



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Márcia Inês Losa Silva

O CONTRIBUTO DOS ESPAÇOS VERDES (E
AZUIS) NO URBANISMO SUSTENTÁVEL E NA
RESILIÊNCIA ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.
O CASO ESTUDO DE COIMBRA.

Dissertação de Mestrado em Geografia Física – Ambiente e
Ordenamento do Território, orientado pelo Professor Doutor
António Rochette Cordeiro, apresentada ao Departamento de
Geografia e Turismo da Faculdade de Letras da Universidade de
Coimbra.

Setembro de 2022

Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra

O contributo dos espaços verdes (e azuis) no urbanismo sustentável e na resiliência às alterações climáticas. O caso estudo de Coimbra.

Márcia Inês Losa Silva

Dissertação de Mestrado em Geografia Física - Ambiente e Ordenamento do Território,
orientada pelo Professor Doutor António Manuel Rochette Cordeiro, apresentada ao
Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras da Universidade de
Coimbra.

Setembro de 2022

Faculdade de Letras

O CONTRIBUTO DOS ESPAÇOS VERDES (E AZUIS) NO URBANISMO SUSTENTÁVEL E NA RESILIÊNCIA ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. O CASO ESTUDO DE COIMBRA.

Ficha Técnica

Tipo de trabalho	Dissertação
Título	O contributo dos espaços verdes (e azuis) no urbanismo sustentável e na resiliência às alterações climáticas.
Subtítulo	O caso estudo de Coimbra.
Autor	Márcia Inês Losa Silva
Orientador	Doutor António Manuel Rochette Cordeiro
Júri	Presidente: Doutora Adélia Jesus Nobre Nunes Vogais: 1. Doutor José Miguel Esteves Lameiras 2. Doutor António Manuel Rochette Cordeiro
Identificação do Curso	2º Ciclo em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território
Área Científica	Geografia Física
Especialidade/Ramo	Ambiente e Ordenamento do Território
Data da defesa	31/10/2022
Classificação	19 valores

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar, aos meus Pais, às minhas irmãs e aos meus avós por permitirem que este sonho se tornasse realidade. Agradeço por todo o apoio, pela motivação, por toda a ajuda e por todo o amor. Agradeço por terem feito de mim uma pessoa cheia de determinação, empenhada e persistente. Aos meus familiares, obrigada pelo carinho e pelo apoio, com especial atenção para os meus avós que muito me ajudaram neste percurso.

Ao meu Orientador, Professor Doutor António Manuel Rochette Cordeiro, por toda a disponibilidade, pela orientação, pela compreensão e, principalmente, por acreditar em mim e na minha capacidade de trabalho nestes tempos tão conturbados.

Agradeço ao meu namorado Cláudio, que acompanhou esta jornada sempre com muita positividade e compreensão, agradeço por todo o apoio, por todos os incentivos, por toda ajuda e por toda a disponibilidade.

A todos os meus amigos obrigada pela paciência e por acreditarem em mim. Dedico um especial obrigada a uma grande amiga, que esta cidade me deu, Joana, e às minhas queridas colegas de casa que tanto me apoiaram ao longo deste percurso. Quero agradecer às minhas melhores amigas pela força, pelo companheirismo e pelo apoio que me deram ao longo deste caminho.

Não poderia deixar de agradecer aos meus colegas Djime Silva e Alexandre Ornelas, por toda a disponibilidade e por toda a ajuda. Aos meus colegas do primeiro ano do mestrado que ajudaram, muito obrigada pelo tempo que disponibilizaram.

Queria, ainda agradecer, às Águas de Coimbra - Museu da Água, à secção de Remo da Associação Académica de Coimbra, que sempre se encontravam muito compreensivos e disponíveis para me ajudar. Agradeço à empresa ABB responsável pelas obras de requalificação do Parque Dr. Manuel Braga, e em especial ao Engenheiro Frederico que permitiu que o meu estudo incluísse este parque.

A todos o meu sincero muito Obrigado.

Resumo

Atualmente, as cidades estão a crescer duas vezes mais rápido, tanto a nível de área como de população. Neste sentido, foi necessário consciencializar a população através de acordos e medidas para promover a sustentabilidade e proporcionar uma melhor qualidade de vida aos cidadãos, a Agenda 2030 é um bom exemplo disso mesmo. Esta é uma agenda que abrange vários níveis, com o intuito de acabar com as desigualdades, as injustiças, mitigar as alterações climáticas e fomentar a paz. O rápido processo de urbanização tem causado drásticas mudanças no uso do solo nos espaços urbanos. Em consequência depara-se com o aumento das temperaturas no interior das cidades (ilha de calor urbano). Assim, uma das melhores soluções para mitigar este aumento das temperaturas é a implementação de espaços verdes e azuis, pois estes têm uma grande importância na amenização das temperaturas e na qualidade de vida do cidadão.

É neste sentido que se desenvolve esta dissertação, para compreender o contributo dos espaços verdes e azuis no planeamento urbano, tendo por base uma gestão mais sustentável e resiliente às alterações climáticas. Através da utilização de data loggers realizou-se o levantamento de dados de temperaturas, com intuito de comparar três estações do ano diferentes (inverno, primavera e verão), e ainda, três momentos do dia (manhã, tarde e noite). Assim, foram recolhidos dados em dois níveis de análise: temperaturas à superfície e temperaturas na vertical (através da instalação de sensores fixos e do levantamento do drone). Desta forma, foram selecionados quatro espaços verdes da cidade de Coimbra, nomeadamente, Parque Verde do Mondego (margem esquerda e direita), Parque Dr. Manuel Braga e Parque da Canção, e ainda, no rio Mondego.

Com os resultados das campanhas através da aplicação da ferramenta de kriging percebeu-se a importância da radiação solar direta no aumento das temperaturas. Isto verifica-se nos períodos das manhãs, pois em julho o percurso foi realizado no sentido inverso, o que levou a diferenças significativas como uma margem esquerda mais fresca (o que não se verifica nas recolhas anteriores) devido à diminuição de horas de exposição solar direta. Denota-se a influência da vegetação na amenização do clima urbano, verificando-se diferentes temperaturas nos espaços verdes (temperaturas mais frescas) e espaços com pouca vegetação – Parque da Canção. No lençol aquático, verifica-se, em

vários momentos do dia, a influência das infraestruturas envolventes (parede de betão), fazendo com que o setor a jusante registre temperaturas mais elevadas do que a montante. Sendo visível, ainda, a influência que este possui na amenização das temperaturas nas suas margens.

Palavras-chave: Espaços verdes e azuis urbanos, regulador térmico, sustentabilidade urbana, Coimbra

Abstract

Cities are currently growing twice as fast, both in terms of area and population. In this sense, it was necessary to raise the population awareness through agreements and measures to promote sustainability and provide a better quality of life for citizens. The 2030 Agenda is a good example of this, covering several levels, with the aim of ending inequalities, injustices, mitigating climate change and promoting peace. The rapid process of urbanization has caused drastic changes in land use in urban spaces. As a result, there is an increase in temperatures inside cities (urban heat island). Thus, one of the best solutions to mitigate this increase in temperatures is the implementation of green and blue spaces, as these are of great importance in the alleviation of temperatures and in the quality of life of the citizen.

It is in this sense that this dissertation is developed, to understand the contribution of green and blue spaces in urban planning, based on a more sustainable and resilient management to climate change. Using data loggers, temperature data was collected to compare three different seasons of the year (winter, spring and summer), and also three times of the day (morning, afternoon and night). Thus, data was gathered at two levels of analysis: surface temperatures and vertical temperatures (through the installation of fixed sensors and the drone survey). For this, four green spaces in the city of Coimbra were selected, namely, Parque Verde do Mondego (left and right bank), Parque Dr. Manuel Braga and Parque da Canção, and also on the Mondego River.

With the results of the campaigns through the application of the kriging tool, the importance of direct solar radiation in the increase in temperatures was perceived. This occurs in the mornings, as in July the route was carried out in the opposite direction, which led to significant differences such as a cooler left bank (which is not observed in previous collections) due to the decrease in hours of direct sun exposure. The influence of vegetation in alleviating the urban climate is also noticed, with different temperatures in green spaces (cooler temperatures) and spaces with little vegetation – Parque da Canção. In the river, it is verified, at various times of the day, the influence of the surrounding infrastructure (concrete wall), causing the downstream sector to register

higher temperatures than upstream. It is also visible the influence that it has on the alleviation of temperatures on its banks.

Keywords: Urban green and blue spaces, thermal regulation, urban sustainability, Coimbra

Índice

Agradecimentos	4
Resumo	5
Abstract.....	7
Índice	9
Índice de Figuras e Tabelas	11
Lista de siglas ao abreviaturas	14
Capítulo I - Introdução	15
1.1. Enquadramento do tema	15
1.2. Objetivos.....	18
1.3. Metodologia.....	19
1.4. Estrutura da dissertação	22
Capítulo II – Estado da arte	24
2.1. Processo de urbanização.....	24
2.2. Evolução dos conceitos	25
2.2.1. Benefícios e funções.....	28
2.3. A temática do desenvolvimento urbano sustentável.....	30
2.3.1. Agenda 2030.....	33
2.4. A influência dos espaços verdes e azuis no desenvolvimento urbano sustentável	36
2.4.1. O papel da vegetação nas áreas urbanas	39
2.4.2. A influência dos espaços verdes urbanos na saúde	41
Capítulo III – Enquadramento Geográfico	44
3.1. Caracterização física.....	44
3.1.1. Relevo.....	45
3.1.2. Ocupação do solo	46

3.1.3. Clima	47
3.2. Caracterização dos espaços verdes e azuis urbanos em estudo	49
Capítulo IV – Apresentação e discussão dos resultados	59
4.1. Dia 28 de fevereiro de 2022	61
4.2. Dia 11 de maio de 2022	70
4.3. Dia 8 de julho de 2022	80
4.4. Análise da temperatura na vertical	89
4.5. Discussão dos resultados	93
Conclusão	96
Bibliografia	98
Anexos	105

Índice de Figuras e Tabelas

Figura 1: Função dos espaços verdes	29
Figura 2: Pilares do desenvolvimento sustentável	33
Figura 3: Objetivos do desenvolvimento sustentável.....	34
Figura 4: Os componentes biofísicos que compõem um ecossistema urbano.	37
Figura 5: Importância da vegetação	41
Figura 6: Enquadramento Geográfico da cidade de Coimbra	45
Figura 7: Fotografia aérea da área de estudo.....	46
Figura 8: Carta de uso e ocupação do solo da cidade de Coimbra.....	47
Figura 9: Gráfico Termopluiométrico da Cidade de Coimbra	49
Figura 10: Localização dos espaços verdes em estudo	50
Figura 11: Parque Doutor Manuel Braga	51
Figura 12: Obras de requalificação no Parque Doutor Manuel Braga	51
Figura 13: Parque Verde do Mondego (margem direita)	53
Figura 14: Parque Verde do Mondego (margem direita)	54
Figura 15: Parque Verde do Mondego (margem direita)	54
Figura 16: Parque da Canção	55
Figura 17: Parque da Canção	55
Figura 18: Parque Verde do Mondego (margem esquerda)	57
Figura 19: Mata do Exploratório - Ciência Viva de Coimbra.....	58
Figura 20: Parque Verde do Mondego (margem esquerda)	58
Figura 21: Cartograma geral do campo térmico da cidade de Coimbra na noite de 6 de fevereiro de 2020	60
Figura 22: carta sinóptica de superfície (nmm), às 00h UTC, relativa à Europa (modelo UKMO) do dia 28 de fevereiro de 2022.....	61
Figura 23: carta do campo de pressão à superfície (nmm) e do geopotencial e temperatura a 500hPa, às 00h, relativa à Europa (modelo GFS) do dia 28 de fevereiro de 2022.....	62
Figura 24: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da manhã no dia 28 de fevereiro de 2022	63
Figura 25: Campo térmico da área de estudo no período da manhã no dia 28 de fevereiro de 2022	65
Figura 26: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da tarde no dia 28 de fevereiro de 2022	66

Figura 27: Campo térmico da área de estúdio no período da tarde no dia 28 de fevereiro de 2022	67
Figura 28: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da noite no dia 28 de fevereiro de 2022	69
Figura 29: Campo térmico da área de estudo no período da noite no dia 28 de fevereiro de 2022	70
Figura 30: carta sinóptica de superfície (nmm), às 00h UTC, relativa à Europa (modelo UKMO) do dia 11 de maio de 2022.	71
Figura 31: carta do campo de pressão à superfície (nmm) e do geopotencial e temperatura a 500hPa, às 00h, relativa à Europa (modelo GFS) do dia 11 de maio de 2022	72
Figura 32: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da manhã no dia 11 de maio de 2022	73
Figura 33: Campo térmico da área de estudo no período da manhã no dia 11 de maio de 2022	74
Figura 34: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da tarde no dia 11 de maio de 2022	76
Figura 35: Campo térmico da área de estudo no período da tarde no dia 11 de maio de 2022	77
Figura 36: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da noite no dia 11 de maio de 2022	79
Figura 37: Campo térmico da área de estudo no período da noite no dia 11 de maio de 2022	80
Figura 38: carta sinóptica de superfície (nmm), às 00h UTC, relativa à Europa (modelo UKMO) do dia 8 de julho de 2022.	81
Figura 39: carta do campo de pressão à superfície (nmm) e do geopotencial e temperatura a 500hPa, às 00h, relativa à Europa (modelo GFS) do dia 8 de julho de 2022	81
Figura 40: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da manhã no dia 8 de julho de 2022	83
Figura 41: Campo térmico da área de estudo no período da manhã no dia 8 de julho de 2022	84
Figura 42: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da tarde no dia 8 de julho de 2022	86

Figura 43: Campo térmico da área de estudo no período da tarde no dia 8 de julho de 2022	87
Figura 44: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da noite no dia 8 de julho de 2022	88
Figura 45: Campo térmico da área de estudo no período da noite no dia 8 de julho de 2022	89
Figura 46: Temperaturas na vertical no dia 11 de maio nas Piscinas do Mondego	90
Figura 47: Temperaturas na vertical no dia 8 de julho nas Piscinas do Mondego	91
Figura 48: Perfil térmico do dia 8/07/2022	93
Figura 49: Setor da Alta, Conchada e Montes Claros	105
Figura 50: Setores Jardim Botânico	105
Figura 51: Setor da baixa da cidade de Coimbra	106
Figura 52: Estrutura de betão construída na margem direita desde a Ponte do Açude até ao setor da restauração do Parque verde (“Docas”)	106
Figura 53: Pontos pré-definidos no setor do rio Mondego e nas margens	107
Tabela 1: a) Datta Logger Fixo, b) Recolha no percurso pedonal, c) Recolha no barco, d) Drone	21

Lista de siglas ao abreviaturas

AVC – Acidente Vascular Cerebral

BGF – Blue Green Factor

CMC – Câmara Municipal de Coimbra

COAP – Carta Administrativa Oficial de Portugal

GEE – Gases de Efeito Estufa

ICU – Ilha de Calor Urbano

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OMS – Organização das Nações Unidas

ONU – Organização das Nações Unidas

PIB – Produto Interno Bruto

UN – United Nations

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

Capítulo I - Introdução

1.1. Enquadramento do tema

Entre 1950 e 1990, a população mundial cresceu de uma forma exponencial, passando de 200 milhões de habitantes para 2 bilhões, constatando-se que destes mais de metade vive em áreas urbanas. A urbanização determina a distribuição espacial da população e é uma das quatro megatendências demográficas, assim como o crescimento da população, o envelhecimento e a migrações internacional (UN, 2019: 1). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial crescerá mais de 2 bilhões de habitantes, nos próximos 40 anos, excedendo, assim, os 9 bilhões de habitantes, e ainda 70% da população mundial viverá em cidades, até 2050. Num contexto histórico, o desenvolvimento urbano está ligado ao desenvolvimento económico, porque, teoricamente, o desenvolvimento económico alimenta a urbanização, que por sua vez, favorece o crescimento económico através da redução da pobreza e do desenvolvimento humano. As pessoas são atraídas pelas cidades que oferecem oportunidades de educação e emprego, principalmente, nos setores da indústria e dos serviços. Consequentemente, e se cerca de 80% do produto interno bruto (PIB) global é gerado nas cidades, também não é menos verdade que estas são responsáveis por cerca de 71% a 76% das emissões de CO₂ e de 67% a 76% do uso global de energia. (UN, 2019: 3-4). O ritmo de crescimento das cidades condiciona um futuro ambientalmente sustentável, pois a rápida expansão desordenada e inadequada proporciona poluição e degradação ambiental, juntamente com padrões insustentáveis de produção e consumo. As cidades, atualmente, estão a crescer duas vezes mais rápido tanto a nível de área como de população, fazendo com que as projeções indiquem que as tendências futuras na urbanização sejam de triplicação de área urbana a nível mundial, entre 2000 e 2030. Esta expansão urbana ameaça a destruição de “(...) habitats in key biodiversity hotspots and contributes to carbon emissions associated with tropical deforestation and land use change.” (UN, 2019: 4). A importância crescente das áreas urbanas, em termos demográficos, socioeconómicos e culturais faz com que os seus problemas ambientais sejam, cada vez mais, uma prioridade dos poderes públicos de forma a corrigir as fragilidades que se tem vindo a sentir em diferentes territórios. É neste sentido que a aplicação da climatologia no planeamento das áreas urbanas deve ser cada vez mais frequente, de forma a melhorar a qualidade de vida dos cidadãos assim como

uma maior eficiência energética, tendo sempre presente o conceito de qualidade ambiental.

Em consequência, é cada vez mais importante as infraestruturas urbanas serem resilientes, em prol dos fenómenos extremos provocado pelas alterações climáticas (Hathway e Sharples, 2012). O aumento das temperaturas do ar e da ocorrência de ondas de calor traz problemas significativos para a população, sendo assim, é necessário assegurar condições de vida favoráveis aos cidadãos e ainda adaptar as cidades às alterações climáticas. Uma das melhores práticas para melhorar o clima urbano é aumentar o espaço de infraestruturas verdes e azuis, pois estas contribuem para a amenização das temperaturas (Nastran *et al.* 2019: 33).

Nas últimas décadas, o termo desenvolvimento sustentável tem vindo a ser cada vez mais falado, assim como a preservação do planeta, contudo é necessário ter em conta o seu conceito, que com o passar dos anos continua a evoluir. Diferentes autores têm vindo a definir o desenvolvimento sustentável de diferentes formas, mas no fim acabam todas por se complementar. Segundo a ONU (Instituto Marquês de Valle Flôr, 2018: 27), o desenvolvimento sustentável “(...) permite satisfazer as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades.”. Para Irina no início deste século, o “Desenvolvimento sustentável é aquele que melhora a qualidade da vida do Homem na Terra ao mesmo tempo em que respeita a capacidade de produção dos ecossistemas nos quais vivemos” (Mikhailova, 2004: 26). De modo a que haja uma execução simplificada do desenvolvimento sustentável para uma perceção do futuro positivo, a ONU, em 2015, propõe os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), de modo a que seja comum e acessível a toda a população, para que as cidades criem indicadores, com o objetivo de que as metas sejam alcançadas, com o intuito de uma melhoria da qualidade ambiental urbana, e consequentemente uma melhoria da qualidade de vida do cidadão (Mizutani, 2019: 20). Com o propósito de criar e fortalecer uma cultura de sustentabilidade e responsabilidade, estes 17 objetivos baseiam-se, principalmente, em erradicar a fome, promover a prosperidade e o bem-estar social, proteger o meio ambiente e combater as alterações climáticas. A Agenda 2030, constituída pelos 17 objetivos do desenvolvimento sustentável, apresenta objetivos focados nas cidades e planeia tornar as cidades mais sustentáveis, seguras, menos vulneráveis e resilientes e outro ligado às alterações climáticas, no qual pretende adotar medidas urgentes para atenuar os impactos das

alterações climáticas. Estes objetivos são o objetivo 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis e o objetivo 13 – Ação Climática, objetivos sobre os quais esta dissertação se desenvolve primordialmente.

Nos últimos anos tem sido bastante discutido uma estratégia para tentar combater alguns problemas que condicionam o bom funcionamento de praticamente todas as cidades do mundo, problemas estes diretamente ligados ao ambiente, principalmente, às alterações climáticas que prejudicam a vida da população, a fauna e a flora. Através da utilização abundante dos combustíveis fósseis (por exemplo o carvão e o petróleo) surgiram consequências para o meio ambiente, devido à quantidade de poluentes que estes tipos de combustíveis emitem, pois eles alteram a composição do ar. Como forma de amenizar este impacto, pensou-se na ideia de descarbonização, a qual é entendida como a procura da redução de emissões de carbono para a atmosfera, principalmente de CO₂. Consequentemente com todas estas preocupações, no ano de 2016, entrou em vigor o Acordo de Paris, no qual visa alcançar a “(...) descarbonização das respetivas economias; e comprometeu-se a agir, imediata e intensamente, para travar o aquecimento global. Com metas precisas, entre as quais esta, fundamental: que o aumento da temperatura média global fosse bem inferior a 2°C, por comparação com os níveis pré-industriais, e, mais precisamente, que fosse limitado a 1,5° C, num esforço para reduzir significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas” (Silva e Fernandes, 2020: 3). Em junho de 2021, foi aprovado pelo Parlamento Europeu a Lei do Clima, no qual defende que todos os estados membros devem atingir a neutralidade climática até 2050, colocando em prática medidas para garantir que em 2050 tenham zero emissões líquidas de gases com efeito estufa. (Jornal Oficial da União Europeia, 2021: 2). Pela análise dos dois documentos, torna-se perceptível que a lei do clima e o acordo de Paris seguem pelo o mesmo caminho.

Desde há muito que se tornou evidente que grande parte das emissões de gases de efeito estufa são originados nas cidades, razão pela qual, Borunda (2019), ainda antes da crise energética que hoje se atravessa, refere que existem vários pontos que as cidades devem adotar para atingir a neutralidade climática e uma cidade mais sustentável.

Nomeadamente:

- Edifícios energeticamente mais eficientes, que pode reduzir cerca de 30% das emissões urbanas;

- Eletrificar “(...) os grandes consumidores de energia que atualmente funcionam sobretudo através de combustíveis fósseis – como os sistemas de aquecimento e refrigeração, luzes e fogões – através de fontes renováveis, tanto solares como eólicas.” - 30% das emissões podem ser reduzidas
- Devem ser repensadas as formas de construção para não dependermos em demasia de tecnologia que necessita de energia;
- “Podemos obter outra redução de 20% se os transportes não dependerem de carbono. (...) através da construção de sistemas eficazes de transportes públicos, ou pela troca dos carros pessoais por sistemas de partilha.”.

Assim, segundo a autora, caso se concretizem estas transformações, a Europa será o primeiro continente neutro em carbono e a obter cidades mais sustentáveis pensando nos impactos socioeconómicos e em cuidar dos recursos naturais para as gerações futuras.

Assim, para o futuro de uma cidade, para que esta seja mais sustentável e neutra em carbono é fundamental os urbanistas pensarem em algumas medidas, nomeadamente, na implementação de mais espaços verdes e azuis.

1.2. Objetivos

De forma a analisar o contributo dos espaços verdes e azuis no planeamento e desenvolvimento urbano, visando uma gestão mais sustentável, ecológica e resiliente às alterações climáticas este trabalho desenvolve-se, numa primeira fase, sobre a lógica destes conceitos tendo por base a revisão bibliográfica sobre este mesmo tema.

Parece inequívoco que, e num momento como aquele que a Humanidade atravessa, e de que toda instabilidade climática que o ano de 2022 assistiu, o desenvolvimento desta dissertação pretende contribuir para as seguintes questões encadeadas: de que forma é que os espaços verdes e azuis podem ter na influência no atenuar dos malefícios resultantes do desenvolvimento urbano e de que modo poderão estes espaços contribuir para que a cidade possa vir a ser mais sustentável?

Objetivos Gerais:

- Compreender de que forma é que os espaços verdes e azuis atuam na resiliência às alterações climáticas
- Entender de que modo é que os espaços verdes e azuis contribuem para um planeamento urbano mais sustentável.

- Perceber de que forma o aparecimento de mosaicos verdes e azuis contribuem para a regulação térmica do espaço urbano

Assim, os objetivos específicos deste trabalho devem passar por:

- Analisar e interpretar o ambiente físico da cidade de Coimbra;
- Demonstrar o papel que os diferentes tipos de margens do Mondego - Parque Verde, Parque Manuel Braga e Parque da Canção -, assim como o próprio rio Mondego, têm na regulação climática da cidade.
- Comprovar que o uso de infraestruturas verdes contribui para uma gestão urbana mais sustentável e resiliente;
- Mostrar de que forma é que se pode tornar uma cidade mais sustentável com a implementação de mais espaços verdes (e azuis);
- Comprovar a influência dos espaços verdes na saúde do cidadão;

1.3. Metodologia

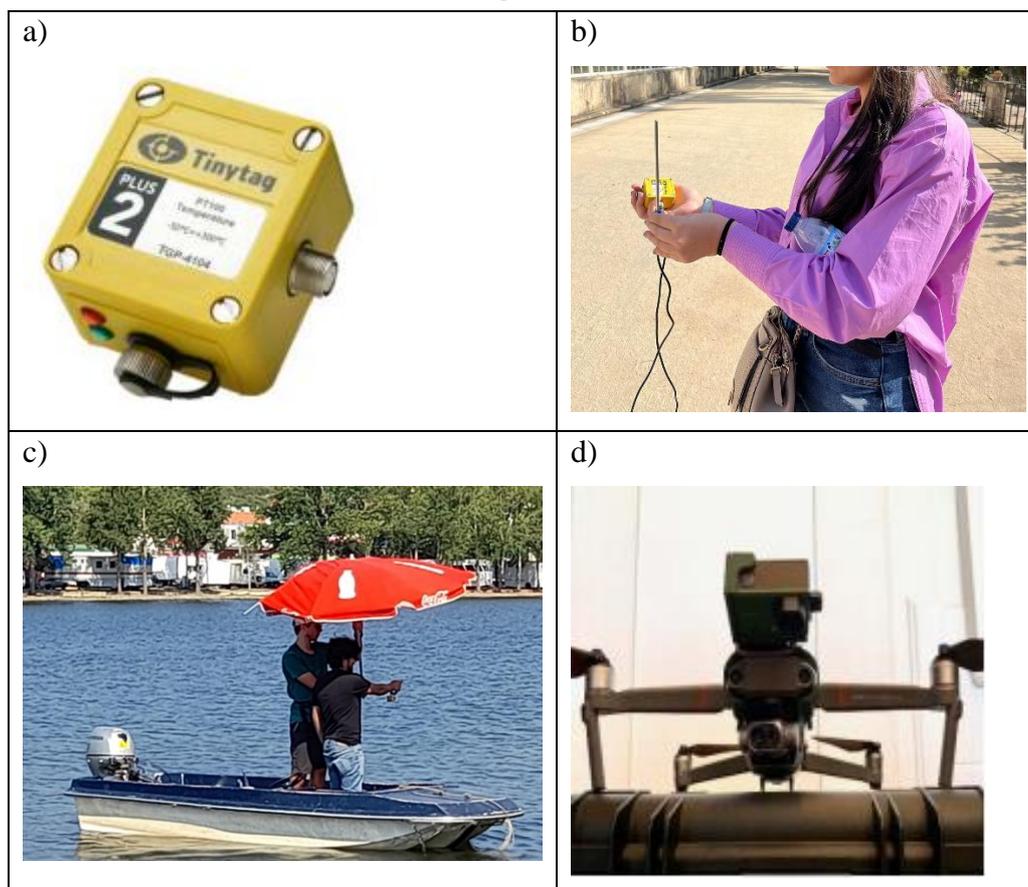
Este estudo tem por base a compreensão da influência dos espaços verdes e azuis urbanos, e para isso, este trabalho, divide-se em duas partes: uma parte teórica e uma parte prática.

Desta forma, a primeira parte do trabalho é mais voltada para revisão de literatura, passando pela leitura de artigos, trabalhos e livros já publicados sobre esses temas, como o planeamento dos espaços verdes, a relação dos espaços verdes e azuis com a temperatura, a influência dos corpos de água na sua envolvente e os objetivos do desenvolvimento sustentável, assim como pela própria geografia da saúde. Nesta fase procurou-se compreender o desenvolvimento das cidades, o seu impacto e de que forma influência o cidadão e o papel que os espaços verdes e azuis têm vindo a ter no repensar do próprio urbanismo.

Em contrapartida, a parte prática foca-se no desenvolvimento de uma análise que teve como base o levantamento de dados de temperatura, através de três percursos diferentes, que por sinal, correspondem a três dissertações diferentes, realizadas em simultâneo (análise geral). Com os 150 pontos (sendo que, 47 pontos definidos no setor da Alta/Conchada/Montes Claros, 33 pontos ao longo do Jardim Botânico, 52 pontos definidos nas margens do rio Mondego – Parque Dr. Manuel Braga, Parque Verde em ambas as margens e Parque da Canção – e 18 pontos mesmo no rio Mondego) já pré-definidos, os diferentes mestrados obtiveram dados em vários pontos à mesma hora, e

por isso foi possível a realização de uma abordagem com maior pormenor. No que diz respeito a uma análise mais detalhada, da área de estudo, a metodologia foi bastante semelhante à da análise geral, assim, através da instalação de um data logger fixo (na mata junto ao Exploratórios – Centro Ciência Viva de Coimbra) e de trabalho de campo na parte baixa da cidade de Coimbra, nomeadamente nas margens e no próprio rio Mondego - Parque Verde margem esquerda e margem direita, Parque Dr. Manuel Braga e Parque da Canção, ao longo do setor compreendido entre a Estação Ferroviária (Coimbra A) e o Pavilhão de Portugal (na margem direita) e em toda a extensão do Parque Verde da margem esquerda (entre a piscina descoberta Jaime Lobo/Exploratório da Ciência Viva e a Ponte de Santa Clara). Simultaneamente à realização dos percursos pedonais foram efetuados registos em seis eixos pré-estabelecidos nas águas do lençol de água do Açude, com estes a serem efetuados com a ajuda de um barco (Fotos 1a, 1b, 1c e 1d). Numa das campanhas (julho) efetuaram-se ainda dois perfis térmicos em altitude com a ajuda de uma sonda acoplada a um drone.

Tabela 1: a) Datta Logger Fixo (Cordeiro in press), b) Recolha no percurso pedonal, c) Recolha no barco, d) Drone (Cordeiro in press)



Assim, numa primeira fase foram definidos 34 pontos, ao longo dos três setores da zona de intervenção do Programa Polis (Parque Verde em ambas as margens e Parque da Canção), 18 pontos de registo no Parque Dr. Manuel Braga e mais 18 pontos ao longo deste setor do rio (figura 54 em anexo), devendo ser referido logo à partida, que todas as campanhas foram realizadas em dias de estado de tempo anticiclónico, com céu limpo e vento moderado e no que é considerado como um dos anos mais quentes de que há registo, e no qual foram observadas diferentes ondas de calor.

No dia 28 de fevereiro de 2022 realizou-se a primeira campanha de recolha de temperaturas, devido a ser um dia de inverno, com condições climáticas anticiclónicas de céu descoberto. No dia 11 de maio de 2022 foi realizado mais um levantamento das temperaturas, mas desta vez num dia de primavera (num dia de onda de calor), com condições sinóticas idênticas às anteriores. Uma última recolha de temperaturas foi realizada no dia 8 de julho de 2022, um dos dias mais quentes de um verão extremamente quente, registando temperaturas bastante elevadas relacionadas com uma onda de calor que se estendeu a grande parte do continente europeu. Ficou-se, assim, com um registo

de um dia de inverno, um dia de primavera e um dia de verão, sendo possível comparar os três momentos em análise tentando compreender a influência da vegetação no regime térmico de diferentes fases evolutivas dessa mesma vegetação, possuindo registo nos espaços arbóreos caducifólios, de momentos em que a folhagem está plenamente desenvolvida e outro em que não se observa folhagem. Realizaram-se três recolhas ao longo destes dias, com a primeira a iniciar-se cerca das 9h, a segunda das 15h e a terceira das 21h.

Sendo a temperatura a variável climática a ser estudada, utilizou-se com uma sonda externa de data logger. Desta forma, iniciou-se o percurso a pé parando nos respetivos pontos durante 1 minuto, no qual era apontado a hora de chegada e de partida. Em simultâneo, decorria o percurso de barco, ao longo do setor do rio em análise. De salientar que, o data logger nunca se encontrava com exposição direta ao sol e os registos a serem realizados a 1,5 metros da superfície.

No final da realização de todo o percurso através da plataforma MyGeodata Converter concebemos a conversão de todos os dados obtidos. Depois de todos os pontos identificados e com as suas respetivas coordenadas, realizou-se a média da temperatura para todos os pontos. Com o objetivo de elaborar mapas para demonstrar as diferenças térmicas, utilizando o ArcGis de modo a cartografar as temperaturas e especializar as diferenças térmicas.

1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação é composta por quatro capítulos, que representam as diferentes fases do estudo. No capítulo I é feita uma introdução ao tema em estudo, através de alguns conceitos, são apresentados os objetivos e os processos metodológicos da realização deste estudo.

No capítulo II é apresentado o estado da arte, no qual é apresentada a definição de alguns conceitos e os seus benefícios, tendo em conta as opiniões de diversos autores. Serão, ainda, abordados temas como o desenvolvimento sustentável e de que forma este e os espaços verdes e azuis se relacionam entre si influenciando a saúde da população e as áreas urbanas.

No capítulo III será desenvolvido o enquadramento geográfico da área de estudo, onde será feita uma caracterização física do território, através da caracterização do relevo, da ocupação do solo, do clima, e ainda, uma caracterização dos espaços verdes em estudo.

Através do capítulo IV será perceptível a discussão dos resultados obtidos através do trabalho de campo realizado, demonstrando, assim, de que forma é que os espaços verdes e azuis influenciam a dinâmica urbana e contribuem na resiliência às alterações climáticas.

Por último, no capítulo V serão apresentadas as conclusões finais relativas à dissertação e os pontos fulcrais que se concluem sobre este tema.

Capítulo II – Estado da arte

Atualmente, segundo as Nações Unidas, mais de metade da população mundial vive em espaços urbanos, o que faz com que haja problemas a vários níveis (Obi, 2014: 28), nomeadamente, fortes mudanças na ocupação do uso do solo (Reis e Lopes, 2019: 1). Uma das alterações mais sentidas, através deste processo, é o aumento das temperaturas dentro das cidades, comparativamente com as áreas circundantes (Reis e Lopes, 2019: 1). Estes autores referem, ainda, que uma cidade mais sustentável e onde haja um maior conforto bioclimático é necessário a implementação de mais e maiores espaços verdes e azuis.

2.1. Processo de urbanização

Em meados do século XVIII, a revolução industrial teve início em Inglaterra e mais tarde estendeu-se pelo continente europeu e pelo resto do mundo. Este período ficou marcado pelas transformações tecnológicas e económicas, onde a mão de obra foi substituída pela introdução de máquinas e a produção subiu exponencialmente, fazendo com que a população tivesse acesso a produtos em maior quantidade. Um dos primeiros impactos que esta teve na população, foi a explosão demográfica (Fonseca 2010: 27) sentida nas cidades, no qual iam à procura de melhores condições de trabalho que as fabricas davam e a remuneração que eram pagas em troca do seu trabalho. Assim, as cidades não se encontravam preparadas para receber toda a população, e a procura era maior do que oferta, fazendo com que aglomerados de pessoas comesse a instalar-se nos subúrbios (Gomes e Pinto 2020: 594) criando espaços de habitação sem qualquer tipo de organização, produzindo más condições de salubridade prejudicando a saúde da população (Fonseca 2010: 34). O avanço tecnológico fez com que fosse possível a criação de novas técnicas de trabalho e novos materiais, assim “todos estes avanços no feitio dos materiais estiveram logo ligados a edifícios com novas funções que configuravam novas cidades” (Duarte, 1999: 16). Para além da introdução da maquinofatura, a criação de caminhos de ferro, foi também, um ponto fulcral para esta época, permitindo uma troca comercial em larga escala, nacional e internacional (Duarte 1999:17). Neste sentido a revolução industrial trouxe consequências a vários níveis, nomeadamente, avanços tecnológicos, avanços na medicina, industrialização dos países, novos postos de trabalho, novos hábitos de consumo, êxodo rural, urbanização, alterações no meio ambiente, entre

outros (Gomes e Pinto 2020: 589). No entanto, e cada vez mais assumido pelos investigadores, nem todas foram consequências positivas.

Desta forma, a revolução industrial provocou um desenvolvimento das cidades como nunca antes tinha sido atingido. As cidades transformaram-se em meios mais urbanas e menos rurais, tanto a nível económico como demográfico. As cidades foram crescendo de forma descontrolada e desorganizada provocando muitos dos problemas que atualmente a sociedade se depara.

De acordo com Mostofa e Manteghi (2019:1), o desenvolvimento urbano é uma das formas de mudança da ocupação do solo que afetou significativamente o meio ambiente. A vegetação é retirada e, como resultado, a cobertura natural é substituída por superfícies artificializadas, como o pavimento ou os edifícios. Da mesma forma, Wu *et al.* (2019: 2) referem que da rápida urbanização resultaram vários problemas ambientais e ecológicos, em particular, o impacto do desenvolvimento da “ilha de calor urbano” (ICU). Referem, ainda, que vários estudos já realizados demonstram que o impacto da ilha de calor urbano aumenta com o tamanho da cidade, avaliada tanto na população como na área urbana, logo, é previsível que o impacto desta seja realçado perante a tendência atual da urbanização. A ilha de calor urbano tem efeitos negativos, como o aumento da poluição, o aumento do consumo de energia, o aumento da morbidade e mortalidade relacionados com o calor. Por isso, mitigar os efeitos das ilhas de calor urbano é fundamental para atenuar os seus impactos negativos.

2.2. Evolução dos conceitos

Parece assim inequívoco que o desenvolvimento a nível tecnológico, económico, demográfico e na medicina possibilitou à sociedade bastantes benefícios e progressos, mas trouxe, também, consequências negativas. Por um lado, estes progressos levaram a uma melhoria da qualidade de vida da população a vários níveis, por outro, a intensa procura pelo progresso e riqueza levou à destruição dos recursos naturais e do meio ambiente (Jácome, 2010: 3). Desta forma, é fundamental identificar alguns conceitos e a própria evolução do pensamento dos académicos e políticos sobre a temática, para uma melhor compreensão deste estudo.

Em 1987, pela Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento (CMAD) surgiu o Relatório “O nosso Futuro”, o qual ficou conhecido como o *Relatório Brundtland*. Este apresentava uma definição de desenvolvimento sustentável, bem como medidas para se encontrar um equilíbrio entre o desenvolvimento económico e a proteção

do ambiente. Assim, desenvolvimento sustentável é definido pela primeira vez como sendo um “(...) desenvolvimento que permite satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades. (...) para que haja um desenvolvimento sustentável é preciso que todos tenham atendidas as suas necessidades básicas e lhes sejam proporcionadas oportunidades de concretizar as suas aspirações a uma vida melhor. (...). Na sua essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão em harmonia e reforçam o atual e futuro potencial para satisfazer as aspirações e necessidades humanas.” (Instituto Marquês de Valle Flôr 2018: 27). Este relatório frisa, ainda, que para alcançar o desenvolvimento sustentável são necessários três pilares: a sustentabilidade ambiental, económica e social, sendo que o crescimento económico e o bem-estar social não podem desligar-se da preservação ambiental. Através dos desenvolvimentos científicos e da consciencialização da população este conceito tem evoluído nos últimos anos. Embora não haja uma definição permanente de sustentabilidade, Almeida (2018: 7) afirma que sustentabilidade se baseia “(...) numa compreensão abrangente dos desafios e problemas que a sociedade enfrenta e do conhecimento necessário para tomar decisões para o seu benefício a longo prazo”.

Desta forma, torna-se fundamental compreender o conceito de espaços verdes urbanos, sendo que, segundo Schipperijn (2010: 12), são definidos como um todo, o espaço aberto de propriedade pública e acessível ao público com um alto grau de cobertura vegetal, como por exemplo, parques, bosques, áreas naturais e superfícies verdes. Por seu turno, Sousa *et al.* (2015: 302) afirmam que os espaços verdes urbanos “(...) podem ser caracterizados como espaços de presença abundante de vegetação, nativa ou parcialmente plantada, que cumprem um importante papel tanto para a saúde integral das pessoas, quanto para o equilíbrio do ecossistema (...). Esses espaços naturais inseridos em contextos predominantemente urbanos, exercem funções específicas, sejam elas ecológicas ou psicossociais”.

Relativamente aos espaços azuis, Lopes (2004), referia que “Quando se fala de espaços azuis do que se trata é de produzir ou de revitalizar espaços públicos de água em meio urbano. Isto é: produzir ou devolver as frentes de água aos cidadãos criando neles pólos ou circuitos recreo-turísticos ribeirinhos” (Lopes, 2004: 1). Para Li *et al.*, (2016),

fala-se em espaços azuis “(...) como sendo os fluxos de água que fornecem múltiplas funções e serviços ambientais. Para além das zonas húmidas, dos lagos e dos canais fluviais, (...)” (Li *et al.*, 2016 cfr. Ferreira, 2017: 10), e “Mitscha e Day (2006) consideram que os rios, canais e zonas húmidas são os principais componentes das áreas azuis num ecossistema urbano” (Mitscha e Day, 2006 cfr Ferreira, 2017:10)

No entanto, e porque se apresenta como bastante relevante para este trabalho, tem de se referir que, recentemente, o termo infraestruturas azuis ou espaços azuis começou a surgir em conjunto com os espaços verdes. Para alguns autores, os espaços azuis estão implícitos no conceito de espaços verdes, especificamente quando se referem a redes naturais. Outros autores, acreditam que o conceito de espaços verdes evoluiu para espaços verdes e azuis, ainda ligado aos serviços do ecossistema, mas incluído as características aquáticas urbanas. (Childers *et al.*, 2019: 2).

Desde há muito tempo que a população começou a fixar-se nas cidades, ainda que se tenha acentuado nos últimos tempos. Em 1970, a população residente em cidades correspondia a 27% da população total, em 1991 tinha aumentado para 57% e prevê-se que em 2050 corresponda a 70% (Salgueiro *et al.*, 1997:56). Este crescimento deveu-se ao desenvolvimento do setor secundário e terciário, a população rural ficou fascinada pelo emprego nas indústrias, no comércio e nos serviços, deixando, assim, o meio rural e dirigindo-se para as cidades, principalmente localizadas no litoral, em busca de melhores condições de vida, deixando a atividade agropecuária para trás. Falar sobre cidade é um tema que gera bastante discussão, pois muitos autores não conseguem chegar a um consenso da sua definição. Para Perulli (2012: 15), a cidade é “um sistema de organização conectado em rede, em que cada parte influencia o conjunto, ou melhor, um sistema de organização dinâmica em rede que se modifica no espaço e no tempo”. Para outro autor “(...) a função da cidade é prestar serviços aos seus habitantes e dos arredores e identifica os cidadãos como aqueles que vivem em áreas com uma elevada concentração populacional e não trabalham no setor primário” (Salgueiro, 1992; cfr Gonçalves, 2016:12).

Consequentemente, torna-se cada vez mais claro, e comum, que as cidades sejam reorganizadas tendo por base princípios relacionados com a preocupação do meio ambiente e da qualidade de vida. Desta forma, começa a surgir o termo “cidade sustentável” que para além de ter preocupações com fatores relacionados com a economia, preocupa-se, também, com preservar os recursos naturais para as gerações

futuras. Assim, “As cidades sustentáveis são aquelas que adotam práticas voltadas para a melhoria da qualidade de vida da sua população, do desenvolvimento econômico local e que promovem a preservação do meio ambiente. (...) tem como objetivo evitar o esgotamento do meio ambiente, visando o melhor para as gerações futuras.” (Ecotelhado 2020)

Desta forma, torna-se fundamental compreender também o conceito de saúde, uma vez que os espaços verdes e azuis têm uma forte influência na saúde da população que os usufrui. Segundo a Organização Mundial de Saúde, em 1946, referia que, saúde representa uma situação de “(...) completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença ou enfermidade” (Santana 1993; cfr Nogueira, 2008: 86). Mas, para alguns autores o conceito da OMS está manifestamente ultrapassado, pois este foi evoluindo ao longo dos tempos. Segundo Helena “(...) saúde resulta de um conjunto de diversos de fatores, como os comportamentos individuais, as políticas sociais e econômicas e a qualidade ambiental. Reconhece-se hoje que a saúde de um indivíduo e/ou de uma população depende, em parte, do seu espaço de vida” Nogueira (2008: 85). No entanto, quando se fala em saúde é necessário ter-se em linha de conta diferentes elementos, como, a saúde física, a saúde mental, a saúde emocional, a saúde social, a saúde espiritual e a saúde sexual (Silva, 2014: 7).

2.2.1. Benefícios e funções

Os espaços verdes urbanos (enquadrando jardins, parques e superfícies verdes) estão associados a vários benefícios, pelo que se torna importante promover o uso destes, pois são considerados uma das boas (se não as melhores) na melhoria do clima urbano, aliás como o refere Moreno-García (2019:100) considerando que os espaços verdes ajudam a diminuir a intensidade das ilhas de calor urbano, contribuem na redução do aquecimento dos edifícios durante o dia, em cidades com grandes densidades estes têm um efeito, bastante, benéfico para a saúde pública e na qualidade do ar. Assim, como Nastran *et. al* (2019: 33) reconhecem que as áreas verdes urbanas têm um grande potencial para proporcionar ambientes termicamente confortáveis, ajudando na redução da vulnerabilidade face ao stress térmico, sendo assim, os espaços verdes, são um fator bastante importante para promover a resiliência às alterações climáticas. Moreno-García (2019 p.100) refere, ainda, que um dos maiores impactos das superfícies verdes é a redução da entrada de radiação solar devido às árvores, mas o processo mais importante

é a evapotranspiração, que consome energia solar e aumenta a transferência de calor latente para a atmosfera (figura 1).

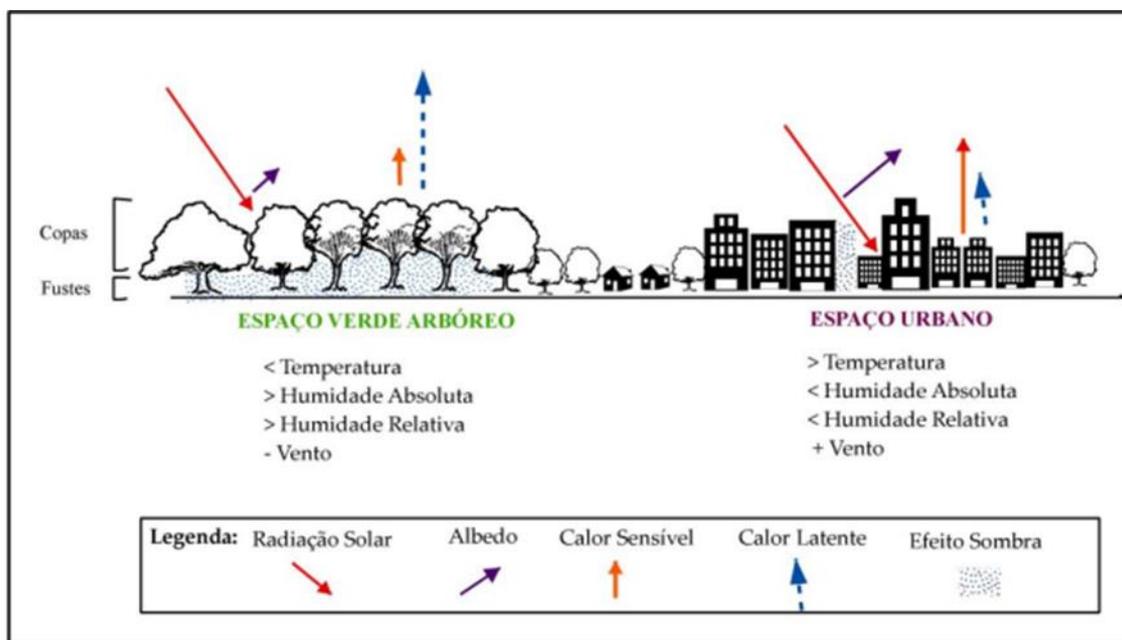


Figura 1: Função dos espaços verdes Fonte: Leal, 2009: 21

Diversos estudos realizados dizem que a população residente nas cidades tem em conta a proximidade de espaços verdes já que estes têm influência na percepção do bem-estar da população local (Madureira 2012: 654). Desta forma, a inclusão de espaços verdes nas cidades suscita várias vantagens, como por exemplo a diminuição da poluição atmosférica, levando a uma melhoria da qualidade ambiental, o aumento da humidade relativa e produção de oxigénio, incentivam à prática de exercício físico e ajudam a relaxar e descontraír do stress do dia a dia, proporcionando, assim, uma melhor qualidade de vida para os cidadãos, e ainda vários estudos mencionam que viver numa área urbana com grandes superfícies verdes reduz a mortalidade.

Muito semelhante às funções e benefícios que os espaços verdes possuem, os espaços azuis urbanos têm, também, influência no microclima urbano e na vida da população local. Por vezes esquecidos, os espaços azuis apresentam também a capacidade de ajudar a mitigar as ilhas de calor urbano e reduzir a temperatura do ar, bem como de reduzir o consumo de energia que, conseqüentemente, oferece um maior conforto térmico. Os corpos de água possuem maior capacidade de evaporação dos que os espaços verdes (Mostofa e Manteghi, 2020: 2). Segundo Wu *et. al.* (2019: 2), estes podem emitir radiação de onda longa com mais eficiência para arrefecer a superfície, devido à sua alta

emissividade e eficiência de consumir ondas de curta radiação por evaporação. Ao mesmo tempo, a energia da superfície da água pode ser transferida por condução, convecção e advecção com corpos de água. Desta forma, os espaços azuis são conhecidos como ilhas de arrefecimento em áreas urbanas, devido à diferença de temperatura adjacente (Mostofa e Manteghi, 2020: 2).

Assim, a presença de espaços azuis numa cidade é uma mais valia em diversos aspetos, nomeadamente, no conforto térmico, numa maior proximidade da população com a natureza levando a uma melhor qualidade de vida dos cidadãos, promove a saúde e o bem-estar, atividades recreativas e desportivas, e ainda proporciona uma maior biodiversidade. As vantagens da presença de um espaço azul urbano e de um espaço verde urbano são bastante semelhantes, pois as funções de ambos acabam por se complementar.

2.3. A temática do desenvolvimento urbano sustentável

As preocupações com o meio ambiente após a constatação do crescimento exponencial do espaço urbano, causaram uma mudança nas ideias e nos métodos do meio científico, devido à necessidade de entender as alterações do Ecosistema provocados pela ação antrópica, e por vezes, causando mesmo cenários catastróficos. O crescimento demográfico e socioeconómico trouxe inúmeras consequências para as cidades e o esgotamento dos recursos naturais foi uma delas, sendo, assim, fundamental repensar em estratégias de gestão dos recursos naturais.

Nos últimos dois séculos – no pós revolução industrial -, com a impulsão do desenvolvimento da tecnologia e dos materiais, a capacidade que o Homem passou a ter de intervir nos espaços naturais e no ambiente aumentou exponencialmente, fazendo com que fosse possível atingir elevados níveis de produção e consumo. “Compreende-se que, na situação de antagonismo Ambiente/Homem que se acentuou com este novo modo de vida, se tenham traçado caminhos cada vez mais divergentes e conflituosos entre os interesses do Homem e os do Ambiente” (Costa, 2016: 129). Este autor refere, ainda, que até há pouco tempo os recursos do planeta eram dados como garantidos, recicláveis e até mesmo inesgotáveis, mas este já demonstrou, claramente, estar perto de atingir o seu ponto de rutura.

Neste sentido, “(...) a preocupação mundial sobre o tema da sustentabilidade foi crescendo exponencialmente, levantando preocupações nas áreas de discurso académico e debate político, criando uma maior necessidade de clarificar o conceito de desenvolvimento sustentável” (Imran *et al.*, 2014; cfr. Almeida, 2018: 7). Assim, começa

a existir uma consciencialização da população, a nível mundial, através de acordos e medidas para promover a sustentabilidade e proporcionar uma melhor qualidade de vida. Neste sentido, em 1962, o livro de Rachel Carson, “A Primavera Silenciosa”, foi um dos primeiros movimentos ambientalistas que surgiu para preservar o ecossistema e proteger a saúde humana e o Meio Ambiente. Em 1972, sucedeu-se a elaboração de um relatório – “Os Limites do Crescimento” - que pretende impor limites no crescimento do planeta, nomeadamente, na população, na produção agrícola e industrial, no consumo, na poluição, entre outros. Ainda nesse ano, realizou-se a primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Conferência de Estocolmo), que ficou marcado pela declaração de Estocolmo, que visava a preservação e a melhoria do meio ambiente e pela criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) que foi “(...) a primeira instituição mundial a focar-se na melhoria da qualidade de vida da população mundial, estimulando o desenvolvimento de parcerias em benefício do ambiente” (Almeida, 2018: 8).

Tal como já foi referido anteriormente, em 1987, foi apresentado a definição de Desenvolvimento Sustentável, no relatório da comissão de Brundtland. Este visava, “a limitação do crescimento populacional, a garantia de recursos básicos a longo prazo (água, alimentos e energia), a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas, a diminuição do consumo de energia e o desenvolvimento tecnológico de fontes energéticas renováveis, o aumento da produção industrial nos países não industrializados, com base em tecnologias ecologicamente adaptadas, o controle da urbanização desordenada e o atendimento das necessidades básicas como saúde, educação e habitação.” (Almeida, 2018 p.8), com o intuito de fomentar o desenvolvimento sustentável. Mais tarde, em 1992, acontece a Rio-92 (ou ECO-92), uma das principais conferências das Nações Unidas sobre o ambiente e o desenvolvimento, onde foram discutidos vários problemas ambientais e as suas consequências. Nesta conferência foram aprovados dois documentos bastantes importantes, a Declaração do Rio e a Agenda 21, um plano com objetivos e metas para todos os países atingirem o desenvolvimento sustentável. Em 1994, sucedeu-se a “Carta Aalborg”, que foi o resultado de uma conferência europeia onde foi debatido a sustentabilidade das cidades. Aqui, foram estabelecidos objetivos de desenvolvimento sustentável para as cidades, com o intuito de estabelecer políticas de sustentabilidade locais, nomeadamente, a participação da comunidade, a economia urbana, a equidade

social, a mobilidade urbana, o clima mundial e a conservação da natureza (Guerra e Schmidt, 2009).

Em 1997, foi assinado o tratado de Quioto, o primeiro tratado realizado com o intuito de limitar a emissão de gases de efeito estufa (GEE) dos países desenvolvidos. Assim, segundo Almeida (2018: 9) confirmou-se que o ambiente, a economia e a sociedade são a base do desenvolvimento sustentável (Figura 2). Em 2000, foi realizada a Cimeira do Milénio, no qual foram criados os objetivos de desenvolvimento do milénio, com o intuito de um desenvolvimento sustentável e de combater a pobreza. Em 2012, ao assinalar-se 20 anos do Rio-92, foi realizada uma nova conferência das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável (Rio+20), no qual foram debatidas novos objetivos e metas sobre este mesmo tema. Em 2015, foi aprovada a Agenda 2030 com o intuito de conseguir um desenvolvimento respeitoso para ambas as partes - o planeta e as pessoas. Atualmente, esta é a agenda que se encontra em vigor, sendo que é dividida em 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável que se subdividem em 169 metas, que deverão ser cumpridas até 2030. O ano de 2016 ficou marcado pela entrada em vigor do Acordo de Paris que “(...) visa alcançar a descarbonização das economias mundiais e estabelece, como um dos seus objetivos de longo prazo, o limite do aumento da temperatura média global a níveis abaixo dos 2 graus centígrados acima dos níveis pré-industriais.” (Silva e Fernandes, 2020: 2). Recentemente, foi realizada a COP26, que é uma conferência das Nações Unidas sobre as alterações climáticas, no qual são debatidos assuntos para resolver a crise climática, neste caso, em Glasgow, foram analisados os progressos cumpridos no que diz respeito aos objetivos definidos no Acordo de Paris.



Figura 2: Pilares do desenvolvimento sustentável Fonte: Limão 2007; cfr Almeida 2018: 9

2.3.1. Agenda 2030

Tal como já foi referido, atualmente, encontra-se em vigor a Agenda 2030 para os objetivos do desenvolvimento sustentável. Esta agenda foi estabelecida, em 2015, pela necessidade de combater os problemas, as fragilidades, as desigualdades e as injustiças presentes em todo o mundo. Dado que, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2017: 6), 1 em cada 8 pessoas vive em pobreza extrema, cerca de 800 milhões de pessoas passam fome, as mulheres utilizam cerca de mais de 2,4 vezes do tempo para cuidar e para trabalhos domésticos do que os homens, 1,1 mil milhões de pessoas sofrem com a falta de eletricidade e 2 mil milhões de pessoas são afetadas pela escassez de água. Neste sentido, a Agenda 2030 é uma agenda abrangente, tendo objetivos sobre as várias dimensões do desenvolvimento sustentável (o ambiente, a economia e a sociedade), com o intuito de acabar com as desigualdades, as injustiças, mitigar as alterações climáticas e fomentar a paz. Os Objetivos do desenvolvimento sustentável foram criados a partir dos Objetivos do Milénio (2000-2015) e só serão atingidos com a cooperação de todos os cidadãos e dos governos. Esta é composta por 169 metas enquadrados em 17 objetivos (figura 3):



Figura 3: Objetivos do desenvolvimento sustentável Fonte: Organização das Nações Unidas

Objetivo 1: Erradicar a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares

Objetivo 2: Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável

Objetivo 3: Garantir o acesso à saúde de qualidade e promover o bem-estar para todos, em todas as idades

Objetivo 4: Garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos

Objetivo 5: Alcançar a igualdade de género e empoderar todas as mulheres e raparigas

Objetivo 6: Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos

Objetivo 7: Garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos

Objetivo 8: Promover o crescimento económico inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo e o trabalho digno para todos

Objetivo 9: Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação

Objetivo 10: Reduzir desigualdades no interior dos países e entre países

Objetivo 11: Tornar as cidades e comunidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis

Objetivo 12: Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis

Objetivo 13: Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos

Objetivo 14: Conservar e usar de forma sustentável os oceanos, mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável

Objetivo 15: Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda de biodiversidade

Objetivo 16: Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e consumir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas a todos os níveis

Objetivo 17: Reforçar os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

No entanto, para este trabalho, tal como já foi referido, destaca-se o objetivo 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis – pois, as cidades e os seus habitantes sofrem, diariamente, com problemas relacionados com o meio ambiente e o objetivo 13 – Ação Climática. Desta forma, o objetivo 11 tem como metas, até 2030 conseguir:

- “(...) garantir o acesso de todos à habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos, e melhorar as condições nos bairros de lata”;
- “(...) aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planeamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países.”;
- “reduzir o impacto ambiental negativo per capita nas cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.”;
- “(...) proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência”;

- “Apoiar relações económicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, periurbanas e rurais, reforçando o planeamento nacional e regional de desenvolvimento” e “Apoiar os países menos desenvolvidos, inclusive por meio de assistência técnica e financeira, nas construções sustentáveis e resilientes, utilizando materiais locais” (ONU 2015: 22-23).

Já o objetivo 13 pretende, até 2030:

- “Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados com o clima e as catástrofes naturais em todos os países”;
- “Integrar medidas relacionadas com alterações climáticas nas políticas, estratégias e planeamentos nacionais”;
- “Melhorar a educação, aumentar a consciencialização e a capacidade humana e institucional sobre medidas de mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce no que respeita às alterações climáticas”;
- “Promover mecanismos para a criação de capacidades para o planeamento e gestão eficaz no que respeita às alterações climáticas (...)” (ONU 2015: 26).

De acordo com o relatório “The 2019 Europe Sustainable Development” (SDSN & IEEP, 2019), Portugal estava longe de atingir as 169 metas da Agenda 2030, tendo atingido apenas 11, assumindo a posição 15º nos 28 países analisados (incluído o Reino Unido), o que não era uma posição muito favorável. Tendo em conta a informação presente neste relatório é possível ter uma perceção do desenvolvimento de cada país detalhadamente. Assim, tendo em conta o objetivo 11, numa escala de “Alcançado”, “Permanecem Desafios”, “Permanecem Significativos Desafios”, “Permanecem Grandes Desafios” e “Dados não Disponíveis”, Portugal encontra-se no “Permanecem significativos Desafios”, assim como a maioria dos países analisados.

2.4. A influência dos espaços verdes e azuis no desenvolvimento urbano sustentável

Segundo Oke, *et al.* (2017: 2-3), os ecossistemas urbanos são formados pela população de organismos biológicos, nomeadamente, a vegetação, os animais e a população, e pelos ambientes abióticos da cidade (figura 4). Assim, para este autor, o clima urbano é um bom exemplo das alterações climáticas e do impacto indireto das atividades antrópicas na atmosfera. As cidades contribuem para a alteração da composição atmosférica, tanto a, escalas locais, como a, escalas regionais. Em contrapartida, a atmosfera tem, também, impactos na cidade e nas suas infraestruturas, na

saúde e na segurança da população, através do acontecimento de fenômenos extremos como as tempestades, inundações e secas.

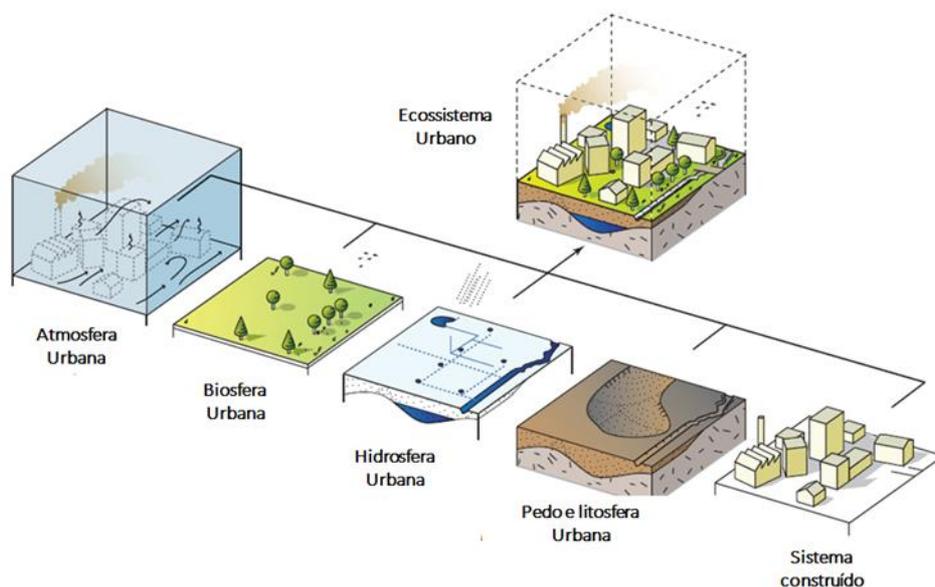


Figura 4: Os componentes biofísicos que compõem um ecossistema urbano. Fonte: Oke, et al; 2017: 3

Corroborando o referido anteriormente, Roth (2021) afirma que as cidades influenciam grande parte das variáveis meteorológicas que prejudicam a população, como é o caso da temperatura, da humidade, do vento, etc. Recentemente, as elevadas temperaturas têm recebido muita atenção devido às implicações práticas para o conforto humano - mortalidade, poluição do ar, ecologia ou o uso de energia relacionada com a formação de gases de efeito estufa. Desta forma, é natural, que o fenómeno da ilha de calor urbano seja um dos mais estudados do clima urbano.

Aliás, Nastran *et al.*, (2019: 33) referem que nas cidades o aumento da temperatura da superfície e do ar é consequência de aspetos físicos da paisagem, nomeadamente do uso do solo, da morfologia urbana e dos materiais de construção utilizados; de condições antrópicas e de condições meteorológicas. Assim, é fundamental, proporcionar condições de vida favoráveis aos cidadãos incluindo a adaptação das cidades às mudanças climáticas. Uma das melhores práticas para melhorar o clima urbano é fomentar o uso de espaços verdes, como jardins, parques e superfícies verdes. Os espaços verdes possuem uma grande importância para a qualidade de vida dos cidadãos, sendo que, são considerados o “pulmão da cidade”, estes “(...) constituem elementos fundamentais na estrutura urbana, não apenas pelo seu valor estético e social, mas sobretudo por contribuírem para uma melhoria das condições ambientais das cidades, e dentro destas

por afetarem as condições topo e microclimáticas” (Leal *et al.*, 2007-2008: 333). Ainda que, a sua área de influência seja de escala local (de acordo com vários autores de 200m a 400m) é evidente que os espaços verdes têm uma influência na melhoria das condições de vida da população urbana, pois contribuem para o conforto bioclimático, para a mitigação das ilhas de calor e para a redução da poluição atmosférica (Leal *et al.*, 2007-2008: 333).

Neste particular, a tentativa de resiliência ao impacto da ilha de calor urbano que é um fenómeno climático que ocorre principalmente em cidades, que indica que a temperatura na área urbana é mais elevada do que na área rural envolvente, ou mesmo, dos setores onde células de frescura associadas aos espaços verdes e azuis se “impõem”. A ICU aparece, não só, mas também, através do processo de urbanização, estando relacionada com a poluição do ar e ondas de calor, trazendo vários impactos negativos para o ecossistema da cidade (Oke *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2019: 2). A mitigação deste efeito é um dos tópicos fulcrais no planeamento urbano. Desta forma, é necessário que exista uma alta capacidade térmica e um efeito de evaporação para que se observe um arrefecimento do ambiente microclimático, podendo isto acontecer na presença de espaços verdes ou corpos de água, pois estes têm um efeito de “ilha de frescura urbana”, ou que os autores de língua anglo-saxã designam de “Urban Cool Island” (Wu, *et al.*, 2019: 2). Deste modo, o impacto da ilha de calor urbano pode ser reduzido alterando a forma e utilização de determinados materiais na construção das infraestruturas para que o albedo aumente e assim o ambiente urbano fique mais fresco (Lopes, 2008: 48). E ainda, a introdução de novos espaços verdes e vegetação, pois a vegetação influencia no processo de arrefecimento através da evaporação e de superfícies sombreadas que absorvem a radiação de ondas curtas (Nastran *et al.*, 2019: 33)

A introdução de espaços verdes nas cidades é um benefício a diferentes níveis, “(...) por exemplo, o efeito da vegetação no clima urbano é de grande importância face às alterações e influências negativas que a concentração de poluição provoca” (DGOT, 1992; cfr Silva, 2014: 38). Os espaços verdes tornam as cidades mais atrativas e, conseqüentemente, vários estudos apresentam que a população tem em consideração a presença destes espaços, pois estes contribuem para o seu bem-estar. Assim sendo, a proximidade da população a áreas verdes influencia, bastante, na sua saúde e bem-estar, para além de ajudar na melhoria da qualidade do ar, os espaços verdes têm a “(...) capacidade de concentração e disciplina das crianças (principalmente do sexo feminino)

nas atividades do dia-a-dia (Taylor *et al.*, 2001), aliviam o stress urbano (Ulrich, 1984) e a fadiga, com consequências na diminuição da agressividade e violência (Kua e Sullivan, 2001), influenciando até a capacidade de relacionamento com os vizinhos (...)"(Santana, et, al. 2007: 220).

O ordenamento e a localização geográfica da cidade, os materiais de construção dos edifícios, as características meteorológicas e a distribuição de espaços verdes e corpos de água acarretam consequências, significativas, para o microclima urbano. Assim, pode-se afirmar que o "(...) urban environment modifies the urban microclimate." (Mostofa e Manteghi (2019: 4). Anos antes, Hatway e Sharples (2012) realizaram um estudo no qual investigaram a humidade e a temperatura entre agosto e abril em 12 locais, localizados em Londres próximos de um rio mais pequeno do que o rio Tamisa. Foram analisados vários tipos de ruas, ruas abertas, uma rua aberta retangular e uma rua totalmente fechada por infraestruturas. Este estudo resultou na redução média de 1°C nas temperaturas superiores a 20°C. Durante o dia, o arrefecimento variou entre 0.25°C e 1.82°C. Em maio, o arrefecimento foi mais significativo, variando entre 1.01°C e 1.82°C, do que no mês de junho devido às temperaturas serem mais altas ao longo dos meses de verão. Em conclusão, os corpos de água presentes no ambiente urbano podem contribuir para a diminuição da temperatura do ar, assim como os espaços verdes, sendo estratégias importantes para uma melhoria do ambiente da cidade.

2.4.1. O papel da vegetação nas áreas urbanas

O rápido processo de urbanização tem causado mudanças drásticas no uso do solo nos espaços urbanos. O resultado mais expressivo desta alteração traduz-se por um aumento das temperaturas no interior das cidades (ilha de calor urbano) comparativamente com as áreas circundantes. Uma das medidas de mitigação mais eficazes é o aumento e otimização dos espaços verdes urbanos, pois a arborização é vista como reestruturador das áreas urbanas, trazendo uma aproximação da cidade com a natureza e uma otimização das temperaturas mais elevadas (Reis e Lopes 2019: 1).

De facto, a vegetação é considerada como um elemento chave para a qualidade de vida da população urbana, especialmente considerando os cenários de mudanças climáticas, com diversas consequências na saúde e no conforto térmico humano. No entanto, para Reis e Lopes (2019: 1), a presença de vegetação fornece outros benefícios para o ecossistema para além da melhoria do clima urbano, nomeadamente, a manutenção

da biodiversidade, a qualidade do ar – através da absorção de poluentes atmosféricos e de partículas, da redução de CO₂, da libertação de oxigênio e da fixação de poeiras –, a qualidade da água, protege contra ventos fortes, reduz os níveis de ruído, traz benefícios hidrológicos – diminui o escoamento superficial e a frequência de inundações através da interceção da precipitação e do aumento da retenção de água no solo – reduz o risco de erosão do solo, cria espaços de lazer, valoriza esteticamente a paisagem e traz benefícios económicos (como por exemplo a valorização de imóveis próximos destes locais).

Para que todos os benefícios que a vegetação e os espaços verdes acarretam sejam devidamente aproveitados para as áreas urbanas, é fundamental que as cidades restaurem e reestruturam os espaços verdes. Luciana Leal (2012: 32), considera que para atenuar o aquecimento urbano, tanto micro como macro, principalmente, nos centros das cidades (as ilhas de calor), onde há a maior concentração de edifícios, é necessário plantar árvores para que estas possam criar um efeito de “oásis”. A maior quantidade de espaços verdes espalhados pela cidade contribui para a alteração do balanço energético de toda a cidade, através da modificação do albedo que traduz mudanças no clima da cidade e da “(...) adição de superfícies evaporativas, mais radiação absorvida pode ser dissipada na forma de calor latente e a temperatura urbana pode ser reduzida.” (Leal, 2012: 32-33). No verão o papel da vegetação torna-se ainda mais importante, pois para além de servirem de reguladores da temperatura, funcionam como um ar condicionado natural. “Uma árvore isolada pode transpirar aproximadamente 380 litros de água por dia, resultando um, resfriamento equivalente ao de cinco aparelhos de ar condicionados médios (2500kcal/h) em funcionamento durante 20h.” (Grey e Deneke, 1986; cfr Leal, 2012: 33). Alguns estudos já realizados indicam que a existência de apenas uma árvore tem o seu impacto limitado, apenas influencia no microclima local, mas um número significativo de árvores (por exemplo um parque) oferece benefícios bastante positivos tanto para o microclima local como para o ambiente das áreas envolventes (Leal, 2012).

Desta forma, diria que a vegetação tem um papel fundamental para promover a resiliência climática nas áreas urbanas. No entanto, a influência que a vegetação tem depende de alguns fatores, nomeadamente, das suas características (tamanho e forma). Ainda assim, a vegetação tem de ser assumida como um dos principais instrumentos de mitigação das ilhas de calor urbano, pois esta tem um efeito de arrefecimento durante o dia, e durante a noite funciona a inércia térmica proporcionada pela evapotranspiração e pelo aumento da humidade (Cordeiro in press) (Figura 5).

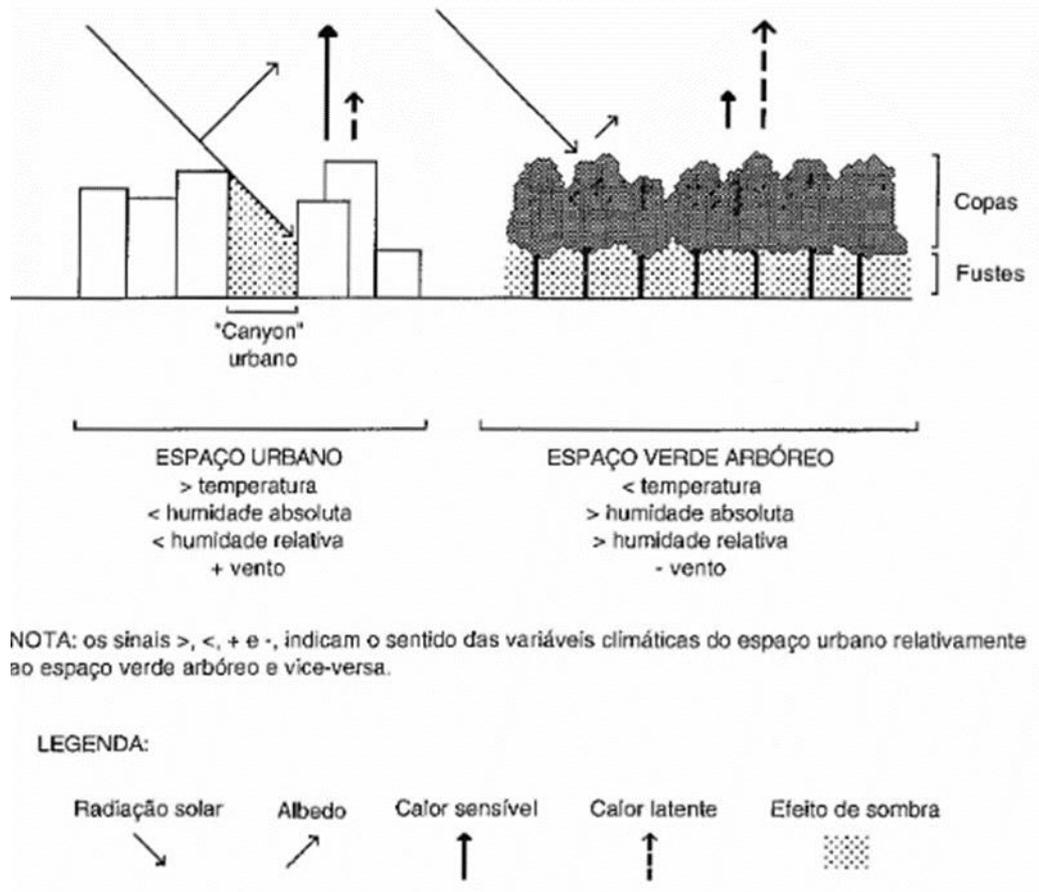


Figura 5: Importância da vegetação Fonte: Ganho 1996 p.36

2.4.2. A influência dos espaços verdes urbanos na saúde

O acelerado processo de urbanização trouxe várias consequências ao nível da saúde expondo os seus habitantes a um leque variado de perigos para a sua saúde. Segundo a OMS, cerca de 4.2 milhões de mortes no mundo são causadas pelos elevados níveis de poluição, através do cancro pulmonar e do acidente vascular cerebral (AVC), e ainda, cerca de 91% da população mundial vive em locais em que os níveis de poluição ultrapassam o limite indicado pela OMS, o que prejudica bastante a saúde. A frequente exposição a níveis elevados de poluição pode desenvolver doenças como asma, doença pulmonar obstrutiva crónica, tosse e falta de ar, cancro no pulmão, maior facilidade em desenvolver infeções, problemas de desenvolvimento, morte prematura, entre outros.

Desta forma, com vista a minimizar estes e outros problemas a construção de espaços verdes nas cidades tem sido cada vez mais discutido. Pois, tal como já foi referido, estes são fundamentais para melhorar a qualidade de vida da população nas cidades. Assim, é evidente que a aproximação de espaços verdes seja uma condição no

que toca à escolha de habitação nas cidades, uma vez que, estes têm impactos na saúde e bem-estar da população, através da melhoria da qualidade do ar, diminuindo os níveis de poluição, ajudando a mitigar as ilhas de calor urbano e incentivam à prática de exercício físico. A presença de espaços verdes nas cidades causam consequências positivas na saúde do cidadão, nomeadamente, na saúde mental e física, sendo que “(...) contribuem para: 1) a redução do stress, 2) a prática de vários tipos de atividade física, 3) a melhoria da saúde autoavaliada e 4) a melhoria dos índices de massa corporal” (Barros 2017:20-21).

Neste contexto, cada vez mais é conhecida a relação entre os espaços verdes urbanos e a saúde da população e os inúmeros benefícios que esta possui. Vários estudos já foram realizados para demonstrar o impacto na saúde mental e física do cidadão. Segundo Dadvand *et al.* (2015), num estudo realizado sobre a relação entre a exposição a espaços verdes e o desenvolvimento cognitivo de algumas crianças do primeiro ciclo mostraram que a melhoria é notória, concluindo da existência de uma melhoria na memória de trabalho e de atenção e concentração relacionados com a presença de espaços verdes na área envolvente nessas crianças (Dadvand *et al.* 2015; cfr Amato-Lourenço *et al.* 2016: 118). Foi realizado, ainda, outro estudo por Dadvand *et al.* (2014), no qual concluíram que o aumento de espaços verdes próximo da área de residência, de cada criança em análise, diminui a obesidade e comportamentos sedentários, no entanto evidenciaram o aumento de problemas respiratórios, relacionados com as alergias. Por isso, o planeamento de espaços verdes tem que ser feito de forma adequado para que sejam obtidos os benefícios a que estes estão associados (Dadvand *et al.* 2014; cfr Amato-Lourenço *et al.* 2016: 118). Por fim, Amato-Lourenço *et al.* (2016: 118), refere ainda, um estudo realizado por Takano *et al.* (2002), no qual concluíram que a presença de espaços verdes próximos da área de residência ajuda no aumento da longevidade dos idosos que vivem em cidades, independentemente do sexo, da idade e estado civil.

Para além de todos os serviços ambientais que estão associados aos espaços verdes, e que foram já amplamente referidos em capítulos e pontos anteriores, estes têm, também, uma influência positiva na saúde. A relação cotidiana com áreas verdes encontra-se associada a menos stress, menos obesidade, menor risco de desenvolver qualquer tipo de doenças, aumento do nível de atividade física, melhoria na interação social, melhoria na qualidade do sono, entre outros. E, ainda, Barros (2017: 16) considera

que para que haja um equilíbrio no ecossistema e na saúde da população é necessário que os espaços verdes tenham 40m²/habitante.

Assim sendo, numa perspetiva para a regulação climática e para a saúde do cidadão os espaços verdes e azuis tornam-se fundamentais no planeamento de uma cidade. Estes espaços são cruciais para o controlo das ilhas de calor urbano, tendo, claramente, um efeito de regulador térmico. António Cordeiro (in press) afirma que as áreas florestais em torno de áreas densamente urbanizadas reduz a radiação solar direta na superfície e aumenta a inércia térmica por evapotranspiração. Desta forma, o aumento dos espaços verdes e azuis deve ser um ponto fulcral no planeamento de uma cidade.

Capítulo III – Enquadramento Geográfico

3.1. Caracterização física

A área de estudo desta dissertação localiza-se num dos setores centrais da cidade de Coimbra¹, urbe que se situa no Centro Litoral de Portugal Continental, e que por ser detentora de uma vasta riqueza patrimonial, sendo-lhe atribuído - à Universidade de Coimbra – Alta e Sofia) o selo do Património da Humanidade, pela UNESCO em 2013, e que pela existência de um importante polo de ensino superior, se traduz num centro de atração populacional de toda a região centro (e não só). Tendo em conta a atual carta administrativa (CAOP 2021), o concelho de Coimbra está dividido em 18 freguesias, sendo que a área de estudo se distribui apenas na “união de freguesias de Coimbra (que integra as antigas freguesias de Sé Nova, Santa Cruz, Almedina e São Bartolomeu) e a união de freguesias de Santa Clara e Castelo de Viegas (figura 6). O território municipal é atravessado de leste para oeste pelo rio Mondego, embora, seja no setor com orientação sul - norte das suas margens que se localizam os principais espaços verdes da cidade, nomeadamente, os espaços verdes em estudo - Parque Doutor Manuel Braga, Parque Verde do Mondego margem direita e margem esquerda e o Parque da Canção.

¹ O município de Coimbra faz fronteira com sete concelhos: a norte Mealhada, a nordeste Penacova, a este Vila Nova de Poiares, a sudeste Miranda do Corvo, a sul Condeixa-a-Nova, a oeste Montemor-o-Velho e a noroeste Cantanhede. Este território, beneficia de boas ligações rodoviárias, possuindo uma localização geográfica estratégica, distanciando-se apenas a 122km do Porto e a cerca de 200km de Lisboa, sendo que se encontra um nó da A1 (autoestrada Porto – Lisboa) próximo da cidade. Possibilitando, assim, uma ligação da cidade de Coimbra a estas duas áreas metropolitanas.

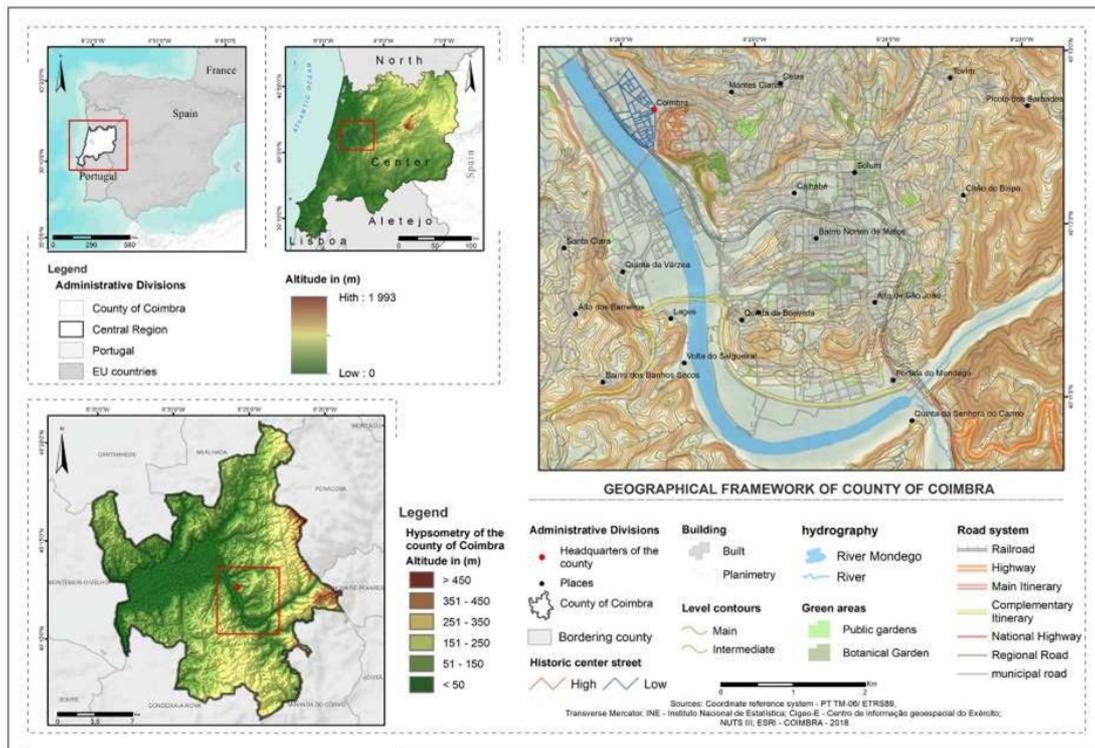


Figura 6: Enquadramento Geográfico da cidade de Coimbra Fonte: Cordeiro, 2021: 7

3.1.1. Relevo

O concelho de Coimbra desenvolve-se ao longo de 316 km², localizando-se numa área de transição entre o norte e o sul do país e, principalmente, entre o litoral e o interior (Cunha e Dimuccio, 2018: 26). Este é um território muito particular, no que diz respeito à caracterização geomorfológica e geológica, pois está em contacto entre duas unidades morfo-estruturais bastante distintas: a Orla Meso-Cenozoica Ocidental e o Maciço Hespérico. Na separação entre estas duas unidades morfo-estruturais ergue-se a falha Porto-Tomar, com uma clara estrutura de horst em escadaria, o Maciço Marginal de Coimbra, isto no setor oriental urbano (Marques *et al.* 2009: 3395). É, assim, claramente notório a diferença entre as paisagens a oeste, em direção ao Baixo Mondego, e as paisagens a este da cidade. O rio Mondego espraia-se na saída do Maciço Marginal (no setor da Portela) iniciando-se o plano aluvial no qual um trajeto junto ao espaço urbano que desenvolvem os espaços verdes urbanos em estudo. Assim, a área em estudo prolonga-se ao longo de uma planície aluvial bem desenvolvida, designada como baixo Mondego. Localiza-se ao fundo de um vale, no qual a margem direita (Parque Dr. Manuel Braga e Parque Verde) se encontra no final da vertente da colina da Alta da Universidade, já a margem esquerda (Parque Verde e Parque da Canção) estende-se ao longo de quase meio quilómetro até encontrar o planalto de Santa Clara (figura 7).



Figura 7: Fotografia aérea da área de estudo Fonte: Silva, inédito

3.1.2. Ocupação do solo

A caracterização do uso e ocupação do solo é, de facto, fundamental para a compreensão dos componentes da paisagem. Neste sentido, no município de Coimbra, em 2018, denota-se uma ocupação do solo um pouco diversificada por todo o concelho. Deste modo, numa primeira análise destaca-se a predominância na ocupação do solo pela floresta (figura 8), e pela agricultura, muito devido à fertilidade dos terrenos e à capacidade de produção agrícola. Os territórios artificializados distribuem-se um pouco por todo o município de forma desequilibrada, ocorrendo a maior concentração na cidade de Coimbra e no seu arredor, o que já seria de esperar, pois é lá que existe a maior concentração de população. É, ainda, importante referir a significativa quantidade de matos e pastagens, principalmente nas freguesias mais ruais do município, nomeadamente, a União de Freguesias de Souselas e Botão e na Freguesia de Almalaguês.

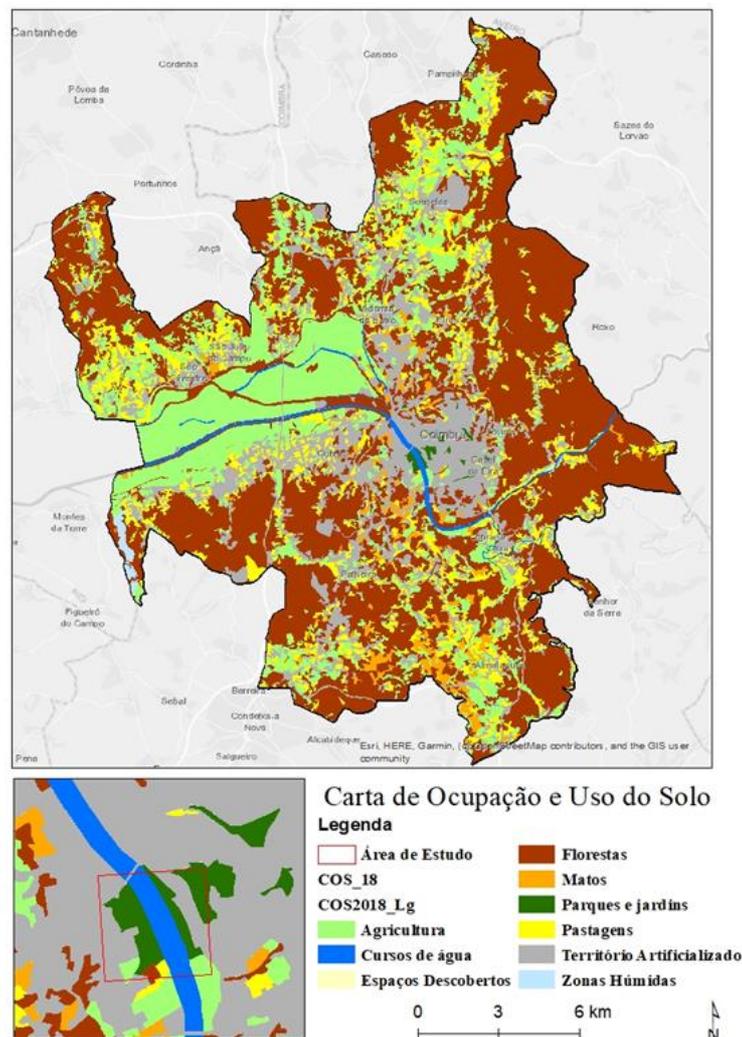


Figura 8: Carta de uso e ocupação do solo da cidade de Coimbra

3.1.3. Clima

Num contexto global, Portugal Continental localiza-se numa zona de influência da transição entre o anticiclone dos Açores e das depressões subpolares, e por isso justifica-se a influência atlântica no seu clima. O cenário de inverno é claramente mais ameno comparativamente com o outro lado do oceano atlântico com as mesmas latitudes devido à “(...) forte influência do troço ascendente, superficial e relativamente quente da corrente termo-halina do Golfo do México.” (Ribeiro 1986; cfr. Carvalho 2012: 9). Apresenta, ainda, características de clima mediterrâneo, com verões longos e quentes com pouca chuva e invernos amenos. No entanto, “(...) são os ventos soprados do Atlântico os grandes reguladores da atmosfera e do clima, apenas com menor intensidade no Verão e menos acentuados no Sul.” (Carvalho 2012: 9). Deste modo, apesar de o clima urbano

e os contrastes térmicos serem influenciados por vários fatores, nomeadamente as características do território, a morfologia urbana, o uso do solo e as dinâmicas urbanas, a cidade de Coimbra, de um modo geral, apresenta um cenário de inverno fresco e chuvoso, principalmente entre os meses de novembro e janeiro, e o verão seco e morno com o céu frequentemente sem nuvens. Normalmente, ao longo do ano, a temperatura varia entre os 3°C e os 29°C, sendo muito pouco frequente inferior a 0°C e superior a 35°C. No entanto, até ao momento, o ano de 2022 foi considerado como um dos mais quentes desde que há registo, e por isso, foram registadas temperaturas bem superiores a 35°C. Situação esta, que se relaciona com a seca extrema pela qual Portugal (e toda a Europa) atravessa, e com fenómeno extremo que são as ondas de calor que estão cada vez mais frequentes, sendo este ano um bom exemplo para isso mesmo.

Tendo sido 2022 um ano bastante atípico, no que diz respeito às condições meteorológicas, é fundamental analisá-las o período entre o julho de 2021 até julho de 2022, podendo, assim, incluir os dias em que foram realizadas as campanhas de recolha de temperaturas (figura 9). Tendo em conta as temperaturas médias² do ar verifica-se que os meses mais quentes são julho, agosto e setembro de 2021 e julho de 2022, com temperaturas médias que variam entre os 19°C e os 23°C. Em contrapartida, os meses mais frios são novembro de 2021, janeiro e fevereiro de 2022, com temperaturas entre os 9°C e 11°C. De salientar o mês de dezembro de 2021 que registou temperaturas um pouco mais elevadas do que os restantes meses de inverno. No que diz respeito à precipitação, numa primeira análise é perceptível a seca extrema pela qual o país atravessa, tendo em conta que desde julho de 2021 apenas se pode considerar 3 meses como os mais húmidos, outubro de 2021, dezembro de 2021 e março de 2022 (0,19 mm, 0,14 mm e 0,16mm, respetivamente). Analisando apenas desde o início do ano de 2022 é apenas o mês de março o mais húmido (0,16 mm), sendo que nos restantes meses os níveis de precipitação foram bastante reduzidos.

² Importa referir que, a análise das temperaturas médias dos meses em questão não faz transparecer as temperaturas que se fizeram sentir ao longo dos dias mais quentes em que se encontrava presente a onda de calor, devido à utilização das temperaturas médias de todo o mês.

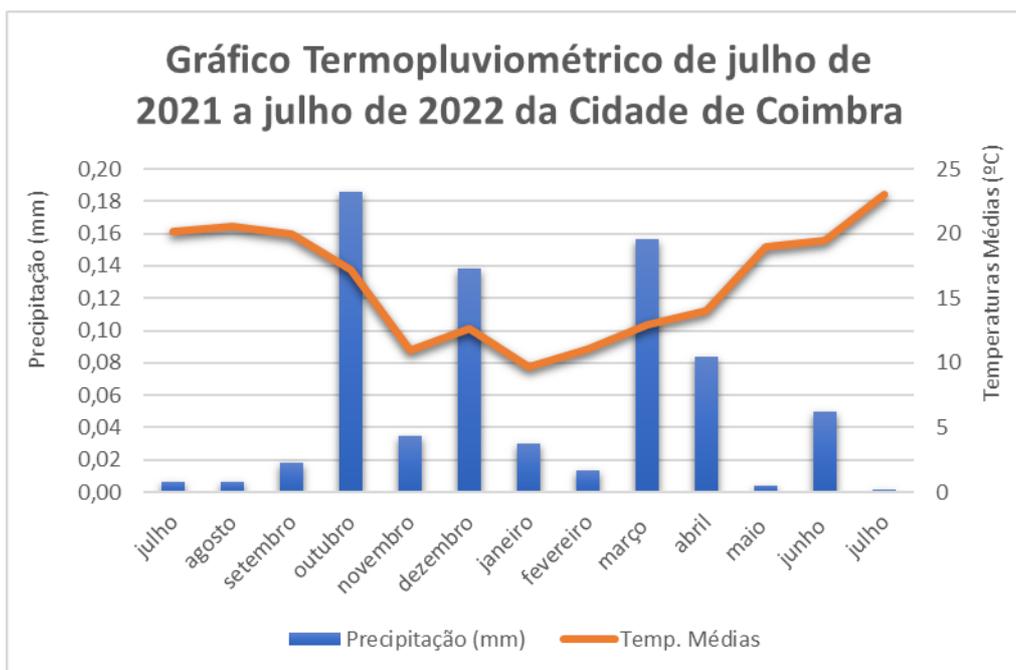


Figura 9: Gráfico Termopluviométrico da Cidade de Coimbra Fonte: IPMA

3.2. Caracterização dos espaços verdes e azuis urbanos em estudo

Ao longo da malha urbana da cidade de Coimbra estão presentes alguns espaços verdes, no qual acarretam diversas vantagens tanto para a cidade como para a população, um pouco na sequência do que foi amplamente referido sobre esta temática. Desta forma, foi selecionada, para objeto de estudo, a zona ribeirinha da cidade em ambas as margens, e no qual se observam quatro espaços verdes urbanos, nomeadamente o Parque Dr. Manuel Braga (espaço de jardim desenvolvido e inaugurado em março de 1958), o Parque da Canção (inaugurado em outubro 2001) e o Parque Verde do Mondego – ambas as margens - (inaugurado em junho 2004), estes últimos no âmbito do Programa Polis, assim como uma parte do próprio rio Mondego (figura 10). Contudo, não pode deixar de ser referido que internamente cada um destes diferem em alguns aspetos, sobretudo na composição vegetal, na sua posição topográfica e na dimensão, características, mosaicos estes que se apresentam como fundamentais nas pequenas alterações observadas no clima local de cada setor.

Estes espaços verdes urbanos, localizados na zona baixa da cidade, são os principais escolhidos pela população urbana de fruição, tanto no lazer como na prática de exercício físico, neste último caso devido a diferentes aspetos, como o da proximidade do rio (desportos náuticos), a presença de máquinas para realizar exercícios

(intergeracionais), as paisagens que estes proporcionam e ainda a proximidade com os transportes públicos.



Figura 10: Localização dos espaços verdes em estudo Fonte: Silva, inédito

➔ Parque Doutor Manuel Braga

O Parque Dr. Manuel Braga localizado na margem direita do rio Mondego ocupa uma área de cerca de 3ha, é delimitado a oriente pela Av. Emídio Navarro, que é constituída por quatro faixas de rodagem com um trânsito significativo e com edifícios de variadas alturas, e a ocidente pelo rio Mondego. Apesar de apresentar um coberto vegetal misto, composto por superfícies relvadas e vegetação arbórea caducifólia e perene de grande porte (Leal *et al.* 2008: 335), esta vegetação arbórea assume uma maior representatividade neste parque da cidade (Figura 11). De salientar, ainda, a presença do edifício do Museu da Água neste parque.

No entanto, atualmente, e nos dias em que foram realizados os levantamentos de temperaturas, este parque da cidade encontra-se em obras de requalificação, com o intuito de melhorar a conservação dos jardins, requalificar os muros de suporte da margem do rio Mondego, remover o restaurante/bar existente neste parque, renovar os espaços de lazer, entre outros (CMC, 2016) (Figura 12). Na realidade, a introdução deste fator desestabilizador – vedação – em todo o parque com uma altura de cerca de 2,5 metros, poderá justificar algumas temperaturas recolhidas neste local, à qual se associa também o facto de muitas das superfícies relvadas estavam em

requalificação e a presença de máquinas e materiais de construção influenciam as temperaturas³.

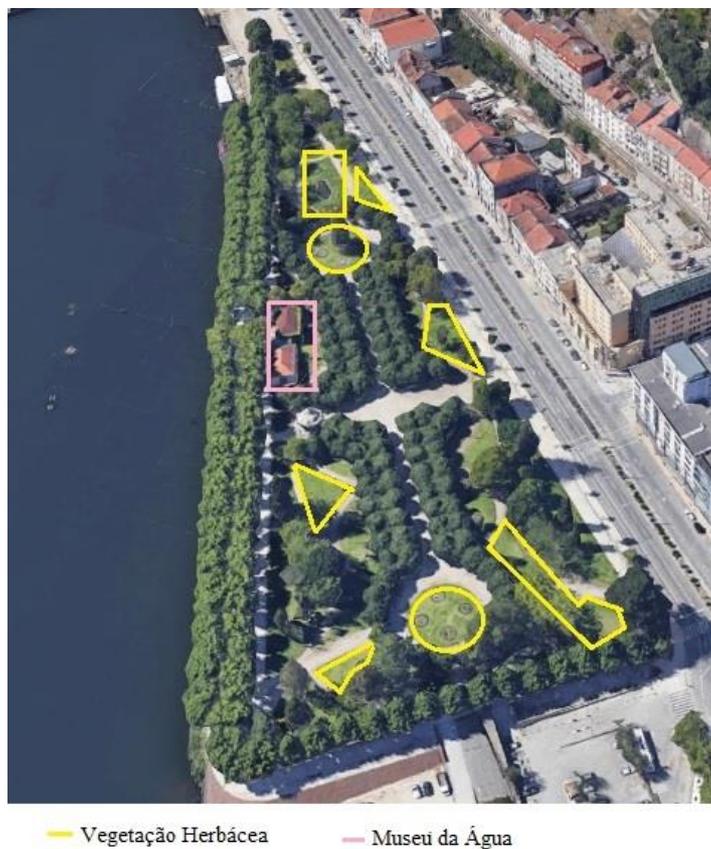


Figura 11: Parque Doutor Manuel Braga Fonte: Google Earth

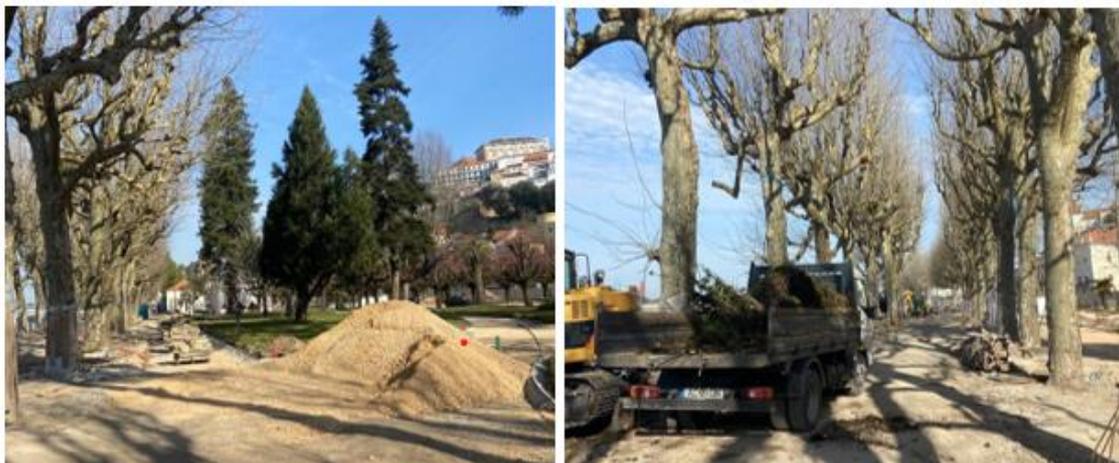


Figura 12: Obras de requalificação no Parque Doutor Manuel Braga

³ Na realidade, e relativamente às campanhas realizadas em situações idênticas de 2021 (Cordeiro in press), as temperaturas registadas oferecem resultados bastante diferentes.

→ **Parque Verde do Mondego (margem direita)**

Assim como o Parque Doutor Manuel Braga o Parque Verde do Mondego localiza-se não só na margem direita (prolongamento para sul do anterior) e na margem esquerda do rio Mondego. Desenvolve-se, o seu setor da margem direita encontra-se delimitado a oriente, ao longo da Avenida da Lousã, e a ocidente tem como limite o rio Mondego, ocupando cerca de 4km da margem direita. Apresenta um coberto vegetal maioritariamente herbáceo, com uma vasta superfície relvada e alguns aglomerados de árvores e arbustos, de porte médio, um pouco afastados (figura 13). No entanto, são visíveis, em alguns setores vegetação arbórea de grande porte, setores estes que proporcionam presentemente sombra.

Neste espaço verde urbano encontra-se, ainda, largas esplanadas, bares, restaurantes, um parque infantil, passadiços para caminhar ou andar de bicicleta, pavilhões com exposições temporárias, destacando-se o Pavilhão Centro de Portugal e um grande parque de estacionamento (figura 14 e 15).

A ponte pedonal Pedro e Inês é também um elemento presente neste espaço verde. Esta, ao longo dos seus 275m de comprimento é revestida por vidros de diferentes cores, liga a margem direita do rio Mondego à margem esquerda conectando, assim, o Parque Verde do Mondego e o Parque da Canção (Volpi e Pacheco, 2016, p.264). “(...) um espaço que faz a transição entre a cidade e o rio, através da criação de plataformas a diferentes cotas que, de um modo gradual, se vão aproximando da cota do rio. A relação com o rio é definida através de pontões de madeira, que se apoiam nas águas calmas do Mondego e, ao mesmo tempo, nunca deixam de ver a cidade fortemente marcada pela imponente e solitária Torre da Universidade.” (Nunes; Ribas; Cortesão; Vieira, 2004 crt Gonçalves, 2018, p.41).



- Vegetação Arbórea
- Restauração/Parque Infantil - "Docas"
- Parque de Estacionamento
- Pavilhão de Portugal

Figura 13: Parque Verde do Mondego (margem direita) Fonte: Google Earth



Figura 14: Parque Verde do Mondego (margem direita)



Figura 15: Parque Verde do Mondego (margem direita)

➔ Parque da Canção

Ao contrário dos anteriores, este espaço verde localiza-se na margem esquerda do rio Mondego, tendo sido considerado uma área de parque compreendida entre a Ponte Pedonal Pedro e Inês, a Ponte Santa Clara e a Avenida Inês de Castro. Este apresenta uma cobertura vegetal mista, composta por superfícies relvadas e vegetação arbórea de grande porte.

No entanto, mais detalhadamente, este espaço verde pode ser dividido em três setores de tipo de cobertura vegetal. Assim, a zona junto à Av. Inês de Castro pode ser considerada uma zona com vegetação arbórea de grande porte, sendo na sua maioria choupo-negro (*populus nigra*) e freixos (*faxinus angustifolia*), pois são

árvores que se encontram frequentemente nas cidades devido ao seu crescimento rápido sem necessitarem de grandes cuidados (figura 16).

Outro setor, pode ser considerado junto à Praça da Canção e toda a sua área envolvente (correspondendo o recinto de várias feiras e concertos ao longo de todo o ano), pois não apresenta qualquer tipo de vegetação. O restante parque podemos classificar como um outro setor, que apresenta uma cobertura vegetal maioritariamente herbácea, com grandes superfícies de relva e com alguns arbustos e árvores de médio porte (figura 17). É notório ainda um pequeno canal hídrico paralelo ao rio Mondego. Desta forma, é evidente que estas características do território influenciam diretamente as temperaturas recolhidas nos locais.

O Parque da Canção é, ainda, detentor de um parque de estacionamento.



Figura 16: Parque da Canção



Figura 17: Parque da Canção Fonte: Google Earth

➔ Parque Verde (margem esquerda)

O Parque Verde do Mondego (Figura 18), igualmente ao Parque da Canção, localiza-se na margem esquerda do rio Mondego, tendo sido analisada uma área total de parque compreendida entre as Piscinas do Mondego/ Mata do Exploratório – Centro Ciência Viva de Coimbra (Figura 19), a Av. Inês de Castro e a Ponte Pedonal Pedro e Inês. Este apresenta uma cobertura vegetal mista, composta por superfícies relvadas e vegetação arbórea de grande porte (figura 19 e 20).

Contudo, é possível dividir este parque em dois mosaicos de tipo de cobertura vegetal. Sendo que, o primeiro mosaico corresponde à zona envolvente às piscinas do Mondego/ Mata do Exploratório – Centro Ciência Viva de Coimbra e junto à Avenida Inês de Castro, no qual pode ser considerado uma zona com vegetação arbórea de grande porte, sendo na sua maioria choupo-negro (*populus nigra*) e freixos (*faxinus angustifolia*), pois são árvores que se encontram frequentemente nas cidades devido ao seu crescimento rápido sem necessitarem de grandes cuidados. O restante parque pode ser considerado o segundo mosaico, apresentando uma cobertura vegetal maioritariamente herbácea, com grandes superfícies de relva.

De salientar, que o Parque Verde (margem esquerda) é detentor de equipamentos de diversão infantil, um parque de skate, zonas para a prática de vários desportos, parque de merendas, quatro pavilhões, no qual, três deles são destinados a atividades náuticas, como por exemplo a canoagem, o remo e a vela, servindo, assim, de porto fluvial para a prática destes desportos, e ainda, bares e restaurantes.



- Vegetação Arbórea — Pavilhões de Apoio ao Desporto
- Vegetação Herbácea — Piscinas do Mondego
- Exploratório Ciência Viva de Coimbra

Figura 18: Parque Verde do Mondego (margem esquerda) Fonte: Google Earth

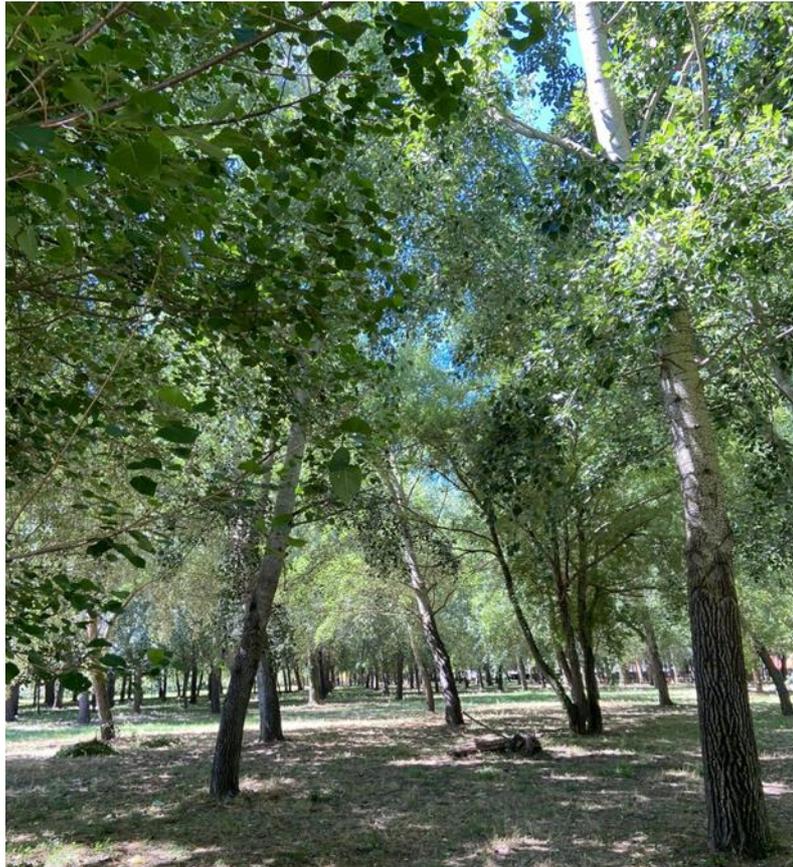


Figura 19: Mata do Exploratório - Ciência Viva de Coimbra



Figura 20: Parque Verde do Mondego (margem esquerda)

Capítulo IV – Apresentação e discussão dos resultados

Tendo em conta o que já foi referido anteriormente, e no seguimento de campanhas, entretanto realizadas nos anos de 2019, 2020 e 2021, foram realizados percursos pedonais no corrente ano de 2022, os quais foram efetuados com sensores associados a *data loggers*, registando dados de temperatura em pontos pré-definidos. Os resultados obtidos nesta campanha mostraram muito do que já tinha sido constatado em recolhas realizadas anteriormente, contudo mostraram, também, especificidades muito particulares que se devem, principalmente, à escala a que se trabalhou. Desta forma, o objetivo desta campanha sucedeu com o intuito de aprofundar o conhecimento do papel dos espaços azuis e verdes na regulação térmica de espaço urbano, neste caso particular em Coimbra.

A linha orientadora para a realização desta campanha de levantamento de temperaturas teve os trabalhos de Nuno Ganho (1998; 1999), Marques *et al.* (2009), mesmo que já houvesse o conhecimento da informação a ser desenvolvida nas presentes campanhas (Cordeiro in press). Aliás, é tendo por base o contexto geral do mapa térmico da cidade de Coimbra, elaborado com dados recolhidos numa campanha realizada de automóvel, ao início da noite, em momento de anticiclone de Inverno⁴ - 06/02/2020 (Figura 21) – que as presentes áreas foram definidas⁵.

⁴ Para esta campanha foi realizado um percurso automóvel itinerante, no qual foi realizada com sensores registando dados em pontos já pré-definidos. Com o sensor no exterior do automóvel efetuava-se uma paragem em cada ponto durante um minuto e era registada a hora de chegada e de partida deste mesmo ponto. No final da realização de todo o percurso através da plataforma MyGeodata Converter foi realizada a conversão de todos os dados obtidos. Depois de todos os pontos identificados e com as suas respetivas coordenadas, foi realizado a média da temperatura para todos os pontos. De seguida, foram realizados cartogramas da ferramenta kriging (ArcGis), com o intuito mostrar as temperaturas obtidas e especializar as diferenças térmicas no território.

⁵ Nesta campanha não se observou qualquer registo de dados relativos ao lago de ar frio do vale de Coselhas (a norte da área em estudo) e onde se desenvolve um lago de ar frio muito significativo (Cordeiro in press).

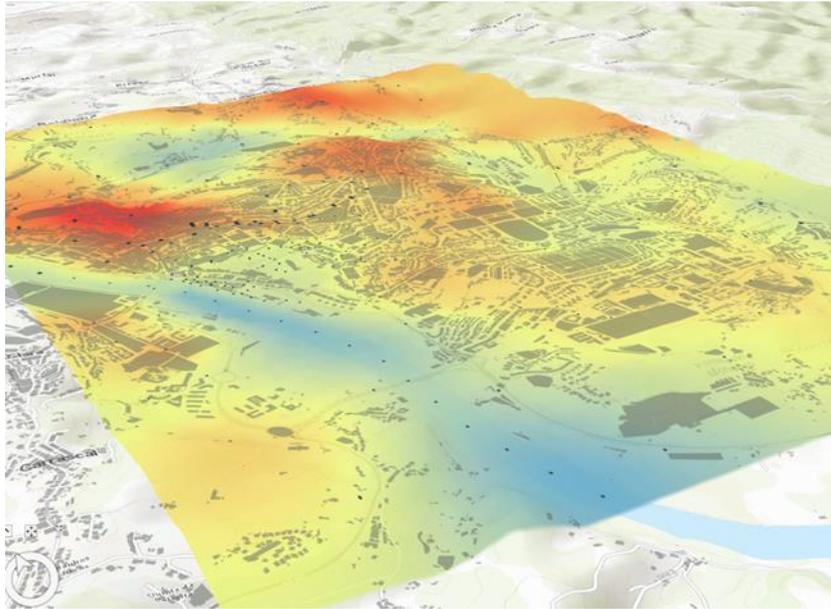


Figura 21: Cartograma geral do campo térmico da cidade de Coimbra na noite de 6 de fevereiro de 2020 Fonte: Cordeiro, Ornelas e Silva, inédito

No que diz respeito à campanha realizada em 2022, é importante referir que estas foram realizadas em três percursos distintos, complementares entre eles, e que abrangiam em conjunto uma área significativa da cidade de Coimbra. Todos eles foram realizados em três diferentes momentos: no inverno (fevereiro), na primavera (maio) e no verão (julho), e que em cada um dos dias teve três momentos de recolha de dados – manhã, tarde e noite. O enquadramento desta campanha obriga a referir que até ao momento da entrega da dissertação, este ano é considerado como um dos anos mais quentes de que há registo, situação a que se associa também uma seca extrema que o país (e toda a Europa), está a atravessar. O aumento do fenómeno extremo que são as ondas de calor estão cada vez mais frequentes, e o ano de 2022 parece ser a prova disso mesmo, sendo que as medições do dia 11 de maio e do dia 8 de julho foram realizadas em plenas ondas de calor, sendo mais intensa a onda de calor de julho.

Tal como já foi referido na metodologia a campanha de recolha de dados foi realizada em três momentos do dia – manhã, tarde e noite – efetuada em três percursos diferentes, que por sinal, correspondem a três dissertações diferentes, realizadas em simultâneo. Com os pontos já pré-definidos, os diferentes mestrandos obtiveram dados em vários pontos à mesma hora, e por isso foi possível a realização de uma abordagem com maior pormenor relativamente ao que foram os dados e cartogramas anteriormente obtidos.

De referir, que a abordagem escolhida para a apresentação dos resultados passa por demonstrar os dados conjuntos por dia (estação do ano) e por diferentes momentos desses mesmos dias, tanto da área conjunta como do seu próprio percurso.

4.1. Dia 28 de fevereiro de 2022

O país nesse dia, como é perceptível através da figura 22 e 23, encontrava-se sob influência de uma depressão localizada a norte das Ilhas Britânicas, o que seria de esperar a ocorrência de mau tempo. Contudo, a frente quente muito próxima do continente faz com que o ciclone não se manifeste, e assim traz o bom tempo para o território. Esta frente quente funciona como espécie de barreira que permite que haja a formação de um corredor de ar quente vindo de sudoeste, influenciando Portugal Continental. O anticiclone dos Açores, localizado a oeste ou a sul do arquipélago, induzia um bloqueio a frentes instáveis, provocando, assim, uma espécie de corredor com uma massa de ar quente (IPMA, 2022a: 3). A presença de uma frente quente permite que nas horas anteriores à sua chegada haja um aumento das temperaturas, provocando a formação de nebulosidade, esta tendência confirma-se, pois neste mesmo dia a partir das 15h foi visível a formação de alguma nebulosidade.

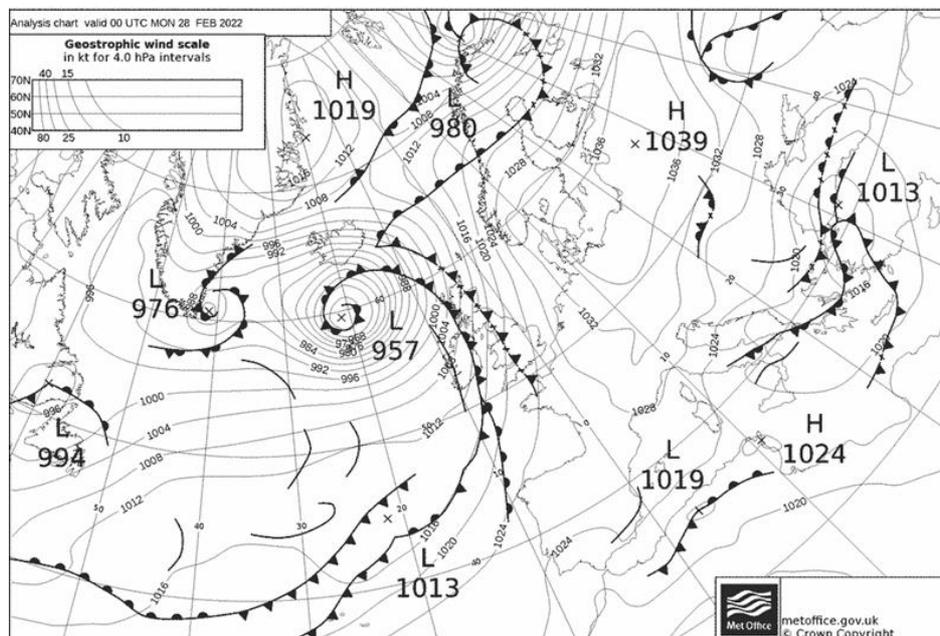


Figura 22: carta sinóptica de superfície (nmm), às 00h UTC, relativa à Europa (modelo UKMO) do dia 28 de fevereiro de 2022.

Fonte: wetterzentrale

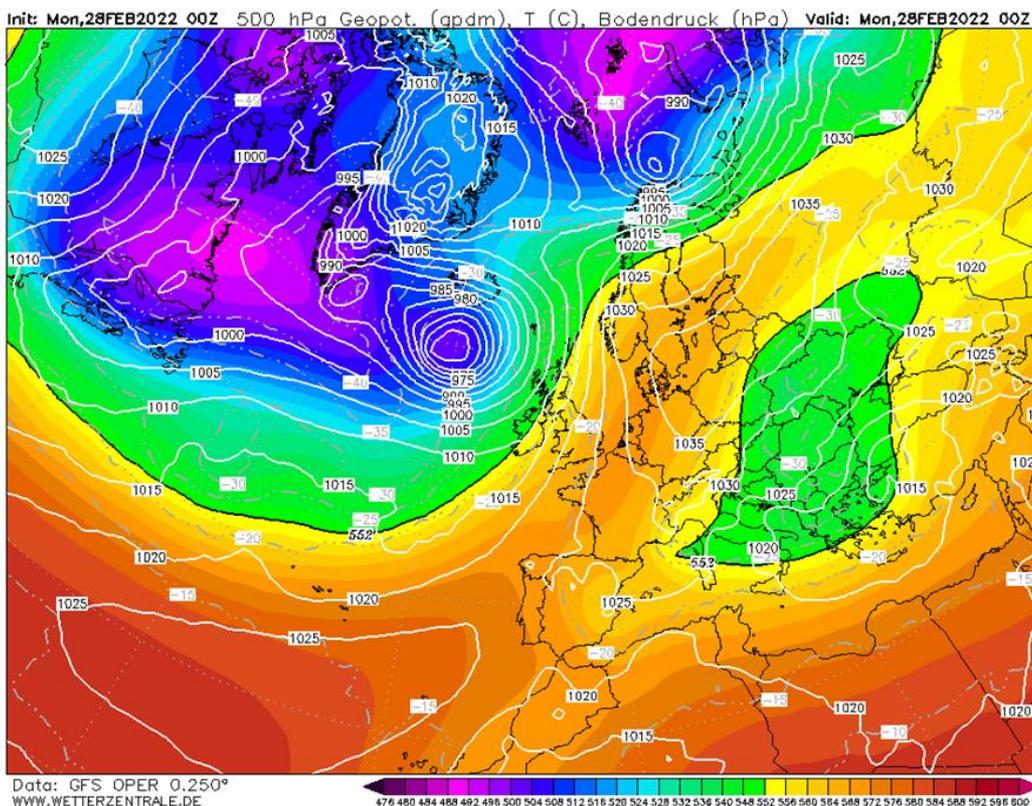


Figura 23: carta do campo de pressão à superfície (mm) e do geopotencial e temperatura a 500hPa, às 00h, relativa à Europa (modelo GFS) do dia 28 de fevereiro de 2022 Fonte: wetterzentrale

Manhã (início às 9:30)

No enquadramento geral do dia 28 de fevereiro de 2022 (Figura 24), inicia-se por uma análise do período da manhã, no qual se registaram temperaturas mais elevadas nas cumeadas da Conchada e Montes Claros (bem como na vertente exposta a sul e a leste) (figura 49 em anexo) e no Parque da Canção. Estas temperaturas mais elevadas nas cumeadas podem ser justificadas devido à associação entre a elevada densidade de edifícios, embora o fator exposição solar direta pareça ser o mais importante no decorrer da manhã, uma vez que o ponto com a temperatura mais elevada se registou junto ao” edifício Avenida” na Rua Antero de Quental, local este que é marcado pela inexistência de sombra quer pelos edifícios quer por algum tipo de vegetação, daí resultando a exposição à radiação solar desde as primeiras horas do dia. Já no Parque da Canção o registo das temperaturas mais elevadas verificam-se nos pontos junto ao palco da Praça da Canção, junto à rotunda (próxima do Mosteiro de Santa Clara) e no início da Ponte de Santa Clara, vão neste mesmo sentido de exposição solar desde as primeiras horas do dia, ajudando, também, o facto de serem zonas de elevado tráfego rodoviário e com materiais de fácil e rápida condução do calor (alcatrão, betão, ferro, etc.).

Em contrapartida, a zona da alta da Cidade, Jardim Botânico (figura 50 em anexo), Parque Dr. Manuel Braga e rio Mondego encontram-se sob a presença de ar frio. Isto acontece, provavelmente, não só ao ar fresco (e mais húmido) proveniente do rio Mondego e ao qual se une o ar frio drenado pelo vale do Jardim Botânico. No entanto, são visíveis alguns pontos, no Jardim Botânico, que registam temperaturas um pouco mais elevadas, nomeadamente, na Alameda das Tílias, próximo da estufa de vidro e junto ao quadrado central do fontanário, o que pode ser compreendido devido à ausência de folhagem do arbóreo caducifólio nesta altura do ano, fazendo com que a radiação solar atinja diretamente o solo.

A diferença térmica entre os diferentes setores da cidade onde se desenvolveram os levantamentos da manhã do dia 28 de fevereiro foi na ordem dos 10,0°C, sendo a temperatura máxima registada de 20,6°C, junto ao edifício Avenida, e a temperatura mínima de 10,7°C, registada na rua Larga (em frente ao edifício da antiga Faculdade de Medicina).

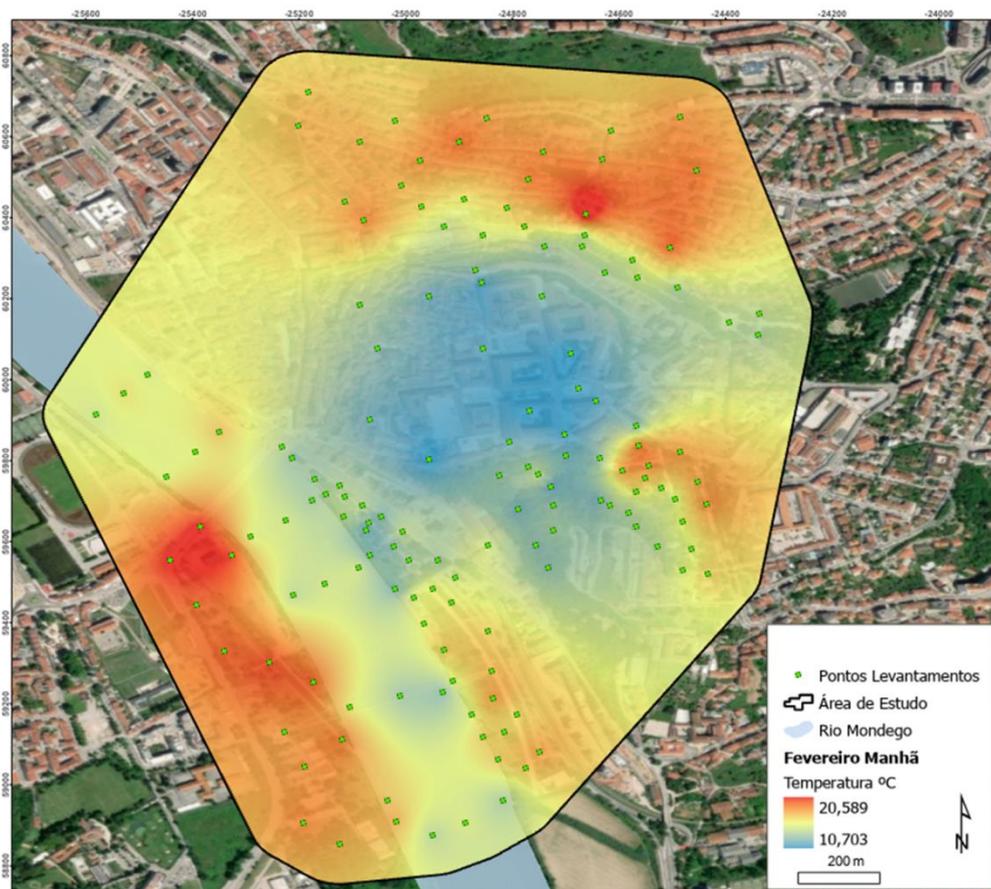


Figura 24: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da manhã no dia 28 de fevereiro de 2022

Numa análise mais pormenorizada e direcionada para a área de estudo em específico (Figura 25), é visível que a margem esquerda do rio se apresenta a esta hora mais quente do que a margem direita. Isto poderá acontecer devido à exposição solar que a margem esquerda recebe, encontrando-se exposta à radiação solar desde as primeiras horas do dia, esse aquecimento é notório⁶. Em contrapartida, a margem direita recebe sombra, durante o período da manhã, através da vertente direcionada a oeste da colina da Universidade⁷. É, ainda, na margem esquerda que se regista a temperatura mais elevada, junto ao palco da Praça da Canção e da Ponte de Santa Clara (figura 51 em anexo), o que poderá ser justificado não só devido à exposição solar, mas também ao elevado tráfego rodoviário (próximo) e aos materiais utilizados nestas infraestruturas, nomeadamente, o betuminoso, o betão e o ferro, materiais favoráveis numa elevada condução do calor⁸. Por outro lado, o Parque Dr. Manuel Braga apresenta-se como o setor mais fresco da área de estudo, o que poderá não só ser justificado pelo ar fresco que desce do Jardim Botânico através do valeiro onde se encontra localizada a mata, mas também por um fator anómalo que se observava neste setor no primeiro semestre deste ano e que passou por uma vedação em zinco e acrílico que delimitava totalmente o Parque Dr. Manuel Braga, o qual introduziu no microclima algo “artificial”, uma vez que a ventilação do espaço foi alterada, e que neste caso levou a uma manutenção mais prolongada do frio noturno⁹. No que diz respeito ao lençol aquático, observa-se uma diferença de temperaturas a jusante e a montante (entre os 16°C e os 13°C, respetivamente). Sendo que, isto poderá acontecer devido à estrutura de betão construída na margem direita do rio, que vem desde a ponte do Açude até à zona de restauração/bares do Parque Verde (“Docas”) (figura 52 em anexo), o que não acontece a montante, sendo uma zona ampla e arejada.

⁶ Importa, ainda, referir que o percurso teve início às 9:30h da manhã no Parque Dr. Manuel Braga e terminou por volta 11:30h na Ponte de Santa Clara, o que pode ter influência nas temperaturas mais elevadas na margem esquerda do rio, pois recebe mais horas de exposição solar.

⁷ Torna-se fundamental, no entanto, referir que a direção que é assumida na realização do percurso, pode também influenciar este maior aquecimento na margem esquerda, uma vez que esta última tem registos de temperatura mais tardios.

⁸ Este facto parece se bastante evidente ao se efetuar a comparação, não só entre as temperaturas registadas nos pontos um pouco mais afastados e em condições de exposição idêntica, mas também da comparação com os dados obtidos nas pontes – Santa Clara (betuminoso e calcário) e pedonal (madeira e vidro) – e os pontos respetivos nas recolhas efetuadas no rio

⁹ Importa referir, que o Parque Dr. Manuel Braga, encontrava-se em obras de requalificação, nos primeiros dois momentos de campanhas (dias 28 de fevereiro e 11 de maio) o que influencia as temperaturas recolhidas no local, devido à vedação e às máquinas.

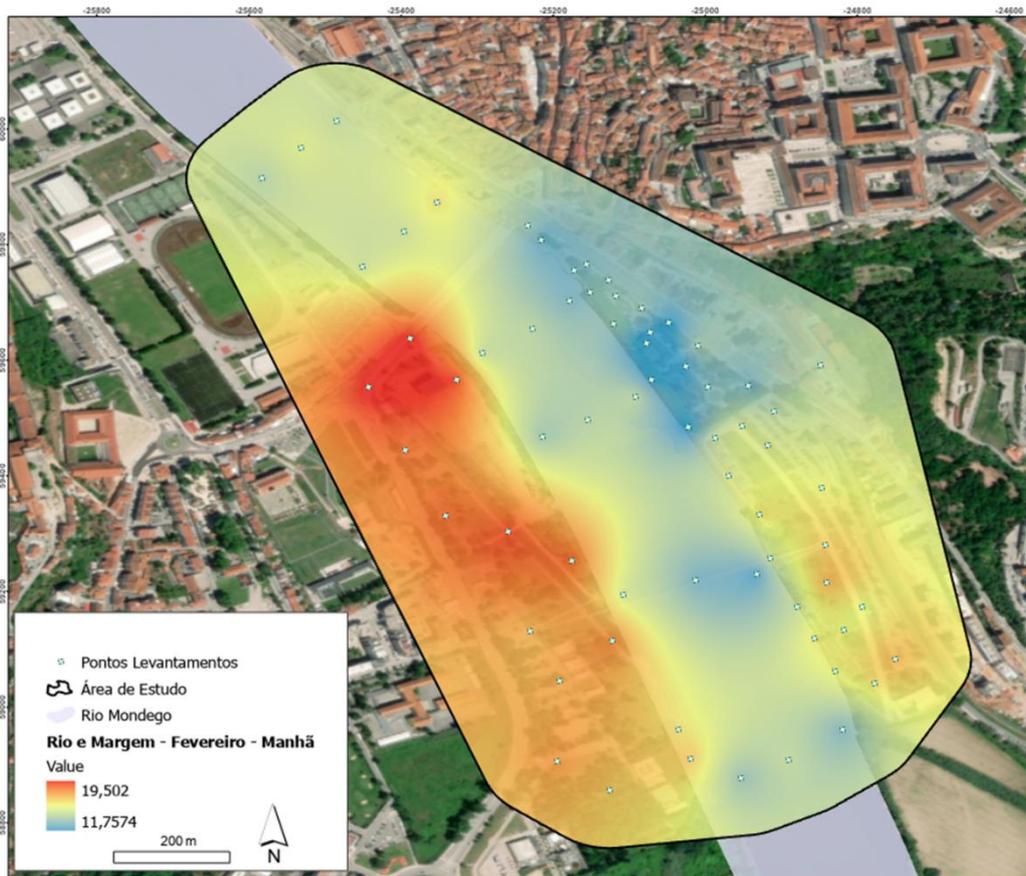


Figura 25: Campo térmico da área de estudo no período da manhã no dia 28 de fevereiro de 2022

Tarde (início às 15h30)

No período da tarde do dia 28 de fevereiro (figura 26), com interação entre setores de vegetação caducifólia e vegetação perene, assim como a capacidade de retenção de calor por parte do edificado em momento em que o posicionamento do sol se observa nos quadrantes sul, faz com que setores com a Alta da cidade, a Praça da República, a Avenida Sá da Bandeira, o Parque Dr. Manuel Braga, o Parque Verde (margem direita) e a Alameda das Tílias registem temperaturas mais elevadas do que as restantes zonas da cidade em virtude do elevado número de edificações junto a estes setores, do tráfego rodoviário, da exposição solar, assim como da própria superfície ocupada por “calçada portuguesa”. Contudo, a existência de temperaturas mais elevadas no Parque Dr. Manuel Braga¹⁰, no Parque Verde (margem direita) e na Alameda das Tílias do Jardim Botânico poderá ser justificado devido à ausência de folhagem das árvores caducifólias presentes

¹⁰ É importante referir que, as placas de zinco e acrílico que se encontravam a vedar o Parque Dr. Manuel Braga poderiam interferir no resultado das temperaturas, mas neste caso essa explicação é ultrapassada pelos fatores também naturais.

nestes locais. Destaca-se, ainda, no espaço azul, o setor a jusante com temperaturas mais elevadas do que o setor a montante, provavelmente devido à estrutura de betão construída entre a ponte do Açude e a zona de restauração do Parque Verde (“Docas”). Por outro lado, na zona da Conchada, Montes Claros, Parque da Canção, Parque Verde (margem esquerda) e o Jardim Botânico verifica-se a presença de ar mais fresco comparativamente com a restante área da cidade. Isto poderá ser justificado pela presença de sombra, pois o sol já se encontrava muito baixo, e também pela chegada de massa de ar mais fresca de ocidente o que resultou na formação de nebulosidade ao longo da tarde deste dia. Esta explicação vai no sentido do que se constata no caso das cumeadas do norte da cidade, onde a exposição solar é significativa ao longo do dia e que noutras campanhas mostram essa manutenção como setores mais aquecidos.

A diferença térmica entre os diferentes setores da cidade onde se desenvolveram os levantamentos da tarde do dia 28 de fevereiro foi na ordem dos 5,0°C, sendo a temperatura máxima registada de 22,9°C e a temperatura mínima de 17,9°C.

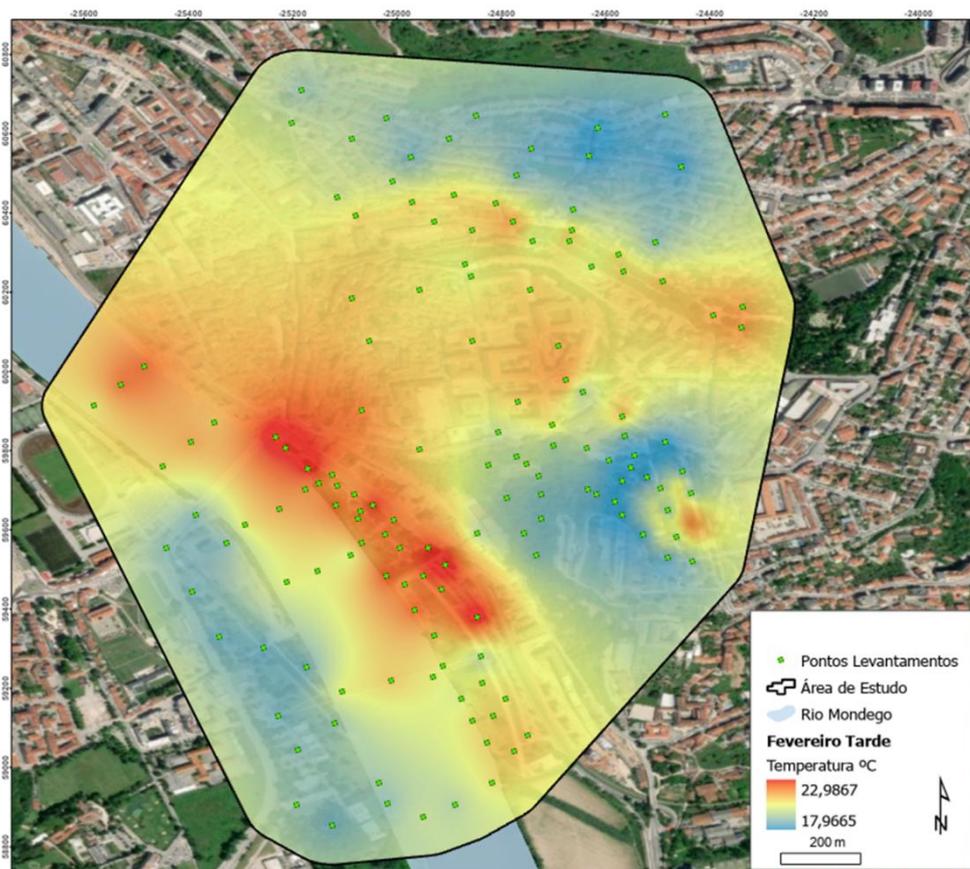


Figura 26: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da tarde no dia 28 de fevereiro de 2022

Numa análise mais detalhada e voltada para a área de estudo restrita (figura 27), é visível o contrário do que se observou na parte da manhã, a margem direita mais quente do que a margem esquerda, o que poderá ser justificado pelo posicionamento do sol a esta hora do dia, a SW, fazendo com que a radiação solar não chegue diretamente ao solo. Outro motivo poderá passar pelas obras de reabilitação do Parque Dr. Manuel Braga, que por isso se encontrava vedado fazendo com que haja algumas dificuldades na ventilação deste espaço, assim como, os próprios trabalhos e as maquinarias em utilização poderão originar estes resultados. E, ainda, outra justificação poderá ser devido à grande concentração de carros no parque de estacionamento do Parque Verde (margem direita) e ao seu pavimento em calçada, propício para a retenção do calor. É importante salientar, que o setor do rio em análise, formado pelo açude do rio Mondego, apresenta temperaturas mais elevadas na parte norte (nos eixos desenhados junto à estação de Coimbra A/EB Silva Gaio e Largo da Portagem/Estádio Universitário) devido à estrutura de betão definido ao longo do rio entre o setor de restauração do Parque Verde (zona das “Docas”) e a ponte açude. Já no setor sul, junto ao Pavilhão de Portugal regista-se um mais fresco, devido a este local ser um espaço bastante amplo e uma zona de arejamento.

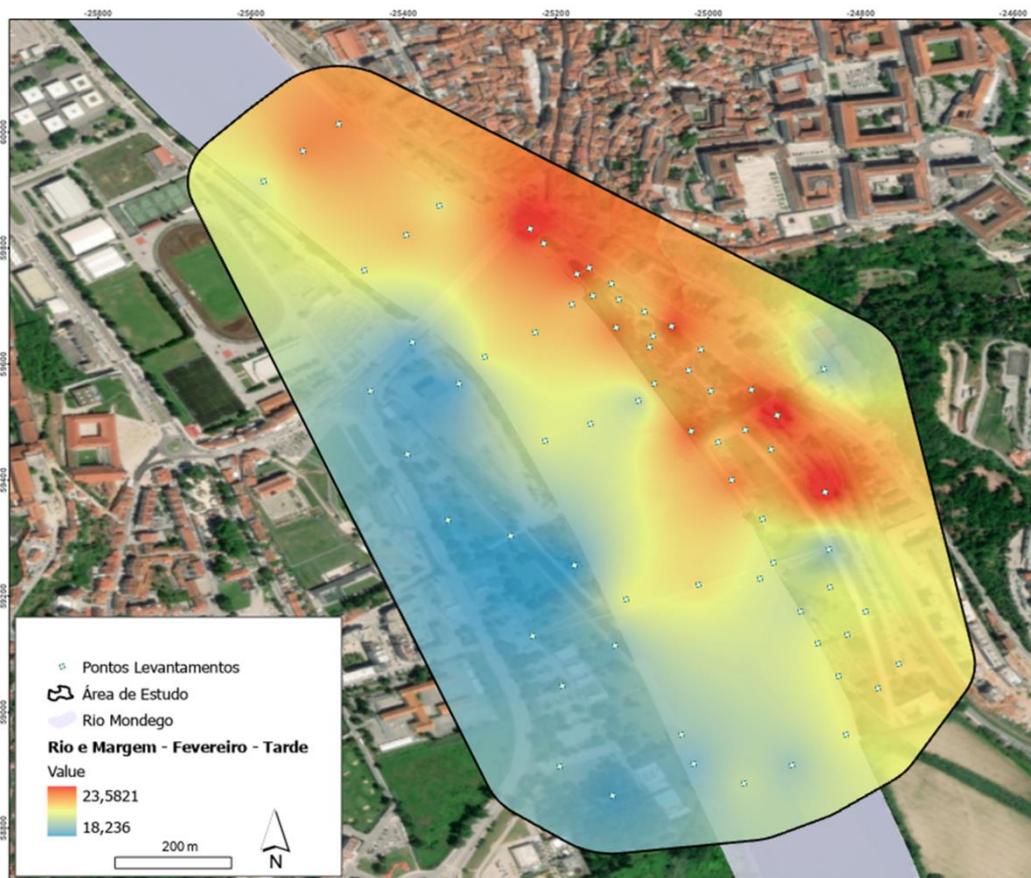


Figura 27: Campo térmico da área de estudo no período da tarde no dia 28 de fevereiro de 2022

Noite (início às 21h30)

No que diz respeito ao percurso da noite do dia 28 de fevereiro (figura 28), e quando se observa o todo da cidade, o que sai destacado do cartograma é a existência da “Ilha de Calor Urbano” (ICU), o que seria de esperar devido a vários estudos realizados por Ganho (1998) e Marques *et al.* (2009), no qual esta é caracterizada. Desta forma, é na Alta da Cidade, no Polo I da Universidade de Coimbra que revelam as temperaturas mais elevadas desta noite de inverno, registando-se as temperaturas mais elevadas junto ao Museu Machado Castro e na Rua Larga (entre o edifício da Faculdade de Medicina e o Edifício da Faculdade de Física e Química) com 14,37°C e 14,27°C, respetivamente. Esta ICU é visível na Alta da Cidade devido à sua localização, pois tem vantagem no que toca à incidência de radiação solar, e ainda, à custa das suas inúmeras e elevadas edificações, fazendo com que não haja uma irradiação do calor acumulado durante o dia originando uma concentração deste nesta zona, quando comparados com os envolventes, nomeadamente com o Jardim Botânico e os espaços verdes da margem direita do Mondego. Mesmo não tendo nenhum destaque a nível térmico, a Conchada e Montes Claros que habitualmente (como se vai observar) se assumem também como parte da ICU, neste caso, e muito pelo que foi antes referido relativo às alterações de estado de tempo durante a tarde desse dia. Os únicos setores desta área de estudo que registaram ar mais fresco foi o Parque da Canção e alguns setores do lençol aquático, ar frio este que poderá já ser sob o efeito daquele plano de água que funciona como atenuador das temperaturas e por isso temos o registo das temperaturas mais baixas nas margens do rio Mondego.

A diferença térmica da noite, e tendo em consideração algumas dificuldades de registo no setor do Jardim Botânico, apresentou um valor de 4,5°C, registando uma temperatura máxima de 14,4°C e uma mínima de 9,9°C (figura 29).

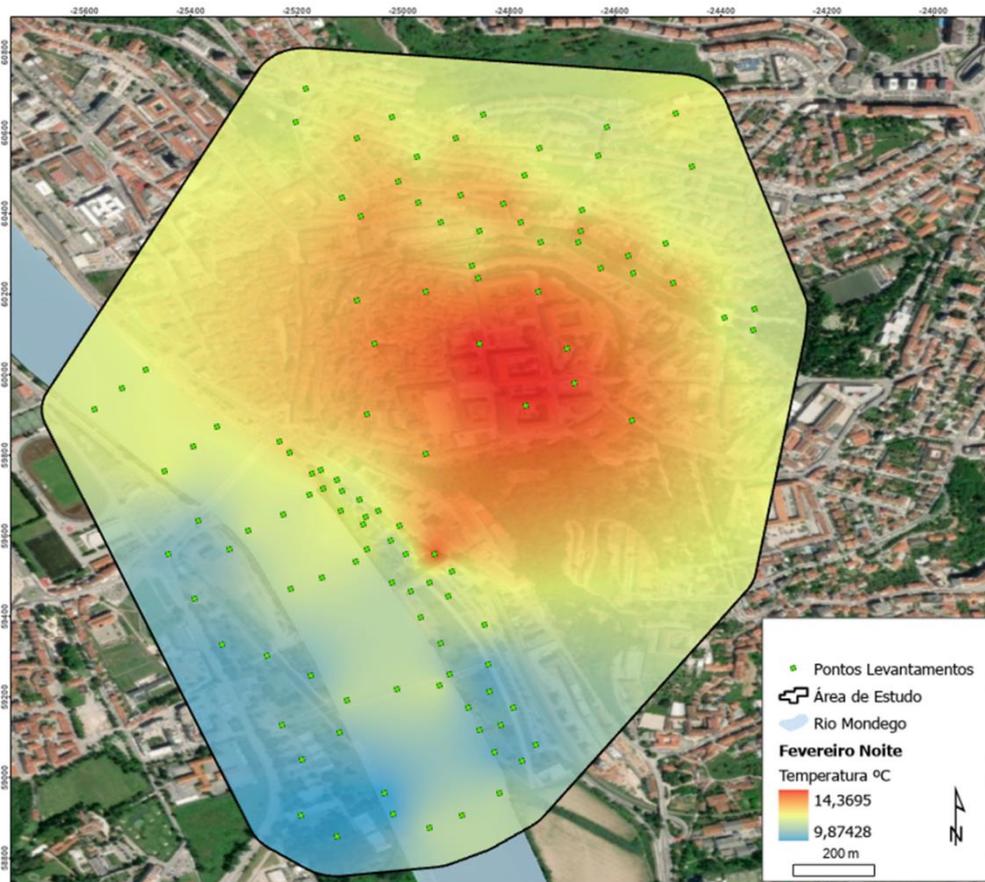


Figura 28: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da noite no dia 28 de fevereiro de 2022

Tendo em conta o setor do rio Mondego e as suas margens, mais concretamente a área em estudo (figura 29), observa-se uma margem direita (Parque Dr. Manuel Braga) mais quente do que a margem esquerda (Parque da Canção). Isto acontece, provavelmente, devido à ventilação, mas também à própria incidência de radiação solar, anteriormente referida, pois a margem esquerda deixa de receber radiação solar direta primeiro do que a margem direita, tornando-se assim mais fresca. O Parque Dr. Manuel Braga é o setor mais quente da área de estudo, registando assim o ponto com a temperatura mais elevado (13,98°C), creio que isto aconteceu devido a este estar cercado por placas de zinco e acrílico, o qual impedia a circulação do ar, fazendo com que houvesse uma manutenção (e acumulação) de ar mais quente vespertino. Outro motivo poderá passar pela proximidade que este apresenta relativamente aos edifícios da Av. Navarro, originando a libertação do calor por irradiação que foi acumulado nos materiais dos edifícios durante a exposição diurna, um pouco à semelhança da explicação apontada para o caso da Alta. Assim como no período da tarde, na noite do dia 28 de fevereiro também se destaca as temperaturas mais elevadas no setor jusante do rio do que no setor montante

(eixos da Estação de Coimbra A/EB Silva Gaio e Pavilhão de Portugal/ Piscina Jaime Lobo, respetivamente), devido às paredes construídas em betão desde a ponte do Açude até à zona da restauração do Parque Verde, com intenção de mitigar o risco de cheias e inundações bastante frequentes em Coimbra. É, ainda, visível no Parque Verde (margem direita), junto ao Pavilhão de Portugal, a presença de ar mais fresco devido a ser um espaço amplo e bastante arejado, influenciando, claramente, o setor mais a sul do rio.

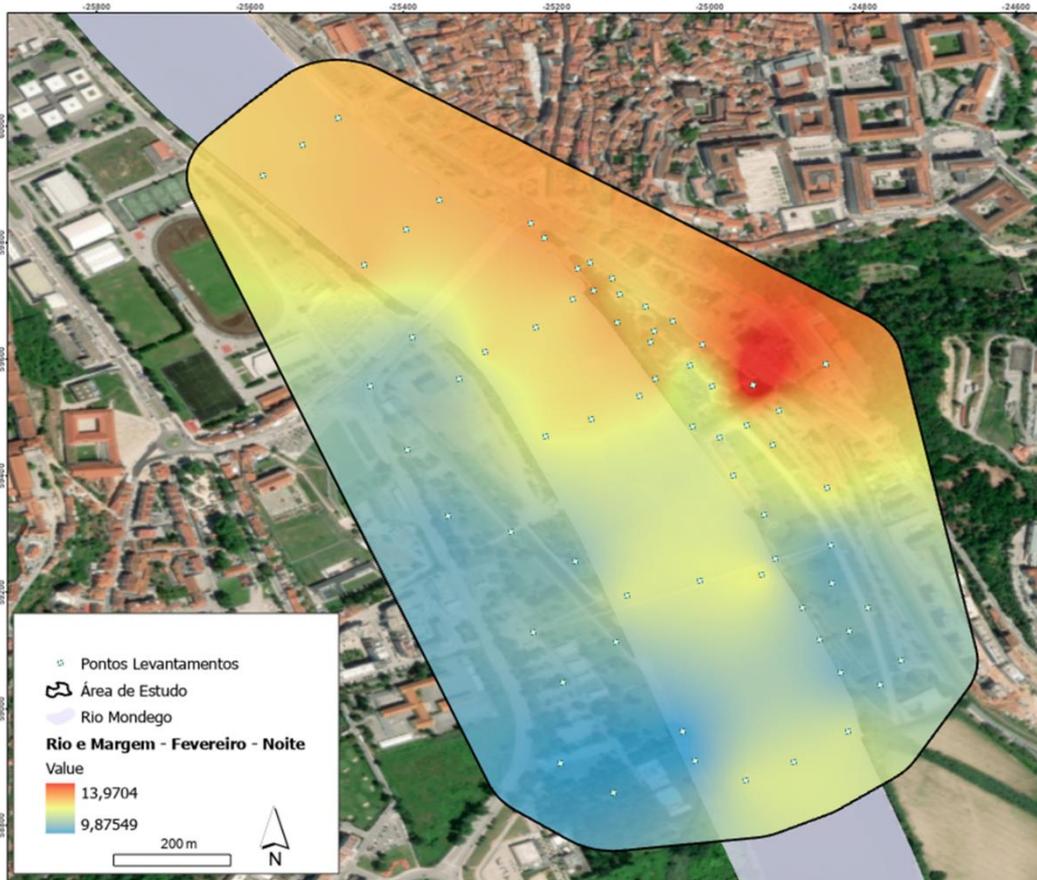


Figura 29: Campo térmico da área de estudo no período da noite no dia 28 de fevereiro de 2022

4.2. Dia 11 de maio de 2022

Para o segundo dia de levantamentos de temperaturas, realizado na primavera, no dia 11 de maio é, também, pertinente a realização de uma análise sinóptica da superfície, para uma melhor compreensão da evolução do estado de tempo e até mesmo das temperaturas que se fizeram sentir ao longo deste dia.

A partir das figuras 30 e 31 observa-se que Portugal Continental está sob influência do anticiclone dos Açores que se encontra a noroeste do Arquipélago dos Açores. Esta influência permite a movimentação de ar quente em direção ao território continental. No entanto, a presença da frente fria pode justificar o nevoeiro que se fez

sentir, neste mesmo dia, na parte da manhã. No caso de Coimbra, a partir das 10h30 o nevoeiro dissipou-se, ficando o céu limpo e um dia bastante soalheiro.

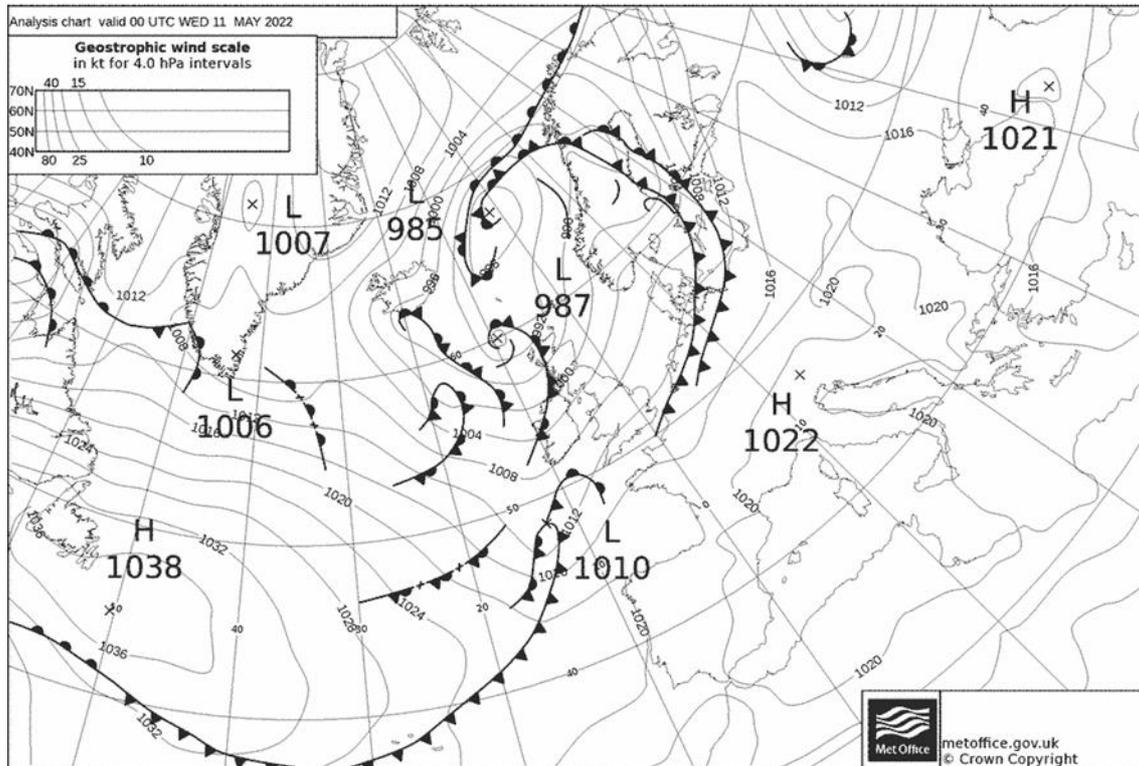


Figura 30: carta sinóptica de superfície (nmm), às 00h UTC, relativa à Europa (modelo UKMO) do dia 11 de maio de 2022. Fonte: wetterzentrale

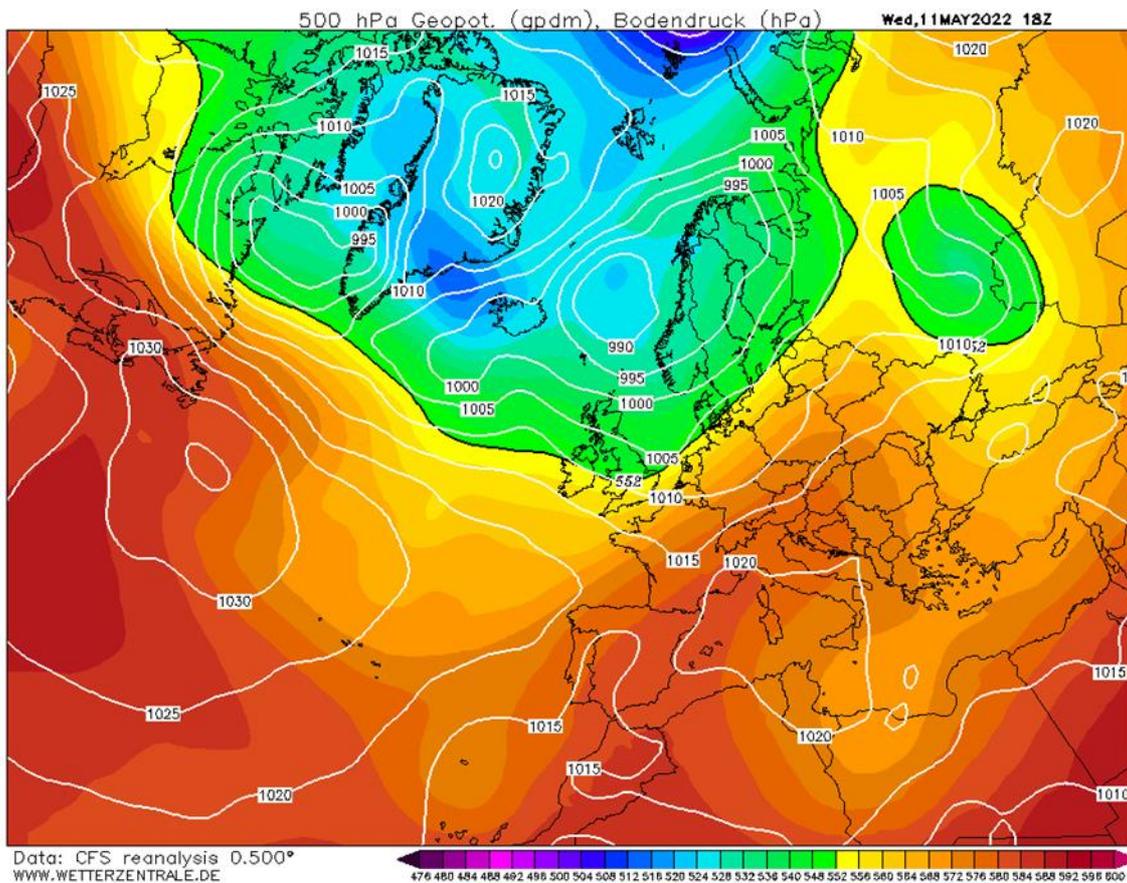


Figura 31: carta do campo de pressão à superfície (nmm) e do geopotencial e temperatura a 500hPa, às 00h, relativa à Europa (modelo GFS) do dia 11 de maio de 2022 Fonte: wetterzentrale

Manhã (Início às 9h30)

No dia 11 de maio, no percurso realizado na parte da manhã (figura 32), os resultados espelham a presença de nevoeiro matinal (até por volta das 10:30), tal como já tinha sido referido anteriormente, principalmente próximo do rio Mondego e dos setores mais baixos (margens do Mondego), mas também a presença de ar mais fresco na Alta da cidade, na mata e pomar do Jardim Botânico e nas cumeadas de Montes Claros e Conchada. É importante salientar, que o Jardim Botânico (terraços, Alameda das Tílias e quadrado central do Fontanário), no Parque Dr. Manuel Braga e o Parque Verde (margem direita) registaram-se temperaturas mais elevadas, provavelmente devido à evapotranspiração da vegetação arbórea caducifólia já existente neste momento de recolha de dados (primavera). Contudo, é na margem esquerda do rio Mondego (Parque da Canção e Parque Verde) que se registam as temperaturas mais elevadas desta manhã, julgo que por consequência da exposição solar que esta recebeu após a dissipação do nevoeiro, algo que não aconteceu com os pontos registados anteriormente.

A diferença térmica entre os diferentes setores da cidade onde se desenvolveram os levantamentos da manhã do dia 11 de maio foi na ordem dos 11,0°C, sendo a temperatura máxima registada de 21,97°C (Ponte de Santa Clara) e a temperatura mínima de 10,7°C (Rua Larga).

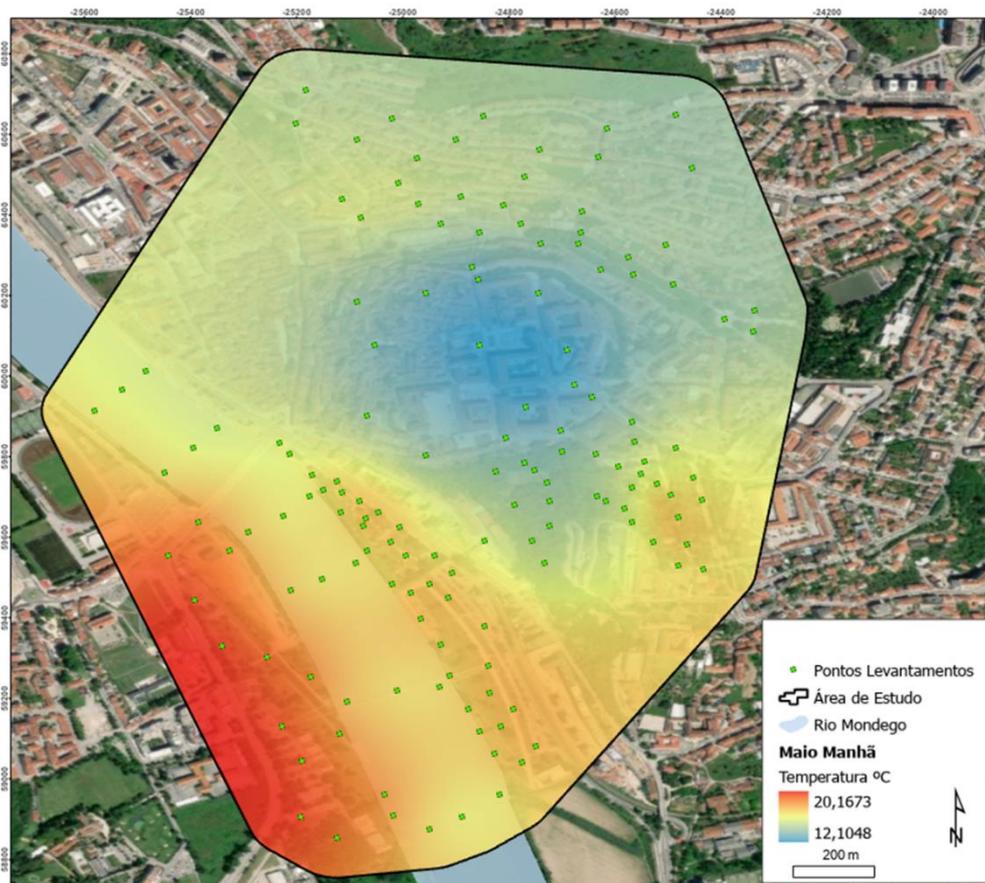


Figura 32: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da manhã no dia 11 de maio de 2022

Na análise da figura 33, cartograma referente ao período da manhã desta-se uma margem esquerda bastante mais quente do que margem direita, o que poderá ser justificado através da incidência de radiação solar desde o momento em que o nevoeiro se dissipou a meio da manhã na margem esquerda, o que não acontece na margem direita devido à sombra que a vertente voltada a oeste da colina da Universidade faz sobre esta margem do rio. Outro motivo poderá passar pela diferença horária de recolha entre os pontos, pois o percurso teve início no Parque Dr. Manuel Braga e terminou na Ponte de Santa Clara, na margem esquerda. Desta forma, é na margem esquerda do rio que se registam as temperaturas mais elevadas da análise, próximo da Ponte de Santa Clara (21,97°C) e no parque de estacionamento junto às piscinas do Mondego, um pouco devido a todos os fatores já mencionadas, mas também, muito graças a uma parte significativa

de solo se desenvolver em paralelepípedos em calcário (local do ponto de temperatura mais elevada – 21,73°C) e em alcatrão, sendo estes materiais propícios para a absorção do calor. De destacar a presença de uma célula de frescura¹¹ ao longo do rio, muito devido ao arrefecimento ocorrida durante a noite, demorando este mais tempo a aquecer do que o solo, e por isso é visível o contraste entre o rio e as suas margens. Costata-se, assim, que a exposição solar se assume como um ponto fulcral para as diferenças termicas do território.

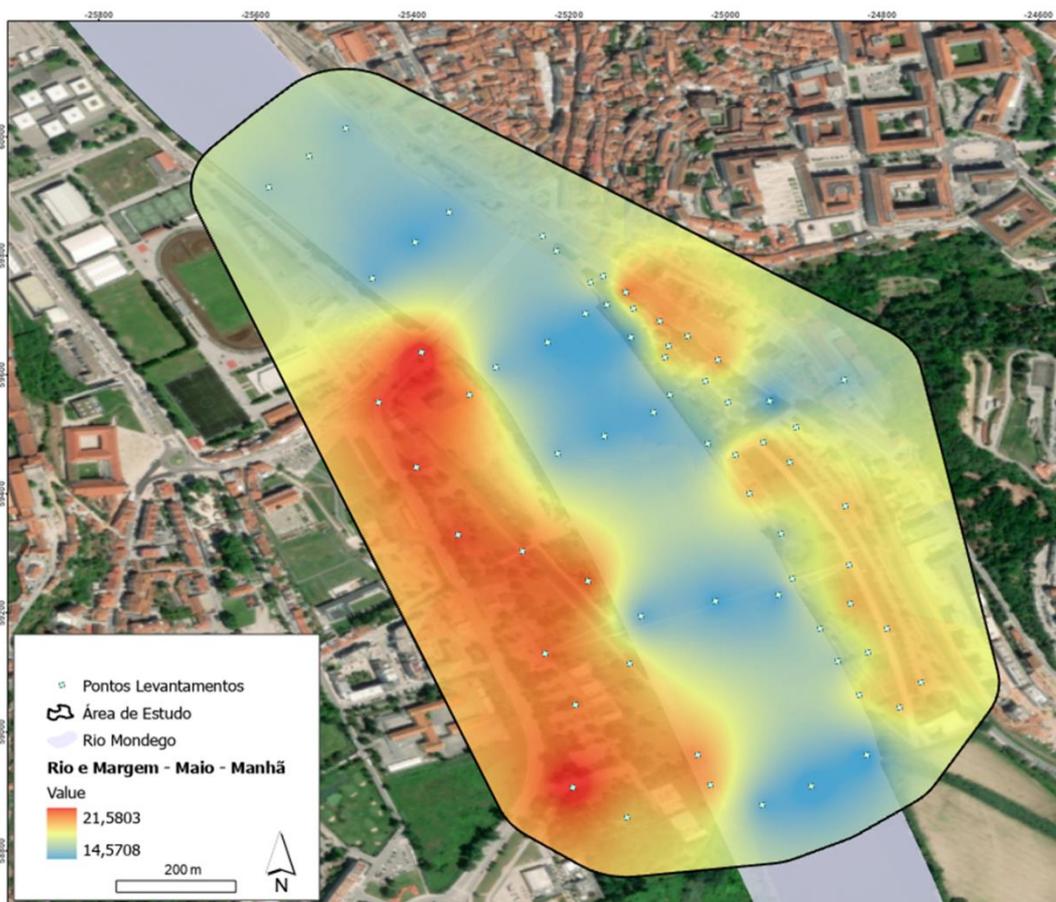


Figura 33: Campo térmico da área de estudo no período da manhã no dia 11 de maio de 2022

Tarde (Início às 15h30)

Analisando o cartograma (figura 34) do percurso realizado na tarde do dia 11 de maio parece tornar-se evidente a influência da folhagem do arbóreo de caducifólias, presentes em praticamente toda a área. A partir da sombra que estas oferecem, a entrada da radiação solar direta torna-se mais difícil, fazendo com que setores como o Parque Dr. Manuel Braga, a Av. Sá da Bandeira e alguns setores do Jardim Botânico, nomeadamente

¹¹ Importa referir que, é através do kriging que se obtém esta configuração, parecendo, assim, que estão presentes várias células de frescura, tendo sido assumida como apenas uma.

a Alameda das Tílias e o quadrado central do Fontanário, apresentem temperaturas menos elevadas (a 1,5 metros de altura). É de salientar a célula de ar mais fresco próximo da Alameda das Tílias, julgo que devido à folhagem das árvores que através das suas copas geram sombra impedindo que a chegada da radiação solar direta ao nível do solo. O mesmo acontece no quadrado central do Fontanário (Jardim Botânico), tendo ainda a influência do espaço azul, que se localiza no centro deste, ajudando ao ligeiro arrefecimento deste local. Em contrapartida, no Parque Verde (margem direita), no setor da restauração/bares, parque infantil e parque de estacionamento registaram-se temperaturas mais elevadas do que nas suas áreas envolventes, o que pode ser justificado não só devido aos materiais existentes com maior capacidade de absorção, mas também devido à menor densidade de arbóreo e mesmo com a maior concentração de população nestes locais. No entanto, observam-se temperaturas mais elevadas na colina da “Alta” da cidade e na cumeada onde se desenvolvem a Conchada e Montes Claros. É neste setor que se registam as temperaturas mais elevadas, mais concretamente na rua de Montarroio (28,51°C), travessa de Montarroio (28,63°C) e rua de Saragoça (30,11°C). Comparativamente ao percurso da manhã verifica-se que foi neste setor que também se registaram as temperaturas mais elevadas, apesar da influência de ar fresco nesta zona, o que poderá justificar-se devido à intensa aglomeração urbana e por se localizar numa vertente orientada a SW. De salientar, a ligeira diminuição nas temperaturas na Av. Sá da Bandeira, em resultado do efeito de sombra que a folhagem dos plátanos proporcionam, e ainda da sua própria morfologia, funcionando como um corredor mais fresco.

Desta forma, e tendo em conta todas as diferenças apresentadas entre os diferentes setores do espaço urbano, a diferença térmica da tarde primaveril do dia 11 de maio foi apenas de 2,8°C, com uma temperatura máxima de 27,9°C e uma temperatura mínima de 25,1°C.

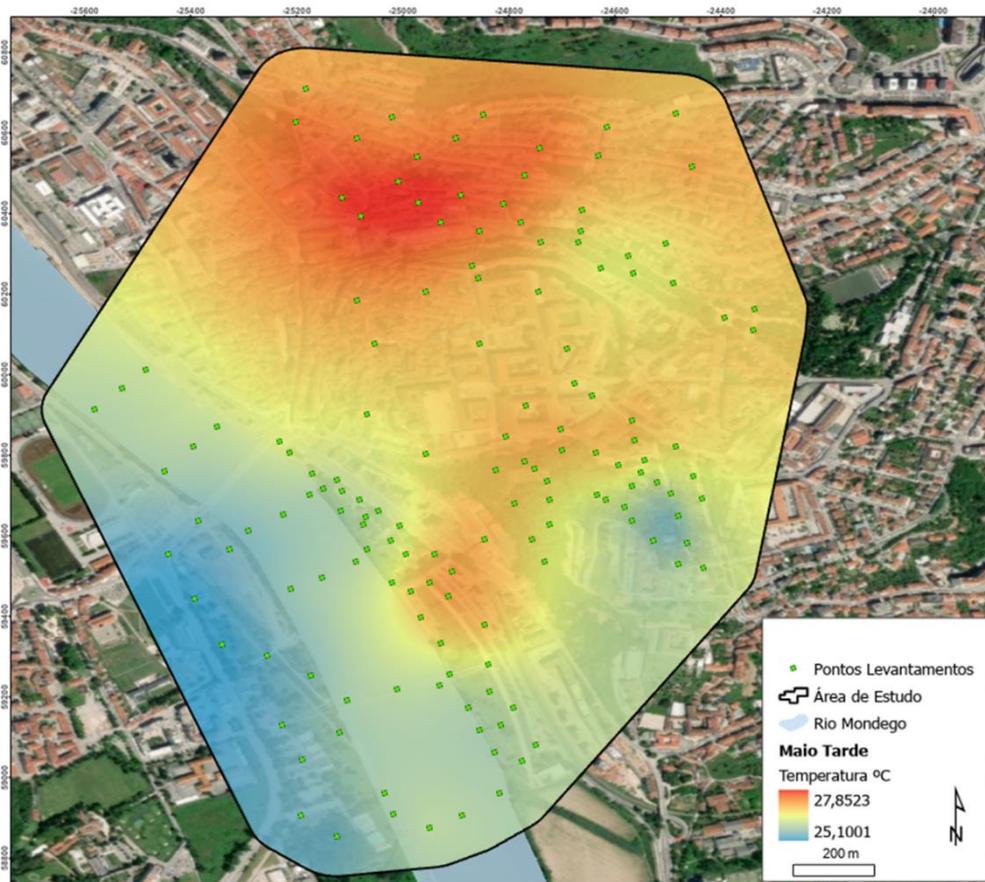


Figura 34: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da tarde no dia 11 de maio de 2022

Através do cartograma relativo à minha área de estudo (Figura 35), no percurso da tarde deste dia de primavera é possível corroborar muito do que já foi referido anteriormente. Ao longo da primavera, o desenvolvimento da folhagem das árvores caducifólias ajudam na proteção da radiação solar direta, impedindo que esta encontre um forte obstáculo na chegada ao solo, o que pode ser um motivo pela qual o Parque Dr. Manuel Braga e parte do Parque Verde (margem direita) registem temperaturas menos elevadas, visto que, em fevereiro estas árvores encontravam-se despidas e registaram-se temperaturas mais elevadas, comparativamente às áreas envolventes. Ainda assim, observa-se uma margem esquerda mais fresca do que a margem direita, acreditando que isto possa ter acontecido devido, não só ao desenvolvimento da folhagem das árvores, mas também devido ao posicionamento do sol, fazendo com que a radiação solar não chegue diretamente ao solo. De salientar, que na Mata junto ao Exploratório – Centro Ciência Viva de Coimbra se registou o ponto com a temperatura menos elevada (23,91°C) – a qual funciona como célula de frescura - o que poderá ser justificado devido às

características das árvores que lá se encontram (Choupos), sendo que são árvores de grande porte e que provocam um sombreamento muito significativo.

Tal como já foi referido anteriormente, é no Parque Verde (margem direita), no setor junto à restauração/bares, Parque Infantil, parque de estacionamento e bomba de combustível que se registaram as temperaturas mais elevadas deste percurso, não só devido aos materiais utilizados com maior capacidade de absorção do calor mas também devido à maior frequência de população que circulava nesta área e a elevada concentração de carros estacionados desde o início do dia no parque de estacionamento. Importa, ainda, referir que no setor do lençol aquático, o ponto mais próximo das piscinas do Mondego apresenta uma temperatura significativamente mais elevada (27,5°C), comparativamente com os restantes pontos, o que poderá ser justificado através da menor profundidade, fazendo com que o aquecimento deste local seja mais facilitado. Assim, como o ponto mais próximo da margem esquerda, antes da Ponte de Santa Clara (26,8°C) regista temperaturas mais elevadas, comparativamente aos restantes.

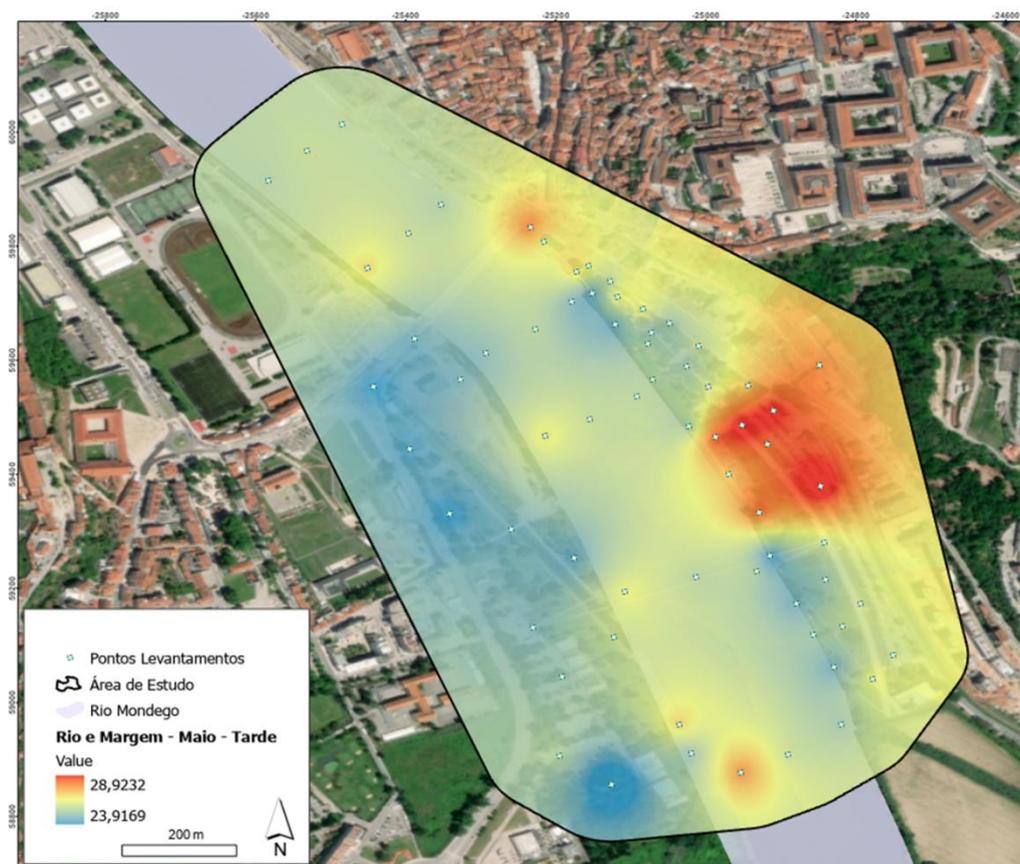


Figura 35: Campo térmico da área de estudo no período da tarde no dia 11 de maio de 2022

Noite (Início às 21h30)

Não fugindo muito do que já foi visto anteriormente, no percurso noturno do dia 11 de maio a diferença térmica é, também, pouco significativa (2,3°C), tendo em conta que a temperatura máxima registada no percurso foi de 18,1°C e a mínima foi de 15,8°C, valores estes que refletem que uma análise efetuada às diferenças entre setores será sempre relativa, embora proporcione um enquadramento térmico semelhante ao que até agora foi apresentado (figura 36).

Verifica-se, de modo algo evidente, a existência da ilha de calor urbano na Alta da cidade, entre a Couraça de Lisboa e as Escadas Monumentais, bem como ao longo de toda a cumeada de Conchada e Montes Claros, o que seria de esperar devido a vários estudos realizados por Ganho (1998) e Marques *et al.* (2009), no qual esta é caracterizada. Isto acontece devido à irradiação por parte do edificado, através do calor acumulado pelos edifícios e pelo solo ao longo do dia e que é libertado ao início da noite, fazendo com que se registre esta acumulação de temperaturas elevadas nos sectores de edificado quando comparados com as zonas rurais (assim como com os espaços verdes urbanos). É de referir, que é na Couraça de Lisboa que se regista a temperatura mais elevada (18,9°C). Em contraponto, é visível células de ar fresco em praticamente todo o Parque Verde (em ambas as margens), assim como no Jardim Botânico. De salientar, que a Praça da República e a Av. Sá da Bandeira registaram temperaturas menos elevadas, comparativamente com a área envolvente, devido à influência da sombra que a vegetação arbórea exerceu durante o dia. No que diz respeito ao plano de água do Mondego, observou-se neste início de noite que as temperaturas registadas se apresentam mais amenas relativamente às que se registaram nas margens.

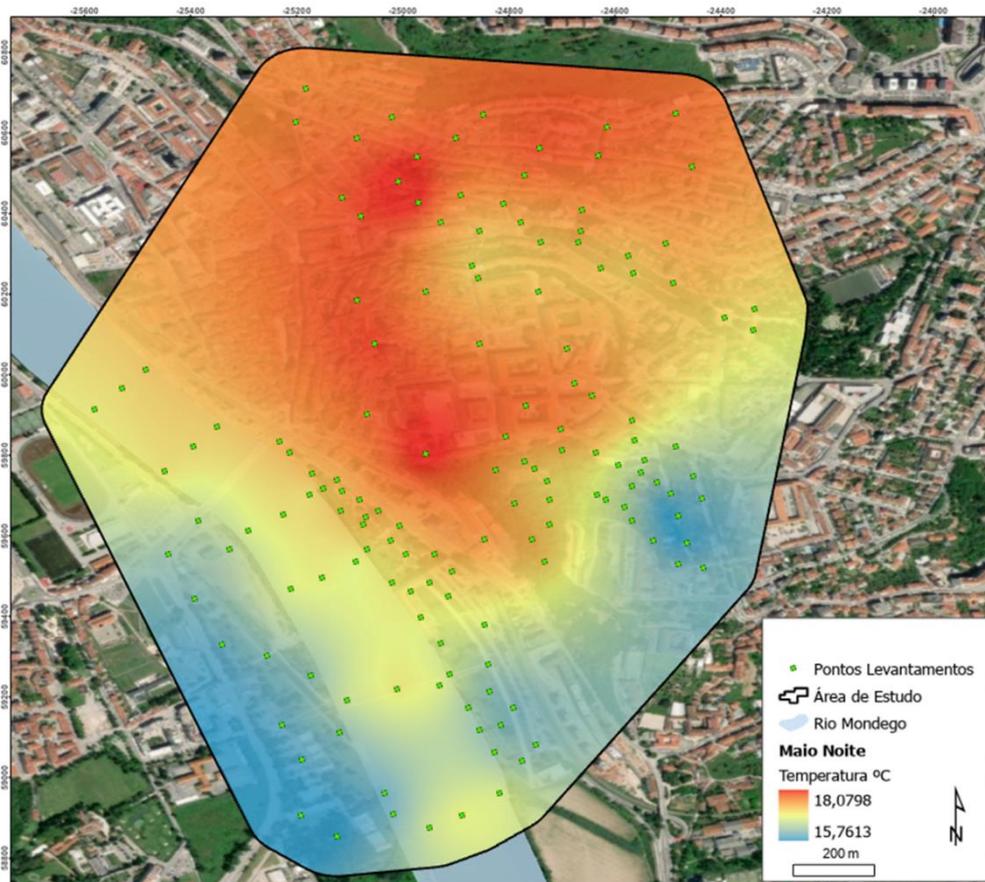


Figura 36: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da noite no dia 11 de maio de 2022

Tendo em consideração o cartograma deste dia primaveril, direcionada para a área em estudo (figura 37), é visível a presença de células de frescura em todo o Parque Verde (ambas as margens) e Parque da Canção, e o Parque Dr. Manuel Braga com temperaturas mais elevadas, o que pode ser justificado devido à presença de placas em zinco e acrílico que vedavam todo este parque em virtude das obras de requalificação, o que dificultavam a circulação do ar. Contudo foi no ponto junto ao portão inferior do Jardim Botânico que se registou a temperatura mais elevada (17,8°C), isto pode ter acontecido devido à proximidade com o edificado da Av. Navarro que irradiava o calor absorvido ao longo do dia. No que diz respeito aos registos efetuados no rio Mondego (6 eixos em todo o setor de contacto entre a cidade e o curso de água) observou-se que as temperaturas registadas a 1,5 metros da superfície da água se apresentam mais amenas relativamente às margens (temperaturas entre os 16,9°C e os 17,7°C). De salientar, que nesta noite o repuxo do rio Mondego se encontrava ligado e por isso é visível o registo de um ponto com uma temperatura menos elevada, comparativamente à sua área circundante.

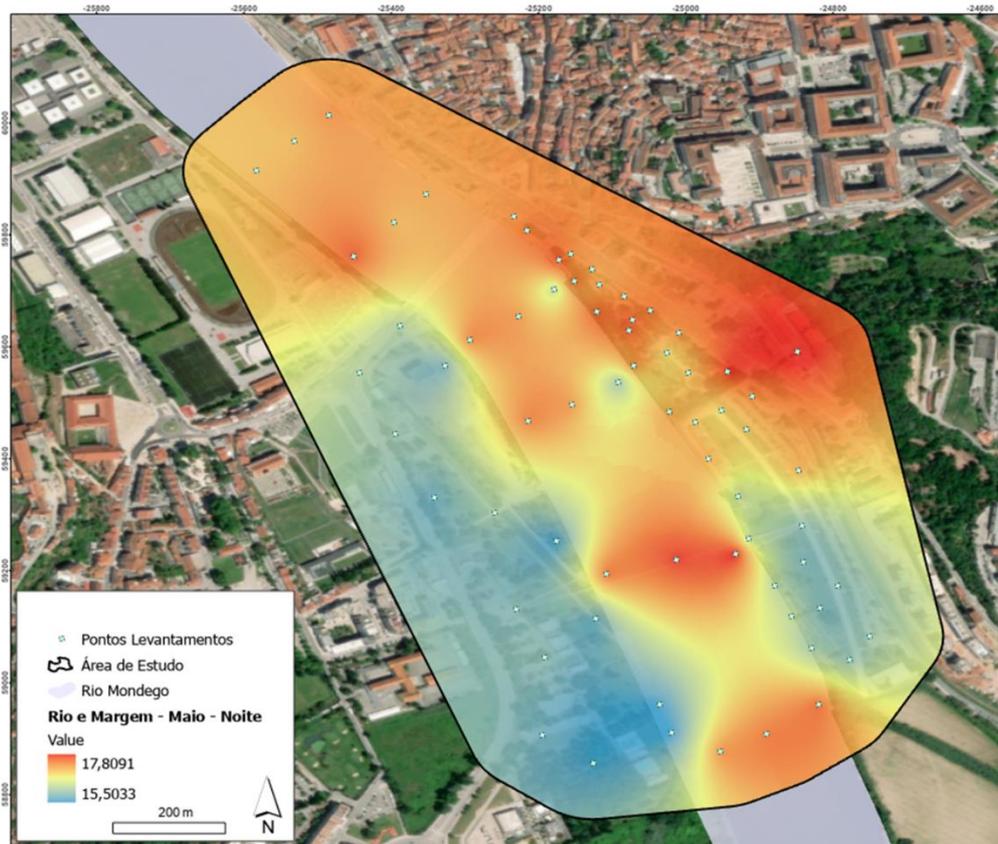


Figura 37: Campo térmico da área de estudo no período da noite no dia 11 de maio de 2022

4.3. Dia 8 de julho de 2022

Para o terceiro e último levantamento de temperaturas é, também, pertinente realizar a análise sinóptica, para compreender a evolução do estado do tempo e contextualizar a onda de calor pela qual Portugal (e grande parte da Europa) atravessava, registando temperaturas bastante elevadas ao longo de todo o território.

A partir da figura 38 e 39 é visível que Portugal Continental se encontrava sobre influência do anticiclone localizada a NW do continente, fazendo com que o dia 8 de julho de 2022 não apresentasse instabilidade atmosférica, com céu praticamente limpo, sendo um dia bastante soalheiro e quente, observando-se apenas uma pequena brisa durante parte da manhã.

Atraves da figura 40 observa-se a massa de ar quente sobre a Europa, o que justifica as temperaturas elevadas que se fizeram sentir neste dia e a onda de calor pela qual, praticamente, toda a Europa atravessava.

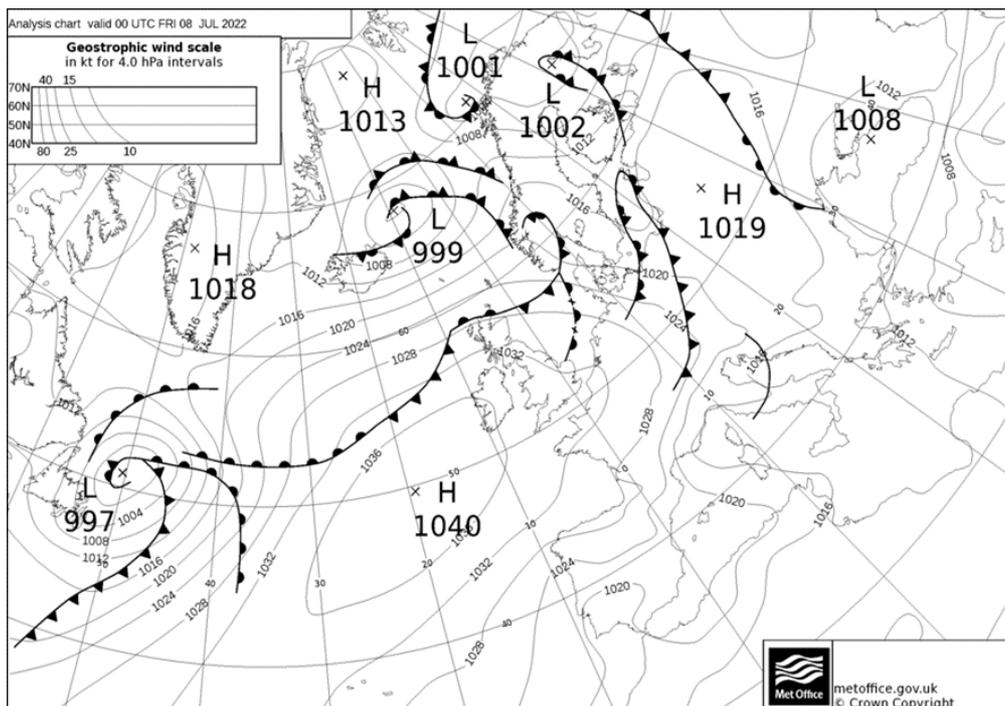


Figura 38: carta sinóptica de superfície (nmm), às 00h UTC, relativa à Europa (modelo UKMO) do dia 8 de julho de 2022. Fonte: wetterzentrale

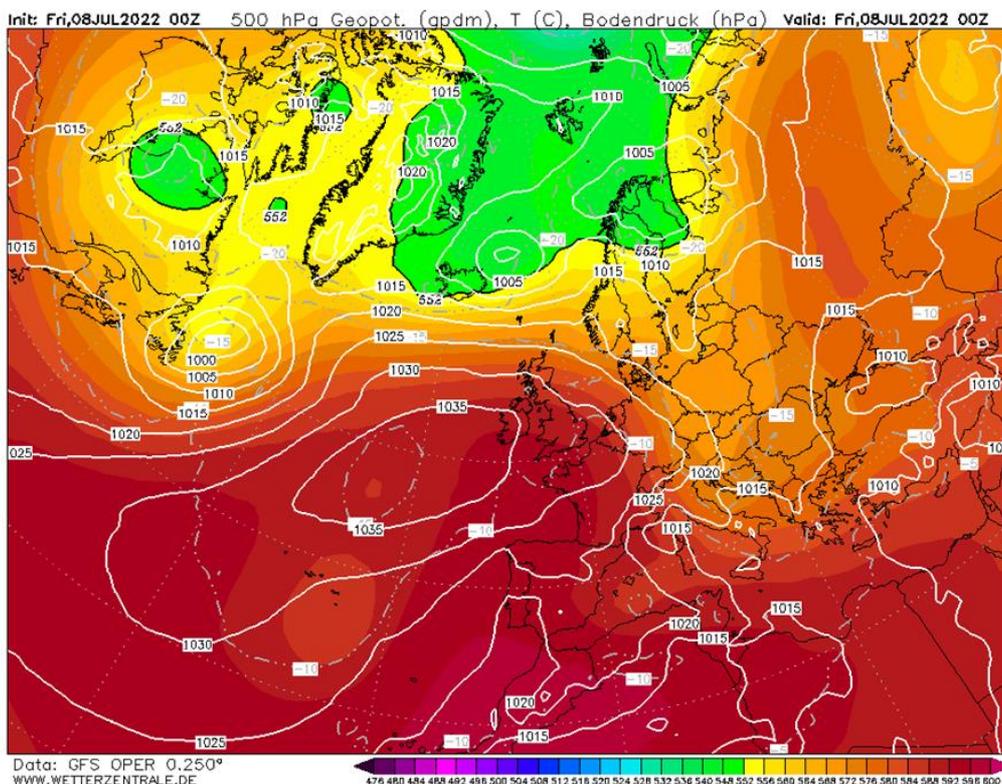


Figura 39: carta do campo de pressão à superfície (nmm) e do geopotencial e temperatura a 500hPa, às 00h, relativa à Europa (modelo GFS) do dia 8 de julho de 2022. Fonte: wetterzentrale

Manhã¹² (Início às 9h30)

Pelo o mês de julho, e até mesmo o ano de 2022, ter sido considerado dos mais quentes desde que há registo a escolha do dia para realizar a recolha de dados de temperaturas recaiu para o dia 8 de julho, por ser um dos dias de uma das ondas de calor. Os percursos deste dia assumiram-se como casos esclarecedores sobre muito do que se tem vindo a estudar em termos de dias anticlónicos de verão . Por este motivo observa-se no percurso realizado pela manhã a diferença térmica é de 7,7°C, visto que a temperatura máxima registada foi de 32,9°C e a temperatura mínima foi de 25,2°C (figura 40).

Observando o cartograma com os resultados obtivos na manhã do dia 8 de julho é visível diversos contraste ao longo da cidade. Deste modo, a Alta da cidade, apresenta várias situações de contraste, registando temperaturas mais elevadas em alguns pontos e menos elevadas noutros. Os setores expostos a N e NE apresentam temperaturas inferiores, e um pouco à semelhança do anteriormente referido, algo que pode ser justificado devido à sombra provocada pelo edificado ao longo de toda a manhã. Uma situação idêntica acontece no Jardim Botânico, que apresenta ar mais fresco próximo da mata e do pomar o que destoa bastante da temperaturas mais elevadas que se registaram nos socalcos e na Alameda das Tílias, aqui com alguma surpresa. No âmbito de análises algo diferente do observado nos dias de fevereiro e de maio, constatou-se que na Conchada e em Montes Claro, e principalmente no largo da Conchada, nas ruas Nicolau Chanterene e António José de Almeida observa-se a presença de ar mais fresco do que nos outros setores norte do espaço urbano. Porém, neste setor, na vertente voltada a SW, e no sentido do observado nos outros dias, é visível o registo de temperaturas mais elevadas devido à exposição solar que esta recebe nas primeiras horas do dia, pelo que a interpretação das temperaturas das cumeadas passam pela ligeira brisa que se observava nesse período. O Parque da Canção e o Parque Verde (margem esquerda) apresentam temperaturas amenas, sendo que ainda se encontrava sobre influência do ar fresco do rio Mondego, o mesmo não acontecendo no Parque Dr. Manuel Braga e no Parque Verde (margem direita), visto que registam temperaturas mais elevadas, um pouco devido à proximidade com áreas artificializadas e, também, devido à diferença horária, uma vez que estes pontos coincidem com o final do percurso (já próximo do 12h).

¹² Importa referir que neste dia de campanha de levantamento de temperaturas, no período da manhã, o percurso foi efetuado ao contrário do habitual, sendo que, teve início no Parque da Canção e terminou no Parque Dr. Manuel Braga. E ainda neste dia o Parque Dr. Manuel Braga já não se encontrava em obras, logo já não estava vedado.

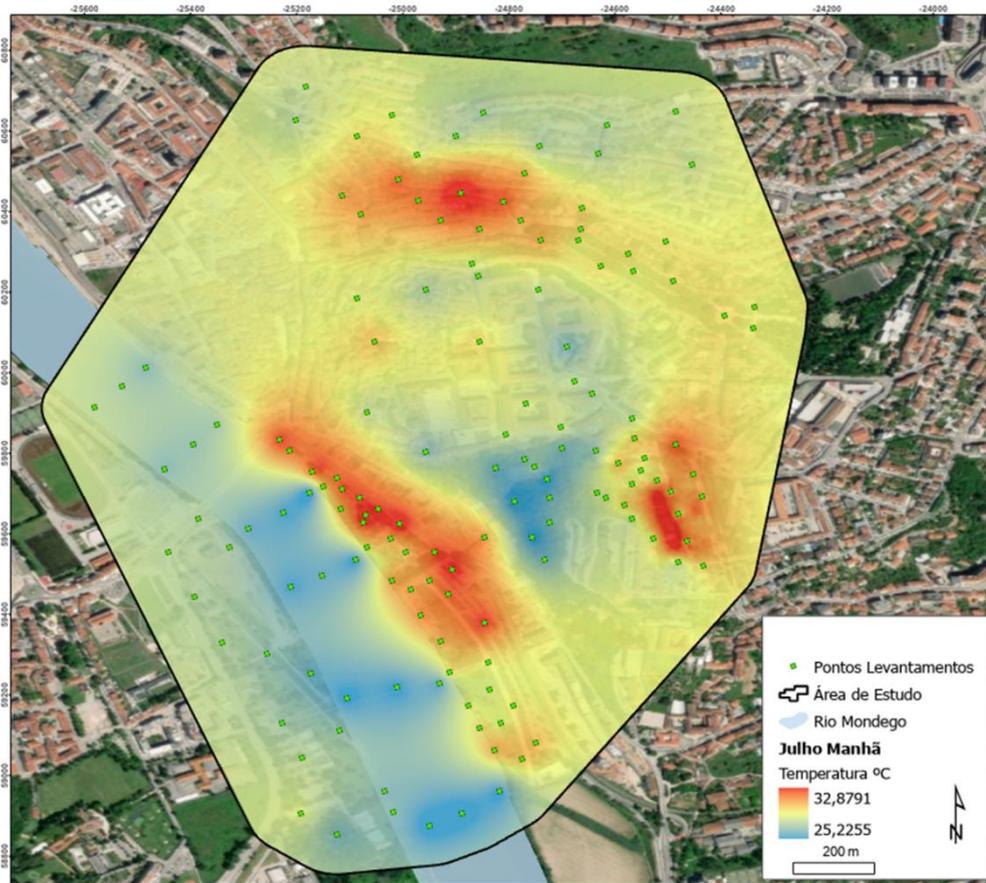


Figura 40: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da manhã no dia 8 de julho de 2022

Partindo para uma análise mais detalhada (figura 41), no período da manhã do dia 8 de julho observa-se uma margem esquerda mais fresca do que a margem direita, o que poderá justificar-se pelo horário de recolha de dados (o trajeto foi efetuado inversamente), sendo visível a influência do ar fresco do rio Mondego atenuando as temperaturas na margem esquerda, mesmo que esta margem receba radiação solar direta nas primeiras horas do dia. Outro motivo, poderá passar pelo sistema de rega do Parque Verde (margem esquerda) estar ligado no período da recolha dos dados de temperaturas, o que terá significado uma maior existência de humidade. A margem direita apresenta temperaturas mais elevadas, principalmente no Parque Dr. Manuel Braga e no parque de estacionamento do Parque Verde, o que se apresentam com condições de base significativamente diferentes. Se, no primeiro espaço o arbóreo estava com grande desenvolvimento, o que parece ter acontecido, deve-se ao fenómeno extremo pela qual o país atravessava (onda de calor), e ainda, pelo horário de recolha, sendo que este foi o único percurso que teve início no Parque da Canção e terminou no Parque Dr. Manuel Braga (já bastante próximo do 12h). Desta forma, foram registadas as temperaturas mais

elevadas no Parque Dr. Manuel Braga (32,48°C) e no parque de estacionamento do Parque Verde (margem direita) (32,05°C). No que diz respeito ao plano de água do açude é visível que temperaturas mais elevadas se verificam a jusante, tal como já tinha sido observado noutros dias em análise. Isto poderá ser justificado, como referido, devido às paredes de betão contruídas na margem direita do rio até ao setor da restauração/bares (“Docas”) do Parque Verde, provocando uma aquecimento mais rápido deste setor devido à maior capacidade de absorção do calor que este material possui, o que não acontece a montante, sendo um espaço amplo e ventilado.

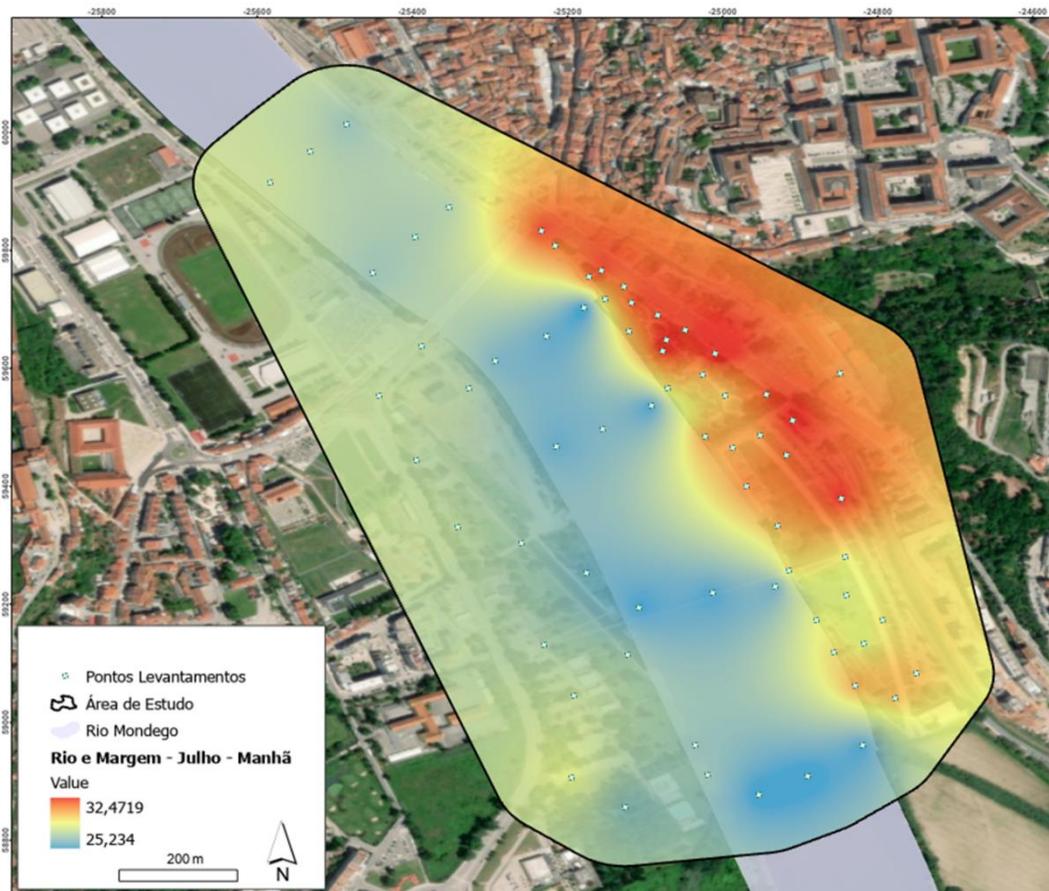


Figura 41: Campo térmico da área de estudo no período da manhã no dia 8 de julho de 2022

Tarde (Início às 15h30)

Na tarde de 8 de julho (figura 42) é visível a existência de temperaturas bastante elevadas por toda a cidade, o que era de esperar, tendo em conta a onda de calor pela qual todo o país atravessava. Estas temperaturas mais elevadas são notórias principalmente nas vertentes voltada aos quadrantes de sul, como é bom exemplo o setor de Montarroio, o que já tinha sido observado noutros dias em análise, por força da exposição solar que este recebe e devido à densidade urbana deste local, não recebendo sombra durante toda

a tarde. E ainda, o parque de estacionamento do parque verde (margem direita), mais concretamente o setor das traseiras da restauração/bares e do posto de abastecimento, o que seria expectável pois a ausência de vegetação e os materiais de cobertura do solo são propícios para a ocorrência de temperaturas mais elevadas (40,18°C). Contudo, são ainda visíveis as células de ar mais fresco, como por exemplo na Av. Sá da Bandeira, devido à sombra provocada pela copa das árvores e pela própria colina da Universidade, contribuindo ainda para a amenização das temperaturas, e mesmo o pequeno lago artificial presente no centro da avenida, embora sem grande demonstração. No Jardim Botânico a célula de ar fresco é um pouco mais intensa, por motivos da sombra provocada pela vegetação arbórea e pelo próprio Fontanário, demonstrando, assim, a influência dos espaços verdes e azuis na amenização das temperaturas extremas. Focando nos espaços azuis, no setor em análise do rio Mondego, observa-se um ar fresco que atenua as temperaturas.

No entanto, com estas temperaturas bastante elevadas seria de esperar uma maior diferença de temperaturas entre os espaços verdes e os espaços cinzentos, o que não se verificou. A diferença térmica desta tarde no seio da cidade foi de apenas de 2,1°C, registando uma temperatura máxima de 38,5°C e uma temperatura mínima de 36,4°C.

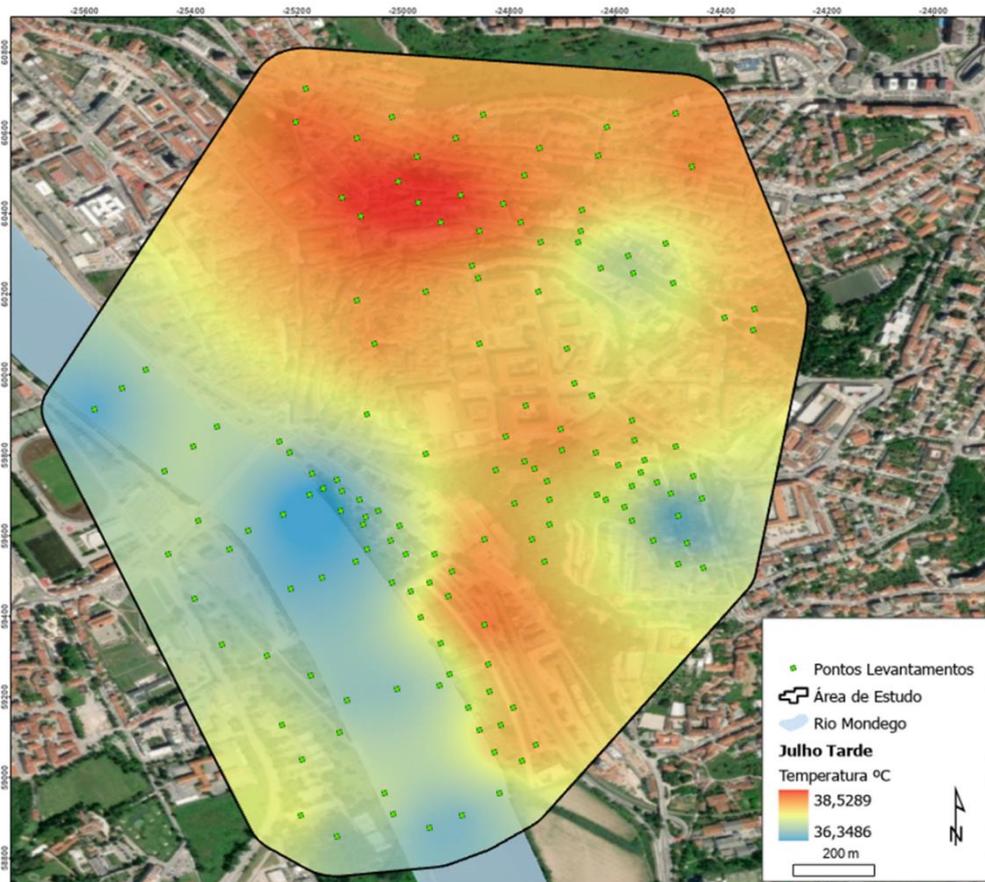


Figura 42: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da tarde no dia 8 de julho de 2022

Através da análise do cartograma do dia 8 de julho (figura 43), referente ao setor do rio Mondego e das suas margens é claramente notório a influência dos espaços azuis na atenuação das temperaturas, visto que segundo Wu et, al. (2019:2) os espaços azuis podem emitir radiação de onda longa com mais eficiência para arrefecer a superfície. Assim, observa-se um setor do lençol aquático com ar mais fresco e as suas margens com temperaturas amenas, com exceção do Parque Verde (margem direita), o que pode ser justificado devido à presença de áreas impermeabilizadas - parque de estacionamento, restaurantes/bares, parque infantil e pavilhões de exposições -, fazendo com que haja uma maior capacidade de absorção do calor. Outro motivo poderá passar pela menor quantidade de vegetação arbórea de grande porte (permitindo que a radiação solar chegue até ao solo) e uma maior comunidade de vegetação herbácea e arbustiva, não tendo um impacto tão eficaz no combate às elevadas temperaturas. No Parque Dr. Manuel Braga¹³

¹³ É importante referir que neste dia o Parque Dr. Manuel Braga já não se encontrava cercado pelas placas de zinco, permitindo, assim, uma maior circulação do ar.

observa-se ar mais fresco devido à influência do rio e ainda devido à vegetação arbórea, que através das copas das árvores dificulta a entrada de radiação solar direta.

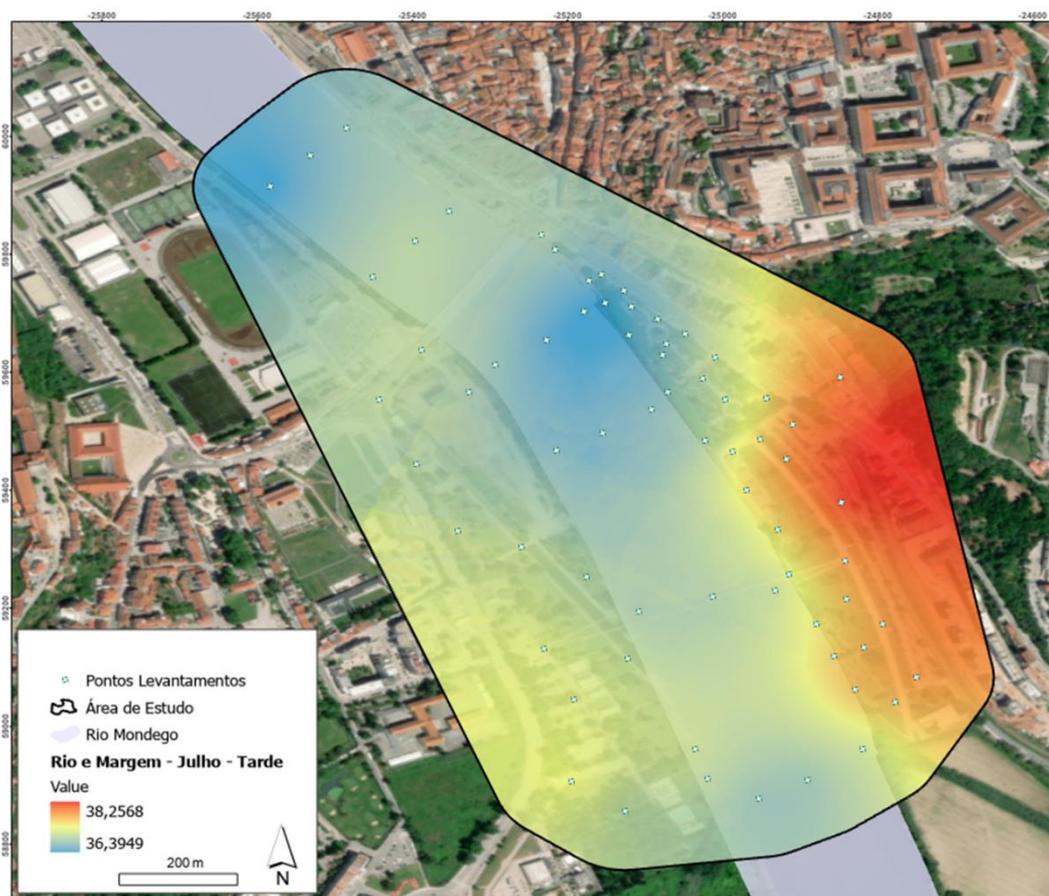


Figura 43: Campo térmico da área de estudo no período da tarde no dia 8 de julho de 2022

Noite (Início às 21h30)

No que diz respeito ao período da noite no dia 8 de julho (figura 44), é claramente notório a Ilha de Calor Urbano (ICU), localizada na Alta da cidade, entre a Couraça de Lisboa e as Escadas Monumentais, e também ao longo de toda a cumeeada de Conchada e Montes Claros. Isto acontece devido à irradiação por parte do edificado, através do calor acumulado pelo solo e pelos edifícios ao longo do dia e é libertado ao início da noite, fazendo com que se registre esta acumulação de temperaturas elevadas. Em praticamente toda a área se registaram temperaturas elevadas, com exceção do quadrado Central do Jardim Botânico, socalcos e Alameda das Tílias que já durante a tarde apresentava uma célula de frescura. De salientar, a ligeira diminuição das temperaturas, comparativamente à área envolvente, da Av. São da Bandeira e Praça da República, no qual a vegetação arbórea é fundamental durante o dia para este atenuar das temperaturas (27°C). Também no Parque Verde (margem esquerda), rio Mondego e Parque da Canção está presente uma

massa de ar mais fresco, permitindo que as temperaturas nestes locais sejam mais amenas, mostrando, assim, a influência dos espaços verdes e azuis nestes locais.

Contudo, a diferença térmica foi mais significativa nesta noite, o que vem comprovar a importância dos espaços verdes e azuis no arrefecimento do espaço urbano. Sendo que foi registado uma diferença térmica de 7,2°C (temperatura máxima de 29,9°C e temperatura mínima de 22,7°C), valor que na noite deste dia mostra não só a dimensão e intensidade da ICU de Coimbra, mas também o papel dos espaços verdes e azuis a funcionarem como células de ar fresco na regulação climática urbana.

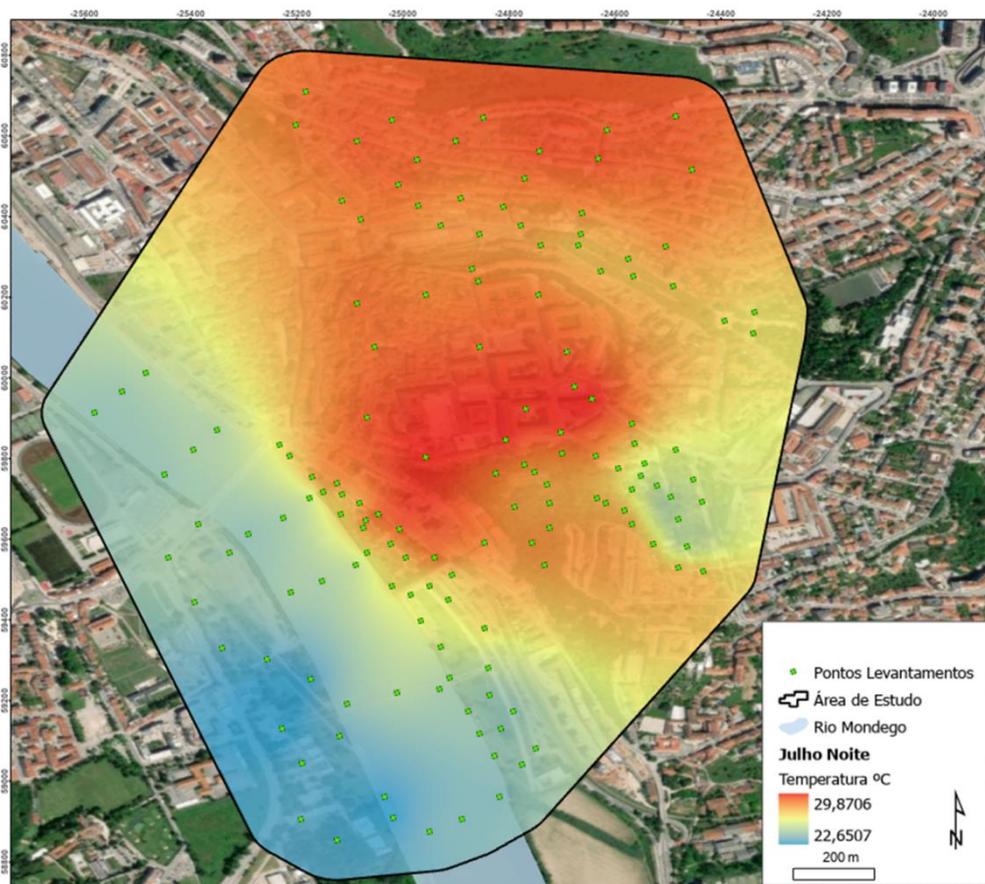


Figura 44: Campo térmico da cidade de Coimbra no período da noite no dia 8 de julho de 2022

Esta última constatação sai reforçada pela análise mais detalhada da área de estudo (figura 45), na qual se registaram as temperaturas menos elevadas, isto em praticamente toda a área, com exceção do Parque Dr. Manuel Braga, o que poderá ser justificado pela proximidade do edificado, sendo que estes libertam o calor acumulado ao longo do dia, fazendo com que haja o registo de temperaturas mais elevadas nestes locais. Contudo, e apesar de na margem esquerda do rio se registarem temperaturas menos elevadas é visível uma diferença entre o Parque da Canção (temperaturas mais amenas) e o Parque Verde

(margem esquerda) – temperaturas mais frescas – um pouco em resultado da presença das atividades associadas às Festas da Cidade na Praça da Canção. No que diz respeito ao curso de água, e tal como já tinha sido visto em dias anteriores, o setor a jusante apresenta temperaturas ligeiramente superiores ao setor a montante, devido às paredes construídas em betão desde a ponte do Açude até à zona da restauração/bares do Parque Verde, com intenção de mitigar o risco de cheias e inundações bastante frequentes em Coimbra.

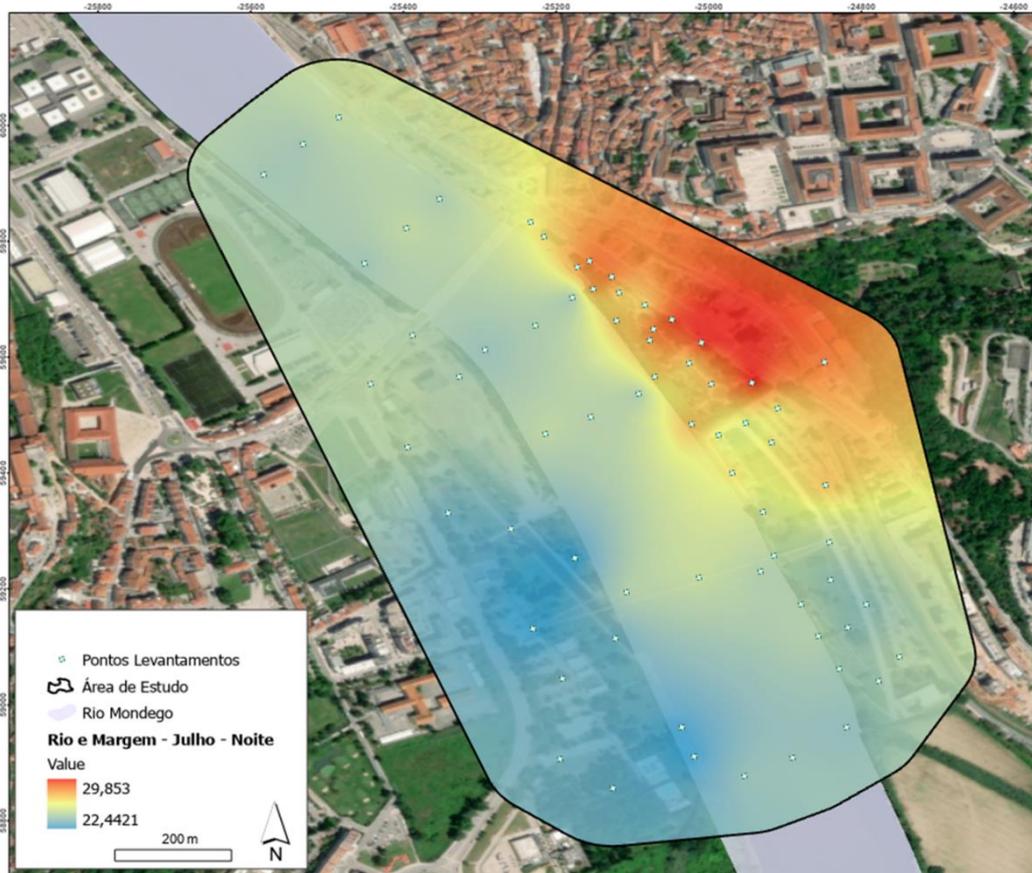


Figura 45: Campo térmico da área de estudo no período da noite no dia 8 de julho de 2022

4.4. Análise da temperatura na vertical

Tal como já foi referido, foi realizada com recolha de temperaturas na vertical, com o intuito de compreender a importância do arbóreo na microclimatologia. No qual, se dividiu em dois setores, sendo o primeiro uma recolha totalmente à superfície, na Mata de Choupos da Piscina Jaime Lobo/Exploratório, para compreender as diferenças ao longo do ano (diferentes estações). E o segundo uma recolha em altura (3m), para analisar as diferenças na vertical, mesmo tendo em conta que as diferenças não seriam significativas.

Desta forma, os resultados obtidos nos data loggers fixos e nos data loggers moveis foram cruzados, sendo possível compreender as diferenças térmicas na vertical e a entender a influência das árvores – fuste e copa - nas temperaturas. A análise foi realizada comparando temperaturas recolhidas a 1,5m de altura (data loggers móveis) e a 3 m (data loggers fixos), apenas dos dias em que ocorreram campanhas de recolha de dados, ou seja, 11 de maio e 8 de julho.

Desta forma, foi possível verificar que, no setor das Piscinas, no período da manhã registaram-se temperaturas mais elevadas a 1,5m (18,61°C) do que 3m (16,62°C), provavelmente devido à diferença de constituição do solo – solo em terra no último e asfalto no primeiro, o que levou a diferente irradiação. Já no período da tarde e da noite, as temperaturas registaram-se menos elevadas a 1,5m (23,91°C e 15,56°C, respetivamente) do que 3m (26,26°C e 16,42°C, respetivamente) o que poderá ser justificado devido à presença de uma ligeira brisa a 1,5m e até mesmo da própria sombra provocada pela copa da árvore, tornando as temperaturas a 1,5m mais amenas (figura 46). No entanto, as diferenças não são muito significativas.

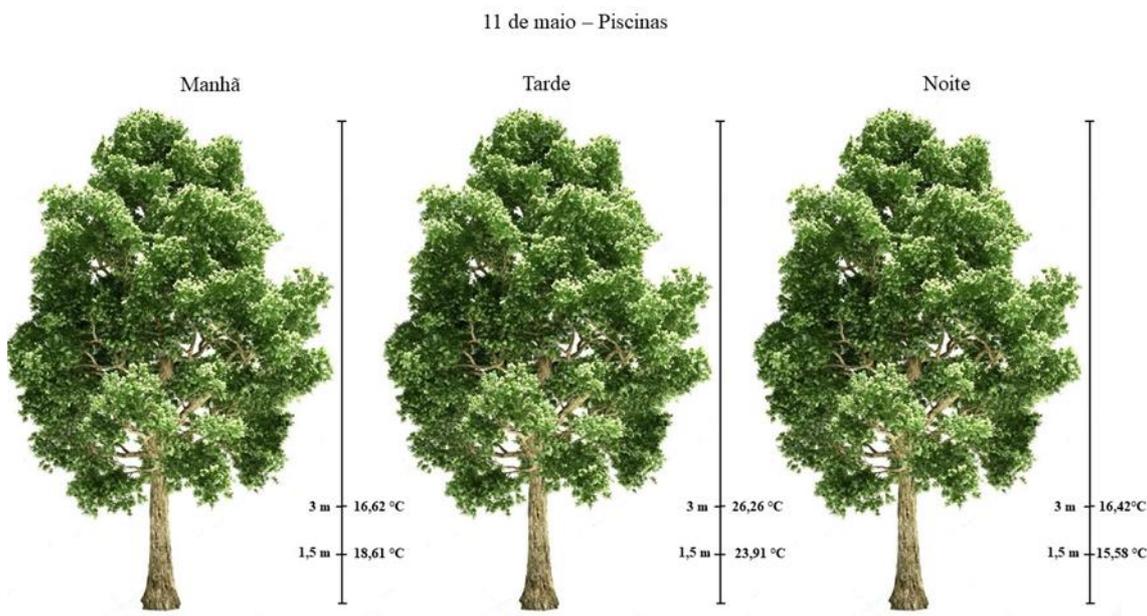


Figura 46: Temperaturas na vertical no dia 11 de maio nas Piscinas do Mondego

No que diz respeito ao dia 8 de julho, relativamente às Piscinas, denota-se que tanto no período da manhã como no período da tarde as temperaturas a 1,5 metros (26,49°C e 35,56°C, respetivamente) encontravam-se ligeiramente mais elevadas do que a 3 metros (25,89°C e 34,76°C, respetivamente), sendo uma diferença pouco significativa (cerca de 0,5°C). Acredita-se que esta diferença pode ser justificada pelo porte e dimensão

da copa da vegetação arbórea presente neste local, uma vez que a parte superior da copa da árvore provoca sombra para este local. Já no período da noite, a temperatura a 1,5m é menos elevada (23,03°C) do que a 3m (24,22°C), embora que não seja, também, uma diferença muito significativa, o que poderá dever-se à influência do rio Mondego, uma vez que em altitude as massas de ar quente que se desenvolveram ao longo do dia ainda se mantêm. Importa referir a onda de calor pela qual o país atravessava influenciando, claramente, as temperaturas (figura 47).

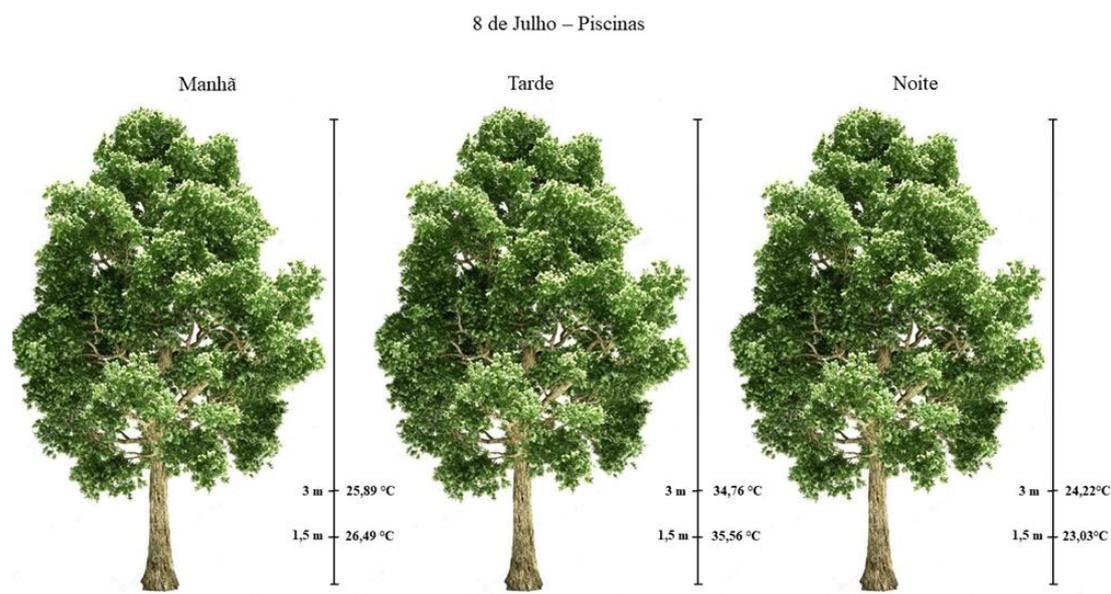


Figura 47: Temperaturas na vertical no dia 8 de julho nas Piscinas do Mondego

Assim como referido na metodologia, no dia 8 de julho, correspondendo a um dia de recolha de dados de temperatura, efetuou-se, ainda, dois perfis térmicos em altitude (utilizando uma sonda acoplada a um drone). Os dados foram coletados, apenas, no período da noite.

Os perfis para o Parque Verde (margem direita) e para a Mata do Exploratório – Ciência Viva de Coimbra, apresentam-se semelhantes. No entanto, observa-se que o Exploratório registou temperaturas mais elevadas (entre os 23°C e 26°C) do que o Parque Verde (entre os 22°C e os 25°C). Isso pode ser explicado devido às características do local, tendo em conta a presença elevada de vegetação arbórea no Exploratório, que tal como referido por Ganho (1996) estes espaços possuem uma grande capacidade de absorção de energia, contudo, têm uma maior disponibilidade de água, e que através do processo de evapotranspiração é retida pelos solos e transferida para o ar, o que

corresponde a um incremento do fluxo de calor latente em detrimento do fluxo de calor sensível, o que origina um arrefecimento das folhas e do ar envolvente.

O perfil térmico do Parque Verde nos primeiros metros de altitude apresenta um ligeiro aquecimento. A irradiação por parte do solo parece ser um dos principais motivos para este aumento de temperaturas. Nos 20 metros seguintes, apresenta uma ligeira diminuição da temperatura o que pode ser justificada pela proximidade com o lenço aquático. Nos 125 metros seguintes é visível uma lógica de aquecimento, sendo que, há um aumento das temperaturas em altitude.

No que concerne ao perfil térmico do Exploratório (figura 48), nos primeiros metros de altitude apresenta, também, um ligeiro aquecimento. O que poderá ser justificado através da irradiação por parte do solo, uma vez que neste local o solo se encontra impermeabilizado, fazendo com que haja uma maior absorção do calor durante o dia. Da superfície até cerca de 50m há um aumento mais rápido das temperaturas, julgo que devido ao efeito de arrefecimento que as árvores proporcionam durante o dia, e a inércia térmica provocada pela evapotranspiração e pelo aumento de humidade (Cordeiro in press). Nos restantes 100 metros é visível a mesma lógica de aquecimento do Parque Verde.

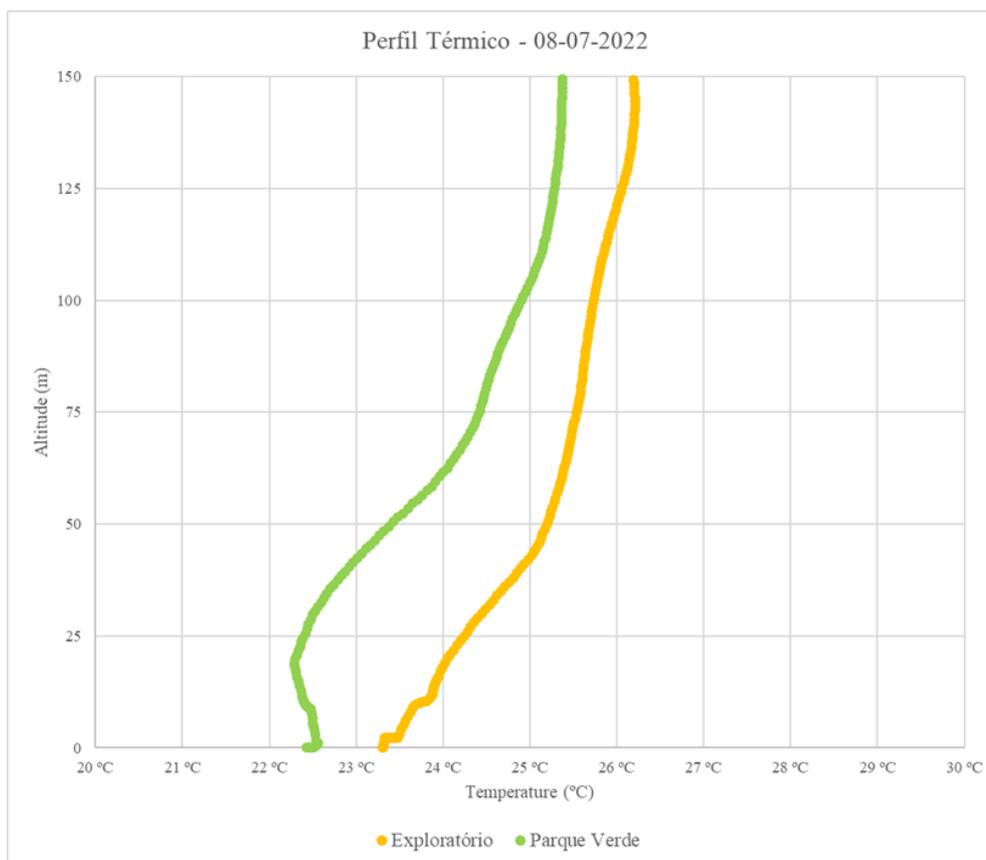


Figura 48: Perfil térmico do dia 8/07/2022 Fonte: Silva, inédito

4.5. Discussão dos resultados

Nos dias de correr, um dos desafios mais importantes da própria humanidade é a procura por soluções que promovam a resiliência urbana no que diz respeito às alterações climáticas e à descarbonização. Deste modo, este estudo procurou aprofundar o conhecimento do papel dos espaços azuis e verdes na regulação térmica do espaço urbano consolidado, através da medição de temperaturas com a utilização de sensor térmico. A recolha dos dados foi realizada, e de seguida utilizando a ferramenta kriging foram realizados cartogramas para que fosse desenvolvida uma análise dos três dias em estudo (28 de fevereiro – inverno, 11 de maio – primavera e 8 de julho – verão), e ainda nos três momentos de cada dia (manhã, tarde e noite). Assim, os resultados obtidos parecem ter demonstrada a influência que os espaços azuis e verdes possuem na regulação climática da cidade.

Desta forma, os resultados demonstram muito do que já é conhecido sobre a relação do ambiente urbano com os espaços azuis e verdes, mas mostra, também, algumas particularidades importantes. Assim, comparando as manhãs dos três dias em análise denota-se a célula de frescura na Alta da cidade, o que poderá justificar-se com o arrefecimento noturno. Analisando as manhãs da área em estudo denota-se que tanto no dia 28 de fevereiro como no dia 11 de maio as temperaturas revelaram-se bastante semelhantes, o mesmo não acontecendo no dia 8 de julho, no qual foi visível a situação inversa dos outros dias em análise. O que poderá ser justificado, pela intensa onda de calor pela qual o país atravessava, e ainda, devido à realização do percurso ao contrário neste dia de verão, sendo que este teve início no Parque da Canção e terminou no Parque Dr. Manuel Braga.

No que diz respeito à parte da tarde, numa análise geral observa-se na Alameda das Tílias que nos meses em que vegetação já estava presente (maio e julho) as temperaturas registaram-se menos elevadas do que no mês de fevereiro, pois neste as árvores encontravam-se despidas. No setor da área em estudo, observando todos os dias em análise, é interessante que é apenas na recolha de dados realizada no inverno (28 de fevereiro) que o Parque Dr. Manuel Braga se encontra com temperaturas mais elevadas, o que pode ter acontecido devido à inexistência de folhagem nas árvores de folha caduca nesta altura do ano, fazendo com que a radiação solar chegue diretamente ao solo. Assim, conseguimos aperceber-nos a influência que o espaço arbóreo tem na amenização das temperaturas. Já no Parque Verde (setor do parque de estacionamento, restauração/bares e parque infantil) observam-se temperaturas mais elevadas nos três dias em análise, neste período do dia, devido aos materiais de revestimento do solo, cuja capacidade de albedo e/ou retenção da energia recebida é significativa. No que diz respeito ao setor do rio, analisando este período do dia (tarde) é notório que na recolha realizada em maio e em julho (primavera e verão) a influência dos espaços azuis, sendo visível um prolongamento do ar fresco sobre o rio para as suas margens, contribuindo para a amenização das temperaturas. Importa ainda referir que no dia 28 de fevereiro e no dia 11 de maio registaram-se diferentes temperaturas a montante (sendo mais frescas devido à ventilação existente nas margens em vegetação e mais baixas) e a jusante (sendo mais quentes devido à estrutura em betão construída recentemente até ao setor da restauração/bares na margem direita).

Por último, no que diz respeito às noites, denota-se que a ilha de calor urbano é comum a todos os dias da análise o que poderá justificar-se devido a ser uma área densamente urbanizada, e por isso, existe uma grande quantidade de irradiação, através do calor acumulado ao longo do dia. Na área de estudo em análise denota-se que o Parque Dr. Manuel Braga é sempre o setor que regista as temperaturas mais elevadas, o que pode ser justificado pela proximidade com o edificado, uma vez que estes libertam o calor acumulado ao longo do dia, fazendo com que estes locais possuam temperaturas mais elevadas. Outro motivo poderá passar pela existência de obras e pela sua vedação com placas de zinco e acrílico impedindo a circulação do ar, mas apenas nos dias das campanhas de fevereiro e maio, pois no dia 8 de julho este já tinha sido aberto ao público. O contrário se regista no Parque Verde – margem direita – (setor junto ao Pavilhão de Portugal), visto que em todos os dias de recolha de dados este apresenta temperaturas mais frescas, devido a ser um espaço amplo e de maior arejamento. Quanto ao lençol aquático do açude denota-se que, no período da noite, tanto em fevereiro como em maio este regista temperaturas mais elevadas a jusante do que a montante, e em maio apresenta temperaturas mais elevadas do que as próprias margens. O mesmo não acontece na recolha realizada no mês de julho. Através da análise da temperatura na vertical denota-se que tanto no mês de maio como no mês de julho, no período da manhã as temperaturas registadas a 1,5m são mais elevadas do que a 3m, já no período da noite a 3m verificam-se temperaturas mais elevadas do que a 1,5m, talvez à influência do rio Mondego, e ainda, através da presença de uma pequena brisa a 1,5m.

Em conclusão, a partir destes resultados denota-se perfeitamente a importância dos espaços verdes na regulação do clima urbano, assim como dos espaços azuis, possuindo a capacidade de tenuar o impacto das Ilha de Calor Urbano. Revelam, ainda, como se comportam os espaços verdes e azuis em fenómenos extremos, como o caso da onda de calor pela qual, o país (e a Europa) estão cada vez mais a passar. Desta forma, é fundamental que os urbanistas dos dias de hoje tenham em consideração a criação de espaços verdes (e até mesmo azuis) dentro das cidades.

Conclusão

A análise das diferenças de temperatura no Parque Verde do Mondego (ambas as margens), no Parque Dr. Manuel Braga, no Parque da Canção e no rio Mondego, durante 3 dias (1 dia de inverno, 1 dia de primavera e 1 dia de verão), em 3 momentos do dia (manhã, tarde e noite) vieram confirmar o papel dos espaços verdes e azuis como reguladores térmicos. Os resultados obtidos revelam a importância dos espaços verdes e azuis para a amenização das temperaturas na cidade, e consequentemente, da ilha de calor urbano.

É junto às áreas urbanizadas que se verificam as temperaturas mais elevadas, o que já seria de esperar, devido à elevada capacidade de absorção de calor que estas possuem. Contudo, devido à inexistência de folhagem, ou seja, no período de inverno (dia 28 de fevereiro), nas horas de maior calor (período da tarde), setores com vegetação arbórea registam temperaturas, também, elevadas. O mesmo não se verifica nas tardes dos restantes dias, no qual a folhagem já era bem visível, o que se verifica a influência da vegetação na amenização das temperaturas, impedindo que a radiação solar chegue diretamente ao solo. No momento em que Portugal (e toda a Europa) atravessava o fenómeno extremo, que são as ondas de calor, ou seja, em maio e julho, no período do dia em que se registam temperaturas mais elevadas (tarde), é notório a influência do espaço azul nas suas margens, sendo visível o ar mais fresco do rio a estender-se até às suas margens.

Assim, a presença de espaços azuis e verdes numa cidade é uma mais valia em diversos aspetos, nomeadamente, no conforto térmico, numa maior proximidade da população com a natureza levando a uma melhor qualidade de vida dos cidadãos, promove a saúde e o bem-estar, atividades recreativas e desportivas, e ainda proporciona uma maior biodiversidade. As vantagens da presença de um espaço azul urbano e de um espaço verde urbano são bastante semelhantes, pois as funções de ambos acabam por se complementar.

Contudo, o estudo realizado nesta dissertação passa por uma experiência de soluções para que os espaços verdes e azuis urbanos funcionem como reguladores térmicos nas cidades. E por isso, a riqueza destes dados num próximo estudo deverá passar por outros passos, nomeadamente, a colocação de um sensor de humidade ao longo de todo o arbóreo em conjunto com o sensor térmico. Desta forma, seria bastante

interessante compreender o comportamento das temperaturas em conjunto com a
humidade.

Bibliografia

Almeida, M. A. S. (2018). Desenvolvimento urbano sustentável proposta de intervenção. Dissertação de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. Retirando de: <http://hdl.handle.net/10362/40262>

Amato-Lourenço, L. F., Moreira, T. C. L., Arantes, B. L. D., Silva Filho, D. F. D., & Mauad, T. (2016). Metrópoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. *Estudos avançados*, 30, 113-130.

Barros, C. I. V. (2017). O papel dos espaços verdes na saúde mental da população—caso de estudo na cidade de Coimbra. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra. Retirado de: <http://hdl.handle.net/10316/85371>

Borunda, A. (2019). O que as cidades devem fazer para cumprir os objetivos climáticos globais até 2050. National Geographic.

Carvalho, A. (2012). Vulnerabilidade humana às alterações climáticas: As ondas de calor em Monte Abraão, concelho de Sintra, Portugal. *Rios Eletrônica-revista científica da FASETE*, 6.

Childers, D. L., Bois, P., Hartnett, H. E., McPhearson, T., Metson, G. S., Sanchez, C. A. (2019). Urban ecological infrastructure: An inclusive concept for the non-built urban environment. *Newspaper Elementa Science of the Anthropocene*, 7. Retirado de: <https://doi.org/10.1525/elementa.385>

Cordeiro, A.M.R. (2021). Sistema morfológico e assentamentos urbanos. Coimbra (Portugal): Uma cidade desde os tempos romanos até ao presente. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 14, 19-19.

Cordeiro, A.M.R., Lameiras, J.M., Ornelas, A., Silva, D.D., Fernandes, R.G. (in press). Cool cities: The thermal regulator role of urban green spaces. *Geography and Sustainability*

Costa, F. (2016). A cidade ecológica: rumo ao desenvolvimento urbano sustentável: realidade ou utopia?. *Imprensa da Universidade de Coimbra*. Retirado de: https://doi.org/10.14195/978-989-26-1233-1_6

Cunha, L., Dimuccio, L.A., (2018). Paisagens e riscos naturais no município de Coimbra. Análise preliminar. *Paisagem e Território* pp. 25-33. Universidade Estadual de Londrina Duarte.

Duarte, F. (1999). *Arquitetura e tecnologias de informação: da revolução industrial à revolução digital* (Vol. 97). São Paulo. Annablume.

Ferreira, J., I., S. (2017). Infraestruturas azuis e verdes nos planos de ordenamento do município de Aveiro. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. Retirado de: <http://hdl.handle.net/10773/23342>

Fonseca, M. A. (2010). O Lugar da fábrica: história e evolução urbanística. Dissertação de Mestrado. Universidade da Beira Interior.

Ganho, N. (1996). Espaços verdes no interior do tecido urbano de Coimbra, Portugal: Contrastes topoclimáticos, influência bioclimática e riscos de poluição atmosférica. *Territorium*, (3), 35-56

Ganho, N. (1998). O clima urbano de Coimbra: estudo de climatologia local aplicada ao ordenamento urbano. Dissertação de mestrado. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

Ganho, N. (1999). Clima urbano e a climatologia urbana: fundamentos e aplicação ao ordenamento urbano. *Cadernos de Geografia*, 18, p.97-127. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

Gomes, M. F., & Pinto, W. S. (2020). Justiça socioambiental e processo de urbanização das cidades. *Revista de Direito da Cidade*, 12(1), 582-608. Retirado de: <https://doi.org/10.12957/rdc.2020.39931>

Gonçalves, C. I. M. (2018). Coimbra sul transformar uma Coimbra à margem centro de investigação de biotecnologia vegetal. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra.

Gonçalves, R. G. (2016). Modelo de avaliação do potencial de smart city: caso de estudo da Região Autónoma da Madeira. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho, Guimarães. Retirado de: <http://hdl.handle.net/1822/45170>

Guerra, J., Schmidt, L. (2009). Da carta aos compromissos de Aalborg – sustentabilidade local em Portugal no contexto europeu. Seminário Internacional “Experiências de Agendas 21: Os desafios do nosso tempo”. ICS/UL.

Hathway, E.A. and Sharples, S. (2012) The interaction of rivers and urban form in mitigating the urban heat island effect: A UK case study. *Building and Environment*, 58, 14-22.

Horvath, P., Barton, D. N., Hauglin, E. A., Ellefsen, H. W. (2017). Blue-Green Factor (BGF) mapping in QGIS. User Guide and Documentation.

Instituto Marquês de Valle Flôr (2018). Dicionário do Desenvolvimento. Lisboa.

Jácome, M. A. P. (2010). A água e a sustentabilidade em espaços verdes o Jardim Botânico de Coimbra. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa. Retirado de: <http://hdl.handle.net/10400.5/2879>

Leal, C. M. S. (2008). Os espaços verdes na cidade de Coimbra. Instituto de Estudos Geográficos da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

Leal, C., Ganho, N., & Cordeiro, A. R. (2008). O contributo dos espaços verdes da cidade de Coimbra (Portugal) no topoclima, microclima e no conforto bioclimático. *Cadernos de Geografia*, 26(27), 331-341.

Leal, L. (2012). A Influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR. Dissertação de Doutoramento. Universidade Federal do Paraná. Retirado de: <https://hdl.handle.net/1884/28276>

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

Lopes, A. M. (2004). Os espaços azuis e a cidade. *A Página da Educação*, 135.

Madureira, H. (2012). Revitalizar a cidade pelo planeamento da estrutura verde. XIII Colóquio Ibérico de Geografia – respuestas de la Geografía Ibérica a la crisis actual. Santiago de Compostela. Retirado de: <http://hdl.handle.net/10216/64775>

Marques, D., Ganho, N., Cordeiro, A. (2009). O contributo de estudos climáticos à escala local para o ordenamento urbano-O exemplo de Coimbra (Portugal). *Actas*, 3394-3415.

Mikhailova, I. (2004). Sustentabilidade: Evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. *Revista Economia e Desenvolvementos* nº16. Retirado de: <https://doi.org/10.5902/red.v0i16.3442>.

Mizutani, M. (2019). O uso dos objetivos do desenvolvimento sustentável [ODS] e do indicador de sustentabilidade programa cidades sustentáveis [PCS] para uma urbanização sustentável e social na cidade de Barueri-SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Nove de Julho – UNINOVE. Retirado de: <http://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/2151>.

Moreno-García, M. D. C. (2019). The microclimatic effect of green infrastructure (GI) in a Mediterranean city: the case of the urban park of ciutadella (Barcelona, Spain). *Arboriculture & Urban Forestry* 2019. 45(3):100-108. Retirado de: <https://doi.org/10.48044/jauf.2019.009>

Mostofa, T. e Manteghi, G. (2019). Influential factors of water body to enhance the urban cooling islands (UCIs): A Review. *Internacional Transaction Journal of Engineering, Management, et Applied Sciences et Technologies*, 11 (2), 1-12. Retirado de: 10.14456/ITJEMAST.2020.27

Nastran, M., Kobal, M., & Eler, K. (2019). Urban heat islands in relation to green land use in European cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 37, 33-41.

Nogueira, H. (2007 – 2008), Saúde (d) nos lugares – A problemática dos territórios promotores de saúde. *Cadernos de geografia*, nº 26/27, Coimbra, pp. 85 – 99. Retirado de: <http://hdl.handle.net/10316.2/40247>

Obi, N. I. (2014). The influence of vegetation on microclimate in hot humid tropical environment-a case of Enugu urban. *International Journal of Energy and Environmental Research*, 2(2), 28-38.

Oke, T.R, Mills, G., Christen, A. e Voogt, J. A. (2017). *Urban Climates*. Cambridge University Press.

ONU (2017). Relatório nacional sobre a implementação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.

ONU, (2015). Guia sobre o desenvolvimento sustentável.

PERULLI, P. (2012). *Visões Da Cidade: As Formas Do Mundo Espacial*. São Paulo: Senac.

Reis, C., Lopes, A. (2019). Evaluating the cooling potential of urban green spaces to tackle urban climate change in lisbon. *sustainability*, MDPI. Retirado de: <https://doi.org/10.3390/su11092480>

Roth, M. (2021). Understanding urban heat islands. In Douglas, I; Anderson, P. M. L.; Goode, D.; Houck, M. C.; Maddox, D.; Nagendra, H. ; Yok, T.P. (eds) (2021). *The Routledge Handbook of Urban Ecology*.

Salgueiro, I., Vasconcelos, L.K., Matos, M.F.P., Dantas, M.G.F., Maya, M.J.D., Carvalho, M.J.V., Pacheco, N.S.A., Didelet, S., Falcão, T.C. (1997). *Enciclopédia de consulta Geografia e História de Portugal*, vol.7. Lexicultural.

Santana, P., Nogueira, H., Santos, R., Costa, C. (2007). Avaliação da qualidade ambiental dos espaços verdes urbanos no bem-estar e na saúde. *A Cidade e a Saúde*, pp. 219-246. Edições Almedina.

Schipperijn, J. (2010): Use of urban green space. *Forest & Landscape Research* No. 45-2010. Forest & Landscape Denmark, Frederiksberg. pp. 155 Retirado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.3939&rep=rep1&type=pdf>

SDSN & IEEP. 2019. The 2019 europe sustainable development report. Sustainable Development Solutions Network And Institute For European Environmental Policy: Paris And Brussels.

Silva, A., Fernandes, J. (2020). Acordo de Paris 2015 – 2020. Agência Portuguesa do Ambiente. Lisboa.

Silva, J.F.D. (2014). O contributo dos espaços verdes para o bem-estar das populações estudo caso em Vila Real. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Retirado de: <http://hdl.handle.net/10316/26581>

Sousa, A. L., Medeiros, J. S., Albuquerque, D. S., Higuchi, M. I. G. (2015). Parque verde urbano como espaço de desenvolvimento psicossocial e sensibilização socioambiental. *Revista Porto Alegre* V.46, nº3, pp. 301-310. Retirado de: <https://doi.org/10.15448/1980-8623.2015.3.17423>

United Nations (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision
Volpi, Y. D., & Pacheco, R. (2016). Parque verde do Mondego: gestão e uso público. urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 8, 261-271.

Wu, C., Li, J., Wang, C., Song, C., Chen, Y., Finka, M., Rosa, D. (2019). Understanding the relationship between urban blue infrastructure and land surface

temperature. Journal Science of the Total Environment. Retirado de: 10.1016/j.scitotenv.2019.133742

Sites utilizados

Boletim Climatológico Mensal, fevereiro 2022. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Acedido a 1 de agosto de 2022, em: https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20220310/SwIIXADgyXIcWQnvaLam/cli_20220201_20220228_pcl_mm_co_pt.pdf

Boletim Climatológico Mensal, julho 2022. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Acedido a 10 de agosto de 2022, em: https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20220818/WiPBzfYCHIsIkbiYZyQs/cli_20220701_20220731_pcl_mm_co_pt.pdf

Boletim Climatológico Mensal, maio 2022. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Acedido a 1 de agosto de 2022, em: https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20220608/doEOrQOHPDDWhISEKCGO/cli_20220501_20220531_pcl_mm_co_pt.pdf

Câmara Municipal de Coimbra, 2016. Requalificação do Parque Manuel Braga | FEDER. Acedido em 20 de julho de 2022. Retirado de: <https://www.cm-coimbra.pt/areas/transparencia/portugal-2020/requalificacao-do-parque-manuel-braga>

Ecotelhado, (2020). O que é uma cidade sustentável e como contribuir para sua preservação?. Acedido em 1 de abril de 2022. Retirado de: <https://ecotelhado.com/o-que-e-uma-cidade-sustentavel-e-como-contribuir-para-sua-preservacao/>

Jornal Oficial da União Europeia (2021). Acedido em 25 de março de 2022: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>

United Nations (2022). Disponível online: <https://unric.org/pt/onu-preve-que-cidades-abriguem-70-da-populacao-mundial-ate-2050/> 70% POP. Acedido a 13 de maio de 2022.

Wetterzentrale. Acedido em 27 de fevereiro, 11 de maio e 8 de julho de 2022. Em:
<https://www.wetterzentrale.de/>

Anexos



Figura 49: Setor da Alta, Conchada e Montes Claros Fonte: Google Earth

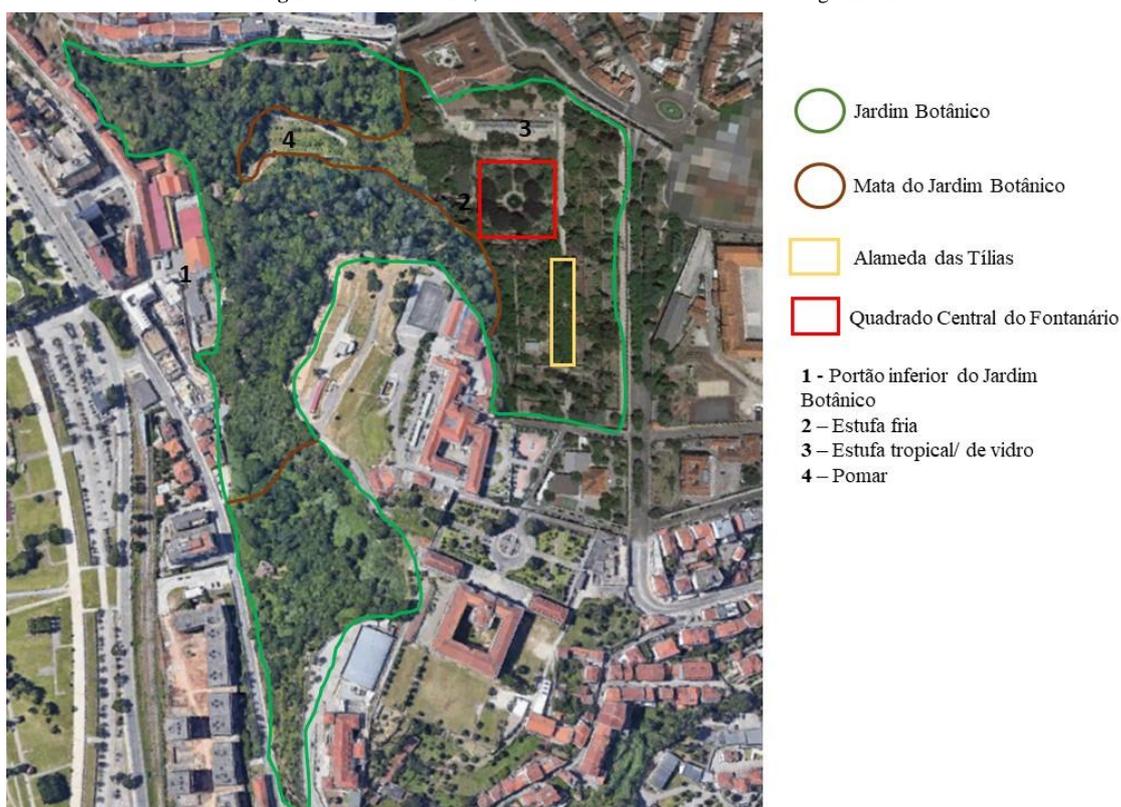


Figura 50: Setores Jardim Botânico Fonte: Google Earth



- 1 – Estação Ferroviária Coimbra A
- 2 – Ponte Santa Clara
- 3 – Ponte Pedonal Pedro e Inês

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Figura 51: Setor da baixa da cidade de Coimbra Fonte: Google Earth



Figura 52: Estrutura de betão construída na margem direita desde a Ponte do Açude até ao setor da restauração do Parque verde (“Docas”) Fonte: Google Earth

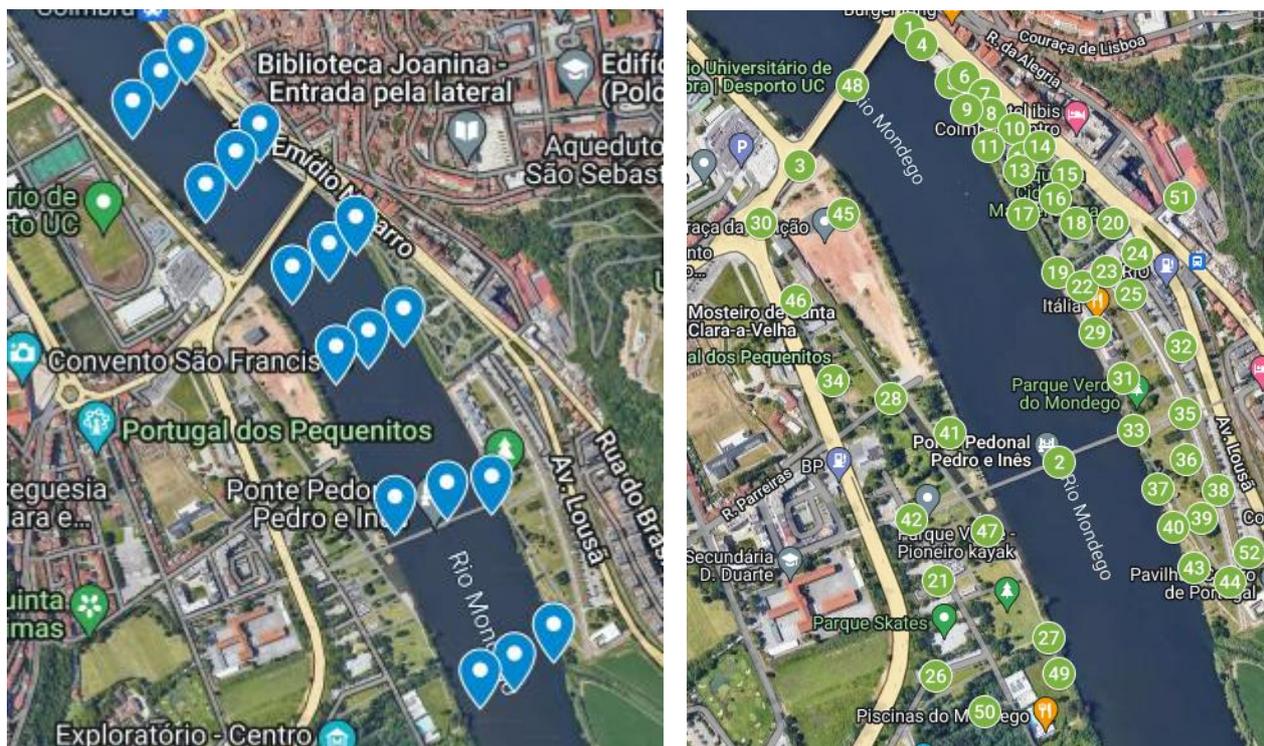


Figura 53: Pontos pré-definidos no setor do rio Mondego e nas margens