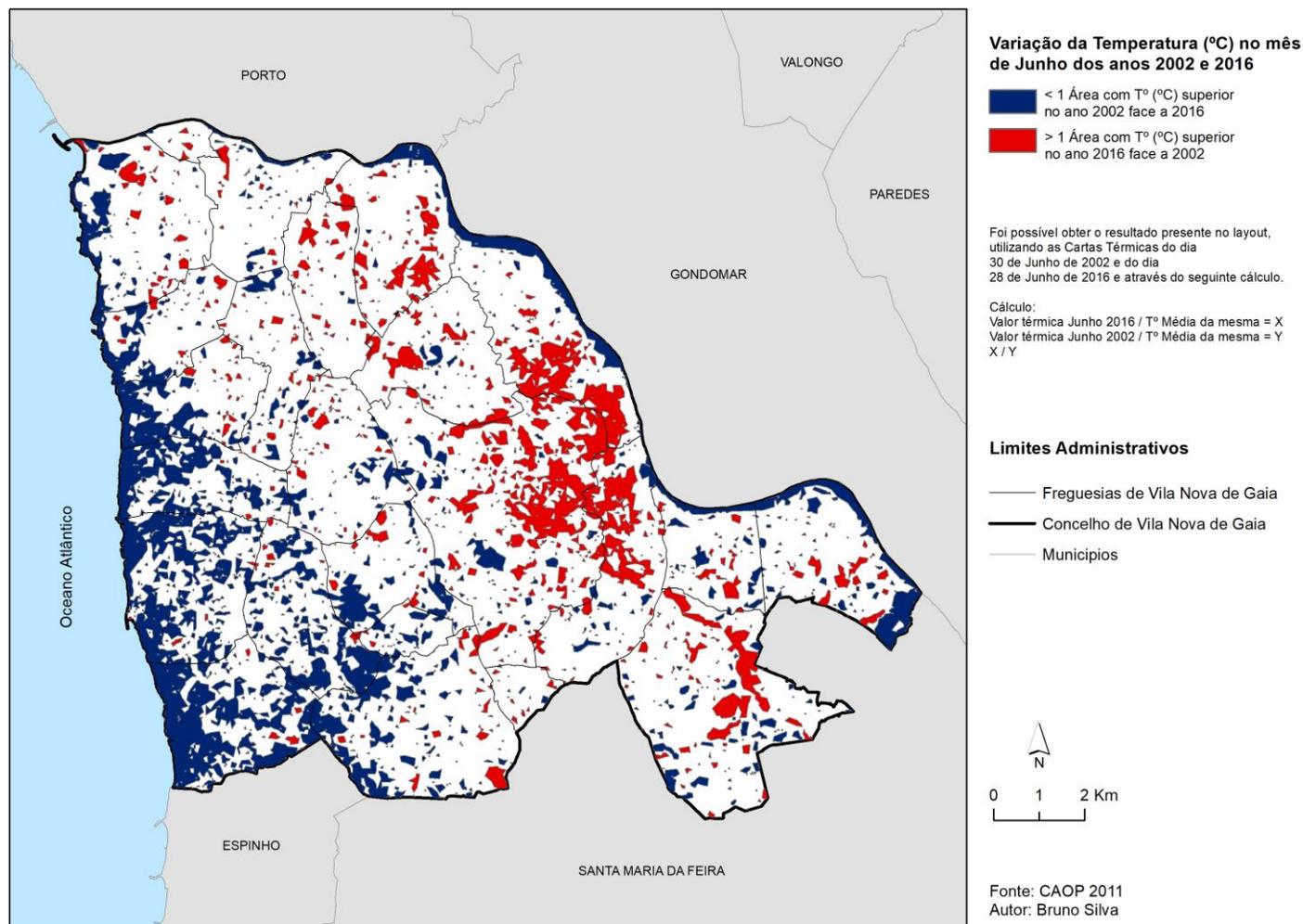


Figura 17 - Variação da temperatura (°C) no mês de junho dos anos 2002 e 2016

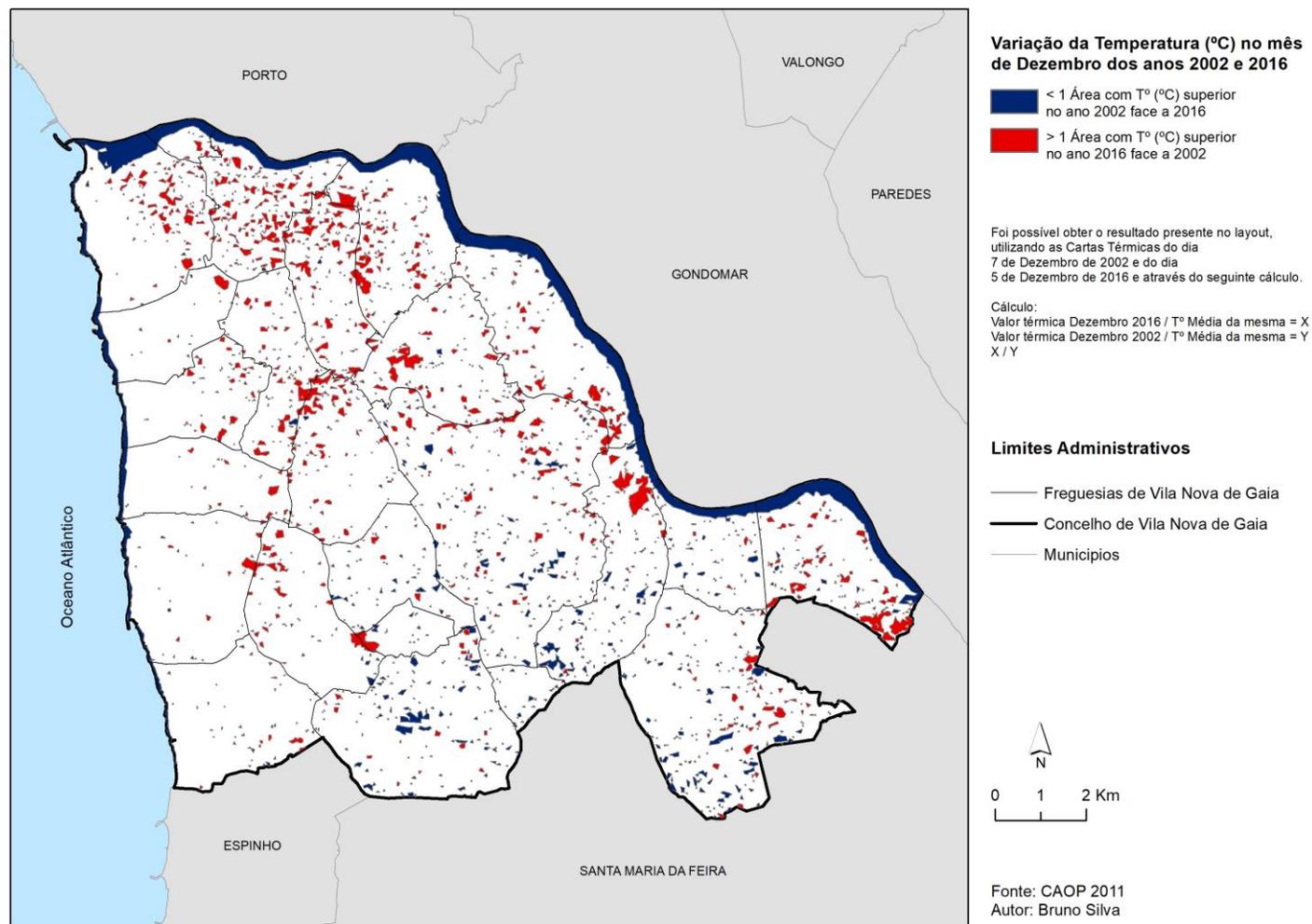


Figura 18 - Variação da temperatura (°C) no mês de dezembro dos anos 2002 e 2016

4.3 Alterações temporais na temperatura da superfície e suas relações com modificações na ocupação do solo

As alterações na ocupação do solo vão consequentemente provocar consequências nas temperaturas sentidas à superfície naquele local ou na sua proximidade, tal como supracitado, existem vários tipos de alterações que provocam estas variações, desde alteração dos tipos de materiais utilizados nas residências até à expansão de uma área florestal. Estas variações podem ser consideradas positivas (ocorreu aumento da temperatura da superfície) ou negativas (ocorreu diminuição da temperatura da superfície), e através das figuras posteriormente apresentadas, em que todo o processo de elaboração foi realizado através do *software* ArcMap 10.4, é possível detetar a uma escala pormenorizada (1:7500) a alteração do uso do solo que gerou as alterações da temperatura da superfície naquela área.

As figuras estão divididas em dois grandes grupos, ou seja, em primeiro lugar são exibidas as figuras onde ocorreu uma variação positiva da temperatura da superfície (figura 20 a 28). Por exemplo, na figura 20 é visível a expansão da área industrial que abrange as freguesias de Avintes, Pedroso e Olival e por sua vez toda a área na qual aconteceu uma variação positiva da temperatura da superfície está representada por uma mancha vermelha; esta variação é justificada através da substituição de uma área florestal por armazéns, que além de gerar um aumento do tráfego automóvel por parte dos trabalhadores e consequentemente maior quantidade de poluentes libertados, faz com que estejam presentes neste local materiais com um albedo inferior. Todas as outras (figuras 22 a 28) representam situações em que houve expansão da rede viária, que mais uma vez justifica o aumento da temperatura da superfície, visto que há destruição de vegetação e aumento da impermeabilização, levando a uma menor reflexão da radiação solar. De salientar ainda a figura 21, que demonstra a expansão de um aterro sanitário localizado na freguesia de Sermonde.

Relativamente ao segundo grupo de figuras, estas representam as variações negativas da temperatura da superfície (figura 29 a 33). Por exemplo, na figura 30 é facilmente detetado uma expansão da vegetação, classificada como área florestal, numa área da freguesia de Serzedo e logo depois é visível toda a área que foi influenciada com

esta alteração representada com uma mancha azul. Em todas as restantes figuras presentes neste grupo há uma expansão da vegetação, seja ela classificada como espaço verde, área agrícola ou área florestal e por sua vez todas apresentam diminuição da temperatura à superfície, isto porque estas áreas mitigam os impactos negativos da urbanização, do tráfego e da emissão de poluentes, e por sua vez são possuidores de um albedo superior face aos materiais presentes nas estradas, nas habitações, etc.

A figura 19 tem como objetivo apresentar os 14 locais, a uma escala concelhia, que foram identificados como tendo sofrido alterações no seu uso do solo e na temperatura de superfície e também proporcionar uma melhor perceção das áreas em que as figuras 20 a 33 se localizam. Os números na imagem representam a ordem com que as figuras são apresentadas ao longo da dissertação, ou seja, a figura 20 corresponde ao número 1 e a figura 33 ao número 14.

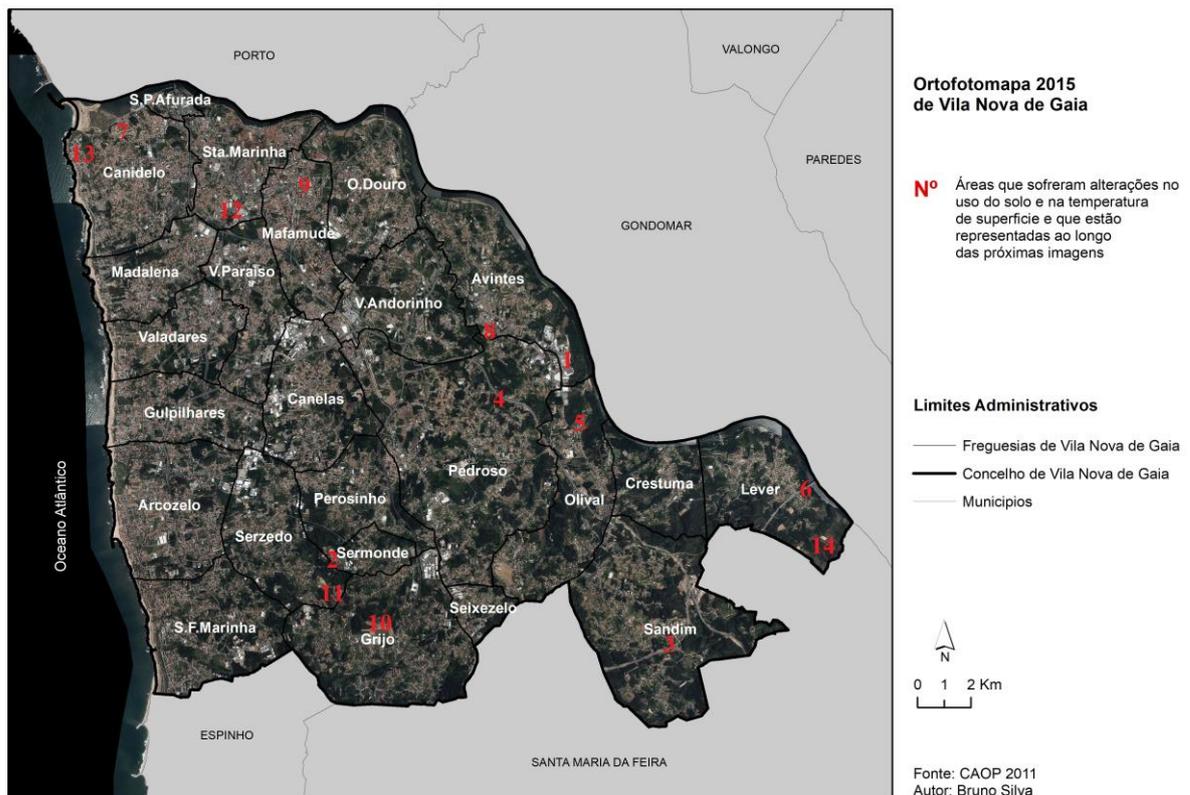


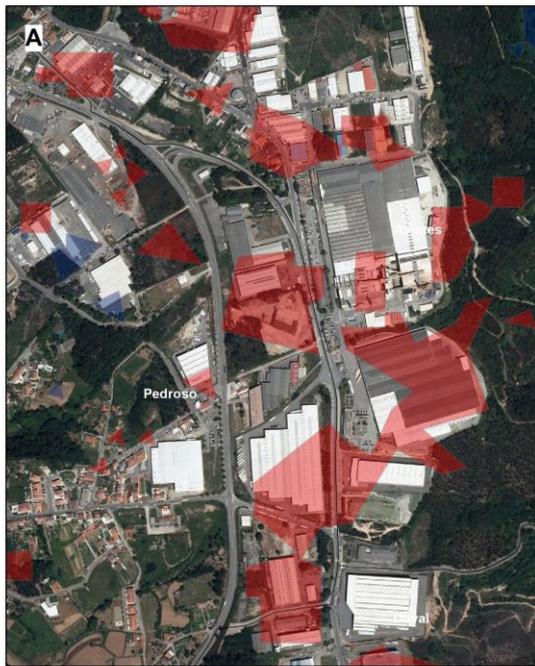
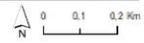
Figura 19 - Áreas que sofreram alterações no uso do solo e na temperatura de superfície



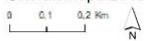
A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015



A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016

■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002



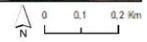
Figura 20 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Avintes



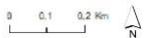
A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015



A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016

■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

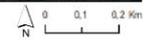
Figura 21 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Sermonde



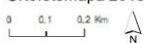
A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015



A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016

■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

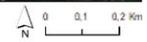
Figura 22 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Sandim



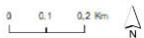
A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015



A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016

■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

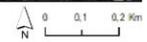
Figura 23 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Pedroso



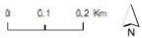
A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015



A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

Blue < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016

Red > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

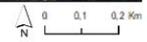
Figura 24 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Olival



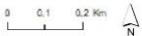
A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015



A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016

■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

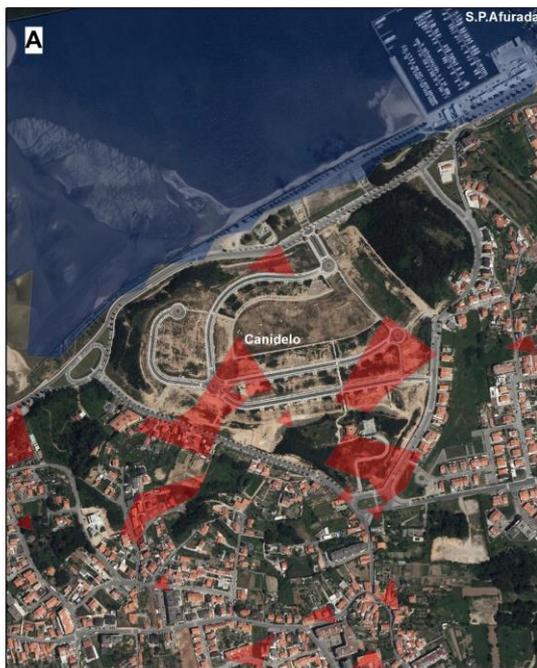
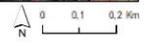
Figura 25 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Lever



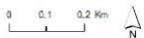
A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015



A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016

■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

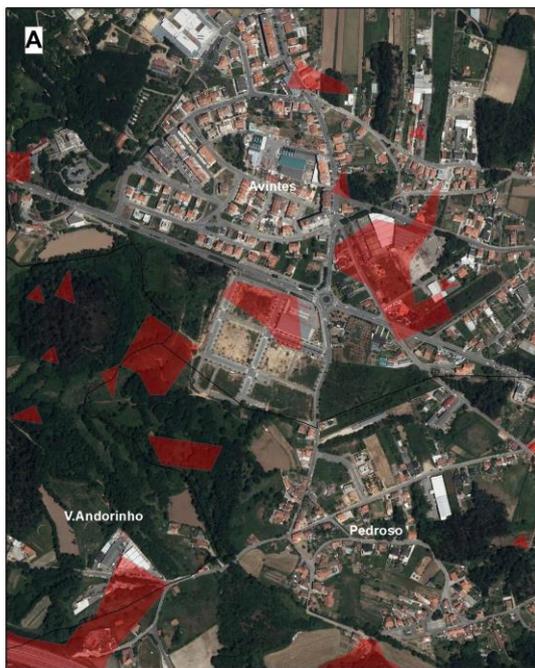
Figura 26 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Canidelo



A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015

A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016
 ■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

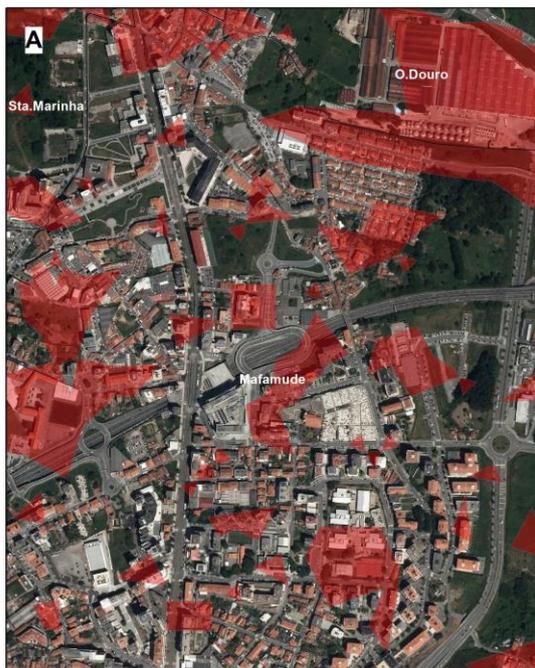
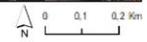
Figura 27 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Avintes



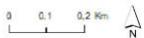
A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015



A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016
 ■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

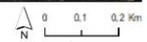
Figura 28 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Mafamude



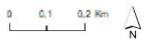
A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015



A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016

■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

Figura 29 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Grijó



A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015

A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

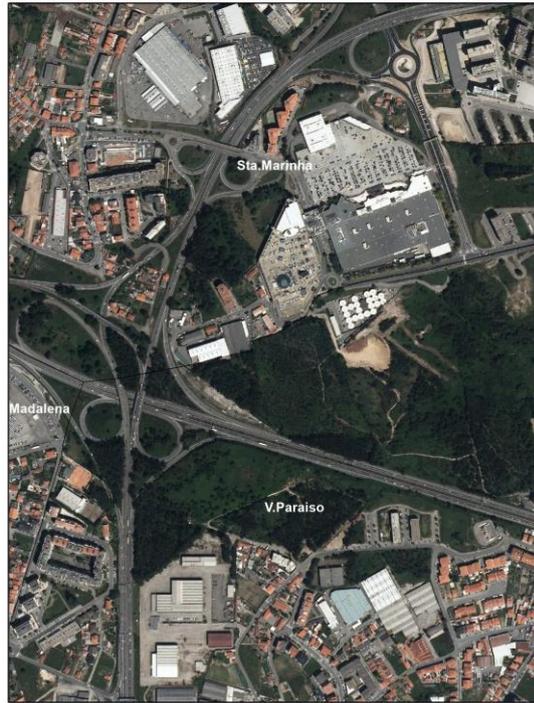
■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016

■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

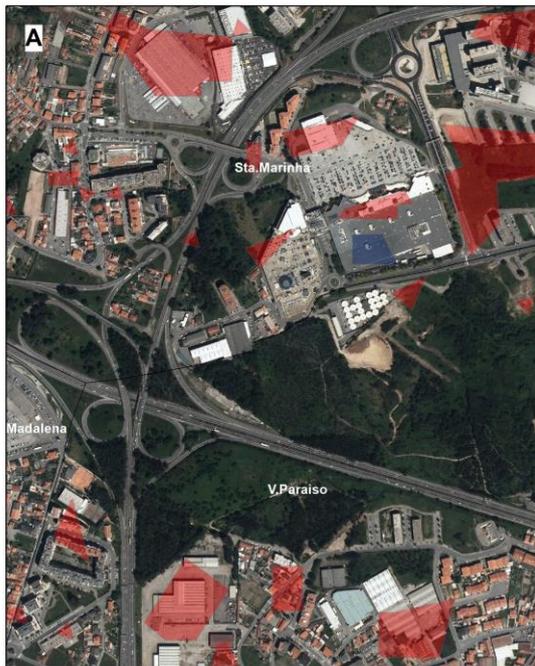
Figura 30 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Serzedo



A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015

A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016

■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

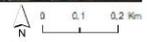
Figura 31 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de V. Paraiso



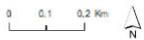
A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015



A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016

■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

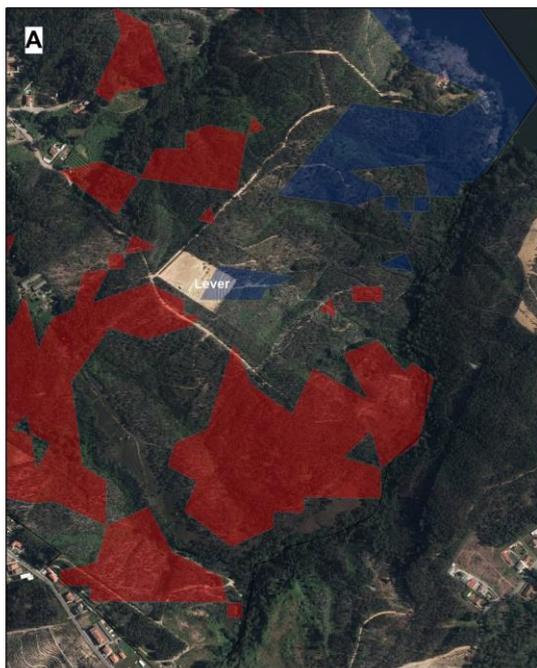
Figura 32 - Alteração do uso do solo e da temperatura de superfície numa área da freguesia de Canidelo



A Ortofotomapa 2003



B Ortofotomapa 2015



A B
Ortofotomapa 2015

A Variação da Temperatura (°C) no mês de Dezembro dos anos 2002 e 2016

B Variação da Temperatura (°C) no mês de Junho dos anos 2002 e 2016

■ < 1 Área com T° (°C) superior no ano 2002 face a 2016
 ■ > 1 Área com T° (°C) superior no ano 2016 face a 2002

Figura 33 - Área reabilitada na freguesia de Lever, após incêndio no mês de junho de 2002

Considerações finais

A realização deste trabalho comprovou a importância e o contributo da utilização de imagens de satélite provenientes dos satélites Landsat 7 e Landsat 8 e dos SIG (Sistemas de Informação Geográfica), relativamente ao levantamento das temperaturas da superfície de Vila Nova de Gaia, que por sua vez podem ter um papel fundamental no desenvolvimento de uma melhor perspectiva de planeamento urbano, através da definição de padrões na distribuição da temperatura da superfície de acordo com o uso e a ocupação do solo.

Tendo como base o presente estudo e comparando-o com trabalhos no âmbito da mesma temática como Amorim, Monteiro et al. (2010); Coelho e Correa (2013); Pinheiro e Laranjeira (2013), foi possível obter conclusões semelhantes no que diz respeito à relação espacial entre as temperaturas da superfície mais elevadas e as áreas mais intensamente urbanizadas. Apesar de neste estudo em concreto não serem apenas as áreas mais intensamente urbanizadas a apresentarem as temperaturas à superfície mais elevadas, mas também as áreas industriais e as áreas mais próximas de redes viárias a estarem presentes neste grupo, comparativamente às restantes áreas do concelho de Vila Nova de Gaia.

Com a utilização das cartas térmicas e posteriormente com o uso dos ortofotomapas do município foi-nos possível detetar as alterações que ocorreram na ocupação do solo e consequentemente as influências que estas alterações tiveram nas temperaturas da superfície, enriquecendo assim o conhecimento na temática e os resultados obtidos.

Ao longo do trabalho é perceptível a influência da expansão urbana no aumento das temperaturas da superfície, através da substituição de áreas verdes por áreas residenciais, redes viárias e áreas industriais, que por sua vez apresentam albedos mais inferiores devido aos materiais que as constituem como vidro, asfalto, betão, ferro, etc.

Através deste estudo é verificada a importância dos espaços verdes no conforto térmico urbano, uma vez que no Verão as temperaturas da superfície mais baixas estão associadas às áreas mais florestadas da cidade, e por esta razão é necessário aumentar as áreas verdes da cidade através da implementação de corredores verdes, jardins ou parques urbanos que proporcionem uma melhor qualidade de vida à população, pois alguns locais

da cidade de Vila Nova de Gaia são extremamente inadequados do ponto de vista do conforto térmico.

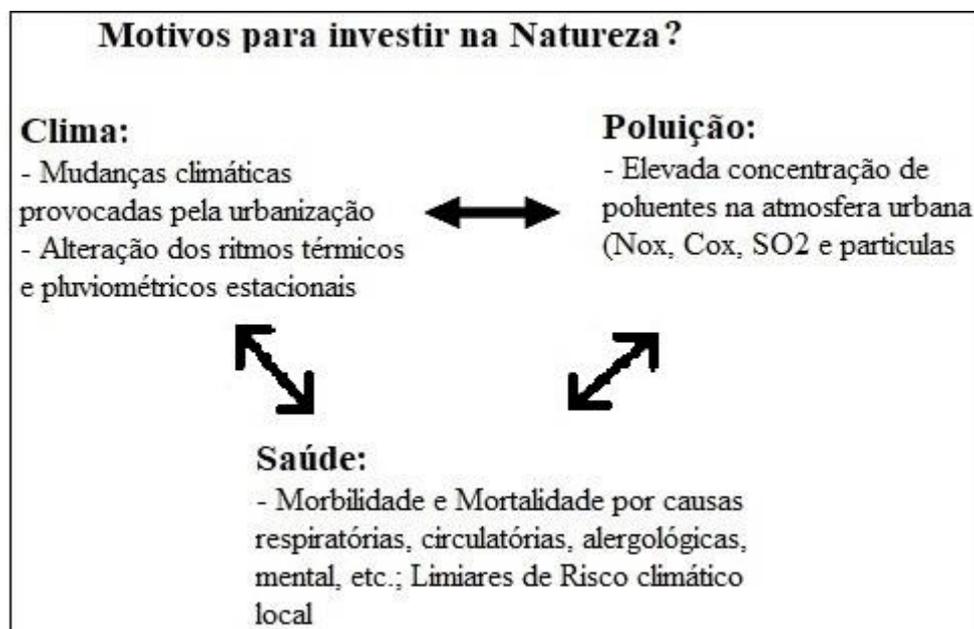


Figura 34 - Motivos para investir na Natureza? (Adaptado de (Monteiro 2014))

A área de estudo foi uma escolha acertada tendo em conta as características da área e a existência de imagens de satélite de boa qualidade relativas à mesma. Visto ser fundamental ter um conhecimento aprofundado da nossa área estudo e do contexto onde esta está inserida, de forma a entender o contexto socioeconómico, foram levantadas várias variáveis socioeconómicas e biogeofísicas, que posteriormente foram inseridas e processadas no ArcMap 10.4, que originaram um conhecimento muito mais detalhado da realidade do concelho de Vila Nova de Gaia.

A elaboração de toda a cartografia apresentada, bem como todas as figuras referentes à temperatura da superfície e aos usos do solo foram realizados no ArcMap 10.4, um *software* que se mostrou essencial na realização deste estudo, facilitando a análise, e melhorando a imagem e a qualidade do mesmo.

Ao nível metodológico, o trabalho foi orientado no sentido de tentar perceber as influências das diferentes classes de ocupação do solo na temperatura da superfície, bem como a influência do albedo dos diferentes materiais presentes nestas classes, que por sua

vez vão também influenciar positivamente ou negativamente as temperaturas sentidas à superfície no concelho de Vila Nova de Gaia. Com a elaboração da cartografia foi possível fazer uma relação clara entre as diferentes temperaturas da superfície e os diferentes usos do solo, e por essa razão foi apenas necessário analisar pormenorizadamente as imagens de maneira a apresentar os melhores exemplos que respondessem às perguntas iniciais.

Ao longo da realização deste trabalho, fomos conseguindo responder às diversas perguntas a que inicialmente nos propusemos. Tendo em conta a primeira e a segunda perguntas estas são respondidas através da análise das figuras referentes às cartas térmicas, às cartas de variação da temperatura da superfície e das cartas de ocupação do solo, onde através das manchas de temperatura conseguimos identificar as áreas onde ocorreu aumento ou diminuição da temperatura de superfície e o tipo de uso de solo à qual essa mancha de temperatura se sobrepõe. Relativamente à terceira pergunta, esta foi respondida com a sobreposição dos ortofotomapas nas cartas de variação da temperatura da superfície, uma vez que, com este processo foi possível identificar a uma escala mais pormenorizada as temperaturas da superfície, antes e depois, nas áreas que sofreram alterações na sua ocupação do solo e de que forma a substituição dos materiais nestas áreas funcionaram como influenciadores positivos ou negativos na alteração da temperatura da superfície.

Aquando da conclusão deste trabalho ficamos com vontade de continuar a explorar e trabalhar alguns caminhos que ficaram por percorrer, tentando assim num futuro próximo conseguir responder à última pergunta mencionada nos objetivos.

Bibliografia

Alcoforado, MJ. (1996). Comparaison des ambiances bioclimatiques estivales d'espaces verts de Lisbonne. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 9, 273-280.

Alcoforado, Maria João, Andrade, H, Lopes, A, Vasconcelos, João, & Vieira, Rute. (2006). Observational studies on summer winds in Lisbon (Portugal) and their influence on daytime regional and urban thermal patterns. *Merhavim*, 6, 90-112.

Alcoforado, Maria João, Lopes, António, Andrade, Henrique, & Vasconcelos, João. (2006). Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa. *Energy and Buildings*, 11, 1-10.

Alves, Elis Dener Lima. (2017). Ilha de calor urbana em cidade de pequeno porte e a influência de variáveis geourbanas. *Revista Brasileira de Climatologia*, 20.

Amorim, Margarete, & Dubreuil, Vincent. (2016). *As diferenças das temperaturas dos alvos diagnosticadas por meio de imagens termais do satélite Landsat 8 em período seco e chuvoso em ambiente tropical* Paper presented at the Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica

Amorim, Margarete Cristiane de Costa Trindade. (2017). Detecção remota de ilhas de calor superficiais: Exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente tropical, Brasil. *Finisterra-Revista Portuguesa de Geografia* (105), 111-133.

Amorim, Margarete Cristiane de Costa Trindade, & Monteiro, Ana. (2011). As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia* (13).

Amorim, Margarete Cristiane de C Trindade, Monteiro, Ana, Madureira, Helena, & Neto, João Lima Sant'Anna. (2010). O desenho das temperaturas urbanas por meio do sensoriamento remoto: exemplos do Brasil e de Portugal.

Andrade, Henrique. (2005). O clima urbano-natureza, escalas de análise e aplicabilidade. *Finisterra*, 40(80).

Arnfield, A John. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International journal of climatology*, 23(1), 1-26.

Assad, Eduardo Delgado, & Sano, Edson Eyji. (1998). Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 274.

Barry, Roger G. (1985). *Atmosfera, Tiempo y Clima*. Barcelona: Edições Omega.

Batty, Michael. (2007). Complexity in city systems: Understanding, evolution, and design. *A planner's encounter with complexity*.

Brito, Raquel Soeiro. (1997). Portugal Perfil Geográfico. Lisboa: Editorial Estampa.

Coelho, Andre Luiz Nascentes, & Correa, Wesley de Souza Campos. (2013). Surface temperature sensor TIRS/Landsat-8: methodology and applications/Temperatura de superfície celsius do sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicacoes. *Revista Geográfica Acadêmica*, 7(1), 31-46.

Costa, Douglas F da, Silva, Helio Ricardo, & Peres, Leonardo de F. (2010). Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira-SP através da utilização de geotecnologias. *Engenharia Agrícola*, 974-985.

da Fonseca, Luís Carlos Santos. (2012). Contributo dos Sig para definição de áreas geográficas para a distribuição de enfermeiros de família-Estudo de caso da USF Nova Via do Aces Espinho/Gaia. 135. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Durand Alves, Claudia, Niero Pereira, Madalena, Gallotti Florenzano, Teresa, & De Marcelhas e Souza, Íris. (2009). Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens Landsat. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 15(1).

Eliasson, Ingegärd. (2000). The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and urban planning*, 48(1), 31-44.

GAIURB, Câmara Municipal de Gaia (2008). Plano Diretor Municipal Vila Nova de Gaia 2008 (pp. 205).

Gartland, Lisa. (2011). *Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas: Oficina de Textos*.

Gonçalves, Paula Cristina Cruz. (2016). O contributo dos SIG para a análise da relação entre as fraturas do colo do fémur e a precipitação nos maiores de 64 anos em VN Gaia. 125. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Grimmond, CSB, King, TS, Cropley, FD, Nowak, DJ, & Souch, C. (2002). Local-scale fluxes of carbon dioxide in urban environments: methodological challenges and results from Chicago. *Environmental Pollution*, 116, S243-S254.

Henriques, RG. (1982). Técnicas de detecção remota.

Jauregui, Ernesto. (1997). Heat island development in Mexico City. *Atmospheric Environment*, 31(22), 3821-3831.

Jensen, JR. (2009). Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos naturais. *São José dos Campos, SP: Parêntese*.

Kalnay, Eugenia, & Cai, Ming. (2003). Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature*, 423(6939), 528-531.

Landsberg, Helmut E. (1981). *The urban climate* (Vol. 28): Academic press.

Letra, Alexandra, Madureira, Helena, & Teixeira, José. (2017). *Disponibilidade e acessibilidade a espaços verdes urbanos*. Paper presented at the XI Congresso da Geografia Portuguesa, As dimensões e a responsabilidade social da Geografia: livro de atas.

Lopes, A. (2003). Modificações no clima urbano de Lisboa como consequência do crescimento urbano. *Vento, ilha de calor de superfície e balanço energético*. PhD, Faculdade de Letras. Lisboa, Universidade de Lisboa.

Lopes, António. (2008). O sobreaquecimento das cidades. Causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa. *Territorium* (15), 39-52.

Lopes, António, Alves, Elis, Alcoforado, Maria João, & Machete, Raquel. (2013). Lisbon urban heat island updated: new highlights about the relationships between thermal patterns and wind regimes. *Advances in Meteorology*, 2013.

Lopes, António, & Vieira, Hugo. (2002). A utilização de balões cativos para o estudo microclimático do bairro de Telheiras. *Finisterra*, 37(74).

Machado, Hermogenes Moura. (2003). Determinação da biomassa de cana-de-açúcar considerando a variação espacial de dados espectrais do satélite Landsat 7-ETM+.

Madureira, Helena. (2002). Processos de transformação da estrutura verde do Porto. *Revista da Faculdade de Letras – Geografia, I Série, vol. XVII-XVIII*, 137.218.

Maimaitiyiming, Matthew, Ghulam, Abduwasit, Tiyyip, Tashpolat, Pla, Filiberto, Latorre-Carmona, Pedro, Halik, Ümüt, . . . Caetano, Mario. (2014). Effects of green space spatial pattern on land surface temperature: Implications for sustainable urban planning and climate change adaptation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 89, 59-66.

Monteiro, Ana. (1993). O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território. 467. Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Monteiro, Ana. (2008). Desenvolvimento, sustentabilidade ou a busca por um melhor índice de felicidade bruta: o contributo da climatologia urbana. *Encontro Internacional – “Geografia: Tradições e Perspetivas” Homenagem ao Centenário de Nascimento de Pierre Monbeig*, 29.

Monteiro, Ana. (2013). Compensa correr o risco de arriscar viver no clima portuense? Ou será um perigo para a saúde que devemos evitar? *Riscos naturais, antrópicos e mistos: Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo*.

Monteiro, Ana. (2014). Na sociedade do século XXI o clima deve ser considerado numa perspetiva bottom-up ou top-down? *The overarching issues of the european space: the territorial diversity of opportunities in a scenario of crisis= Grandes problemáticas do espaço europeu: diversidade territorial e oportunidades de desenvolvimento num cenário de crise*.

Monteiro, A., Fonseca, L., (2013), “Conhecer o clima para não transformar Gaia num deserto – a bioclimatologia como alavanca para outras políticas públicas” in Eixos de desenvolvimento local – O caso de Vila Nova de Gaia, Omnisinal Edições, Portugal, Vila Nova de Gaia, 2013.

Monteiro, Ana, & Madureira, Helena. (2000). Os corredores verdes no Porto-(ainda) uma possibilidade ou (apenas mais) uma utopia?: reflexão em torno da sua importância para o contexto climático local e regional.

- Monteiro, Ana, & Madureira, Helena. (2012). El clima urbano en Oporto: oportunidad para repensar la sustentabilidad del territorio y retomar los ritmos de la naturaleza. *Hábitat sustentable*.
- Monteiro, Ana, Madureira, Helena, Fonseca, Luís, & Gonçalves, Paula. (2018). *Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas*.
- Moreira, Eugénia Albergaria. (1995). O limite marítimo do estuário do Sado a partir de imagens satelitais. *Finisterra*, 30(59/60).
- Moreira, Maria Eugénia. (1977). O interesse dos documentos obtidos por teledeteção no estudo do ambiente geográfico natural. *Finisterra*, 12(23).
- Moreira, Maria Eugénia. (1986). Imagens da baía de Lagos obtidas pelos sensores TM do satélite LANDSAT 4. Apreciação crítica. *Finisterra*, 21(41).
- Oke, Tim R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment (1967)*, 7(8), 769-779.
- Oke, Tim R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *International Journal of Climatology*, 1(3), 237-254.
- Oke, Tim R. (1989). The micrometeorology of the urban forest. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 324(1223), 335-349.
- Oke, Timothy R. (2002). *Boundary layer climates*: Routledge.
- Pereira, António, Pacheco, Elsa, Soares, Laura, Teixeira, José, & Gomes, António Alberto. (2016). PROM@ TT: Promover o ensino da Geografia com recurso às Tecnologias de Informação Geográfica.
- Pinheiro, Catarina, & Laranjeira, Maria. (2013). Análise do ambiente térmico e das condições de ventilação para a definição das funções climáticas na área urbana de Guimarães. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, 1(4), 249-272.
- Pinheiro, Catarina IA. (2012). *Contributo da estrutura ecológica para a sustentabilidade urbana: o caso de Guimarães*. 215. Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências Sociais Universidade do Minho.

Rao, P Krishna. (1972). Remote sensing of urban " heat islands" from an environmental satellite. *Bulletin of the American meteorological society*, 53(7), 647-648.

Rocha, Rosa Lopes, Bateira, Carlos, & Gomes, António Alberto. (2017). *Ensaio metodológico para a Integração das Condicionantes Naturais no Planeamento e Ordenamento do Território em Cabo Verde-o Caso da ilha de Santo Antão*. Paper presented at the XI Congresso da Geografia Portuguesa, As dimensões e a responsabilidade social da Geografia: livro de atas.

Silva Brito, Jorge Luis, & Diniz Prudente, Tatiana. (2005). Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia-MG, utilizando imagens ETM+/LANDSAT 7. *Sociedade & Natureza*, 17(32).

Singh, Prafull, Kikon, Noyingbeni, & Verma, Pradipika. (2017). Impact of land use change and urbanization on urban heat island in Lucknow city, Central India. A remote sensing based estimate. *Sustainable Cities and Society*, 32, 100-114.

Small, Christopher. (2005). A global analysis of urban reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, 26(4), 661-681.

Szűcs, Ágota. (2013). Wind comfort in a public urban space—Case study within Dublin Docklands. *Frontiers of architectural Research*, 2(1), 50-66.

Teixeira, M, Bateira, Carlos, Martins, L, Santos, M, Matos, Fátima do Rosário Magalhães, Costa, A, & Moreira, S. (2013). Base de dados geográfica dos meios de apoio à proteção civil e planeamento municipal de emergência. *XIII Colóquio Ibérico de Geografia: Respuestas de la Geografia Ibérica a la crisis actual*.

Vasconcelos, João, & Vieira, Rute. (2010). Contributo dos espaços verdes para o conforto bioclimático nas cidades: Faro, Portugal.

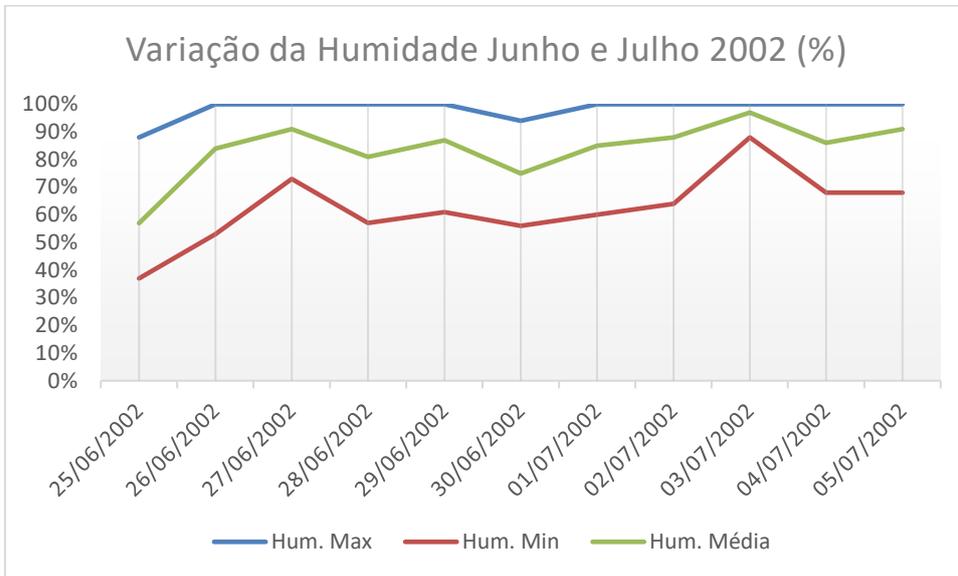
Velho, Sara Isabel Pinheiro. (2012). O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático. Os jardins de Serralves. 174. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Wang, Shenmin, Ma, Qifang, Ding, Haiyong, & Liang, Hanwei. (2016). Detection of urban expansion and land surface temperature change using multi-temporal landsat images. *Resources, Conservation and Recycling*.

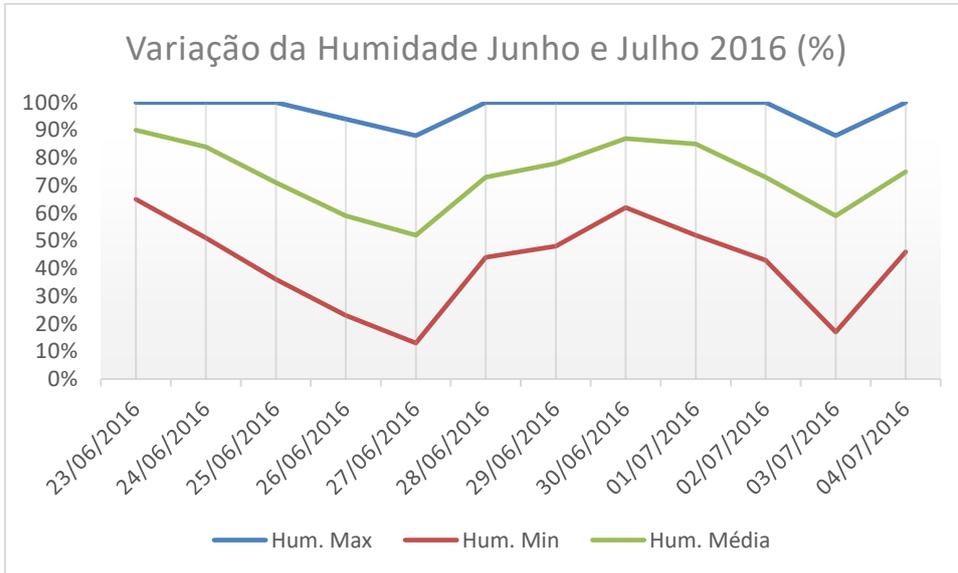
Weng, Qihao. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4), 335-344.

Yang, Chaobin, He, Xingyuan, Wang, Ranghu, Yan, Fengqin, Yu, Lingxue, Bu, Kun, . . . Zhang, Shuwen. (2017). The Effect of Urban Green Spaces on the Urban Thermal Environment and Its Seasonal Variations. *Forests*, 8(5), 153.

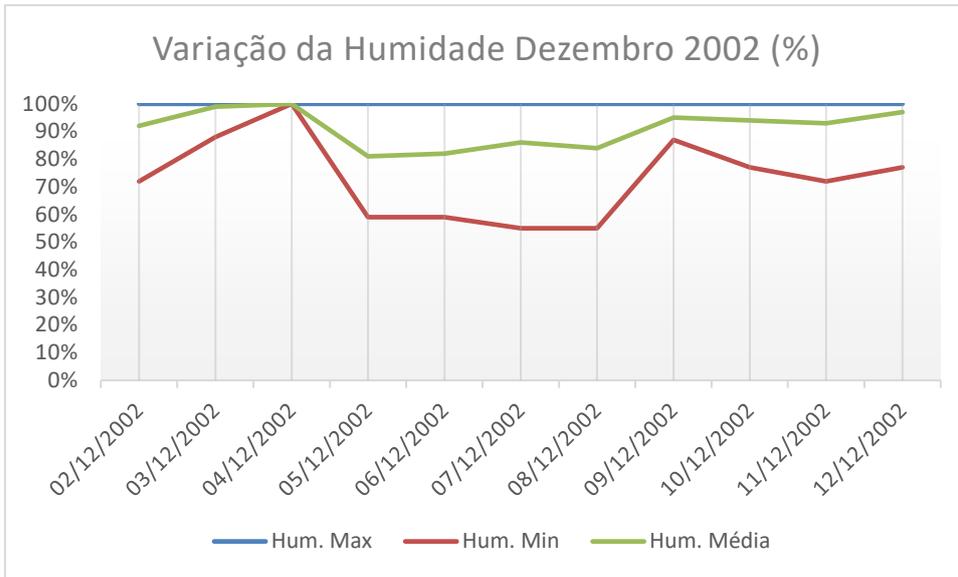
Anexos



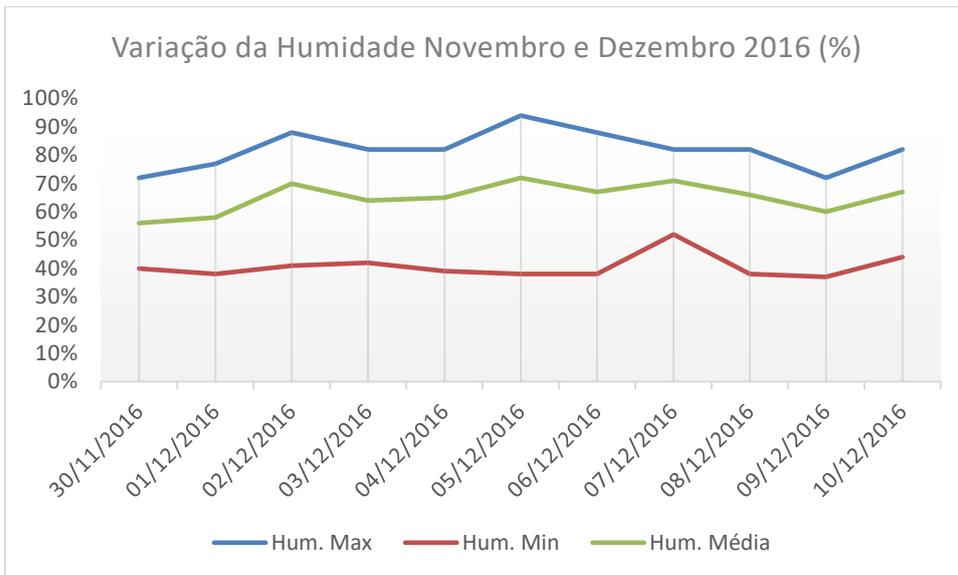
Variação da Humidade (%) Máxima, Mínima e Média nos meses de junho e julho do ano 2002 em Vila Nova de Gaia



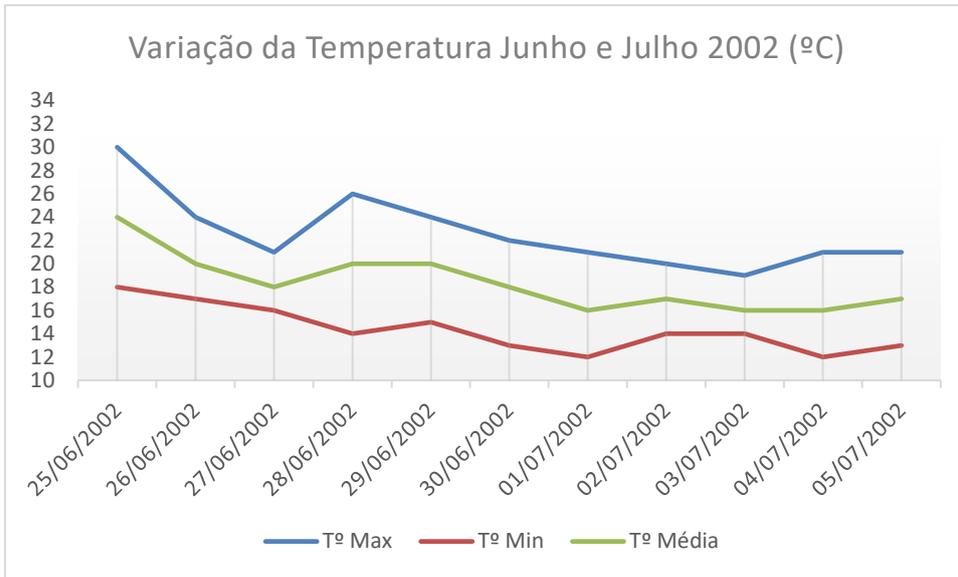
Variação da Humidade (%) Máxima, Mínima e Média nos meses de junho e julho do ano 2016 em Vila Nova de Gaia



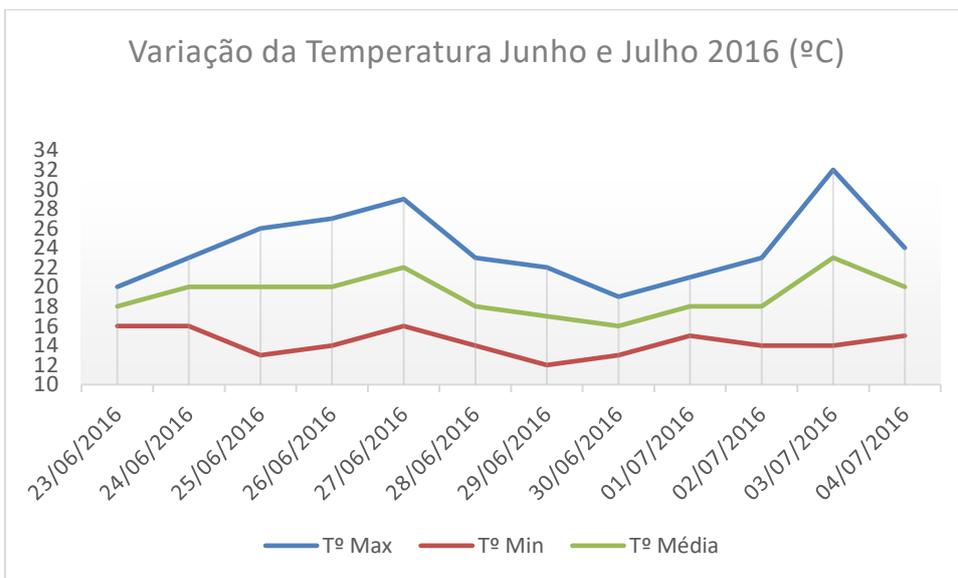
Variação da Humidade (%) Máxima, Mínima e Média no mês de dezembro do ano 2002 em Vila Nova de Gaia



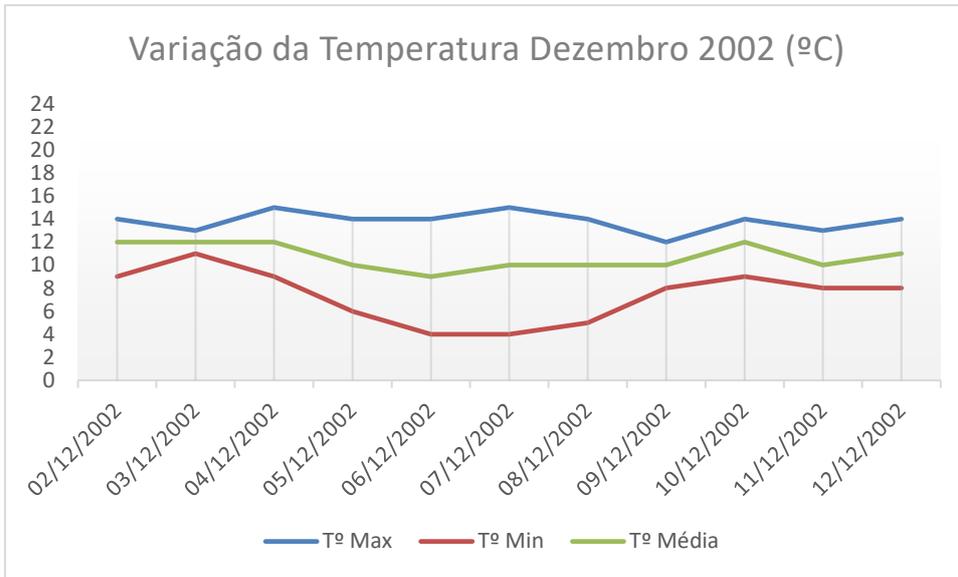
Variação da Humidade (%) Máxima, Mínima e Média nos meses de novembro e dezembro do ano 2016 em Vila Nova de Gaia



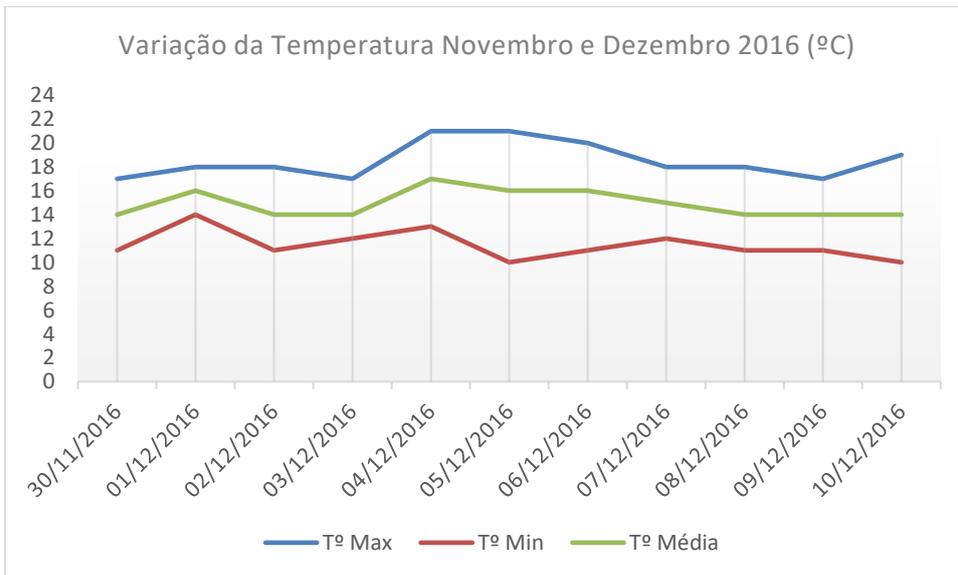
Varição da Temperatura (°C) Máxima, Mínima e Média nos meses de junho e julho do ano 2002 em Vila Nova de Gaia



Varição da Temperatura (°C) Máxima, Mínima e Média nos meses de junho e julho do ano 2016 em Vila Nova de Gaia



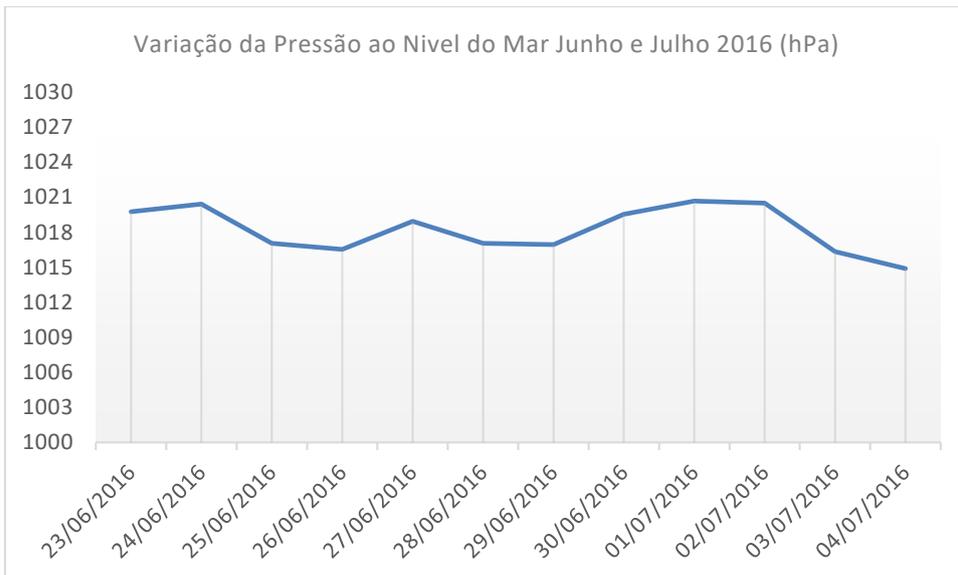
Variação da Temperatura (°C) Máxima, Mínima e Média no mês de dezembro do ano 2002 em Vila Nova de Gaia



Variação da Temperatura (°C) Máxima, Mínima e Média nos meses de novembro e dezembro do ano 2016 em Vila Nova de Gaia



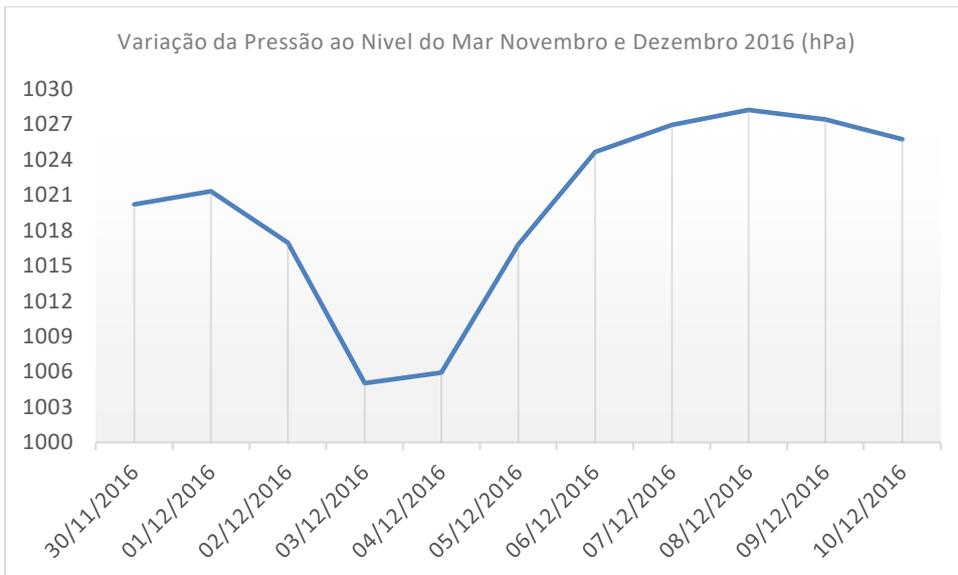
Varição da Pressão ao Nível do Mar (hPa) nos meses de junho e julho do ano 2002 em Vila Nova de Gaia



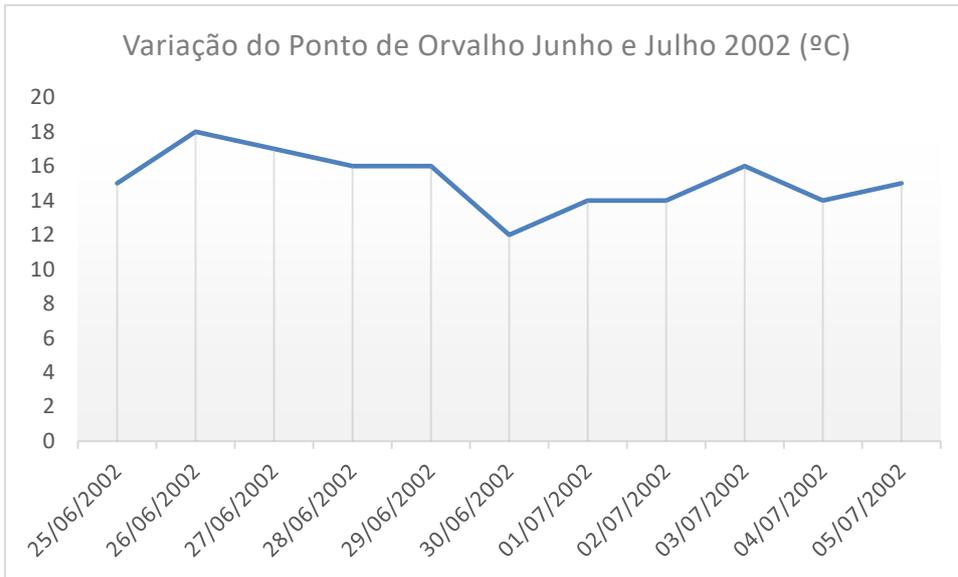
Varição da Pressão ao Nível do Mar (hPa) nos meses de junho e julho do ano 2016 em Vila Nova de Gaia



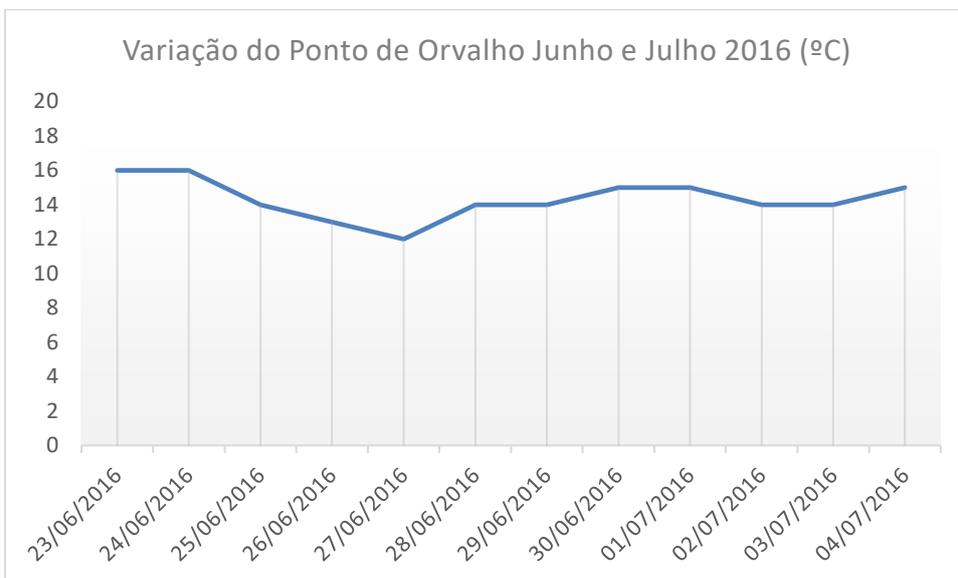
Varição da Pressão ao Nível do Mar (hPa) no mês de dezembro do ano 2002 em Vila Nova de Gaia



Varição da Pressão ao Nível do Mar (hPa) nos meses de novembro e dezembro do ano 2016 em Vila Nova de Gaia



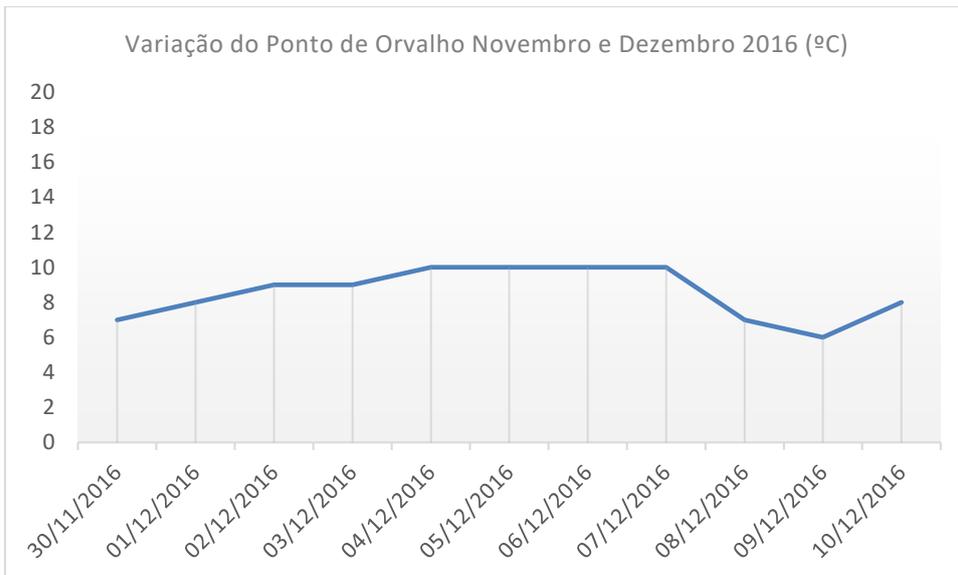
Varição do Ponto de Orvalho (°C) nos meses de junho e julho do ano 2002 em Vila Nova de Gaia



Varição do Ponto de Orvalho (°C) nos meses de junho e julho do ano 2016 em Vila Nova de Gaia



Varição do Ponto de Orvalho (°C) no mês de dezembro do ano 2002 em Vila Nova de Gaia



Varição do Ponto de Orvalho (°C) nos meses de novembro e dezembro do ano 2016 em Vila Nova de Gaia

Incêndios no Concelho de Vila Nova de Gaia no ano de 2002



Incêndios no Concelho de Vila Nova de Gaia no ano de 2016



Fonte: ICNF; CAOP 2011 Autor: Bruno Silva

Mapa de Incêndios no concelho de Vila Nova de Gaia nos anos 2002 e 2016