

O papel dos espaços verdes e azuis na regulação climática urbana. Um estudo de caso na cidade de Coimbra (Portugal)

The role of green and blue spaces in urban climate regulation. A case study in the city of Coimbra (Portugal)

Márcia Inês Losa Silva *¹ e António M. Rochette Cordeiro **²

¹Mestre em Geografia Física, Física, Ambiente e Ordenamento do Território. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra

²Universidade de Coimbra. Departamento de Geografia e Turismo – Faculdade de Letras. Centro de Estudos Interdisciplinares (CEIS20)

Resumo

O rápido processo de urbanização tem causado drásticas mudanças no uso do solo em espaços urbanos. Em consequência deste processo tem-se observado o aumento das temperaturas no interior das cidades – as ilhas de calor urbano. Assim, a procura de soluções no mitigar deste aumento das temperaturas passa pela implementação de espaços verdes e azuis, uma vez que estes assumem um papel fundamental na amenização das temperaturas e na qualidade de vida dos cidadãos. É neste sentido que se desenvolve o presente artigo, com o objetivo de compreender o contributo dos espaços verdes e azuis no planeamento urbano, tendo por base uma gestão territorial mais sustentável e resiliente às alterações climáticas. Através da utilização de *data loggers* realizou-se o levantamento de dados de temperatura, com intuito de comparar três diferentes estações do ano (inverno, primavera e verão), e três momentos do dia (manhã, tarde e noite). Desta forma, foram selecionados quatro espaços verdes nas margens do plano de água do Mondego na cidade de Coimbra – Parque Verde do Mondego (margem esquerda e direita); Parque Dr. Manuel Braga; e Parque da Canção, bem como o próprio lençol de água. Os resultados revelam a influência da vegetação e do espaço azul na amenização do clima urbano, verificando-se diferentes temperaturas entre os espaços verdes (habitualmente com temperaturas mais frescas) e espaços com pouca vegetação – Parque da Canção –, assim como se constata o papel desempenhado pelo arbóreo caducifólio na regulação térmica deste setor da cidade. 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 registe temperaturas mais elevadas do que a montante. É ainda visível a influência deste na amenização das temperaturas nas suas margens.

Palavras-chave: Espaços verdes e azuis urbanos. Regulação térmica. Sustentabilidade urbana. Coimbra.

Abstract

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 reduction of temperatures and in the quality of life of the citizens. It is in this sense that this article is developed, to understand the contribution of green and blue spaces to sustainable urban planning and resilience 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). 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. Vegetation is found to play a role in mitigating the urban climate, with varying temperatures observed in green spaces (generally cooler) and spaces with limited vegetation, such as 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 attenuation of temperatures on its banks.

Keywords: Urban green and blue spaces. Thermal regulation. Urban sustainability. Coimbra.

1. Introdução

Assistiu-se nas últimas décadas a um crescimento exponencial da população das áreas urbanas. Sendo exetável que nos anos vindouros tal situação se venha a agudizar, importa refletir sobre os problemas ambientais destes territórios (United Nations, 2018). Torna-se assim fundamental que tanto os poderes públicos como os cidadãos pensem em formas de corrigir fragilidades e de equacionar soluções integradas, com base nas diferentes áreas temáticas envolvidas.

Essa será a razão para que a aplicação da climatologia (bem como de outras áreas da geografia física) no planeamento das áreas urbanas deva ser assumida como uma prioridade, de modo a incutir no espírito das pessoas a resiliência às alterações climáticas e, por consequência, melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, tendo sempre presente o conceito de qualidade ambiental (Cordeiro, 2022; Nastran et al., 2019).

No sentido do que se vem referindo sobre as questões da relação entre a geografia física e o urbanismo (Ashmore & Dodson, 2017; Cordeiro, 2022), constata-se que nas cidades o aumento das temperaturas (da superfície e do ar) é consequência das transformações dos aspetos físicos da paisagem, em particular do uso do solo, da morfologia urbana e dos materiais de construção utilizados, quando associados à relação observada na interação entre condições meteorológicas e condições antrópicas (Brears, 2020; Cordeiro et al., 2023; Nastran et al., 2019). Torna-se deste modo crucial proporcionar condições de vida favoráveis aos cidadãos, nas quais a adaptação das cidades às alterações climáticas e ao conforto bioclimático em espaço urbano se assumem como prioritárias. Uma das práticas que tem vindo a ser equacionada no sentido de melhorar o clima urbano e a qualidade de vida dos cidadãos é o de fomentar espaços verdes na cidade: florestas urbanas, jardins, parques e mesmo arbóreo viário (Chang & Chen, 2015; Targino et al., 2019). Considerados habitualmente como “pulmões da cidade”, os espaços verdes “(...) 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., 2008, p. 333). Mesmo que a sua área de influência seja de escala local, torna-se claro que os espaços verdes apresentam uma influência na melhoria das condições de vida da população urbana, uma vez que contribuem para o conforto bioclimático, para a mitigação das ilhas de calor e para a redução da poluição atmosférica (Leal et al., 2008; Parada, 2022; Potchter et al., 2006).

Neste sentido, a tentativa de potenciar junto dos cidadãos uma crescente resiliência ao impacto da ilha de calor (ICU), a qual é um fenómeno climático urbano, mostra um padrão em que a temperatura na área intensamente edificada é mais elevada do que na área rural envolvente, ou mesmo, e mais no que diz respeito ao nosso trabalho, dos setores da cidade 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 irradiação diferencial entre o edificado e o natural ou mesmo da poluição do ar, tendo impactos negativos no ecossistema da cidade (Oke et al., 2017; Wu et al., 2019). A mitigação deste efeito deverá ser equacionada como um dos tópicos fulcrais no planeamento urbano, isto no contexto dos próprios Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, nomeadamente dos ODS 11 e 13. Deste modo, torna-se necessário que exista uma alta capacidade térmica e um efeito de evaporação, de modo a que se observe um arrefecimento, podendo isto acontecer na presença de espaços verdes ou corpos de água, uma vez que estes têm um efeito de “ilha de frescura urbana” (Ampatzidis & Kershaw, 2020; Targino et al., 2019; Wu et al., 2019).

A introdução de espaços verdes nas cidades desde há muito que é assumida como um benefício a diferentes níveis, uma vez que o papel da vegetação, nomeadamente do arbóreo, no clima urbano assume particular relevância face às alterações e influências negativas que a concentração urbana provoca (Barros & Barbosa, 2023; Cordeiro et al., 2023; Pippi & Trindade, 2013). Aliás, nesse sentido, Luciana Leal acredita que para atenuar o aquecimento urbano, tanto à escala micro como à escala macro e, em especial, nos centros das cidades, onde se observa uma maior concentração de edifícios (aí se desenvolvem as ilhas de calor urbana), torna-se necessário plantar árvores para que estas possam criar um efeito de “oásis” (Leal, 2012, p. 32). Uma maior quantidade de espaços verdes distribuídos pela cidade contribui para a alteração do balanço energético de toda a urbe, por exemplo através da modificação do albedo. A adição de superfícies evaporativas traduz-se em mudanças no clima da

cidade e, em especial, contribui para a redução da temperatura urbana (Leal, 2012; Moyer & Hawkins, 2017; Ornelas et al., 2023; Targino et al., 2019). No verão, o papel da vegetação assume ainda maior importância, já que esta vai servir como regulador térmico (Leal, 2012; Ornelas et al., 2023). Assim sendo, a proximidade da população a áreas verdes e azuis influencia, significativamente, a saúde e o bem-estar dos cidadãos, para além de contribuir para a melhoria da qualidade do ar (Ampatzidis & Kershaw, 2020; Moyer & Hawkins, 2017).

O esgotamento dos recursos naturais foi uma das consequências provocadas pelo crescimento demográfico e socioeconómico, sendo, por isso, fundamental repensar estratégias de gestão dos recursos naturais. Desta forma, como resultado de diversos programas e medidas desenvolvidos nas três décadas anteriores, no ano de 2015, e com o intuito de conseguir um desenvolvimento respeitoso para ambas as partes – o planeta e as pessoas – foi aprovada, pela esmagadora maioria de países do globo, a Agenda 2030 com o objetivo de estabelecer um desenvolvimento sustentável. A Agenda, muito abrangente, apresenta diferentes objetivos sobre as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável (o ambiente, a economia e a sociedade), sendo composta por 169 metas enquadradas em 17 objetivos. Neste contexto, e em linha com a temática do presente artigo, destaca-se o objetivo 13, consignado à Ação Climática. São medidas adotadas para combater as alterações climáticas (Figura 1), que merecem aqui a nossa atenção. Através de metas pré-estabelecidas, pretende-se “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”, ou “Promover mecanismos para a criação de capacidades para o planeamento e gestão eficaz no que respeita às alterações climáticas (...)” (ONU, 2015: 26), algo que foi equacionado nos objetivos definidos anteriormente. Relativamente ao objetivo 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis – procura tornar-se as cidades em comunidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (Figura 1). Através de metas como “(...) 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”, ou “reduzir o impacto ambiental negativo per capita nas cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.” (ONU, 2015: 22-23), perspetivam-se novas abordagens relativamente à sustentabilidade urbana.

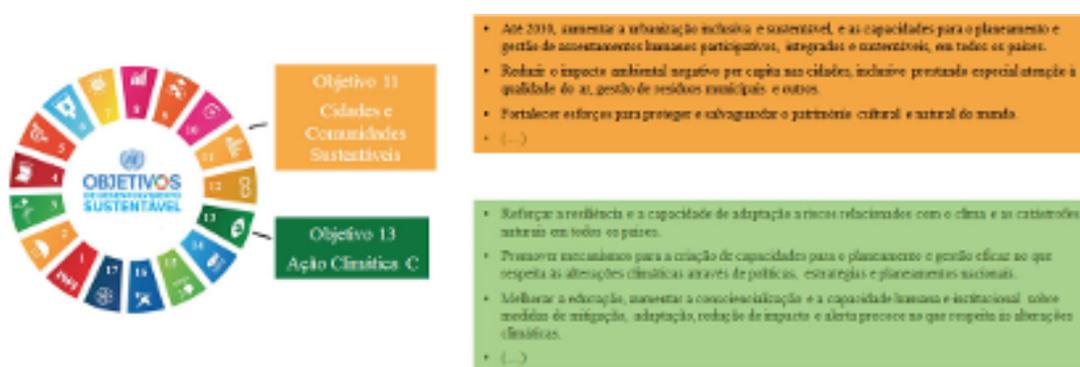


Figura 1. Objetivos do desenvolvimento sustentável.

Fonte: Adaptado da Organização das Nações Unidas.

O principal objetivo deste estudo consiste assim em compreender o contributo dos espaços azuis (e verdes) como um dos pontos de partida para o planeamento urbano sustentável de uma cidade média portuguesa, tendo por base uma gestão mais sustentável e resiliente às alterações climáticas. A análise foi desenvolvida através de três campanhas de levantamento de dados de temperatura em quatro espaços verdes do setor de menor altitude da cidade de Coimbra, cujo plano de água (açude do rio Mondego) funciona como traço agregador entre eles.

2. Metodologia

Este estudo partiu do levantamento de dados de temperatura, através de *data loggers*, tendo por local de estudo a cidade de Coimbra. O espaço que serviu para desenvolver o trabalho analítico foi o setor baixo da cidade, compreendendo as margens e o próprio rio Mondego.

À medida que se realizava o percurso pedonal, foram efetuados registos em seis eixos pré-estabelecidos no lençol de água do Açude (a 1,5 metros da superfície do Mondego), tarefa efetuada com a ajuda de um barco. Foram pré-definidos 52 pontos de recolha, ao longo das margens, e mais 18 pontos ao longo deste setor do rio. Refira-se que todas as campanhas foram realizadas em dias de estado de tempo anticiclónico, com céu limpo e vento moderado maioritariamente dos quadrantes de leste.

Os registos das temperaturas foram efetuados no ano de 2022, em três dias diferentes – 28 de fevereiro, 11 de maio e 8 de julho. Em cada um destes dias, procedeu-se a três momentos de recolha: a primeira iniciada cerca das 9h00; a segunda às 15h; e a terceira às 21h. Obtiveram-se, assim, registos de inverno, de primavera e de verão, sendo possível comparar os três momentos em análise tentando compreender-se a influência da vegetação no regime térmico de diferentes fases evolutivas dessa mesma vegetação, já que os espaços arbóreos caducifólios maioritários neste setor urbano, apresentam momentos em que a folhagem está plenamente desenvolvida e outros em que não se observa folhagem. Mas o objetivo passou também pela compreensão do papel do espelho de água do açude do rio Mondego nessa mesma regulação térmica.

Sendo a temperatura a variável climática a ser estudada, utilizou-se um *data logger Tinytag Plus 2 - TGP-4020* com sonda externa (Figura 2a e Figura 2b). Desta forma, iniciou-se o percurso pedonal parando nos respetivos pontos durante 1 minuto, registando a hora de chegada e de partida (Figura 2b). Em simultâneo, decorria o percurso de barco, ao longo do setor do rio em análise (Figura 2c). De salientar que o *data logger* nunca esteve em exposição direta ao sol e que os registos foram efetuados a 1,5 metros da superfície.

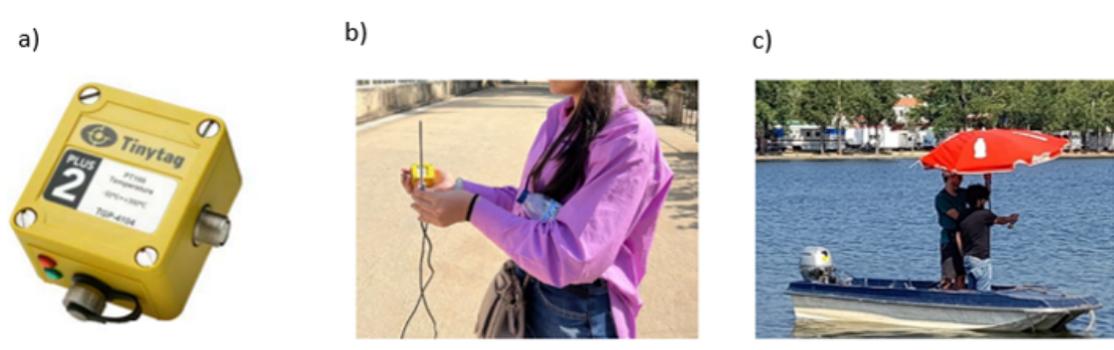


Figura 2. *Data Logger Tinytag Plus 2 - TGP-4020* (a); Recolha de dados em percurso pedonal (b); Recolha no barco (c).

No final da realização dos diferentes percursos, através da plataforma *MyGeodata Converter*, efetuou-se a conversão dos dados obtidos. Depois de termos todos os pontos identificados e de posse das suas respetivas coordenadas, realizou-se a média da temperatura para todos os pontos. Com o objetivo de compreender a espacialização da temperatura através do mapeamento temático dos valores de temperatura nos pontos pré-definidos (com as suas respetivas coordenadas), obteve-se, através do ArcGIS Pro, e em particular da ferramenta *Empirical Bayesian Kriging*, um cartograma para cada momento do dia.

3. Enquadramento da Área em Estudo

O trabalho desenvolveu-se num dos setores urbanos do concelho de Coimbra, município que, no seu todo, apresenta uma área de 316 km², e que se localiza numa área de transição tanto entre o norte e o sul do país e, em particular, na passagem do litoral e o interior (Cordeiro, 2021; Cunha &

Dimuccio, 2018; Cunha et al., 1999; Rebelo, 1999, 1992). Este território apresenta uma topografia muito particular, derivada de uma litologia e de uma geomorfologia muito particulares, reflexo da sua localização no contacto entre duas unidades morfo-estruturais distintas: a Orla Meso-Cenozoica Ocidental a ocidente e o Maciço Hespérico a oriente, unidades estas separadas pela falha Porto-Tomar (Cunha & Dimuccio, 2018; Rebelo, 1999, 1992). É notória a diferença morfológica entre a paisagem oriental do Maciço Marginal de Coimbra, bloco montanhoso que culmina acima dos 500 metros e aquela que se encontra no setor central e ocidental dominados pelo plano aluvial que se entende pelo Baixo Mondego e por colinas calco-margosas que se distribuem nos setores que dominam a planície aluvial (Cunha et al., 1999; Rebelo, 1992). O rio Mondego espraia-se na saída do Maciço Marginal (no setor da Portela) onde se inicia o plano aluvial e no qual, em parte do seu trajeto ao longo do espaço urbano, em ambas as margens se desenvolvem diferentes espaços verdes urbanos que são o objeto do presente estudo.

A área em estudo localiza-se num largo talvegue do rio Mondego que separa as duas margens onde se desenvolveu, ao longo dos séculos, a cidade de Coimbra. Na margem direita, observa-se a proximidade da base da vertente da colina da Universidade e logo do casco urbano da Alta e da “baixinha”, enquanto na margem esquerda o plano se estende ao longo de cerca de três centenas de metros até encontrar a vertente que vai culminar com o designado “planalto de Santa Clara”. Aliás, estas características diferenciadas entre as duas margens do rio influenciam os resultados obtidos. Porém, na zona ribeirinha da cidade vão identificar-se diferentes “mosaicos” de espaços verdes que apresentam características bem diferenciadas: o Parque Verde do Mondego (desenvolvido em ambas as margens), que teve a sua génese no “Programa Pólis” do início do século, o Parque Dr. Manuel Braga (margem direita) e o Parque da Canção (na margem esquerda), espaços que são agregados pelo espelho de água que resulta da localização, a jusante, do Açude do Mondego (Figura 3). A análise térmica destes diferentes mosaicos apresentou-se como um enorme desafio para um trabalho que se pretendia diferenciador, numa cidade de média dimensão e onde a necessidade de se equacionar a regulação climática da cidade se apresenta como um objetivo fulcral em termos futuros. De referir que cada um destes espaços difere em vários aspetos, em especial, na composição e espacialização do arbóreo, na dimensão e na sua posição topográfica, daí derivando “mosaicos” diferenciados que se vão apresentar como significativos nas alterações observadas no clima local ao longo das duas margens.

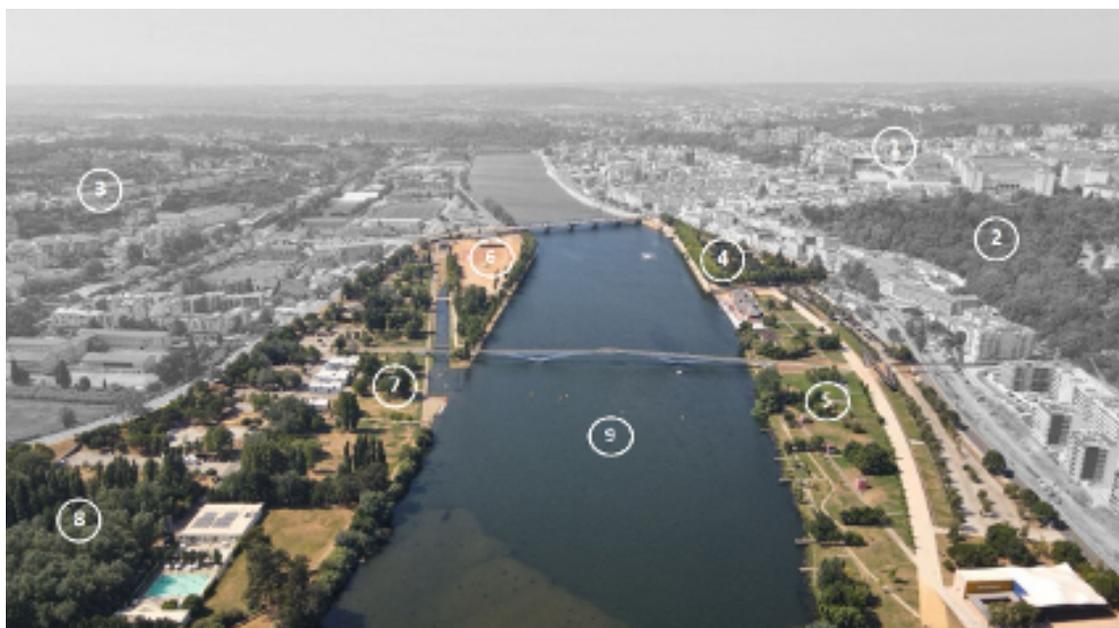


Figura 3. Enquadramento da área de estudo. Legenda 1 - Colina da Universidade; 2 - Jardim Botânico; 3 - Planalto de Santa Clara; 4 - Parque Manuel Braga; 5 - Parque Verde – margem direita; 6 - Parque da Canção; 7 - Parque Verde – margem esquerda; 8 - Mata do Exploratório; 9 - Rio Mondego – lençol de água.

O Parque Verde do Mondego, na margem direita, prolonga para sul do Parque Dr. Manuel Braga (separado por um desnível de cerca de três metros), encontrando-se delimitado a oriente pela Avenida

da Lousã (e por um parque de estacionamento) e a ocidente pelo rio Mondego, e ocupando cerca de 4 km² desta margem. Apresenta um coberto vegetal maioritariamente herbáceo – uma vasta superfície relvada – ao qual se encontram associados alguns bosquetes arbóreos maioritariamente caducifólios (bem como arbustos de porte médio), um pouco afastados entre eles. No entanto, a vegetação arbórea, já com algum porte, é visível em alguns setores, setores estes que proporcionam sombra na primavera e no verão (Figura 4A). Neste espaço verde urbano encontram-se, ainda, largas esplanadas, bares, restaurantes, um parque infantil, passadiços em madeira (para caminhar ou andar de bicicleta), pequenos pavilhões com exposições temporárias, destacando-se, já no limite sul, o Pavilhão Centro de Portugal e um outro parque de estacionamento.

Já na margem esquerda, o Parque Verde do Mondego desenvolve-se por uma área compreendida entre as Piscinas do Mondego/Mata do Exploratório/Centro Ciência Viva de Coimbra (a sul), e a Avenida Inês de Castro (a ocidente), o rio Mondego (a oriente) e o Parque da Canção (a norte). É possível dividi-lo em pelo menos dois grandes “mosaicos” de tipo de cobertura vegetal, com o primeiro mosaico a corresponder à zona envolvente às piscinas do Mondego – a Mata do Exploratório/Centro Ciência Viva de Coimbra¹ – e junto à Avenida Inês de Castro, a qual corresponde a uma zona com vegetação arbórea de grande porte, constituída na sua maioria por choupos-negros e freixos (Figura 4B). Já o restante parque pode considerar-se como um segundo mosaico, e apresenta uma cobertura vegetal maioritariamente herbácea, com grandes superfícies de relva, bem como 4 pavilhões de dimensão média, que funcionam como apoio à prática de desportos náuticos.

Relativamente ao Parque Dr. Manuel Braga, localizado na margem direita do rio Mondego, este ocupa uma área de cerca de 3ha, sendo delimitado a oriente pela Avenida Emídio Navarro (constituída por quatro faixas de rodagem com trânsito significativo e com edifícios de variadas alturas), a ocidente pelo rio Mondego e a sul pelo sector nascente do Parque Verde. Apresenta um coberto vegetal misto, composto por superfícies relvadas, vegetação arbórea mista – caducifólia e perenifólia – de grande porte (Figura 4C)². Esta vegetação arbórea assume uma maior representatividade neste parque, uma vez que ele foi inaugurado na década de 50 do século passado, acolhendo, por isso, espécimes com um desenvolvimento arbóreo muito significativo³.

Já no que respeita ao setor do Parque Verde desenhado na margem esquerda do rio, foi considerada neste trabalho uma área que se estende entre a Ponte Pedonal Pedro e Inês, a Ponte de Santa Clara e a Avenida Inês de Castro. Este setor pode ainda ser dividido em três subsetores relativamente diferenciados em função da tipologia de cobertura vegetal: a zona junto à Avenida Inês de Castro assume-se como uma zona de vegetação arbórea de grande porte (predominância de choupos-negros e freixos); a Praça da Canção e toda a sua área envolvente, que corresponde ao recinto onde se realizam várias feiras e concertos ao longo do ano, sem qualquer tipo de vegetação; no restante setor pode ser identificado um outro subsetor, bastante heterogéneo, que apresenta uma cobertura vegetal maioritariamente herbácea, com grandes superfícies de relva, embora com alguns arbustos e árvores de médio porte que criam setores de sombra muito interessantes. É notório ainda um pequeno canal de água, pouco profundo, paralelo ao rio Mondego e um parque de estacionamento de dimensão média (Figura 4D).

¹ Também aqui deve ser salientada a instalação de um *data logger* fixo a registar temperaturas com intervalos de 60 minutos.

² Deve salientar-se a presença no Parque de um edifício, onde está instalado o Museu da Água, bem como de um *data logger* fixo a registar temperaturas com intervalo de 60 minutos.

³ Importa referir que o Parque Dr. Manuel Braga, se encontrava em obras de requalificação, nos primeiros dois momentos de campanhas (dias 28 de fevereiro e 11 de maio), facto que influenciou decisivamente as temperaturas recolhidas no local, muito por força da vedação instalada e das máquinas das obras.



Figura 4. Mosaicos vegetais das Parque Verde do Mondego; (A) Parque Verde – margem direita (B); Parque Verde – margem esquerda; (C) Parque Dr. Manuel Braga; (D) Parque da Canção e espaços arbóreos da margem esquerda.

4. Resultados, análise e discussão dos dados das campanhas de 2022

No que concerne à campanha realizada no decorrer de 2022, esta realizou-se em três estações diferentes: no inverno (fevereiro), na primavera (maio) e no verão (julho), observando-se que em cada um dos dias indicados a recolha de dados foi feita em três momentos distintos – manhã, tarde e noite. O enquadramento desta campanha implica que se assinala o facto de este ano ter sido considerado como um mais quentes de que havia registo, situação a que se associa também uma seca extrema que o país atravessava.

Constata-se que o aumento dos fenómenos extremos, aqueles em que se integram as ondas de calor, são cada vez mais frequentes, sendo o ano de 2022 uma boa prova dessa nova realidade, já que os registos das medições do dia 11 de maio e do dia 8 de julho foram realizados em plenas ondas de calor, sendo mais intensa a onda de calor de julho.

No primeiro dia de campanha – dia 28 de fevereiro – o país encontrava-se, embora de modo indireto, sob influência do anticiclone dos Açores, localizado a oeste do arquipélago, o qual induzia um bloqueio a frentes instáveis, provocando como que uma espécie de corredor com uma massa de ar quente (IPMA, 2022a, p. 3). Neste dia, a partir das 15h00 constatou-se a formação de alguma nebulosidade, devido à presença muito próxima do continente de uma frente quente.

No que concerne ao levantamento realizado no período da manhã (com início às 9h30), reconhece-se que a margem esquerda do rio se apresenta com temperaturas mais elevadas relativamente ao que se observa na margem direita. Esta diferença parece dever-se ao facto de a margem esquerda, com exposição à radiação solar desde as primeiras horas do dia, refletir esse prematuro e maior aquecimento (Figura 5A)⁴. Numa situação oposta, a margem direita recebe durante o período da manhã a sombra da colina da Universidade⁵. É ainda de realçar o registo das temperaturas mais elevadas do percurso (19,7°C e 19,5°C), na margem esquerda, isto nos pontos mais próximos do palco da Praça da Canção e da Ponte de Santa Clara, o que poderá explicar-se não só devido à exposição solar e aos materiais

⁴ Importa referir ainda que o percurso teve início às 9:30h da manhã no Parque Dr. Manuel Braga e terminou por volta 11:15h na Ponte de Santa Clara. Assumindo alguma demora, o trajeto parece ter tido a influência das temperaturas mais elevadas na margem esquerda do rio, pois recebeu maior número de horas de radiação solar.

⁵ Porém, cumpre referir que a direção assumida na realização do percurso pode também ter influenciado o registo deste maior aquecimento na margem esquerda, uma vez que esta última tem registos de temperatura mais tardios.

utilizados nestas infraestruturas (betuminoso, betão e ferro) favoráveis a uma maior condução de calor, mas também ao elevado tráfego rodoviário (na via próxima que delimita a oeste este setor)⁶.

Por outro lado, o Parque Dr. Manuel Braga apresenta-se como o setor mais fresco da área de estudo (11,8°C), o que poderá não só compreender-se em virtude do ar fresco descendente com origem no 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 do ano e que passou pela existência de uma vedação em zinco e acrílico associada a obras de requalificação do espaço, que delimitava totalmente o Parque Dr. Manuel Braga, introduzindo condições microclimáticas “artificiais”. Lembre-se que a ventilação do espaço se encontrava bastante alterada e que neste caso concreto terá levado a uma manutenção mais prolongada do frio noturno⁷. Já no que diz respeito ao lençol de água, observa-se uma diferença de temperaturas de 3°C, entre os 16°C – a jusante (junto à estação ferroviária de Coimbra A) – e os 13°C, a montante (eixo definido junto ao Pavilhão de Portugal). Esta diferença deverá estar relacionada com as características construtivas das margens, uma vez que se a montante estas se desenvolvem numa zona ampla e de fácil ventilação, já a jusante as margens são delimitadas por paredes em rocha (e betão) de mais de 4 metros, situação que proporciona uma retenção do calor e uma maior dificuldade de ventilação.

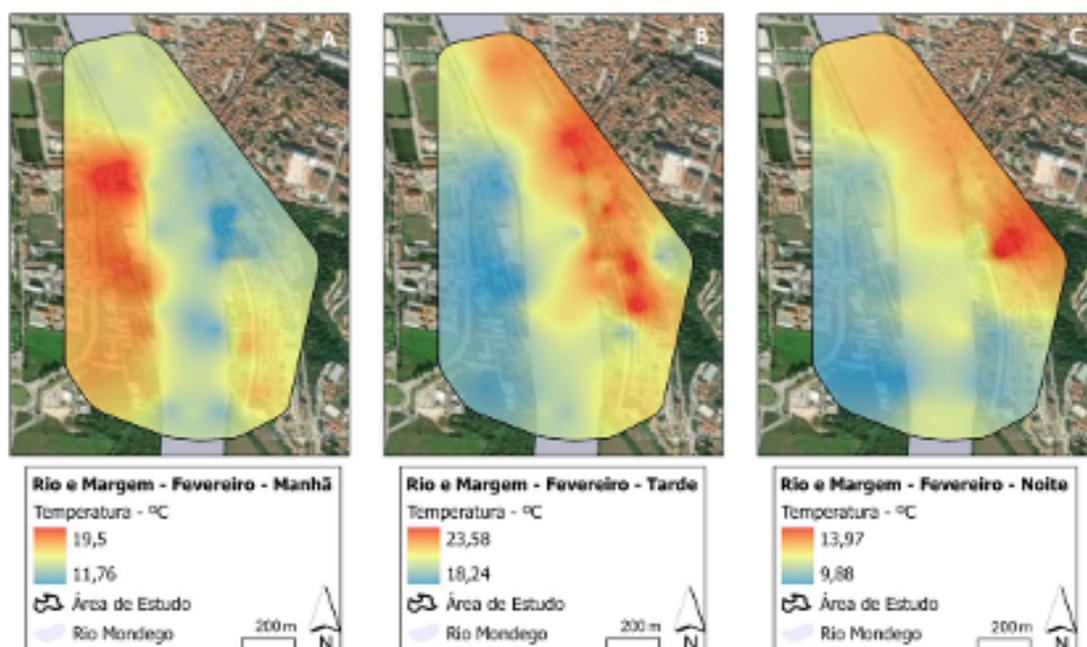


Figura 5. Campo térmico da área de estudo no período da manhã no dia 28 de fevereiro de 2022.

No período da tarde no levantamento de inverno (15h00) é visível uma situação diferenciada relativamente à que se observou na parte da manhã. A margem direita apresenta-se agora mais quente (registaram-se temperaturas próximas dos 23°C) quando comparada com a margem esquerda (temperaturas próximas dos 19°C), algo que poderá ser justificado pela radiação associada ao posicionamento do sol a esta hora do dia – a SSW –, fazendo com que esta chegue diretamente ao solo, uma vez que o arbóreo caducifólio se apresentava sem folhagem (Figura 5B). Outro dos motivos poderá passar pela perturbação introduzida pelas obras de reabilitação do Parque Dr. Manuel Braga que, por se encontrar totalmente vedado, levava a que ventilação deste espaço apresentasse debilidades, originando resultados pouco expetáveis. Porém, também na margem direita do Parque Verde as temperaturas

⁶ Este facto parece se bastante evidente ao efetuar-se 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 respetivos pontos nas recolhas de dados que foram efetuadas no rio.

⁷ Importa referir que o Parque Dr. Manuel Braga, nos primeiros dois momentos de campanhas (dias 28 de fevereiro e 11 de maio), se encontrava em obras de requalificação, o que terá influenciado decisivamente as temperaturas recolhidas no local, muito por força da vedação e das máquinas das obras

se apresentam mais elevadas, resultando do tempo de exposição e os materiais do solo – calçada de pedra e alcatrão –, mas também da desigual intervenção de uma ligeira brisa que se observava na margem esquerda. É importante salientar que o setor do rio em análise, formado pelo lençol de água do rio Mondego, volta a apresentar temperaturas mais elevadas no setor norte – eixos desenhados junto à estação de Coimbra A/EB Silva Gaio e Largo da Portagem/Estádio Universitário – muito provavelmente devido à estrutura de pedra/betão já referida anteriormente, definida ao longo do rio entre o setor de restauração do Parque Verde (zona das “Docas”) e a ponte açude. Já no setor mais a sul, junto ao Pavilhão de Portugal regista-se um ar mais fresco, aliás, um ponto comum detetado nas diferentes campanhas.

Já relativamente ao período da noite deste dia de fevereiro (percurso iniciado às 21h00) volta a observar-se uma margem direita – Parque Dr. Manuel Braga – mais quente do que a margem esquerda – Parque da Canção. Esta situação dever-se-á, muito provavelmente, não só às questões associadas à ventilação, mas também à própria incidência de radiação solar, já que a margem esquerda deixa de receber radiação solar direta antes da margem direita, tornando-se assim mais fresca, aliás como anteriormente referido (Figura 5C). O Parque Dr. Manuel Braga apresenta-se como o setor mais quente da área de estudo, registando o ponto com a temperatura mais elevada do percurso noturno (13,98°C), situação que deverá ser equacionada muito em função da referida cerca que o delimitava, a qual impedia a circulação do ar, levando a uma manutenção (e acumulação) de ar relativamente quente vespertino. Outro motivo a arrolar deverá passar pela proximidade que o Parque apresenta relativamente aos edifícios da Avenida Emídio Navarro, que estariam na origem da libertação do calor por irradiação, acumulada pelos materiais desse edificado durante a exposição diurna, uma vez que o arbóreo caducifólio existente se encontrava sem folhagem permitindo a chegada da radiação solar direta. É, ainda, visível na margem direita do Parque Verde (junto ao Pavilhão de Portugal), a presença de ar mais fresco por força de se apresentar como um espaço amplo e bastante arejado, influenciando, claramente, o setor mais a sul do rio. Aliás, também no percurso da noite se destaca, nos levantamentos no lençol de água (e à semelhança dos anteriores, embora não tão evidente), que as temperaturas são mais elevadas no setor jusante (12,1°C), relativamente ao que se observava no setor montante (11, 2°C) (eixos da estação ferroviária Coimbra A/EB Silva Gaio e do Pavilhão de Portugal/Piscina Jaime Lobo, respetivamente). Esta situação, que se vai repetir em todos os levantamentos, parece dever-se fundamentalmente à referida existência de paredões desde a ponte do Açude até à zona da restauração do Parque Verde, construídos com intenção inicial de mitigar o risco de cheias e inundações bastante frequentes no passado na “baixinha” de Coimbra.

No levantamento de primavera – a 11 de maio de 2022 –, as condições sinóticas que influenciavam Portugal Continental, mostravam que este se encontrava sob influência do anticiclone dos Açores localizado a noroeste do Arquipélago. Esta influência permitia a movimentação de ar quente na direção do território continental (IPMA, 2022b). No entanto, e no caso de Coimbra, observou-se a formação de nevoeiro durante a noite, o qual apenas se dissipava a partir das 10h30, passando a observar-se céu limpo e um dia bastante soalheiro e quente para a época.

Relativamente ao levantamento efetuado no período da manhã (Figura 6A), com início às 9h30, acabou por ficar marcado pela presença inicial de nevoeiro, destacando-se neste contexto, e à semelhança do dia de inverno, uma margem esquerda mais quente do que margem direita, facto que deverá 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 levantamento dos pontos desta margem foi realizado mais tardiamente). Já na margem direita, a influência do nevoeiro matinal terá sido menos significativa devido à sombra que a vertente da colina da Universidade promove sobre esta margem do rio (posicionamento a oriente), pelo que aquele se apresentou menos impactante nas temperaturas comparativas entre as duas margens. Deste modo, é na margem esquerda do rio, próximo da Ponte de Santa Clara (21,97°C) e no parque de estacionamento junto às piscinas do Mondego, que se registam as temperaturas mais elevadas, um pouco devido à ocorrência de todos os fatores anteriormente mencionados, mas também, muito graças a uma parte significativa de solo se desenvolver em paralelepípedos de calcário (local do ponto de temperatura mais elevada – 21,73°C) e em alcatrão, sendo estes materiais associados a rápida acumulação de calor devido à radiação recebida. De destacar a

presença de uma célula de frescura ao longo do rio, muito devido ao arrefecimento ocorrido durante a noite, demorando este mais tempo a aquecer do que o solo, pelo que é visível o contraste entre o rio e as suas margens. Consta-se, assim, que a exposição solar se assume como um ponto fulcral para a existência de diferenças térmicas neste setor do território.

No que respeita ao período da tarde (percurso iniciado às 15h30), constata-se a evidente influência da folhagem do arbóreo caducifólio (plátanos, choupos e tílias, entre outras espécies), presentes em praticamente toda a área em estudo, algo que se reflete nas temperaturas registadas (Figura 6B). O desenvolvimento da folhagem destas árvores ajuda na proteção da radiação solar direta, criando obstáculo na chegada ao solo, o que pode ser um dos motivos pelos quais o Parque Dr. Manuel Braga e parte do Parque Verde (margem direita) registam temperaturas menos elevadas. Em fevereiro estas árvores encontravam-se despidas de folhagem, levando a que as temperaturas comparativamente fossem mais elevadas, com as áreas envolventes. Ainda assim, observa-se uma margem esquerda mais fresca do que a margem direita, acreditando que isto se possa dever, não só ao desenvolvimento da folhagem das árvores, mas também devido ao posicionamento do sol (neste momento já parcialmente encoberto pela colina que domina o plano a ocidente – planalto de Santa Clara). De salientar que na Mata junto ao Exploratório – Centro Ciência Viva de Coimbra – se registou o ponto com a temperatura menos elevada do percurso ($23,91^{\circ}\text{C}$), assumindo que esta funciona como célula de frescura. A razão para tal prende-se com o facto de aqui o arbóreo – Choupos – apresentar grande porte, provocando um sombreamento muito significativo, agora que a folhagem se encontra desenvolvida quase em pleno.

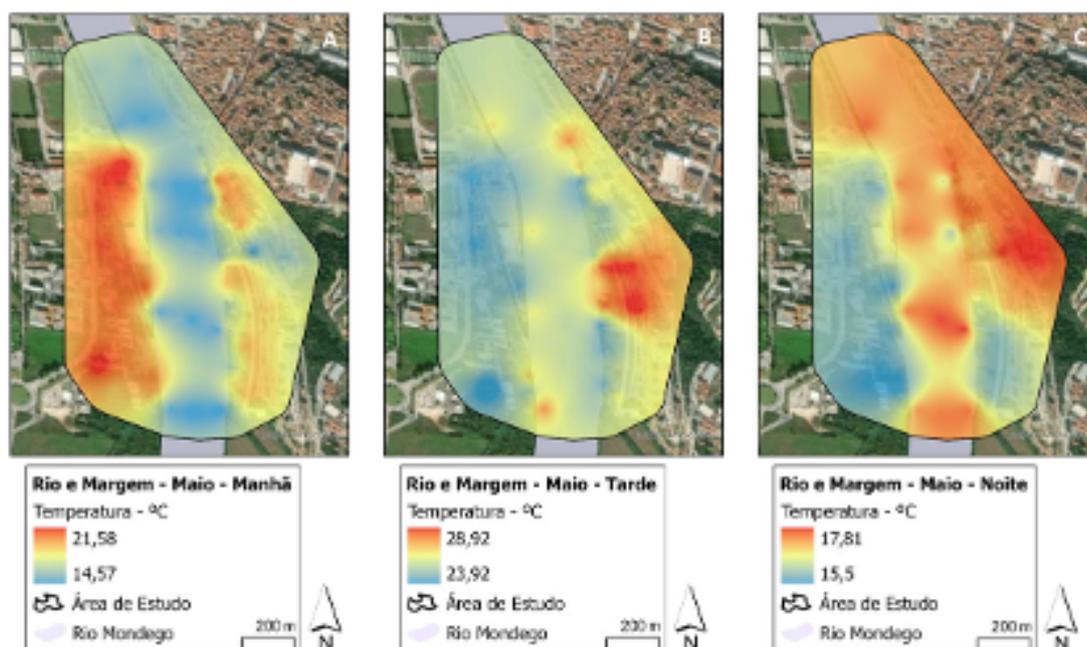


Figura 6. Campo térmico da área de estudo no período da manhã no dia 11 de maio de 2022.

Tal como já foi referido anteriormente, é no Parque Verde na 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 elevada concentração de carros estacionados desde o início do dia no parque de estacionamento. Importa, ainda, referir que no setor do lençol de água, o ponto mais próximo das piscinas do Mondego apresenta uma temperatura significativamente mais elevada ($27,5^{\circ}\text{C}$), comparativamente com os restantes pontos (o que contraria o observado anteriormente). Tal poderá ser justificado por uma profundidade pouco significativa (assoreamento), fazendo com que o maior aquecimento pela exposição solar deste local seja mais facilitado. É ainda de referir que o ponto da margem esquerda, próximo da Ponte de Santa Clara, é o setor que regista temperaturas mais elevadas, quando comparado com os restantes ($26,8^{\circ}\text{C}$).

Quanto ao levantamento noturno, realizado neste dia primaveril e iniciado pelas 21h00 (Figura 6C), denota-se a presença de células de frescura em todo o Parque Verde (em ambas as margens), enquanto no Parque da Canção e no Parque Dr. Manuel Braga se registam temperaturas mais elevadas⁸. Contudo, e à semelhança do que se tem vindo a observar nos diferentes anos de análise, foi no ponto junto ao portão inferior do Jardim Botânico que se registou a temperatura mais elevada (17,8°C). Isto parece refletir a proximidade com o edificado da Avenida Emídio Navarro e rua da Alegria que irradiava o calor absorvido ao longo do dia. No que concerne aos registos realizados no rio Mondego observou-se que as temperaturas registadas a 1,5 metros da superfície da água se apresentam mais quentes relativamente às margens (temperaturas entre os 16,9°C e os 17,7°C), algo que mostra uma importante influência do plano de água nos setores envolventes. De salientar que nesta noite o “re-puxo” instalado no rio Mondego se encontrava ligado e, que por isso, evidencia um registo com valores mais baixos de temperatura associado ao *spray* dele resultante.

Já a campanha de verão foi realizada no dia 8 de julho de 2022, num momento em que Portugal Continental (e grande parte da Europa) se debatia com uma intensa onda de calor, registando por esse facto temperaturas bastante elevadas. Assim, o país encontrava-se sob influência do anticiclone localizado a NW do continente, fazendo com que neste dia não apresentasse instabilidade atmosférica, com céu praticamente limpo, sendo um dia bastante soalheiro e quente, observando-se apenas uma ligeira brisa durante o início da manhã (IPMA, 2022c). Os percursos deste dia assumiram-se como casos esclarecedores sobre muito do que se tem vindo a estudar em termos de dias anticiclónicos de verão no quadro da topoclimatologia urbana de Coimbra, e nomeadamente da influência dos espaços verdes e azuis na regulação climática urbana.

Neste contexto, observa-se que no percurso matinal, com início às 9h30, a variação térmica é de 7,7°C, visto que a temperatura mais elevada registada foi de 32,5°C e a mais baixa de 25,2°C. Observando o cartograma com os resultados obtidos na manhã deste dia⁹, é visível uma margem esquerda mais fresca do que a margem direita, o que parece justifica-se pelo horário de recolha de dados (o trajeto foi propositadamente 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 (Figura 7A). Outra razão a apontar, poderá passar pelo facto de o sistema de rega do Parque Verde na margem esquerda se encontrar ligado no período da recolha dos dados, o que terá significado o registo de maior humidade e diminuição das temperaturas. 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 a folhagem do arbóreo dos plátanos se encontrava com grande desenvolvimento naquele momento, no segundo espaço a ausência de coberto de arbóreo e o piso em calcário e betuminoso, associado ao horário de recolha, ofereceu dados algo diferentes dos entretanto observados, mas que nos ofereceram novas perspetivas relativamente ao conhecimento de como os diferentes fatores se interrelacionam durante o dia.

No que concerne ao período vespertino (percurso iniciado às 15h00) do dia 8 de julho verifica-se o registo de temperaturas bastante elevadas, o que era expectável tendo em consideração as condições anteriormente referidas – a onda de calor que afetava o país neste início de julho. Deste modo, verifica-se que relativamente ao setor do lençol de água do Açude do Mondego e da sua relação com as suas margens, é notória a influência dos espaços azuis no atenuar das temperaturas, visto que estes podem emitir radiação de onda longa com mais eficiência para arrefecer a superfície (Ampatzidis & Kershaw, 2020; Wu et al., 2019). Assim, observa-se um setor do lençol aquático com ar mais fresco e as suas margens registam temperaturas um pouco mais amenas. Verifica-se uma exceção no setor da

⁸ Neste último caso, e até porque a folhagem dos plátanos, também já se encontrava com algum desenvolvimento, os valores registados podem ser justificados pela referida cerca de placas em zinco e acrílico que vedava o parque, o que dificultava a circulação do ar. Na campanha realizada em 2021, os valores encontrados não apresentavam estas relações entre os espaços em análise.

⁹ Importa referir que neste momento do trabalho, várias situações podem interferir na análise final deste artigo neste dia de campanha de levantamento de temperaturas. No período da manhã, foi efetuado com o percurso desenvolvido num sentido ao contrário do habitual, tendo o seu início no Parque da Canção e terminando no Parque Dr. Manuel Braga. Porém, o mais importante de referir, é que o Parque Dr. Manuel Braga neste dia já não se encontrava em obras, logo já não se encontrava vedado, refletindo desse modo uma ventilação do espaço que não se observava nas outras duas campanhas.

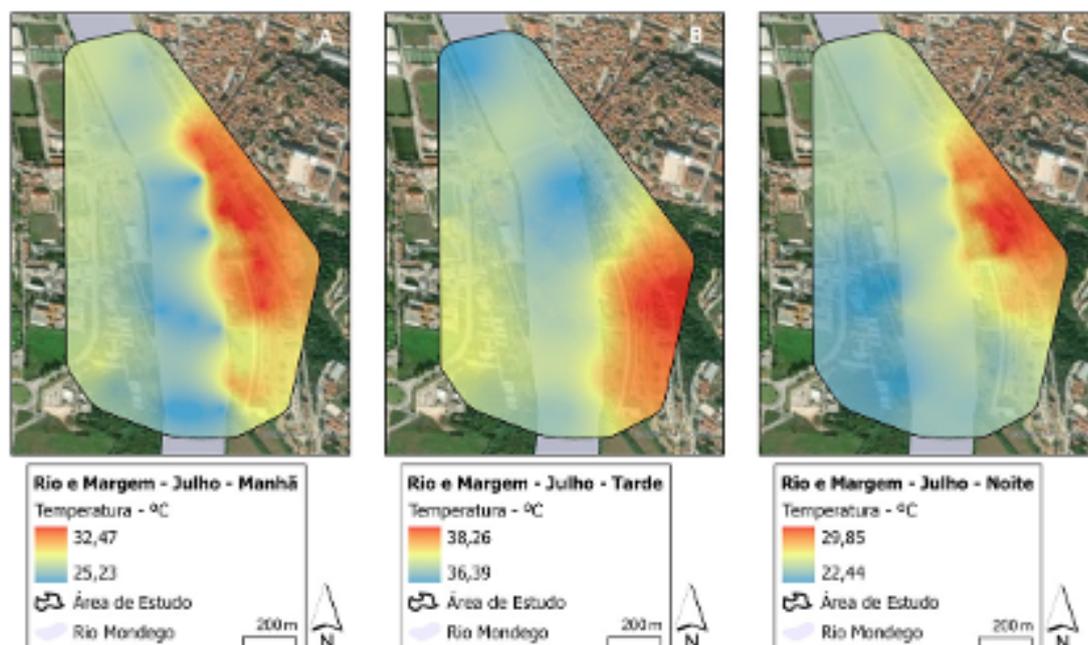


Figura 7. Campo térmico da área de estudo no período da manhã no dia 8 de julho de 2022.

margem direita do Parque Verde, compreensível se atendermos 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 (Figura 7B). Outro motivo poderá passar pela menor quantidade de vegetação arbórea de grande porte (permitindo que a radiação solar incida diretamente no solo) e uma maior expressão de vegetação herbácea e arbustiva, não tendo um impacto tão eficaz no combate às elevadas temperaturas que na altura se verificavam. No Parque Dr. Manuel Braga (já sem cerca) constata-se que o ar a 1,5 metros do solo se apresenta mais fresco, refletindo já a ventilação e a influência do próprio rio, mas fundamentalmente ao papel que a vegetação arbórea assume através das copas das árvores que, ao dificultar a entrada de radiação solar direta, proporciona sombra quase contínua, e logo uma temperatura mais amena (Ornelas et al., 2023).

Relativamente ao período noturno deste mesmo dia, com início às 21h00, registaram-se temperaturas menos elevadas, em praticamente toda a área (Figura 7C), isto relativamente ao percurso anterior. Exceção feita ao Parque Dr. Manuel Braga, o que poderá ser justificado pela proximidade do edificado da Avenida Navarro, com a consequente irradiação e consequente libertação de calor acumulado ao longo do dia, e ainda devido à presença da vegetação arbórea neste parque, pois esta tem um efeito de arrefecimento durante o dia, mas durante a noite funciona a inércia térmica proporcionada pela evapotranspiração e pelo aumento da humidade (Ornelas et al., 2023), leva a que o registo de temperaturas se apresente como mais elevado. 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 (temperaturas mais frescas) um pouco em resultado não só da irradiação de um solo em terra, mas também do equacionado papel das atividades associadas às Festas da Cidade na Praça da Canção nesse dia.

Julgamos, após esta análise de três campanhas em 2022, em três momentos diferentes – inverno; primavera e verão – e em três horários diferentes – início da manhã, tarde e noite –, possibilitando também observar muitos dos dados de outras campanhas realizadas em anos anteriores. Uma análise que incida sobre os espaços verdes e azuis urbanos, com a particularidade de estes serem localizados globalmente junto a um espelho de água e diferentes tipologias de espaços verdes nas suas margens parece ser um importante passo para o melhor conhecimento da influência destes na regulação climática dos espaços urbanos envolventes. Em sentido contrário, não podemos deixar de referir o problema que foi gerado pelas obras que decorreram no Parque Dr. Manuel Braga, e a sua consequente delimitação por uma vedação que obstruía a ventilação deste amplo espaço.

5. Discussão dos dados e considerações finais

As preocupações com o meio ambiente após a constatação do crescimento exponencial do espaço urbano, motivaram uma mudança nos desígnios e nos métodos de investigação, devido à necessidade de entender as alterações do ecossistema urbano provocados pela ação antrópica. Nesse contexto, Nastran et al. (2019) 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, processo local que pode levar ao desenvolvimento da “ilha de calor urbana”. No caso da cidade de Coimbra, (Ganho, 1998; Marques et al., 2008; Parada, 2022) esta, e por força da rápida urbanização observada (Cordeiro, 2021), tem vindo a ser referida como podendo representar um importante problema de saúde pública, em particular em função dos crescentes eventos extremos. Assim, torna-se fundamental, proporcionar condições de vida favoráveis aos cidadãos incluindo a adaptação das cidades às mudanças climáticas. Nesse contexto tem-se vindo a considerar os espaços verdes e espaços azuis como uma das possíveis estratégias de mitigação no atenuar da própria ICU (Ampatzidis & Kershaw, 2020; Chang & Li, 2014; Cordeiro et al., 2023; Grimmond, 2020; Soltani & Sharifi, 2017; Van Renswouw et al., 2022), assim como assumem importante papel na saúde das populações, em especial dos idosos (Morris et al., 2022; Wu et al., 2018). Quando em 2015 foi aprovada a Agenda 2030, constituída por 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (subdivididos em 169 metas), dois deles, ODS 11 e o ODS 13, foram assumidos como peças fulcrais na análise efetuada sobre a área ribeirinha da cidade de Coimbra.

Parte de um projeto mais vasto que integrou a análise à ICU da margem direita do rio Mondego em Coimbra e sobre o papel de um espaço verde no balanço térmico urbano (Neves, 2022; Parada, 2022; Silva, 2022), esta análise ao longo de um ano procurou aprofundar o conhecimento do papel dos espaços azuis e verdes na regulação térmica do espaço urbano consolidado. Efetuado através da medição de temperaturas com a utilização de sensores térmicos em diferentes estações do ano, bem como em diferentes momentos do dia, registaram, em 70 diferentes pontos, isto em cada um desses momentos¹⁰. O desafio colocado prendeu-se com uma análise de um espaço bem definido que foi o espelho de água do Açude do rio Mondego (18) e as margens deste em todo o setor que se desenvolve no vale em cujas vertentes se implantou a cidade de Coimbra. Observam-se assim diferentes “mosaicos” vegetativos associados ao Manuel Braga (espaço com mais de um século) e ao Parque Verde, este implantado há cerca de duas décadas no âmbito do Programa Pólis (52 pontos). As 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 reforçar o que se tem vindo a reconhecer sobre o papel dos espaços verdes e azuis como reguladores térmicos no espaço urbano. Os resultados obtidos revelam a importância do “verde” e do “azul” no amenizar das temperaturas na urbe, e consequentemente, da própria “ilha de calor urbano” que tem vindo a ser analisada no caso de Coimbra (Cordeiro et al., 2023; Ganho, 1998; Marques et al., 2008; Parada, 2022).

É junto às áreas “betonizadas” – urbanizadas e viárias – que se registam as temperaturas mais elevadas, muito devido à capacidade de absorção de calor que estas possuem, mostrando que estes valores se encontram associados aos parques de estacionamento e à áreas edificadas. Contudo, e devido à inexistência de folhagem no arbóreo caducifólio, ou seja, no período de inverno (dia 28 de fevereiro), nas horas de maior calor (período da tarde), setores com vegetação arbórea caducifólia registam, também, temperaturas elevadas, já que não observam condições protetoras dessa folhagem à radiação solar. O mesmo não se verifica nas tardes dos restantes dias, no qual a folhagem já se encontrava desenvolvida, mostrando a influência do arbóreo na amenização das temperaturas, uma vez que a folhagem desta impedia que a radiação solar chegasse diretamente ao solo. Quando Portugal (e toda a Europa) era afetado por duas ondas de calor nos dias em análise, (as campanhas de maio

¹⁰ Foram registadas, em três percursos simultâneos, as temperaturas em 177 pontos disseminados pelo espaço urbano de cidade, o que permitiu a comparação do setor ribeirinho com os espaços urbanos consolidados, onde se voltou a identificar a Ilha de Calor Urbano (Parada, 2022) e num espaço verde urbano (Neves, 2022), possibilitando observar, numa perspetiva mais ampla, a influência dos espaços verdes e azuis na mitigação da Ilha de Calor Urbano.

e julho), verificava-se que no período do dia em que se registam temperaturas mais elevadas (tarde), foi também notória a influência do espaço azul nas suas margens, sendo visível o ar mais fresco do rio a estender-se até às suas margens.

É ainda de realçar o facto de os dados recolhidos no rio (1,5 metros da superfície da água) mostram que as paredes que delimitam o Mondego no seu setor mais a norte na cidade parecem ser responsáveis por temperaturas mais elevadas ($1/2^{\circ}\text{C}$), quando comparada com o setor mais a sul onde as margens são definidas por vegetação, situações que se vão também refletir nas temperaturas das margens e da própria influência da superfície aquática nos setores impermeáveis periféricos, embora sem o impacto referido para outras latitudes¹¹ (Wu et al., 2018). Porém, deve assumir-se que a influência dos espaços azuis se apresenta no global como fundamental no atenuar das temperaturas, muito na sequência da emissão de radiação de onda longa, mais eficientes no arrefecimento das superfícies (Ampatzidis & Kershaw, 2020; Wu et al., 2019).

Este trabalho, que deverá ser assumido como um momento inicial num estudo mais amplo sobre a influência dos espaços azuis na regulação térmica e na resiliência às alterações climáticas no espaço urbano de Coimbra, mostra não só que a existência de um espelho de água influencia decisivamente a zona ribeirinha, mas também, em muitas manhãs, todo o casco urbano. Porém, e quando o objetivo passa pelo benefício relativo à saúde, com a perspetiva de uma maior resiliência às ondas de calor, em particular na morbilidade de idosos, deve atender-se a facto de muita da bibliografia que se encontra publicada sobre a temática se debruçar sobre outros aspetos. A regeneração urbana de espaços azuis direciona-se para as questões multidimensionais, em que a saúde (atividade física ou saúde mental) se vai associar também a questões económicas (Brückner et al., 2022; Morris et al., 2022).

Assim, a presença de espaços azuis e verdes numa cidade assume-se como 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, promovendo a saúde e o bem-estar, atividades recreativas e desportivas, e ainda proporciona uma maior biodiversidade. As vantagens da presença de espaços azuis ou verdes neste espaço urbano são bastante semelhantes, uma vez que ambos acabam por se complementar, pelo que a análise inicial realizada neste setor da cidade deverá vir a ser alargada, no sentido de um crescente conhecimento sobre a influência do arbóreo e das superfícies aquáticas na regulação climática em espaços urbanos em clima mediterrânico.

Bibliografia

- Ampatzidis, P., & Kershaw, T. (2020). A review of the impact of blue space on the urban microclimate. *Science of the Total Environment*, 730, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139068>
- Ashmore, P., & Dodson, B. (2017). Urbanizing physical geography. *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*, 61(1), 102–106. <https://doi.org/10.1111/cag.12318>
- Barros, P. C. F., & Barbosa, R. V. R. (2023). Áreas verdes urbanas e suas escalas de abordagem em clima tropical: uma revisão. *Revista Formação (Online)*, 30(57), 487–515.
- Brears, R. (2020). *Nature-Based Solutions to 21st Century Challenges*. Routledge.
- Brückner, A., Falkenberg, T., Heinzl, C., & Kistemann, T. (2022). The Regeneration of Urban Blue Spaces: A Public Health Intervention? Reviewing the Evidence. *Front. Public Health*, 9, 782101. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.782101>
- Chang, C. R., & Li, M. H. (2014). Effects of urban parks on the local urban thermal environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13, 672–681.
- Chang, H.-S., & Chen, T.-L. (2015). Decision Making on Allocating Urban Green Spaces Based upon Spatially-Varying Relationships between Urban Green Spaces and Urban Compaction Degree. *Sustainability*, 7, 13399–13415. <https://doi.org/10.3390/su71013399>
- Cordeiro, A. M. R. (2022). The Importance of the Holistic View in Urbanism: The Role of Physical Geography in the Sustainable City of the 21st Century. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 9(12), 380–397. <https://doi.org/10.14738/assrj.912.13662>

¹¹ No entanto, e quando numa análise mais ampla – no conjunto dos três percursos desenvolvidos (Neves, 2022; Parada, 2022; Silva, 2022) –, observa-se que a influência do plano de água pode apresentar uma espacialização bastante significativa no edificado da colina da Alta da Cidade, com as temperaturas a apresentarem valores inferiores às registadas no setor das cumeadas mais para leste – Montes Claros e Av. Dias da Silva –, em particular nos levantamentos da manhã.

- Cordeiro, A. M. R. (2021). Morphological system and urban settlements. Coimbra (Portugal): A city from the Roman times to the present. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 14. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu14.msus>
- Cordeiro, A. M. R., Ornelas, A., & Lameiras, J. M. (2023). The Thermal Regulator Role of Urban Green Spaces: The Case of Coimbra (Portugal). *Forests*, 14, 2351. <https://doi.org/10.3390/f14122351>
- Cunha, L., & Dimuccio, L. A. (2018). Paisagens e riscos naturais no município de Coimbra. Análise preliminar. Em *Paisagem e Território* (pp. 25–33). Universidade Estadual de Londrina Duarte.
- Cunha, L. J. S., Soares, A. F., Tavares, A., & Marques, J. F. (1999). O “Julgamento” geomorfológico de Coimbra. O testemunho dos depósitos quaternários. *Actas do 1º Colóquio de Geografia de Coimbra, Nº Especial de Cadernos de Geografia*, 15–26.
- Ganho, N. (1998). *O clima urbano de Coimbra: estudo de climatologia local aplicada ao ordenamento urbano* [tese de dout., Instituto de Estudos Geográficos, Universidade de Coimbra].
- Grimmond, C. S. B. (2020). Climate of cities. Em *The Routledge Handbook of Urban Ecology*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203839263.ch10>
- IPMA. (2022a). Boletim Climatológico Mensal, fevereiro 2022 [Acedido a 1 de agosto de 2022]. https://www.ipma.pt/resources/www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20220310/SwIIXADgyXlCwQnvaLam/cli_20220201_20220228_pcl_mm_co_pt.pdf
- IPMA. (2022b). Boletim Climatológico Mensal, julho 2022 [Acedido a 10 de agosto de 2022]. https://www.ipma.pt/resources/www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20220818/WiPBzFYCHlSkbiYZyQs/cli_20220701_20220731_pcl_mm_co_pt.pdf
- IPMA. (2022c). Boletim Climatológico Mensal, maio 2022 [Acedido a 1 de agosto de 2022]. https://www.ipma.pt/resources/www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20220608/doEOHQHPDDWhlSEKCGO/cli_20220501_20220531_pcl_mm_co_pt.pdf
- Leal, C., Ganho, N., & Cordeiro, A. M. R. (2008). O contributo dos espaços verdes da cidade de Coimbra (Portugal) no topo-clima, 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* [tese de dout., Universidade Federal do Paraná]. <https://hdl.handle.net/1884/28276>
- Marques, D., Ganho, N., & Cordeiro, A. M. R. (2008). Clima local e ordenamento urbano, o exemplo de Coimbra. *Cadernos de Geografia*, 26, 313–324. <http://hdl.handle.net/10316.2/40339>
- Morris, G. P., Mishra, H. S., & Fleming, L. E. (2022). Blue space as an essential factor in environment and health. Em S. Bell, L. E. Fleming, J. Grellier, F. Kuhlmann, M. J. Nieuwenhuijsen & M. P. White (Ed.), *Urban Blue Spaces. Planning and Design for Water, Health and Well-Being* (pp. 15–37). Routledge.
- Moyer, A. N., & Hawkins, T. W. (2017). River effects on the heat island of a small urban area. *Urban Climate*, 21, 262–277.
- 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.
- Neves, J. F. (2022). *A influência das áreas verdes nos microclimas da cidade de Coimbra. Contributos para a sustentabilidade urbana* [diss. de maestr., Universidade de Coimbra].
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban Climates*. Cambridge University Press.
- Ornelas, A., Cordeiro, A. M. R., & Lameiras, J. M. (2023). Thermal Comfort Assessment in Urban Green Spaces: Contribution of Thermography to the Study of Thermal Variation between Tree Canopies and Air Temperature. *Land*, 12(1568). <https://doi.org/10.3390/land12081568>
- Parada, V. J. C. (2022). *O papel da morfologia e dos espaços verdes nas dinâmicas da Ilha de Calor Urbano. O exemplo da cidade de Coimbra* [diss. de maestr., Universidade de Coimbra].
- Pippi, L. G. A., & Trindade, L. C. (2013). O Papel da Vegetação Arbórea e das Florestas nas Áreas Urbanas. *Paisagem e Ambiente*, 31, 81–96. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i31p81-96>
- Potchter, O., Cohen, P., & Bitan, A. (2006). Climatic behavior of various urban parks during hot and humid summer in the mediterranean city of Tel Aviv, Israel. *International Journal of Climatology*, 26(12), 1695–1711. <https://doi.org/10.1002/joc.1330>
- Rebelo, F. M. d. S. (1999). Condicionamentos físico-geográficos na origem e no desenvolvimento da cidade de Coimbra. *Actas do 1º Colóquio de Geografia de Coimbra*, 11–13.
- Rebelo, F. M. d. S. (1992). O Relevo de Portugal: uma introdução. *Inforgeo*, 4, 17–35.
- Silva, M. I. L. (2022). *O contributo dos espaços verdes (e azuis) no urbanismo sustentável e na resiliência às alterações climáticas. O caso de estudo de Coimbra* [diss. de maestr., Faculdade de Letras de Coimbra].

- Soltani, A., & Sharifi, E. (2017). Daily variation of urban heat island effect and its correlations to urban greenery: A case study of Adelaide. *Frontiers of Architectural Research*, 6(4), 529–538.
- Targino, A. C., Coraiola, G. C., & Krecl, P. (2019). Green or blue spaces? Assessment of the effectiveness and costs to mitigate the urban heat island in a Latin American city. *Theoretical and Applied Climatology*, 136, 971–984. <https://doi.org/10.1107/s00704-018-2534-81>
- United Nations. (2018). World Urbanization Prospects 2018. Population. Department of Economic and Social Affairs, Population Dynamics.
- Van Renswouw, L., Lallemand, C., van Wesemael, P., & Vos, S. (2022). Creating active urban environments: insights from expert interviews. *Cities & Health*, 1–17.
- Wu, D., Wang, Y., Fan, C., & Xia, B. (2018). Thermal environment effects and interactions of reservoirs and forests as urban blue-green infrastructures. *Ecological Indicators*, 91, 657–663.
- Wu, 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*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133742>