

Sara Isabel Pinheiro Velho

2º Ciclo de estudos em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do  
Território

**O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.**

**Os Jardins de Serralves.**

2012

Orientadora

Professora Doutora Ana Maria Rodrigues Monteiro de Sousa

Co-orientador

Professor Doutor Paulo Jorge Rodrigues Farinha Marques

Versão definitiva



O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de mestre em Sistemas de Informação e Ordenamento do Território - Área de Investigação.

Porto, 2012



Dissertação elaborada com o apoio financeiro de “projetos pluridisciplinares 2010 – Universidade do Porto | Santander Totta” e no âmbito do Projeto PTDC/SAU-ESA/73016/2006 “The risks to human health caused by heat waves and cold spells in Porto”, financiado por fundos FEDER, através do programa COMPETE (Programa Operacional Fatores de Competitividade), e pela FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia).



## **AGRADECIMENTOS**

Muitas foram as pessoas que direta ou indiretamente, pelo seu variadíssimo e precioso contributo, tornaram possível a concretização desta investigação.

As minhas primeiras palavras de agradecimento não poderiam ir para outra pessoa que não para a Professora Ana Monteiro, por todos os ensinamentos científicos e humanos, que me serviram e que me acompanharão como referência, e por me fazer acreditar e contribuir incansavelmente para que este desafio fosse concretizado. Agradeço-lhe todos os momentos partilhados nos quais foram verdadeiramente visíveis a sua confiança, dedicação, amizade e carinho.

À Universidade do Porto, que através dos projetos pluridisciplinares, me permitiu financiamento para a aquisição de equipamento imprescindível na génese do desenvolvimento deste projeto e a possibilidade de me deslocar a atividades científicas internacionais.

Agradeço ao Professor Paulo Marques pelas sugestões e conselhos partilhados e por me ter dado o prazer de relembrar os tempos em que esteve presente diariamente como professor.

À Professora Helena Madureira agradeço o contributo no arranque deste projeto, nomeadamente aquando a candidatura aos “Projetos pluridisciplinares 2010”, cujo financiamento veio contribuir para algumas das atividades inerentes à investigação.

À Fundação de Serralves, com particular destaque ao João Almeida, Diretor do Parque de Serralves, pela oportunidade proporcionada, disponibilidade da informação que sustentou esta investigação e pelo acesso incondicional aos Jardins de Serralves.

A Fredrik Lindberg, agradeço a disponibilidade incansável e a partilha de conhecimentos técnicos que permitiram responder a questões fulcrais desta investigação, sem que permitisse que a distância impedisse a sua colaboração.

Ao Mário Almeida, Luís Fonseca, Vânia Carvalho, Miguel Sousa, Teresa Oliveira, Filipe Esteves, Eng. Joaquim Góis e à Maria Augusta, meus amigos e colegas,

pelos momentos (de colaboração) tão peculiares proporcionados nos Jardins de Serralves, pela força e por toda a ajuda e, ainda, por tornarem o meu dia-a-dia tão especial.

Aos meus colegas especiais de mestrado, Paula Ribeiro, Pedro Alves e José Augusto Silva, pelo carinho e cuidado que sempre demonstraram nesta caminhada.

Agradeço aos grandes Amigos pelas “Forças”, gargalhadas, abraços, preocupações, cuidados, suporte e pela companhia mesmo em momentos da minha “ausência”. Quero agradecer distintamente ao Ricardo Gomes pelo seu papel fundamental na “lucidez” no momento do *caos*.

Finalmente, agradeço...

...ao Pedro pelo reconforto incondicional e pelo suporte insubstituível;

...ao Ché pelo silêncio e o carinho da sua companhia;

...e à minha família, especialmente aos meus Pais pelo amor e compreensão em todos os momentos, principalmente naqueles mais inquietantes, e à Matilde por todos os abraços, sorrisos e “historinhas de princesa”.

A todos o meu agradecimento por me ajudarem a “arquitetar” a “paisagem” que exponho neste seguimento.



O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

*Á Ana, mais do que uma Amiga.*



## RESUMO

A vasta literatura na área da climatologia e da ecologia urbana permite perceber a importância que os espaços verdes podem ter no ambiente urbano como elementos de mitigação dos efeitos das manifestações de mudança climática. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são referidos como elementos essenciais para essa compreensão.

De entre as múltiplas funções dos espaços verdes (ambientais, ecológicas, sociais e económicas), o seu papel de reguladores climáticos tem vindo a tornar-se central graças às propriedades, por exemplo, de purificação atmosférica, de termorregulação e de controlo da humidade do ar e do solo e da radiação solar. Podem, por isso, ser importantes mitigadores das “ilhas de calor ou de frescura urbanas”, modificando o conforto bioclimático e na maioria dos casos melhorando a qualidade do ambiente e da vida urbana.

Este estudo pretende contribuir para ampliar o conhecimento sobre a influência da morfologia dos espaços verdes e a organização da vegetação no conforto bioclimático dos seus utilizadores e nos mosaicos climáticos das áreas adjacentes. Envolveu monitorizações fixas e itinerantes de diversas variáveis climáticas, como a temperatura, a humidade, a velocidade do vento e a radiação solar, que interferem direta ou indiretamente no conforto bioclimático.

No Porto, os Jardins de Serralves revelaram-se um espaço verde urbano adequado enquanto “laboratório experimental”, uma vez no seio dos seus 18 ha têm uma grande diversidade na organização paisagística dos seus espaços. Isto facilitou a realização das monitorizações climáticas e a avaliação das condições de conforto bioclimático tanto no contexto micro, como no local e no urbano.

A aplicação dos SIG aliados a procedimentos matemáticos de geoestatística e ao cálculo de alguns índices bioclimáticos foram uma grande mais valia desde o momento de análise até à síntese final deste projeto.

**Palavras-chave:** espaços verdes urbanos, conforto bioclimático, sistemas de informação geográfica (SIG), ArcGis 10.1, *Kriging*, *Solweig*.



## ABSTRACT

The vast existing literature in the fields of climatology and urban ecology enables the perception of the importance that green spaces can have in the urban environment while elements for mitigating the effects of the manifestations of climatic changes. The Geographic Information Systems (GIS) are referred as essential tools for this comprehension.

Among the multiple functions of green spaces (environmental, ecological, social and economic), their role in regulating climate has become central due to their properties, for example, in atmospheric purification, thermo-regularization and air and soil humidity and solar radiation control. They can, therefore, be important in mitigating the “urban heat and freshness islands”, modifying the bioclimatic comfort and, in most cases, improving the environmental and urban life quality.

This study looks forward to contribute in enriching the existing knowledge about the influence of green spaces morphology and vegetation organization in the bioclimatic comfort of its users, as well as in the climatic mosaics of the surrounding areas. This involved fixed and itinerant monitoring of diverse climatic variables, such as temperature, humidity, wind speed and solar radiation, which direct or indirectly interfere with the bioclimatic comfort.

In Porto, the Serralves’ Gardens proved to be an adequate urban green space, suitable to be used as an "experimental laboratory", once that inside its 18 ha it has a great diversity in the landscapes’ organization of its spaces. This helped in the performance of climatic monitoring and in the evaluation of the bioclimatic comfort conditions both in micro, local and urban contexts.

The use of GIS combined with geostatistic mathematical procedures and the calculation of some bioclimatic indexes was a great asset from the moment of the analysis until the final synthesis of this project.

**Keywords:** urban green spaces, bioclimatic comfort, geographic information systems (GIS), ArcGis 10.1, *Kriging*, *Solweig* .



## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	II
RESUMO .....	II
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE.....	II
Índice de figuras .....	IV
Índice de tabelas .....	VIII
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1 .....	3
PROBLEMÁTICA E PERTINÊNCIA DO TEMA.....	3
1.1 Apresentação da problemática .....	3
1.2 Objetivos da investigação.....	10
1.3 Metodologia de investigação.....	12
1.4 Escolha da área de estudo - Serralves, um elemento na cidade .....	15
CAPÍTULO 2 .....	20
OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO ESTUDO DA BIOCLIMATOLOGIA APLICADA AOS ESPAÇOS VERDES.....	20
2.1 O papel dos espaços verdes urbanos .....	21
2.2 Os Sistemas de Informação Geográfica: inclusão fundamental na presente investigação.....	38
CAPÍTULO 3 .....	45
Estudo de caso: O CONFORTO BIOCLIMÁTICO NOS JARDINS DE SERRALVES.....	45
3.1 Enquadramento de Serralves na cidade do Porto .....	45

3.2 Definição e instalação do parque instrumental de monitorização climática .....	67
3.3 Resultados obtidos.....	75
3.3.1 Os Jardins de Serralves, a periferia urbanizada e o Porto .....	75
3.3.2 Os Jardins de Serralves – a temperatura do ar em abrigo fixo e nas medições itinerantes .....	79
3.3.3 A temperatura do ar dentro d’Os Jardins de Serralves .....	84
3.3.4 Padrões térmicos em Serralves nos dias mais quentes e nos dias mais frios .....	85
3.3.5 O conforto bioclimático em Serralves .....	101
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	119
BIBLIOGRAFIA .....	121
APÊNDICES .....	131
ANEXOS .....	152



## Índice de figuras

Figura 1: Estimativas e projeções da população mundial (biliões) de acordo com diferentes variáveis, 1950-2100 (UN, 2011a). .....	4
Figura 2: Esquema conceptual dos conceitos-chave motivadores da presente investigação. ....	9
Figura 3: Esquema metodológico de investigação .....	14
Figura 4: Enquadramento da população residente da área de estudo à escala nacional, regional, municipal e local (INE, 2012). ....	15
Figura 5: Tipologias de espaços verdes do concelho do Porto. ....	17
Figura 6: Os Jardins de Serralves. ....	19
Figura 7: Peso da população das freguesias do município do Porto. ....	46
Figura 8: Localização de Serralves em Portugal, na GAMP e no Porto. ....	47
Figura 9: Hipsometria do Porto e dos Jardins de Serralves. ....	49
Figura 10: Declives do Porto e dos Jardins de Serralves. ....	50
Figura 11: Exposição de vertentes do Porto e de Serralves. ....	53
Figura 12: Hidrografia do Porto e Elementos de água dos Jardins de Serralves. ....	54
Figura 13: Formações geológicas do Porto e dos Jardins de Serralves. ....	55
Figura 14: Temperatura mínima, máxima e precipitação total mensal média em Porto Serra do Pilar (1900-2007) .....	56
Figura 15: Percentagem de dias, por mês, com valor máximo de PET para o Porto (2000-2007) .....	57
Figura 16: Percentagem de dias, por mês, com valor máximo de PET para o Porto (2000-2007) .....	58
Figura 17: Percentagem de dias, por mês, com valor máximo do <i>Heat Index</i> para o Porto (2000-2007). ....	58
Figura 18: Usos do solo do Porto e de Serralves. ....	60
Figura 19: Rede viária simplificada do Porto. ....	62
Figura 20: Estratos arbóreos. ....	65
Figura 21: Oportunidades de percursos nos Jardins de Serralves. ....	66

Figura 22: Localização dos pontos de medição itinerante do percurso 1 e das estações fixas no interior dos Jardins de Serralves. ....	69
Figura 23: Localização dos pontos de medição itinerante do percurso 2 e das estações fixas no interior dos Jardins de Serralves. ....	70
Figura 24: Representação dos critérios de seleção dos pontos itinerantes. ....	72
Figura 25: Calendarização das medições itinerantes nos Jardins de Serralves. ....	73
Figura 26: Comportamento da temperatura média diária nas estações fixas de medição. ....	77
Figura 27: Comportamento da temperatura máxima diária nas estações fixas de medição. ....	77
Figura 28: Comportamento da temperatura mínima diária nas estações fixas de medição. ....	78
Figura 29: Ritmo da temperatura do ar registada nas diferentes estações (PR, SJB, MSF, P1 e P2) nas horas das medições itinerantes. ....	80
Figura 30: Variação média da temperatura do ar registada nas diferentes estações climáticas durante as medições itinerantes efetuadas de MANHÃ no período de 16 de Julho a 14 de Outubro de 2011. ....	83
Figura 31: Variação média da temperatura do ar registada nas diferentes estações climáticas durante as medições itinerantes efetuadas de TARDE no período de 16 de Julho a 14 de Outubro de 2011. ....	84
Figura 32: Comportamento da temperatura nas diferentes estações fixas de registo nos dias mais quentes e nos dia mais frios. ....	89
Figura 33: Registo da temperatura nos diferentes pontos de monitorização do percurso 1 itinerante nos dias mais quentes e nos dia mais frios. ....	90
Figura 34: Registo da temperatura nos diferentes pontos de monitorização do percurso 2 itinerante nos dias mais quentes e nos dia mais frios. ....	91
Figura 35: Registo da temperatura nas diferentes estações de monitorização fixa e permanente nos dias mais quentes e nos dia mais frios. ....	92
Figura 36: Localização dos pontos mais quentes e dos pontos mais frios de Serralves nos 4 dias selecionados. ....	97

Figura 37: Espacialização da temperatura dos Jardins de Serralves registada nos dias mais quentes, resultante da técnica de krigagem utilizada. ....	99
Figura 38: Espacialização da temperatura dos Jardins de Serralves registada nos dias mais frios, resultante da técnica de krigagem utilizada. ....	100
Figura 39: Mecanismos termorreguladores do corpo humano adaptado de Rodrigues, 1978 em Almeida (2012, p. 42). ....	101
Figura 40: Espacialização dos níveis de HI calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes, resultante da técnica de krigagem utilizada. ....	104
Figura 41: Espacialização dos níveis de HI calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais frios, resultante da técnica de krigagem utilizada. ....	105
Figura 42: Espacialização dos níveis de PET calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes, resultante da técnica de krigagem utilizada. ....	107
Figura 43: Espacialização dos níveis de PET calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais frios, resultante da técnica de krigagem utilizada. ....	108
Figura 44: Espacialização dos níveis de Tmrt calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes, resultante da técnica de krigagem utilizada. ....	110
Figura 45: Espacialização dos níveis de Tmrt calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes, resultante da técnica de krigagem utilizada. ....	111
Figura 46: Espacialização dos níveis de Tmrt calculados pelo Solweig para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes. ....	114
Figura 47: Espacialização dos níveis de Tmrt calculados pelo Solweig para os Jardins de Serralves nos dias mais frios. ....	115
Figura 48: Espacialização da percentagem de sombra diária calculada pelo Solweig para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes e nos dias mais frios. ....	117



## Índice de tabelas

Tabela 1: Exemplos de parques construídos com as ideias higienistas do século XIX..	31
Tabela 2: Papel acumulado dos espaços verdes ao longo dos tempos. ....	34
Tabela 3: Características dos 2 percursos de medições itinerantes. ....	71
Tabela 4: Informação detalhada do horário no período das medições itinerantes efetuadas. ....	71
Tabela 5: Características das estações climáticas de registo e periodicidade das medições. ....	74
Tabela 6: Parâmetros estatísticos da temperatura registada nas diferentes estações de registo nos momentos das medições itinerantes. ....	80
Tabela 7: Parâmetros estatísticos das médias das variáveis registadas durante os dois percursos de monitorização itinerante no período de 16 de Julho a 14 de Outubro de 2011 .....	85
Tabela 8: Seleção dos dias mais quentes e dos dias frios.....	86
Tabela 9: Variáveis climáticas dos dias quentes e dias frios nas diferentes estações de registo. ....	88
Tabela 10: Pontos dos Jardins de Serralves mais quentes nos momentos da monitorização itinerante nos 4 dias selecionados.....	95
Tabela 11: Pontos dos Jardins Serralves mais frios nos momentos da monitorização itinerante nos 4 dias selecionados.....	96



## INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do segundo ano do mestrado de Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território para a obtenção do grau de mestre na mesma área. Teve como motivação, não só a dissertação de natureza científica proposta pelo plano curricular mas, especialmente, por constituir uma oportunidade de aliar a área da minha formação profissional de base – Arquitetura Paisagista – com outras áreas como os Sistemas de Informação Geográfica e a Climatologia.

O tema surgiu de um conjunto de reflexões: umas alicerçadas em discussões de carácter científico com a Professora Doutora Ana Monteiro acerca dos espaços verdes e a disciplina que, há consideravelmente, pouco tempo, acrescentou saber à forma como analisava e percebia a importância e a distribuição dos espaços verdes – Climatologia aplicada; outras aliciadas pela minha crescente curiosidade pela bioclimatologia humana; e finalmente no seguimento de preocupações associadas aos problemas relacionados com o ambiente global que a atual sociedade mundial enfrenta.

O desafio de ingressar numa investigação em duas áreas do saber - SIG e Bioclimatologia - cuja descoberta na aprendizagem e exploração acompanharam de certa forma a evolução deste trabalho, expressou-se num entusiasmo de combinar novos conhecimentos, para mim, com o tema fascinante da história dos jardins.





## CAPÍTULO 1

### PROBLEMÁTICA E PERTINÊNCIA DO TEMA

*"Só se vê bem com o coração. O essencial é invisível para os olhos..."*

1943, Antoine de Saint-Exupéry

(2009, p. 74)

#### 1.1 Apresentação da problemática

Nos últimos tempos têm sido inúmeras as iniciativas para procurar dar resposta a problemas que a sociedade mundial enfrenta relacionados com as tendências de degradação progressiva do ambiente global, nomeadamente em torno dos impactes das mudanças climáticas no ambiente físico, ecossistemas, consumo de energia, perda da biodiversidade, alterações e degradação do solo e saúde pública (Goverse/UNEP, 2012). Estas preocupações são ampliadas quando são consideradas nos ambientes urbanos - territórios que suportam atualmente metade da população mundial, prevendo-se que venham a suportar quase 70% da população mundial em 2050 (EU, 2010), o que provocará consequentemente uma maior alteração do uso do solo. Embora se projete uma desaceleração no ritmo de crescimento da população a partir de 2050 (fig. 1), esta continuará a aumentar, atingindo aproximadamente 9,3 biliões em meados do século XXI. Em 2011 já rondava os 7 biliões de população (UN, 2011a, 2011b).

A Europa, onde 75 % da população vive em áreas urbanas (EEA, 2012) e conta-se que chegará aos 83% em 2050 (UN, 2011b), será um dos continentes mais afetados pelos impactes negativos gerados pelos eventos climáticos extremos, pela falta de água, pelas cheias e secas. As consequências alastrar-se-ão à saúde pública, à agricultura, à

indústria ao turismo. O emprego e a socioeconomia, a vida social e a qualidade de vida serão profundamente alteradas.

Se este crescimento populacional prosseguir aliado a uma sociedade de consumo, muito exigente relativamente à necessidade de uma rápida evolução e inovação tecnológica e ancorada sobretudo num modo de vida preferencialmente urbano, a manutenção dos padrões atuais de qualidade de vida e bem estar dificilmente serão atingidos.

A história recente tem ilustrado a sociedade que a urbanização rápida e indevidamente planeada e a procura de bem-estar segundo os padrões comuns atuais concretiza-se, na maioria dos casos, com uma deficiente integração da flora, da fauna, do ar e da água nos subecossistemas urbanos patente por exemplo nas profundas alterações no clima local e regional através da presença permanente de anomalias térmicas positivas nos lugares onde o metabolismo urbano tem maior vitalidade. Estas opções de desenho urbano têm gerado uma delapidação dos recursos naturais, alguns dos quais potencialmente não renováveis, á escala local, regional e global (Arias et al., 2011).

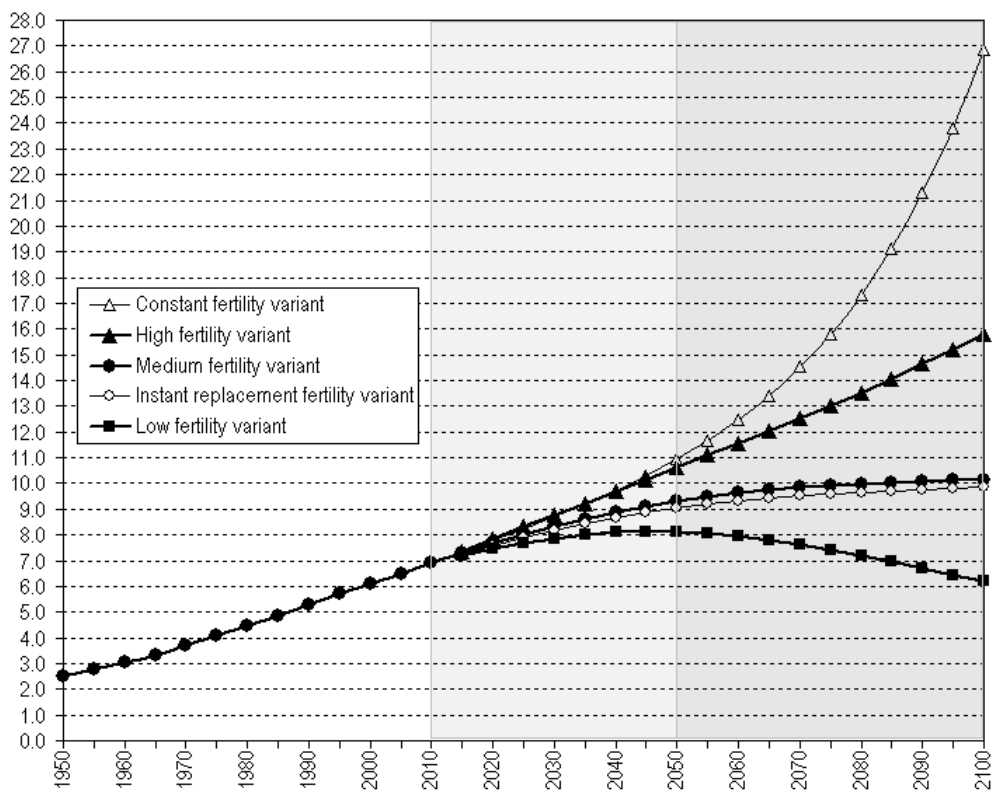


Figura 1: Estimativas e projeções da população mundial (bilhões) de acordo com diferentes variáveis, 1950-2100 (UN, 2011a).

O desenvolvimento agrícola e a industrialização são apontados por S. Boyden, citado por A. Monteiro (1997), como as duas etapas da história do planeta que mais contribuíram para o início do desequilíbrio das relações entre as várias componentes do ecossistema. Mais, segundo S. Boyden a descoberta do fogo e as competências adicionais de manipulação doutros elementos pode ser considerada como um dos marcos mais importantes na história da perturbação crescente gerada pelos seres humanos no seu ecossistema. A partir deste momento o equilíbrio entre a energia e a matéria retirada e devolvida ao ecossistema passou a ser diversa.

A descoberta do fogo é aliás denominada como o início do verdadeiro processo de manipulação dos processos bióticos (Monteiro, 1997), desde logo pelo CO<sub>2</sub> libertado pelo fogo para a atmosfera mas também pela possibilidade de ocupação de espaços que sem ele não seria possível utilizar ou ainda pela ferramenta excepcional que traduz como ataque e defesa.

A agricultura gerou a destruição maciça de floresta e a compartimentação da paisagem, a migração de espécies faunísticos e florísticos, a saturação do solo e a sedentarização dos seres humanos provocando progressivamente graves desequilíbrios ao nível da disponibilidade de alimentos.

A industrialização, só possível quando depois de haver excedentes agrícolas alguns seres humanos ficaram libertos da responsabilidade de tratarem da sua própria alimentação, foi uma etapa de graves impactes negativos no ar, na água, na flora e na fauna. Ao exigir um aumento do consumo de energia ampliou excessivamente os efeitos nefastos de todas as atividades no ecossistema (Cabral, 2003 ; Monteiro, 1997).

A industrialização reforçou a preferência da população pelas cidades já que eram, e continuam a ser, o modo mais eficaz de organização do espaço para acomodar as inúmeras atividades que tipificam as necessidades da sociedade - indústria, comércio, habitação, educação, cultura, acessibilidades, tecnologia, etc. Contudo, este desenvolvimento rápido mas também caótico das cidades, embora “reputadas como símbolo do progresso” (Goitia, 2003; Telles, 1997) acarretaram “mudanças substanciais nas primeiras centenas de metros da atmosfera, por alterações fisiológicas na fauna e na flora, por alterações na topografia, pela criação de novas formas de acumulação (entulhos e lixeiras) e de remoção (extração de areias, cascalho e rocha) e por modificações no sistema de circulação da água. Ao nível da atmosfera, a urbanização

teve impactes negativos significativos, alterando os fenómenos meteorológicos resultantes das trocas físico-químicas na interface Terra-Atmosfera” (Monteiro, 1997, p. 16), podendo mesmo considerar-se a “mudança ambiental mais radical” resultante da relação e da adaptação do homem ao ambiente que o envolve num curto espaço de tempo (Gomes, 2011, p. 3), não permitindo jamais que o balanço energético se restabeleça sem sérios impactes negativos na qualidade de vida.

A Europa tem sido um palco privilegiado de todas estas etapas da história da presença dos seres humanos no planeta e tem atualmente uma forte presença de espaços urbanizados. Por isso, tendo em conta os vários modelos de previsão experimentados no 4º Relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007) e relembrados no *Special Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change* (IPCC, 2012), prevê-se que vivencie um aumento da temperatura de 1°C a 3° C até meados do século XXI e de 2°C a 5° C até ao final do século, uma alteração das temperaturas extremas diárias e o aumento das amplitudes térmicas, a mudança dos padrões de distribuição da precipitação (aumento da frequência de chuvas intensas, a intensificação de secas, etc.), e o aumento do nível médio do mar, entre outros (IPCC, 2007, 2012). Note-se aliás que o 5º Relatório do IPCC, cuja publicitação prevê-se que ocorra durante 2013, incluirá já um capítulo dedicado exclusivamente ao contributo dos espaços urbanizados para as manifestações de mudança climática projetadas.

Portugal é um dos países europeus onde investigadores do IPCC (Greiving et al., 2009) (anexo An.1), e do SIAM (Santos, Forbes, & Moita, 2002) preveem que a temperatura média anual e o número médio anual de dias com noites tropicais aumentem, enquanto o número de dias de geadas, a precipitação média anual nos meses de inverno, a evaporação média anual e o número médio anual de dias com chuvas intensas diminuam.

O aumento da temperatura, à escala local, é já bem visível na maioria das áreas urbanas portuguesas, onde são frequentes as “ilhas de calor urbano” noturnas, com anomalias positivas que podem atingir 5°C-10°C (Alcoforado 1992, Monteiro 1997). Estes fenómenos são facilmente associáveis ao metabolismo urbano e às opções de planeamento e desenho urbano que resultam quase sempre numa intensa impermeabilização do solo, numa elevada densidade de construção, e numa diversidade de tipo de equipamentos, pavimentos e materiais de revestimento. A tudo isto junta-se

frequentemente a ausência de espaços verdes e a falta de manutenção dos existentes o que dificulta que exerçam o seu papel regulador da temperatura e de limpeza da atmosfera.

Estes novos padrões térmicos locais e regionais, criados sobretudo por ação antrópica, provocam *de per se* uma modificação na direção e na velocidade do vento, na humidade relativa, na quantidade e intensidade da precipitação, etc., podendo comprometer seriamente a saúde dos seres humanos e prejudicando mesmo a utilização do espaço, que pode tornar-se, em alguns casos, bioclimaticamente desconfortável.

Contudo, isto não significa que a causa destes múltiplos impactes negativos resida necessariamente no facto dos processos de urbanização se terem intensificado mas sim no modo como este tem sido concretizado no que respeita por exemplo às opções de desenho urbano ancoradas no pressuposto da supremacia da estética sobre as características biogeofísicas e na crença da capacidade de resolução de todos os problemas com a evolução tecnológica e com *inputs* de energia extraordinários. Assim, a vulnerabilidade dos cidadãos urbanos só diminuirá se as decisões de localização de pessoas e atividades nas cidades garantir uma maior harmonia entre as expectativas de qualidade de vida e bem estar das pessoas e a capacidade de carga de cada suporte natural em concreto (ar, água, solo, fauna, e flora).

É por esse motivo cada vez mais urgente aprofundar o conhecimento científico para em cada contexto geográfico aproveitar equilibradamente os recursos naturais, tecnológicos, económicos e sociais existentes otimizando com criatividade a radiação solar, a energia eólica, a água, a aptidão do solo, etc., e evitando as estratégias *one size fits all*. Só assim será possível melhorar as condições de adaptação às manifestações de mudança climática e proporcionar à população, à economia e ao ecossistema mais sustentabilidade e resiliência.

É precisamente neste contexto que a utilização, expansão e/ou manutenção de infraestruturas verdes, nomeadamente parques e jardins, florestas urbanas, zonas húmidas, paredes e telhados vegetados, ruas arborizadas, surge como uma componente das estratégias locais de adaptação que a Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2012) denomina como *green measures*.

Nas últimas décadas a importância das áreas verdes nos espaços urbanos e o seu contributo para melhorar a qualidade de vida têm sido objeto de estudo de vários

investigadores e de inúmeras organizações internacionais empenhadas na promoção do desenvolvimento sustentável e do incremento da resiliência dos espaços urbanizados. A importância atribuída à presença de áreas verdes em espaços urbanizados resulta da pluralidade dos benefícios e funções que podem significar em ambiente urbano: benefícios ambientais, tais como regularização climática, limpeza da atmosfera, criação de melhores condições de conforto *indoor* diminuindo os consumos energéticos domésticos, controlo da velocidade e direcção do vento; benefícios ecológicos, nomeadamente garantindo suportes de habitats de fauna e flora e aumentando a biodiversidade nas cidades; benefícios hidrológicos contribuindo para regular o tempo entre a precipitação e o escoamento; benefícios sociais, promovendo a saúde ao diminuir a poluição atmosférica e o ruído e ao facilitar o exercício físico e o lazer e recreio bem como melhorando o bem-estar social e psíquico; benefícios económicos, ao valorizar o solo nas áreas adjacentes.

Dentre todas as multifuncionalidade dos espaços verdes pareceu pertinente, no caso da cidade do Porto, procurar compreender o seu papel de reguladores climáticos (fig. 2). Sabendo que os espaços verdes são termorreguladores, modificam a humidade e a radiação solar assim como podem diminuir a poluição atmosférica (Alcoforado & Andrade, 2008; EEA, 2012; Monteiro, 1997), é inequívoco que têm de ter um papel primordial em qualquer leque de medidas de mitigação e de adaptação da sociedade contemporânea que vise proporcionar aos seres humanos um espaço bioclimaticamente confortável.

No entanto, apesar da importância inigualável dos espaços verdes, nem sempre oferecem aos seus utilizadores o conforto bioclimático esperado, o que pode originar graves prejuízos na frequência e na preferência. Em muitos casos isto resulta do seu desenho, da composição das suas infraestruturas construídas ou do modo como a vegetação modifica as variáveis climáticas (temperatura radiante, temperatura e humidade relativa do ar, albedo, velocidade e direcção do vento, luminância, entre outros) à escala local. Nestes casos podem originar mosaicos microclimáticos inadequados às actividades para as quais foram disponibilizados. Ao recriarem novas condições de conforto bioclimático, os espaços verdes podem não acomodar convenientemente as diversas actividades de recreio passivo (estadia, deambulação, reflexão, observação, entre outros) ou de recreio activo (exercício físico).

Como se acabou de ver, a complexidade desta temática sugere um incontável número de questões que apelam ao conhecimento de diferentes domínios científicos (fig. 2).

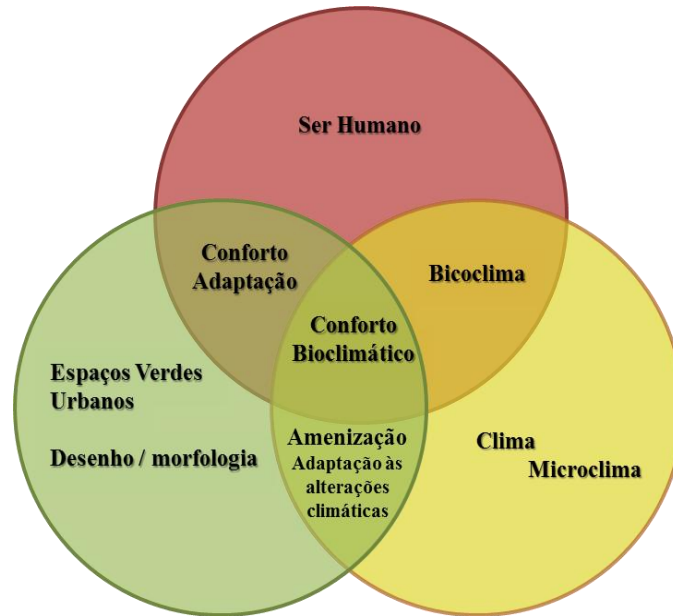


Figura 2: Esquema conceptual dos conceitos-chave motivadores da presente investigação.

Neste caso, foram seleccionadas, como foco da nossa atenção, três questões que tiveram em conta a nossa formação científica, as aprendizagens no Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território assim como as limitações de recursos e de tempo:

**Q1:** *A vegetação tem impactes no clima local?*

**Q2:** *Quais são os efeitos do desenho de um espaço verde no microclima e, conseqüentemente, no conforto bioclimático?*

**Q3:** *Que estratégias devem ser adotadas na escolha do sítio e do tipo de espaço verde para garantir a maximização do conforto bioclimático?*

A teia relacional implícita na análise e resposta a estas três questões, pareceu poder ser um mote eficaz para demonstrar e sublinhar a importância dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na análise e compreensão sistémica e sistemática de problemáticas onde as variáveis são tão diversas mas estão tão intrincadas.

Os SIG são fundamentais para resolver questões de vários domínios científicos, destacando-se, neste caso, a climatologia aplicada ao planeamento. Para além de incorporarem inúmeras ferramentas dedicadas ao tratamento de informação georreferenciada e ferramentas de análise e utilização da informação geográfica, os SIG permitem a cartografia e a modelação. Permitem a sobreposição, a relação e a consulta estatística de informação espacial muito variada, como por exemplo, características biogeofísicas, socioeconómicas, climáticas e ambientais do território, entre outras.

Os SIG são mais que uma ferramenta; fazem parte das ciências da informação (Matos, 2008) recorrentemente utilizadas no processo de tomada de decisões, nomeadamente no ordenamento do território. São considerados “uma ferramenta basilar de qualquer investigador” (Esteves, 2011) que se proponha a compreender e resolver problemas no âmbito do território.

## 1.2 Objetivos da investigação

Tendo em conta as três questões de partida já enunciadas, o objetivo principal prendeu-se com o conhecimento e a compreensão da influência da vegetação de um espaço verde em duas escalas de análise: i) regional, procurando perceber qual é o seu papel no contexto urbano em que está inserido; ii) local, indagando dentro do próprio espaço verde como é que o desenho e a organização dos diferentes estratos vegetais e das estruturas construídas interferem no microclima, e conseqüentemente, no conforto bioclimático dos seus utilizadores.

Para além disso, procurou-se também demonstrar a importância e a versatilidade dos SIG para acolher outros *softwares*, utilizando diferentes ferramentas que ajudam a compreender realidades muito complexas como aquela com que nos confrontamos neste trabalho.

A investigação foi ancorada num caso de estudo – os Jardins de Serralves – visto que se pretendeu realizar uma avaliação concreta do conforto bioclimático de um espaço verde com elementos paisagísticos muito diversos.

Todavia, para alcançar os objetivos pré-definidos foi fundamental o enriquecimento do nosso conhecimento num vasto leque de domínios uma vez que foi necessário:



- Compreender o papel potencial dos espaços verdes para a mitigação dos impactos negativos gerados pelas manifestações de mudança climática e para a adaptação dos seres humanos a essas transformações;
- Identificar as condições geográficas naturais que na nossa área de estudo podem influenciar o comportamento de cada elemento climático;
- Avaliar a diferenciação climática local gerada exclusivamente pela presença deste espaço verde na sua área urbana mais próxima;
- Compreender o modo como os seres humanos definem o seu conforto bioclimático consoante o leque de atividades que podem desempenhar neste espaço verde;
- Reconhecer os padrões microclimáticos existentes em cada um dos diferentes contextos paisagísticos existentes dentro do jardim e consequentemente os diversos níveis de conforto bioclimático;
- Adequar as metodologia(s) já existentes em bioclimatologia ao conforto bioclimático em espaços verdes;
- Conceber um projeto em SIG que permita realizar a cartografia mais adequada à identificação das inúmeras inter-relações existentes no tempo e no espaço entre cada peça do jardim e os diversos elementos climáticos;
- Aperfeiçoar e complementar o conhecimento de ferramentas em SIG que respondam eficazmente às questões levantadas no nosso caso de estudo;
- Definir algumas estratégias de seleção e distribuição da vegetação que otimizem a oferta de condições de conforto bioclimático mais variada possível;
- Reforçar a importância do papel dos espaços verdes na promoção da saúde, do bem estar e da qualidade de vida de toda a população urbana e não só dos seus utilizadores;
- Contribuir para consolidar os argumentos em torno da necessidade de incorporar os espaços verdes como instrumento de planeamento e gestão em territórios urbanizados.

Foi considerando esta perspetiva integrada de abordagem que permitiu intitular este trabalho de investigação – *O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático. Os Jardins de Serralves.*

### 1.3 Metodologia de investigação

A concretização do objetivo obrigou à adoção de uma perspetiva multidisciplinar com consequências ao nível metodológico (fig. 3). Ao ser necessário enveredar por domínios tão diversos como os da arquitetura paisagista, da climatologia, da geografia e das ciências de informação geográfica, é-se confrontado com um leque de ferramentas de suporte a um conhecimento muito vasto e consideravelmente distinto.

Assim, e para procurar atingir a meta desejada, foi desenvolvido um processo de investigação em cinco etapas: i) estado da arte; ii) criação de um parque instrumental próprio, recolha e tratamento de informação climática e paisagística; iii) análise integrada, em SIG, dos elementos da paisagem e dos registos climáticos; iv) síntese dos resultados obtidos; v) proposta de utilização de alguns resultados no planeamento. Todas estas etapas, embora funcionem sequencialmente, estão tão interligadas que obrigaram naturalmente a realizar constantes exercícios de retroatividade geradores de correções de percurso.

Na etapa de pesquisa bibliográfica que fundamentou a escolha da temática enveredou-se pela consulta de um conjunto muito vasto de publicações de domínios tão diversos quanto os da arquitetura paisagista, da geografia, da climatologia, da história do urbanismo, do planeamento, dos SIG, etc.. Sempre que necessário consultaram-se publicações específicas que ajudaram a resolver os problemas concretos que foram surgindo no domínio da modelação microclimática, da modelação em SIG, da física da camada laminar da baixa atmosfera, entre outros.

Seguidamente, procedeu-se à inventariação e à recolha de toda a informação estatística, climática e cartográfica disponível sobre os Jardins de Serralves, o quarteirão em que se inserem e sobre a área do Porto. Depois de reunida esta informação e com base nela concebeu-se um parque instrumental de monitorização microclimática permanente e itinerante que permitisse responder às questões-problema. Instalou-se todo o equipamento e procedeu-se ao registo, à recolha, ao armazenamento e ao tratamento da informação microclimática, em ambiente SIG, aliado a outras ferramentas de cálculo e análise de dados alfanuméricos.

Na etapa seguinte foi delineado um projeto SIG que, para além de facilitar a representação cartográfica adequada ao contexto em que o trabalho foi desenvolvido, tivesse a versatilidade suficiente para absorver e tratar uma panóplia de informação de

índole muito diversa. Pretendeu-se que o projeto SIG aqui desenvolvido fosse um instrumento útil à compreensão de uma teia relacional tão complexa como é a que propicia mosaicos climáticos tão diversos em áreas tão próximas e sob condições sinópticas idênticas. Procurou-se mostrar que os SIG, para além de proporcionarem a escolha de diferentes ferramentas para se observar o mesmo fenómeno, são também uma ferramenta de gestão de informação facilitadora da interpretação de fenómenos de grande complexidade uma vez que têm um elevado potencial e uma enorme agilidade para ajudar a seleccionar os melhores modelos explicativos de qualquer fenómeno.

Na etapa de síntese que se seguiu, ancorada nos SIG e nas aprendizagens teóricas e práticas ao longo do curso de MSIGOT, procurou-se compreender as variáveis que condicionam a diversidade microclimática em áreas tão próximas como as que foram observadas nos Jardins de Serralves. Norteou-se o esforço de síntese em torno do conhecimento que foi adquirido sobre a influência que as características da vegetação, a presença/ausência de massas de água e as estruturas construídas que constituem este espaço verde têm no *sky view factor*, na temperatura do ar, na temperatura radiante, na velocidade e direção do vento ou na humidade relativa. Isto é, procurou-se compreender este espaço verde sabendo que “a compreensão da paisagem é indispensável para nela se poder atuar, e nessa compreensão há que entender o relacionamento entre os diferentes elementos que a compõem e o seu comportamento.” (Gonçalo Ribeiro Telles em Cabral, 2003 ).

Por fim, como perspetivas de trabalho futuro, tendo em conta os conhecimentos climáticos aprofundados e adquiridos no âmbito do conforto bioclimático, das características paisagísticas associadas e do tipo de atividade desempenhada, pretende-se encontrar o padrão “climático-espacial” d’Os Jardins de Serralves considerando os aspetos da época do ano em que decorreu o trabalho de campo. Consequentemente, pretende-se a definição de medidas que, incluindo este conhecimento, contribuam para a definição de estratégias bioclimáticas aplicadas aos espaços verdes que possam vir a ser adotadas, não só, no projeto, na conceção e na gestão de um espaço verde, mas também nos instrumentos de planeamento de ordenamento do território.

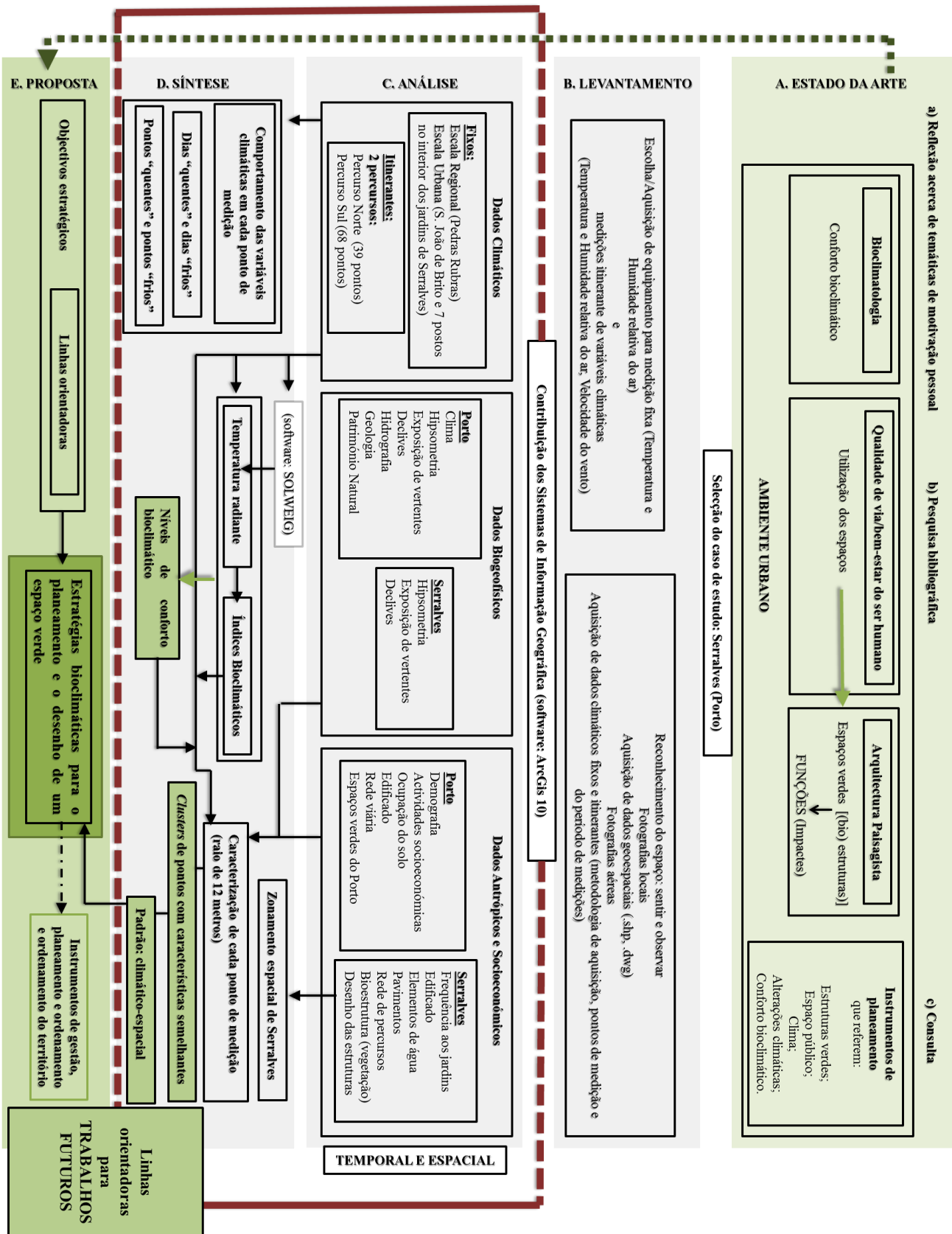


Figura 3: Esquema metodológico de investigação

### .1.4 Escolha da área de estudo - Serralves, um elemento na cidade

O ambiente urbano foi eleito o objeto de estudo, uma vez que é neste tipo de espaços que os impactes das manifestações de mudança climática podem vir a ser muito mais graves devido à forte artificialização do suporte natural, o que pode amplificar os impactes negativos e incrementar a magnitude dos riscos, e ainda pelo facto de concentrarem cada vez mais população.

Optou-se pela área do Porto porque nos pareceu um bom exemplo de um território quase totalmente artificializado onde em 41,42km<sup>2</sup> se acomodam 263 131 habitantes (INE, 2012, p. 10) o que se traduz por uma densidade populacional de 5735,95 hab./km<sup>2</sup>. O Porto representa em termos populacionais 14% dos 1 680 037 habitantes da Grande Área Metropolitana do Porto (GAMP).

Apesar de ter vindo a sofrer um decréscimo populacional (- 9,71 %) entre 2001 e 2011, continua a ser, do ponto de vista funcional, o polo urbano principal da GAMP que no mesmo período viu a sua população variar positivamente cerca de 1,98 %, tal como aconteceu em Portugal (apend. A - fig. AA1).

É importante recordar que quase metade da população da Região Norte (45,63 %) reside na GAMP e que 6,44 % dessa população reside no Porto (fig. 4).

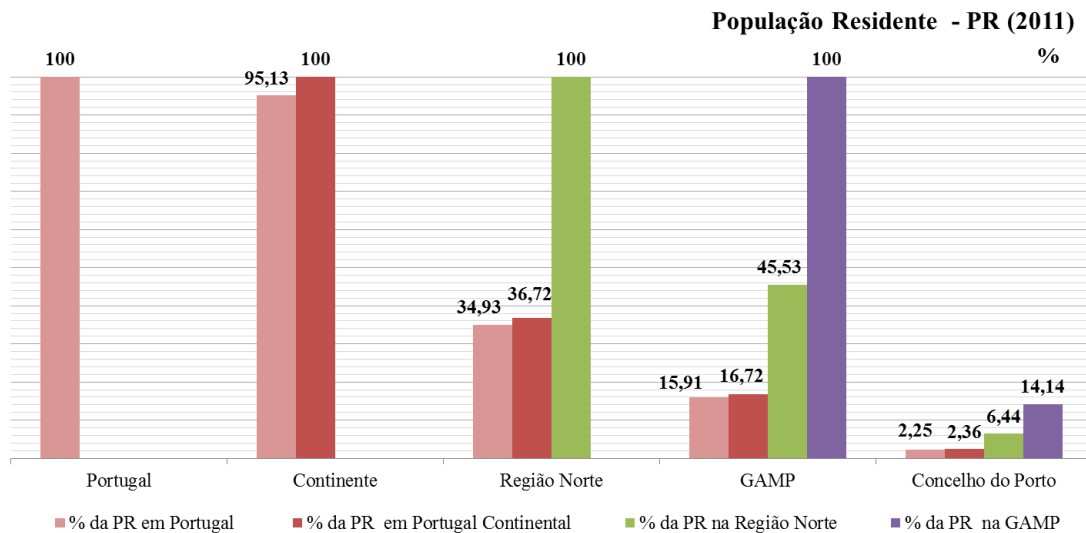


Figura 4: Enquadramento da população residente da área de estudo à escala nacional, regional, municipal e local (INE, 2012).

A intenção de demonstrar a aplicabilidade e a utilidade dos SIG em estudos de climatologia aplicada ao conforto bioclimático tanto como ferramenta útil para coligir informação de índole muito diversa – geográfica, estatística, etc. - como enquanto instrumento facilitador da modelização imprescindível à interpretação de fenómenos complexos, motivou a escolha, no Porto, de um espaço verde que fosse frequentemente “vivido” por uma população diversificada, tivesse uma dimensão considerável, uma variedade morfológica e florística razoável, uma grande atratividade de públicos diversos e estar inserido numa área da cidade intensamente urbanizada. À luz destas condicionantes emergem, no Porto, dois espaços verdes que preenchem estes requisitos: o Parque da Cidade e os Jardins de Serralves

A necessidade de colocar estações de registo de temperatura e humidade permanentes foi um dos critérios principais para a preferência pelos Jardins de Serralves (fig. 5) como o nosso “laboratório experimental” já que o facto de ser um espaço cercado e fechado durante a noite garantia maior **segurança**. O maior afastamento do mar e a inserção num quarteirão intensamente urbanizado foi outra das vantagens que reforçou a nossa opção.

Recorde-se que dos 4142 ha do concelho do Porto, 1722,42 ha são espaços verdes de diferentes tipologias (42%). Das 12 tipologias de espaços verdes existentes na área urbana portuense (P. F. Marques et al., 2011), destacam-se os espaços públicos e semipúblicos (fig. 5). Estes correspondem a apenas a 211,30 ha, e englobam parques e jardins cuja dimensão varia entre os 0,038 ha, no jardim da Rua do Falcão, e 79,76 ha no caso do Parque da Cidade. Foi dentro deste tipo de espaços verdes que escolhemos os Jardins do Parque de Serralves (fig. 5).

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

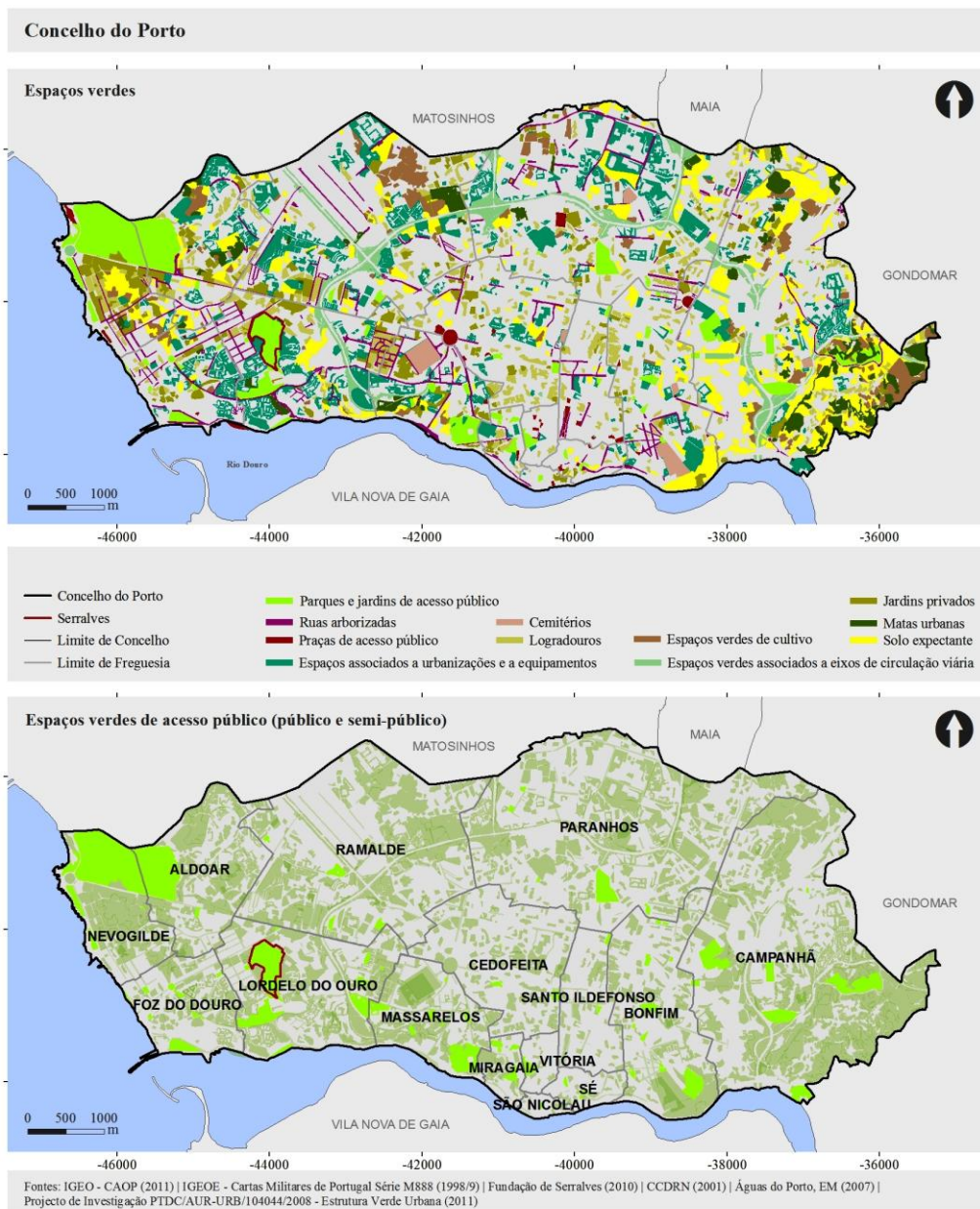


Figura 5:Tipologias de espaços verdes do concelho do Porto.

Os Jardins do Parque de Serralves são o segundo espaço verde de maior dimensão do concelho do Porto (aproximadamente 18 ha). O parque que os integra é uma referência na história da arquitetura paisagista e no património da paisagem em Portugal, “sintetizando e simbolizando uma aprendizagem e um conhecimento das condições de transformação do território, no espaço e no tempo, num contexto cultural: Portugal e os séculos XIX e XX” (Serralves, 2012a). Neste espaço está sediada uma **fundação cultural de reconhecimento internacional**, instituída em 1989 – a Fundação de Serralves – cuja vocação é prestar serviços à comunidade no âmbito da arte

contemporânea e do ambiente. Tem também um Museu de Arte Contemporânea (inaugurado em 1999), uma biblioteca e um auditório que lhe permite realizar inúmeras conferências, debates e reflexões em torno de temáticas muito diversas embora privilegie sempre as questões em torno do património natural, da cultura, e de atividades formativas no domínio ambiental.

Embora tenha acesso condicionado ao público devido ao seu carácter de espaço semipúblico, dispondo de um horário de abertura e de um tarifário associado à sua entrada (com entradas gratuitas e descontos para pessoas idosas, estudantes e em épocas específicas), tem jardins com características muito diversas (fig. 6), exibindo um **património construído** e um **património arbóreo e arbustivo** autóctone e exótico, que proporcionam espaços abertos e fechados, mais ou menos densos, de sombra e/ou luz, sistemas de vistas e de percursos que permitem atividades de recreio ativo e passivo.

A organização paisagística de cada um dos seus espaços faz com que o Parque dos Jardins de Serralves seja um excelente exemplo para avaliar os impactes no microclima e no conforto bioclimático de **contextos paisagísticos muito distintos**. Revelou-se portanto ideal, enquanto “laboratório experimental”, para a monitorização itinerante e fixa de temperatura, humidade relativa e vento.

A juntar ao conjunto do parque, a Quinta de Serralves foi inaugurada em 2000 e é um espaço “onde são promovidas atividades de educação ambiental destinadas aos mais jovens” (Neves, 2002, p. 11).

Para além disso, os Jardins de Serralves são um elemento muito importante na cidade do Porto e em Portugal, que atrai um público muito heterogéneo e proveniente de diversos países. O título meramente exemplificativo, durante o período do trabalho de campo em que efetuámos as medições itinerantes, entre 16 de Julho e 14 de Outubro de 2011, os Jardins de Serralves registaram **44 450 entradas** para o Parque e o Museu e **11 386 entradas** só para o Parque<sup>1</sup>.

Para além das razões apontadas anteriormente, os Jardins de Serralves foram escolhidos também por se **inserirem numa malha densamente urbanizada** e na fronteira entre a influência da brisa marítima e da ilha de calor urbano (Monteiro, 1997),

---

<sup>1</sup> Os dados foram disponibilizados pela Fundação de Serralves mediante o pedido dos dados.



O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

o que nos permitiu procurar compreender o seu peso e a sua importância na modificação do contexto climático local exterior ao espaço verde.

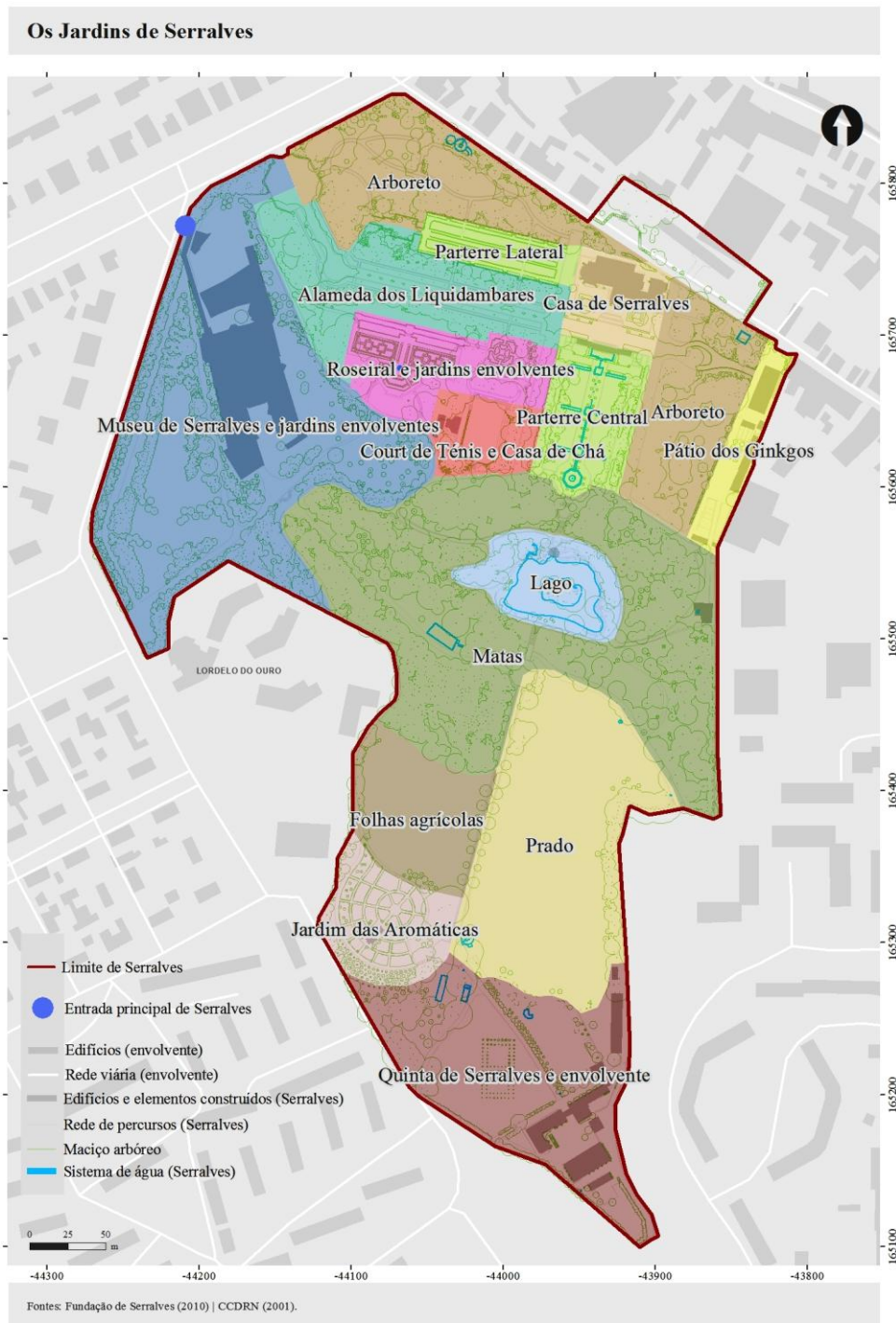


Figura 6: Os Jardins de Serralves.

## CAPÍTULO 2

### OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO ESTUDO DA BIOCLIMATOLOGIA APLICADA AOS ESPAÇOS VERDES

*“A verdade é que há dias para o sol e outros para a sombra e que mesmo quando se está à sombra é sempre agradável ver o sol.*

*Entre nós, onde o sol de verão escalda e fere a vista, há-de ser sempre apreciada a sombra e a frescura da água corrente, desde a matinha cerrada de cedros do Buçaco à meia-luz dos choupos ou de uma latada.”*

Francisco Caldeira Cabral

(2003 p. 134)

O Jardim foi procurado pelo homem como um lugar onde pudesse recrear-se, relacionar-se com uma forma próxima da natureza, experimentar sensações relacionadas com a textura e a estrutura da vegetação, a sombra e a luz do lugar, os animais que nele habitam, as melodias que nele escuta, e que pudesse partilhar com a sociedade. Aqui, o homem foi deixando marcas, pelo interesse que o motivava, pela arte e pela descoberta do mundo das plantas, conferindo-lhe características históricas e memoráveis que permitiram reproduzir as relações e a evolução, tanto do lugar como da cidade onde se insere.

## 2.1 O papel dos espaços verdes urbanos

*“A memória é o elemento da consciência, sem a qual não há participação cultural nem sentido de vida.”*

António Pardal (2006, p. 20)

Encontrar uma definição de espaço verde urbano, é uma tarefa complexa, pois foi evoluindo ao longo dos tempos consoante as funções e a importância que foi adquirida de acordo com as necessidades da vida na cidade e a sua evolução. Além disso esta definição pode ser ambígua, visto que muitas vezes se anuncia a função ou os elementos que fazem dele um espaço verde urbano sem na maioria das vezes ser apresentada uma definição.

Como **espaço público**, o **espaço verde urbano** surge fundamentalmente a partir do século XVIII, como consequência da evolução das características e da dimensão da cidade, tornando a sua presença **uma necessidade**. Até então o espaço verde público, como **local de convívio e encontro**, existia apenas figurado na *Ágora*, no *Gymnasium*, no *Teatro*, na *Palestra* e, mais tarde, na *Praça*, no *Mercado* ou no *Largo* da Igreja, refletindo a paisagem envolvente tão próxima que não deixava sentir a falta da natureza dentro da restrita cidade (Magalhães, 1992).

Porém, os primeiros espaços verdes como jardins terão surgido com os povos antigos da Mesopotâmia (VI milénio a. C.), nos Vales férteis de Eufrates e do Nilo (3500 a.C.), aliando o **prazer às necessidades básicas** de alimentação, hidratação, sem grandes impactes na paisagem, com manifestações de conhecimentos técnicos eficazes de irrigação, drenagem e de práticas agrícolas numa região árida, isto é, uma adaptação das técnicas ao clima em função das suas necessidades (Laurie, 1986; Marsh, 1998). Nesta altura eram visíveis também preocupações com o clima local. Os canais de irrigação, os tanques e a sombra das árvores de fruto eram utilizados como forma de adaptação e de tolerância ao clima quente da região (Laurie, 1986), revelando-se uma necessidade de organização e de planeamento do ambiente natural e da estrutura económica, isto é, trazer ordem a uma paisagem que permitisse a instalação e a permanência, surgindo as primeiras cidades (Capelo, 1996).

Segundo Michael Laurie (1986), as origens do **jardim destinado ao prazer e ao culto da natureza** encontram-se na mitologia, cujas descrições refletem a organização e as práticas de cultivo e de irrigação dos povos antigos, e na religião, na qual os jardins são descritos como paraísos, tal como o jardim do Éden (o jardim de Adão e Eva) e os Jardins suspensos da Babilónia.

A evocação do paraíso e a procura de conforto e bem-estar<sup>2</sup> foi persistindo de geração em geração. Atualmente essa evocação parece estar refletida quando na sociedade atual o espaço verde é procurado pelo efeito de tranquilidade, bem-estar e benefícios na saúde. Contudo, a necessidade da proximidade do ser humano à natureza pode ser explicada não só como uma necessidade de beneficiar dos seus efeitos na qualidade de vida perante condições insalubres do ambiente urbano, mas também pela teoria da savana e pela teoria *do ver e não ser visto*, que defendem que “os humanos estão psicologicamente adaptados e preferem espaços similares àqueles que constituíram o seu habitat primordial - a savana africana, já que 99% da existência da nossa espécie até agora foi passada nesse ambiente, como caçadores” e que “a nível humano como sub-humano a habilidade de ver e a habilidade de esconder são importantes no cálculo das perspetivas/expectativas de sobrevivência”, respetivamente. Estes três aspetos refletem-se na forma como o ser humano organiza o espaço e se relaciona com ele perante a sua perceção de conforto (Gomes, 2010; 2011, p. 2).

*“Recreating the Garden of Eden is an ambitious task.”*

Strahler e Merali (2008, p. 516)

A importância do jardim como **local de deleite, recriação, bem-estar espiritual e local de encontro social** encontrara-se no jardim **Persa** (5000 a. C.), com árvores

---

<sup>2</sup> Bem-estar: “A noção de bem-estar aparece associada a múltiplas componentes, desde a saúde, ao bem-estar material, à liberdade de escolha e ação, aos sistemas de proteção social e à segurança. Bem-estar é antónimo de pobreza, que pode ser resumida num estado de “privação acentuada de bem-estar”. De acordo com Almeida (2009), o conceito de bem estar está relacionado com um conjunto de variáveis socioeconómicas que se podem resumir em: estado de saúde, padrão de vida, habitação, satisfação e condições de trabalho, nível de educação, saneamento básico, acesso a serviços de saúde, aquisição de bens materiais. Não será por acaso que o conceito de bem-estar se relaciona de perto com o conceito de desenvolvimento, mais especificamente, com o conceito de desenvolvimento humano”, em que o índice de desenvolvimento humano (IDH), construído no âmbito do PNUD, em 1990, engloba características tanto económicas como sociais, culturais e políticas, consideradas influências da qualidade de vida. (Nogueira & Remoaldo, 2010)

ornamentais e de fruto, com simbologia referente ao ciclo da vida, e canais de irrigação alusivos ao jardim do Éden e o seu rio de quatro braços (Laurie, 1986). Também aqui os Persas manifestavam conhecimentos de irrigação, de arrefecimento e de ventilação do ar, revelando preocupações de adaptação às condições climáticas visando um maior conforto.

Estes conceitos e “técnicas que evoluíram da agricultura para a jardinagem e destas para a moderna engenharia paisagista” (Pardal, 2006, p. 19), passaram de conquista em conquista, de império em império, civilização em civilização, chegando à Europa.

As **funções sociais** do jardim manifestaram-se com a Grécia e a Roma Antiga (100 d.C.). Na Grécia o jardim era uma extensão clara da casa, desenvolvendo-se de forma simples em recintos fechados, introduzindo-se as colunas e os pórticos como elementos de transição entre o exterior e o interior. Embora locais partilhados socialmente, eram dedicados à horticultura.

Na Roma Antiga, inspirados no Egito e na Pérsia, pelas suas conquistas até à Mesopotâmia e ao Egito, foram construídas as *Villas*, como por exemplo a *Villa Adriana* (117-138 d. C.), em Tivoli, nos arredores de Roma com esplendidos jardins **vocacionados para o lazer e servindo de cenário para festividades** (Laurie, 1986).

As influências persas manifestaram-se também na Península Ibérica (século XIII) graças às conquistas islâmicas, uma cultura já influenciada pela arte dos jardins Persas, onde se procurava retratar o paraíso na Terra. Nestes jardins, **destinados à vida familiar**, foi dado ênfase ao despertar dos sentidos através da cor e do aroma das plantas, adaptadas ao clima mediterrâneo, e do som das peças de água (exemplo: jardins do palácio de Generalife, em Granada).

Para além de serem visíveis considerações culturais e históricas na construção dos jardins, as preocupações com o clima estiveram presentes no planeamento destes espaços. Juntamente com a adaptação do átrio do jardim romano, visível nos jardins de Alhambra em Granada, demonstravam também cuidados com a ventilação do ar através dos pátios e das janelas abertas, que para além de permitirem a vista sobre Granada, faziam o ar circular. A refrigeração era também considerada; através da utilização de espelhos de água que penetravam no interior do edifício, diminuía a temperatura. Os

muros que cercavam os jardins serviam também para proteção contra o clima hostil (Laurie, 1986).

Mas nem sempre o jardim, como local de lazer, esteve presente na história da civilização. Na **Idade Média** (séculos XII-XV) a prática do jardim quase que desapareceu em detrimento de uma expressão religiosa. Durante os tempos *obscuros* e de isolamento da época medieval, entre a desintegração do Império Romano e a emergência da Europa Moderna, a natureza era vista como um perigo devido aos tempos de batalhas, desconhecimento, superstições e medo. A arte dos jardins restringiu-se a jardins isolados da natureza, associados a conventos, mosteiros ou casas segundo duas tipologias: *hortus conclusos* (simbologia religiosa, evocando a Virgem Maria, jardim de grande fertilidade, recreio e entretenimento eclesiástico) e *locus amoenus* (jardim de recreio e prazer desta época). Eram utilizados para **reflexão e produção** de plantas medicinais, aromáticas e gastronómicas. Com o fim dos conflitos políticos, o lazer voltou a ter lugar nestes jardins. A utilidade juntou-se ao deleite, considerando-se **locais de encontro e de promoção de sensações de prazer** (Laurie, 1986; Marsh, 1998).

A relação de proximidade do ser humano com a natureza e a importância dos espaços verdes para a sociedade foi-se recuperando, e, no **Renascimento** (séculos XIV-XVII) celebrava-se o **domínio do ser humano sobre a natureza** (Marsh, 1998). Nesta época a música, a ciência, arte, literatura e arquitetura tornam-se o foco das atenções e a natureza volta a ser objeto de culto (Pardal, 2006). Neste contexto foram criados os primeiros jardins botânicos, como resultado da evolução da botânica e da taxonomia, reflexo das expedições da época, e surgiram novos princípios da arte dos jardins que se difundiram pela Europa e atingiram o seu auge em Itália e em França.

O jardim em Itália esteve, nesta época, diretamente ligado à casa expandindo-se de forma integrada na paisagem tal como acontecia no Antigo Império Romano. As escadas surgiram para interligar os terraços, caracterizadores destes jardins, como forma de resolver problemas associados à paisagem declivosa. A unidade do desenho da casa com o jardim era uma evidência clara. O jardim frontal procurava **causar um efeito marcante e impressionar**, enquanto o outro jardim fazia parte de um percurso motivador de um leque de sensações diversas: sítios abertos alternados com sítios enclausurados; mudanças de sistemas de vista; elementos com simbologia; presença de

água e de vegetação densa para satisfazer necessidades de frescura. Os elementos eram organizados de uma nova forma distinguindo-se a racionalidade, geometria, rigidez e a artificialidade, recorrendo, muitas vezes, à simetria e à topiária<sup>3</sup>. O novo conceito apresentava a variedade e a surpresa de forma inteligente, sendo construído para **ser experienciado** e para responder a **necessidades de adaptação climática**.

No fundo, havia a combinação entre a inspiração do sítio, o conceito e os detalhes tanto da paisagem envolvente como de cada elemento que constituía o jardim (Laurie, 1986). Foram precisamente estas características que levaram ao surgimento das *villas* italianas nos arredores da cidade, segundo Alberti<sup>4</sup>. Como por exemplo:

- *Villa Medici* (1450), desenhado por Michelozzo nos arredores de Florença. O jardim secreto – *giardino segreto* – situado atrás da casa para propiciar isolamento, para permitir que se pudesse estar sozinho e em silêncio contrariamente ao resto dos jardins da *villa*, construídos com intuítos sociais, para mostrar aos convidados e aos visitantes;
- *Villa d’Este* (1575), desenhado por Pirro Ligorio, considerado o melhor exemplo de introdução de escadas com visível integração, de jogos de água geradores de arrefecimento e de maciços densos de vegetação criadores de sombra, visando sempre integrar a *villa* na paisagem e facilitar a adaptação do ser humano à estação quente típica dos climas mediterrânicos;

Nesta época já se vislumbravam alguns sinais de uma cidade considerada “doente” e os jardins eram imaginados e desenhados longe dos espaços urbanos mais inhóspitos para que estudiosos e artistas pudessem estudar e trabalhar em locais com condições mais aprazíveis (Laurie, 1986).

Durante o Renascimento, quando França encontrou a paz e a prosperidade, no final do século XV, Carlos VIII, rei de França, viajou até Nápoles e ficou encantado com a arte italiana e trouxe artistas e objetos italianos para procurar reproduzir a arte italiana nos palácios e jardins franceses., Nesta época foram remodelados vários jardins - os jardins do Castelo de Amboise e os jardins do Castelo de Chantilly - e construídos

---

<sup>3</sup> A arte da topiária consiste na forma de podar a vegetação (com formas geométricas ornamentais, dando origem, muitas vezes a verdadeiras manifestações artísticas. A prática da topiária é associada aos romanos, tendo sido mais tarde retomada no Renascimento pelos italianos e atingindo o seu auge com André Le Notrê.

<sup>4</sup> Leon Battista Alberti (1404-1472), arquiteto e filósofo italiano de grande relevância na arquitetura e no urbanismo considerado um exemplo de “*uomo universale*” renascentista pelas suas várias especialidades: arquiteto, urbanista, pintor, músico e escultor. Personificou o ideal renascentista do « », ou seja, o letrado humanista capaz em numerosos campos de atividade.

outros à imagem dos modelos italianos como aconteceu com os jardins do Castelo de Fontainebleau de 1525, com influências da arte italiana (Laurie, 1986).

No século XVII o jardim francês destacou-se pela sua exuberância e extrema artificialidade, sobressaindo princípios de ordem, proporção e simetria, típicas da cultura Barroca. Os *parterres*<sup>5</sup>, as fontes, as cascatas e as sebes, assim como a simetria, a geometria das formas rígidas, os eixos fortemente marcados e as ilusões óticas da perspetiva assim como a escala foram levados ao extremo, simbolizando o **poder do ser humano sobre a natureza e outros seres humanos e a rígida estrutura social francesa** (Laurie, 1986).

Neste período, destacou-se a arte de André Le Nôtre<sup>6</sup> com a sua obra nos jardins de Vaux-le-Vicomte, propriedade de Nicolas Fouquet, um modelo da união do palácio com os jardins e de um trabalho muito refletido sobre as proporções e os efeitos óticos, que serviram de destino para luxuosas festas e manifestações diversas da aristocracia.

André Le Nôtre construiu também os jardins Versailles, obra encomendada pelo rei Luís XIV para expressar a sua maior importância relativamente a Fouquet e para competir com a invejável vida social e artística que Vaux-le-Vicomte adquirira (Laurie, 1986).

Versailles tinha a dimensão de uma cidade e **centralizava a diplomacia, a política e o entretenimento**, num projeto de desenho muito complexo e minucioso. As formas e as perspetivas em grande escala constituíam um cenário majestoso **para deleite social da classe alta** e procurou ser uma demonstração do poder real.

Nesta época era evidente a **função social e lúdica** dos espaços verdes. Esse carácter social encontrava-se nos jardins, na maioria privados, da cidade barroca utilizados pelas classes mais privilegiadas para se **encontrarem e recriarem** (Magalhães 1990). Aqui as formas geométricas, a simetria e a grandiosidade dos jardins em conjunto com a casa eram uma forma de exprimir a função dos jardins: locais de

---

<sup>5</sup> Embora a sua origem pareça estar nos *parterres* do jardim medieval, para separar a produção das variadas plantas medicinais, Jacques Boyceau desenvolveu a arte dos *parterres* e do desenho dos jardins, precedendo e contribuindo para o célebre trabalho de André Le Nôtre (Laurie, 1986).

<sup>6</sup> André Le Nôtre (1613-1700) marcou a história da arte dos jardins pelos trabalhos efetuados em Vaux-le-Vicomte (1650-1661) e Versailles (1661), através da simetria e da geometria utilizada como forma de ordenar a paisagem (Laurie, 1986).



**confraternização e de recreio** que serviam para **mostrar o poder** de domínio sobre a “natureza<sup>7</sup>” e sobre os homens com menos poder económico e político-social.

Ainda no século XVII, este modelo chegou a Inglaterra. Contudo, tornou-se inútil aos olhos dos ingleses contemporâneos que consideraram inapropriada a rigidez das formas. Contudo, a simetria e a monumentalidade dos jardins franceses de Le Nôtre ainda foram implementadas em alguns casos, como por exemplo nos jardins do Palácio de Greenwich de Charles II, em Hampton Court (1699), em Longleat (1685-1711) e em Chatsworth (1680-1690) (Laurie, 1986).

No século XVIII a escola inglesa reagiu frontalmente contra a formalidade do barroco francês e deu origem ao movimento romântico, após diversas reflexões e inovações paisagísticas acerca da observação da natureza em conjunto com a influência dos jardins das *villas* italianas e das pinturas das porcelanas do Oriente (Laurie, 1986).

Ao serem redescobertas a beleza, a ordem da natureza e os seus benefícios na qualidade de vida, o ser humano deixou de querer dominá-la passando a admirá-la. Assim, procurou integrar-se nela tendo em conta os elementos preexistentes da paisagem e a sua morfologia natural, substituindo os *parterres* por relvados e modelações suaves do terreno, utilizando jogos de sombras e luz, perspectivas sobre elementos para serem vistos (ruínas, esculturas, pontes, templos), grandes panorâmicas (paisagem) e caminhos com um traçado biomórfico e orgânico, procurando imitar a harmonia da natureza e tentando proporcionar situações de relaxamento mental.

As **qualidades ambientais** no que diz respeito à luz, à temperatura, à textura e ao som, foram valorizadas, completando toda a experiência de **exploração de sensações** que estes jardins paisagistas proporcionam.

Henry Hoare (1677-1725), William Kent (1685-1748), Lancelot ‘Capability’ Brown (1716-1783) e Humphry Repton (1752-1818) foram prenunciadores desta nova corrente, o *picturesque* (o pinturesco ou pitoresco), movimento precursor do culto do romantismo, cuja estética e atitude se notabilizaram com obras paisagistas como Stourhead (1740), Rousham (1738-1740), ou ainda a reformulação dos jardins de

---

<sup>7</sup> “...it is important to reemphasize that our idea of nature has changed over time from one society to another and is changing still, frequently resulting in differing views within any given society. These changing views of nature are inevitably intertwined with our values and concepts of society.” (Olin, 1997, p. 137)

Blenheim (1764) (Andresen & Marques, 2001; Laurie, 1986; Marsh, 1998; Vieira, 2007).

Os fundamentos do desenho da paisagem romântica disseminaram-se mundialmente. Nos Estados Unidos da América, por exemplo, os jardins e as *villas* inspiradas por Andrew Jackson Downing<sup>8</sup> passaram a reproduzir o *picturesque* elogiando os argumentos a favor da natureza. Thomas Jefferson adotou também este modelo nas plantações em Mount Vernon (1737) e nos Jardins de Monticello (1796) (Laurie, 1986; Marsh, 1998). Os parques projetados por Príncipe Püeckler<sup>9</sup> na Alemanha mostraram também este novo conceito que ficou claramente expresso nas paisagens de Capability Brown e Humphry Repton, nas quais Püeckler se inspirou (Miller, 2006). Mais tarde, no século seguinte, Olmsted continuou a replicar as ideias pitorescas do movimento romântico na construção do primeiro parque público de Nova Iorque.

Esta nova forma de racionalização dos espaços verdes não se manifestou apenas na arte de planear a paisagem mas também na pintura, na música, na literatura e na maior consciência ambiental motivada pelos avanços na ciência e na tecnologia. A par destas transformações de pensamento, as grandes concentrações populacionais, o conseqüente alargamento, densificação e artificialização das cidades, a expansão das linhas ferroviárias e rodoviárias e a evolução tecnológica, resultantes do processo industrial, iniciado no século XVIII e massificado no século XIX, contribuíram para a aumentar a capacidade de intervenção humana mas também para incrementar o risco de introdução de disfunções e de desequilíbrios irreversíveis no território (Espenica, 1994, p. 85).

O conceito de **espaço verde na cidade** apareceu estimulado por estas profundas transformações no espaço urbano sobretudo porque se evidenciou como um instrumento com uma enorme probabilidade de ser eficaz para mitigar os inúmeros impactes negativos e como um bálsamo para melhorar as condições de vida. A sua inclusão nas

---

<sup>8</sup> Andrew Jackson Downing (1815 – 1852), horticultor, escritor e *designer* paisagista, considerado o “pai” da Arquitetura Paisagista Americana por uns, em detrimento de outros que atribuíam o mesmo título a Frederick Law Olmsted.

<sup>9</sup> Hermann Ludwig Heinrich von Pücker-Muskau (1785-1871), explorador e paisagista alemão, conhecido como um dos maiores paisagistas da época pelos seus jardins, como por exemplo o Parque de Moscovo localizado na fronteira Alemanha-Polónia, integrando um troço do Rio Neisse, sendo o mais extenso da Europa central e declarado Património da humanidade pela Unesco, e como autor de livros sobre as suas viagens pela Europa e por África.

idades foi interpretada como uma resposta à **necessidade de recriar a natureza em espaços urbanos** que tinham à época péssimas condições de salubridade, grandes taxas de mortalidade infantil e tuberculose, uma preocupante poluição atmosférica, uma densidade elevada de edificação, um aumento da área impermeabilizada, um afastamento progressivo dos espaços verdes para a periferia das cidades, uma destruição da interligação cidade-campo, etc. Estas condições de deterioração da qualidade de vida associada ao facto da cidade, ser construída de forma oposta à natureza revelou-se indutora da morte espiritual do homem.

Telles (Telles, 1997, p. 38) afirma mesmo que “...a degradação estética e biológica da paisagem é o diagnóstico seguro de que a comunidade, que a deveria viver, se encontra em diluição e decadência. O homem, transformado pela civilização industrial num mero instrumento de consumo, desligado do trabalho pela máquina e pelo computador, abandona a criatividade que o liberta e individualiza como pessoa...”

Por isso, neste período foi necessário repensar os modelos urbanísticos vigentes e refletir sobre formas de renovar as cidades nos quais “o conceito de jardim público seja encarado como um instrumento de reforma social, enquanto lugar essencial para o recreio das classes mais desfavorecidas” (Andresen & Marques, 2001).

Robert Owen (1771-1858), Charles Fourier (1772-1837) e Jean Baptiste Godin (1817-1888), foram alguns dos impulsionadores deste novo conceito argumentando a favor da necessidade dos espaços verdes nas cidades como espaços de lazer. John Ruskin (1819-1900) defendeu até as vantagens do retorno à cidade antiga apontando estes espaços como um bom motivo para recriar a natureza na cidade. William Morris (1834-1896), propôs mesmo a supressão da diferença entre cidade e campo e a criação e manutenção de reservas naturais como forma de aproximar os espaços naturais da cidade (Alves, 2010). E foi neste contexto que no século XIX surgiram os **novos conceitos e desenhos do espaço público**. As ideias higienistas e naturalistas, o aumento **das diferenças entre o espaço rural e o espaço urbano** e da, conseqüente, centralização da cidade, a integração dos espaços verdes na cidade era apontada como uma das melhores formas de **melhorar a qualidade do ambiente e de aproximar as pessoas da “natureza”** (Magalhães, 1990, 1992, 1998b; Telles, 1997). E foi nesta seqüência que surgiram em vários países os grandes parques urbanos abertos ao público, com alguns laivos de romantismo na sua conceção (A. L. Almeida, 2006; Hopkins,

2006; Magalhães, 1992; Marsh, 1998), como por exemplo os parques anunciados na tabela 1.

<b>Inglaterra</b>	St. James Park (1826-1827) Regents Park (1835)	Dos mais antigos parques reais, abertos posteriormente ao público com a reformulação do arquiteto John Nash <sup>10</sup> .
	Hyde Park (1851)	Inicialmente parque e, posteriormente aberto ao público após a sua reformulação por Joseph Paxton <sup>11</sup> .
	Birkenhead Park (1843) Victoria Park (1841)	Construído como parque público sob o desenho de Joseph Paxton.
	Derby Arboretum (1839 - 1840)	Desenho renovado por John Claudius Loudon <sup>12</sup> para abertura ao público.
<b>Portugal</b>	Passeio Público (1835) Lisboa	Desenho do antigo bosque renovado por Malaquias Ferreira Leal <sup>13</sup> e aberto como jardim público.
	Jardim da Estrela / Jardim Guerra Junqueiro (1842 - 1852) Lisboa	Projeto que envolveu o arquiteto Pedro José Pezerat <sup>14</sup> e os jardineiros Jean Bonnard e João Francisco <sup>14</sup> como jardim público.
	Jardim de S. Lázaro (1833) Porto	1º Jardim público da cidade do Porto desenhado por João Baptista Ribeiro <sup>15</sup> , implantado pelo jardineiro João José Gomes, tendo sofrido algumas alterações por Émile David, em 1869.
	Jardins do Palácio de Cristal (1861-1865) Porto	O Palácio de Cristal foi concebido para acolher a grande Exposição Internacional do Porto, a primeira da península Ibérica. Os jardins envolventes são da autoria de Émile David <sup>16</sup> , cuja implementação ocorreu nos anos 60.
	Jardins da Cordoaria/ Jardim de João Chagas (1865) Porto	Jardim público fundado pelo Visconde de Vilar d'Allen em 1865, sendo o projeto inicial da autoria do paisagista alemão Émile David.
<b>França</b>	Bois de Boulogne (1852) Bois de Vincennes (1860)	Inicialmente parques reais e abertos posteriormente ao público sob a direção de <i>Baron Haussmann</i> <sup>17</sup> .
<b>Estados Unidos da América</b>	Central Park (1858-1873) Nova Iorque	Este parque, considerado o 1º parque público dos Estados Unidos, foi projetado por Frederik Olmsted <sup>18</sup> e Calvet Vaux <sup>19</sup> como parque público
	Prospect Park (1866) Brooklyn	Construção integrada no plano de <i>Greenway Brooklyn-Queens</i> , dirigido pelo <i>New York City Department of Parks and Recreation</i> . Projetado igualmente, por Frederick Law Olmsted e Calvert Vaux depois de terem completado Central Park de Manhattan.
	20Riverside (1869) Chicago	Comunidade a Oeste do rio <i>Des Plaines</i> , cujo projeto fora encarregado de Frederick Law Olmsted e Calvert Vaux.

<sup>10</sup> John Nash (1752 8- 1835) – Arquiteto britânico, um dos pioneiros do uso do *picturesque* no desenho de edifícios e da sua envolvente em Londres.

<sup>11</sup> Joseph Paxton (1803 - 1865) – Jardineiro e arquiteto britânico conhecido pelo seu projeto do *Crystal Palace* construído no *Hyde Park*, Londres.

<sup>12</sup> John Claudius Loudon (1783-1843) – Considerado o primeiro grande defensor da criação de parques públicos para as cidades em crescimento na Inglaterra do século XIX. (Hopkins, 2006).

<sup>13</sup> Malaquias Ferreira Leal - Arquiteto responsável pela arquitetura privada de alguns espaços em Lisboa na primeira metade do século XIX.

<sup>14</sup> José Pedro Pézerat (1800-1872). – Arquiteto e engenheiro francês, radicado em Portugal. João Francisco da Silva – jardineiro responsável por alguns jardins da época em Lisboa, nomeadamente o Jardim da Estrela e o Jardim do Príncipe Real.

<sup>15</sup> João Baptista Ribeiro (1790-1868) – Diretor da Academia de Belas Artes, da Academia Politécnica da época e do Museu Portuense, com múltiplas capacidades artísticas como pintor, desenhador e litógrafo.

<sup>16</sup> Émile David (1839-1873) – Arquiteto paisagista alemão responsável pelo desenho de grande parte dos jardins do Porto na segunda metade do século XIX.

<sup>17</sup> Georges-Eugène Haussmann (1809 - 1891) – Advogado, funcionário público, político e administrador francês responsável pela reforma urbana de Paris, sob a indicação de Napoleão II, tendo um papel reconhecido na história do urbanismo e das cidades.

<sup>18</sup> Frederick Law Olmsted (1822-1903) – Arquiteto paisagista norte-americano, considerado por muitos o Pai da Arquitetura Paisagista na América e pai da arquitetura paisagista moderna.

<sup>19</sup> Calvert Vaux(1824-1895) – Arquiteto e arquiteto paisagista que, tal como Olmsted e partilhando alguns projetos com ele, ficou conhecido pelos seus numerosos parques urbanos.

Tabela 1: Exemplos de parques construídos com as ideias higienistas do século XIX.

Nos EUA, o Central Park (1858) referido anteriormente, é exemplo deste tipo de soluções que procurou recriar o cenário pastoril em espaço urbano para induzir a “libertação das faculdades” e a obtenção do “prazer mental sem um esforço consciente” (Olmsted 1866, em Thompson 2006). Este foi aliás, o primeiro parque público dos EUA influenciado pelas ideias pitorescas e acabou por “constituir um marco na evolução do conceito de espaço verde urbano e no entendimento da sua relação com a cidade, representando uma das primeiras obras que tem por objetivo melhorar o ambiente urbano e por conseguinte a qualidade de vida, através da reprodução da natureza da cidade, funcionando como pulmão verde, um espaço repleto de ar puro e dedicado igualmente ao lazer da população” (Alves, 2010, p. 131; Fadigas, 1993).

Foi também no âmbito deste movimento que surgiu a utilização das árvores alinhadas nas ruas e nas praças das cidades de todo o mundo que passaram a ser consideradas absolutamente essenciais na qualificação do espaço em qualquer plano de urbanização. As árvores de arruamento muito ligadas à cultura francesa e ao movimento de Haussmann<sup>21</sup> (1851-1881) foram muito disseminadas no reinado de Napoleão III para reformular a estrutura da malha urbana de Paris e incentivar os novos traçados, outras infraestruturas e equipamentos sociais. Os espaços verdes públicos foram repartidos de forma mais ou menos homogénea pela cidade, com um especial destaque nas avenidas (os *boulevards*), nas ruas de união de vários elementos da cidade, nas praças e nos quarteirões, e, em locais onde era urgente resolver a insalubridade e o congestionamento. Ideia que posteriormente serviu de modelo para muitas outras cidades europeias, americanas (A. L. Almeida, 2006; Marchal, 2006). Esta mudança e reforço do papel dos espaços verdes, aliando o “encontro entre o romantismo, o sanitarismo e o socialismo filantrópico” (Pardal, 2006, p. 18), também se fez sentir em Portugal e no Porto.

Na cidade do Porto, a história da arte dos jardins está associada à dos espaços verdes abertos ao público e à reformulação da malha urbana a partir de 1860 e durante todo o século XX, integrando também, como aconteceu noutras cidades, medidas de higiene e de saúde pública. Os “campos” começaram a dar lugar a praças e jardins que são atualmente elementos essenciais da estrutura verde do Porto. As alamedas, um dos

---

<sup>21</sup> O movimento de Haussmann tratou-se de uma reforma urbanística de modernização, embelezamento e organização de Paris, coordenada por Georges-Eugène Haussman (1809-1891).

primeiros elementos do passeio público, passaram, desde a sua criação, a ser muito frequentadas por toda a sociedade urbana. O facto de terem alinhamentos de árvores, criou eixos visuais e de circulação muito interessantes em diversos pontos da cidade, a que foi acrescentada ainda a água como uma fonte de serenidade e arrefecimento do lugar (Andresen & Marques, 2001). Um dos exemplos mais emblemáticos destes jardins Modernos do século XX é a Avenida dos Aliados (1916) que emergiu após a demolição do bairro do Laranjal.

O primeiro jardim público do Porto, projetado por João Baptista Ribeiro e vocacionado para o **passeio e o recreio** da sociedade foi o Jardim de S. Lázaro em 1833 (tab.1). Seguiram-se os jardins da Cordoaria (1865), do Palácio de Cristal (1860s) e do Passeio Alegre (1870) arquitetados por Émile David<sup>22</sup>. Dentre estes, o Palácio de Cristal foi talvez o que desempenhou um papel mais relevante enquanto espaço público pela promoção de várias atividades de jardinagem, de exposições agrícolas, de práticas inovadoras de horticultura e experiências no domínio da botânica, fazendo da cidade do Porto uma “escola notável da jardinagem paisagista do século XIX” (Andresen, Sá, & Almeida, 2011, p. 51).

O modelo artístico e programático dos espaços verdes adotados no Porto teve uma forte inspiração nos jardins da reforma Haussmaniana de Paris. A cidade do Porto não escapou às conceções divulgadas no livro de *Les Promenades de Paris* (Alphand, 1867), que criaram a moda dos espaços verdes públicos e serviram de modelo para um grande número de jardins na maioria das cidades europeias a partir da segunda metade do século XIX e início do século XX. Neste contexto, Carlos Alberto Cabral, 2º Conde de Vizela, proprietário dos Jardins de Serralves, que juntou as antigas Quinta de Lordelo e Quinta do Mata-Sete, mandou construir em 1925 a casa de Serralves, uma casa *Art Déco* concluída em 1940. Esta casa e a envolvente, é um exemplo da arquitetura portuguesa dos anos 30, muito influenciada pelos jardins franceses dos séculos XVI e XVII, e um projeto modernista de transformação do espaço (Neves, 2002), “impregnado de evidentes conceitos clássicos” (Andresen et al., 2011, p. 43).

---

<sup>22</sup> Emíle David (1839-1873), paisagista alemão com uma grande influência na conceção dos jardins públicos e alguns privados da Cidade do Porto.

Os Jardins de Serralves desenhados pelo arquiteto francês Jacques Greber<sup>23</sup> em 1932, foram inovadores em Portugal e vieram “romper com qualquer tradição de jardins do Porto” (Teresa Andresen em Andrade, 2009). Têm “características únicas”, são diferentes “de qualquer outro parque em Portugal”, o que lhes permitiu tornarem-se “internacionalmente relevantes para a história de arte dos jardins”(Andresen et al., 2011).

Mais tarde, na segunda metade do século XX (1989), todo o conjunto - a casa e os jardins – passou a fazer parte da Fundação de Serralves .

Este percurso breve elaborado pela história dos jardins desde os povos antigos da Mesopotâmia do VI milénio a. C. até ao final do século XX e à construção dos Jardins de Serralves procurou apenas ilustrar o modo como a complexidade do relacionamento dos seres humanos com o seu suporte natural, presente em cada época, esteve sempre plasmado no desenho dos jardins. Por isso, é natural que as utopias sociais, políticas, económicas, culturais, tecnológicas, industriais assim como o desenvolvimento das artes, dos materiais e da ciência microscópica se reflitam com grande expressividade nas várias **funções** que sempre foram **atribuídas aos espaços verdes**. Embora estejam todas interligadas, podemos *grosso modo* sintetizar as funções e benefícios em cinco grupos: i) estéticas; ii) sociais, culturais e pedagógicas; iii) ambientais e ecológicas; iv) económicas; v) e de adaptação às alterações climáticas.

Sobretudo a partir do início do processo de urbanização, os espaços verdes foram acumulando cada vez mais funções em consequência das necessidades humanas (tab. 2).

---

<sup>23</sup> Jacques Gréber (1882-1962) foi um arquiteto, paisagista, urbanista e pedagogo diplomado pela *École de Beaux Arts* de Paris em 1909, tendo contribuído na formação e na consolidação da profissão de urbanista em França, nos Estados Unidos da América e no Canadá. Foi o responsável pela exposição Internacional “Arts et Techniques dans la Vie Moderne” visitada por Carlos Alberto Cabral em 1925 e, posteriormente à conceção dos Jardins de Serralves foi o arquiteto-chefe da Exposição sobre Jardins Modernos de 1937 em Paris, aquando o Primeiro Congresso Internacional de Arquitetos de Jardins. (Tavares, 2007); (Andrade, 2009; Andresen et al., 2011)

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

<b>Período histórico:</b>	<b>Papel acumulado</b>	<b>Tipo de relação dominante do ser humano com a natureza:</b>	<b>Locais de atividades dominantes:</b>
<b>Primeiras civilizações a. C.</b>	Equilíbrio mental Termorregulador (locais de frescura e sombra) Produção agrícola	Pessoal Respeito Prazer	Adaptação (ao clima) Encontro social Produção de alimento Culto à natureza
<b>Surgimento das religiões</b>	Produção Deleite íntimo Equilíbrio mental	Pessoal Respeito	Evocação do paraíso Culto religioso Reflexão
<b>Século I - VII</b>	Social Produção agrícola	Pessoal Respeito Admiração	Prazer Festividades Encontro social Recriação Culto religiosos
<b>Século VIII - XV</b>	Recreio eclesiástico Produção Proteção	Confiança Controlo	Culto religioso Reflexão Vida familiar
<b>Século XVI - XVII</b>	Social Poder Lúdico	Conquista Controlo Ordem Agressão	Pedagógicas Encontro social das classes altas Festividades Demonstração de exuberância e artificialidade Recriação
<b>Século XVIII - XIX</b>	Natural Ambiental Produção Restabelecedor físico e mental Recreio	Controlo Admiração Rendição Ordem Conquista	Exploração das sensações Deambulação Reflexão Libertação mental
<b>Século XIX - XX</b>	Higienista Funcional Estruturante Contenção expansiva das cidades (descentralização urbana) Renovação do ambiente urbano (pulmões da cidade) Aproximação da natureza Promotor de saúde física e mental Articulação com outros espaços Proteção Termorregulador Restabelecedor da qualidade do ar Agrícola Florestal	Domínio total	Encontro social Recriação Lazer Atividade física Afastamento da cidade Contacto com a natureza Reflexão Deambulação Libertação mental Pedagógicas
<b>Papel acumulado</b>		Estético Social Cultural e pedagógico Ambiental e ecológico Económico Adaptação às alterações climáticas	

Tabela 2: Papel acumulado dos espaços verdes ao longo dos tempos.

Esta dissertação procura avaliar apenas uma das múltiplas funções dos espaços verdes - um instrumento de mitigação do desconforto gerado por episódios extremos de calor em espaços urbanizados.



A escolha desta função resultou da insistência com que os espaços verdes são citados como uma das medidas de adaptação mais importantes para facilitar a adaptação das cidades à variabilidade climática. O Relatório da EEA (2012) - *Urban adaptation to climate change in Europe* - sublinha a importância da manutenção e da expansão da infraestrutura verde urbana, incluindo, para além dos espaços verdes públicos urbanos, árvores, paredes e telhados verdes como uma das soluções mais eficazes para promover o arrefecimento das cidades em episódios de calor extremo.

A opção pelo papel dos espaços verdes enquanto importantes reguladores microclimáticos em espaços urbanos é pertinente já que mesmo em cidades como o Porto existem anomalias térmicas positivas entre 4°C e 6°C que persistem durante todo o ano e dependem diretamente do metabolismo urbano, das opções de desenho urbano, das escolhas dos materiais de revestimento dos edifícios e dos pavimentos, etc. (Monteiro, 1997). Estas características propiciam uma diminuição substantiva da humidade relativa do ar, alterações profundas na radiação solar recebida e refletida e uma modificação da velocidade e direção do vento (Monteiro, 1997; Carvalho, 2009).

Perante estas condições climáticas locais e regionais, a vegetação pode, através da transpiração, da absorção da radiação e da evapotranspiração da água do solo, aumentar a humidade relativa do ar, diminuir a temperatura e até facilitar a limpeza da atmosfera absorvendo alguns poluentes (Alcoforado & Andrade, 2008; EEA, 2012; Magalhães, 1998a, 2001; Monteiro, 1997). Recorde-se que “uma banda arborizada de 100 m permite um aumento de 50% da humidade atmosférica local” (J. P. F. Carvalho, 2009, p. 2) e pode promover a diminuição de cerca de 3,5 °C na temperatura de dias de Verão (Bernartzy, 1966, em Magalhães, 2001). O facto de “uma árvore de 10 m de altura transpirar cerca de 130 litros de água por dia” (J. P. F. Carvalho, 2009), é elucidativo da importância que tem no processo de resolução do subsistema climático

A capacidade da vegetação para modificar os fluxos de ar pode promover uma renovação do ar atmosférico gerador de frescura e de limpeza da atmosfera (Cabral, 2003 ; Magalhães, 1998a). As cortinas arbóreas e arbustivas são aliás muito utilizadas para proteger e/ou desviar as correntes de ar indesejadas (Ilídio de Araújo, 1961, em Alves, 2010; Quintas & Curado, 2009; Telles, 1997).

Compreende-se portanto que os espaços verdes sejam frequentemente identificados como uma das melhores soluções para promover a diminuição das ilhas de

calor urbanas (Monteiro, 1997) sobretudo se forem distribuídos no espaço urbano, tendo em conta as necessidades de ensombramento, de controlo da nebulosidade e das necessidades diferenciadas de receção de radiação solar direta ao longo do ano (D. M. G. Marques, 2012).

No caso do Porto, sendo uma área integrada na zona temperada onde os episódios climáticos extremos<sup>24</sup> se têm vindo a manifestar recorrentemente ao longo do último século (Projeto PTDC/SAU-ESA/73016/2006, Monteiro, 2012) e onde, tal como em Portugal, há inúmeras evidências que parecem demonstrar que faz parte das áreas “mais vulneráveis às alterações climáticas e aos fenómenos climáticos extremos” (SIAM II, 2006, em Esteves, 2011, p. 28), percebe-se que a inclusão dos **espaços verdes** no conjunto das **medidas de mitigação e adaptação** da sociedade às temperaturas extremas que se preveem sentir neste mesmo século, exige um abordagem muito cuidadosa e holística adaptada às características do subsistema climático e da sociedade em concreto.

De facto, com uma escolha criteriosa do tipo de espaço verde e da sua adequada distribuição na cidade é possível moldar a morfologia do solo, a pressão urbanística e naturalmente o mosaico microclimático não só para servir as conveniências, necessidades e prazeres dos seres humanos, mas também para promover balanços térmicos mais equilibrados e criar espaços bioclimaticamente mais confortáveis.

Sendo o papel regulador climático dos espaços verdes um dos principais focos de atenção deste estudo, convém recordar que o **clima é um factor ambiental e ecológico** determinante para os seres humanos mas também para todos os outros elementos vivos e inorgânicos que constituem qualquer espaço.

As preocupações com o clima remontam ao início da presença de seres humanos à superfície da Terra e acompanhou-os ao longo da sua história condicionando ou facilitando a sua presença em determinados lugares assim como os seus modos de vida. Constituiu até um desafio que suscitou o desenvolvimento do conhecimento e da inovação tecnológica para encontrar formas de facilitar a adaptação dos seres humanos aos estados de tempo e clima presentes. Estas preocupações, mais ou menos evidentes,

---

<sup>24</sup> De acordo com o IPCC um episódio climático extremo define-se por “um evento raro dentro de uma referência estatística de um lugar particular” (IPCC, 2001, p. 800).

foram-se manifestando até à atualidade e são visíveis no modo como se deu a evolução das cidades.

Mais recentemente, no século XIX, em Londres, surgiram as primeiras investigações experimentais sobre o modo como os elementos urbanos interferem no balanço energético local e modificam por exemplo a temperatura do ar no *canopy layer*. Luke Howard foi um dos primeiros geógrafos a dar atenção ao efeito que “o crescimento urbano tem nas temperaturas elevadas que se fazem sentir no centro da cidade em relação à sua periferia e zonas rurais, identificando-se então a cidade como catalisadora da modificação das variáveis climatológicas” (Esteves, 2011, p. 30) e utilizou até à exaustão os resultados das suas monitorizações itinerantes para ilustrar o papel regulador que parques verdes urbanos como o *Hyde Park* tinham no comportamento da temperatura em Londres.

As características dos diversos subsistemas climáticos existentes num espaço urbano são muito dificilmente identificados diretamente no espaço. A sua presença é percebida sobretudo pelos efeitos indiretos quando modificam os padrões de conforto e quando determinam por exemplo o sucesso de algumas espécies florísticas em detrimento de outras. Convém até recordar que sendo um sistema caótico, o clima não permite compreender com clareza as relações de causa-efeito entre por exemplo as opções de desenho urbano e o mosaico microclimático criado. Trata-se de um sistema muito complexo condicionado por fatores internos e externos que interagem a várias escalas espaciais e temporais de forma caótica e geralmente impulsiva. O facto de ser um sistema aberto que permuta energia e massa com o exterior (Peixoto, 1980), apenas lhe permite equilíbrios instáveis e coloca-o permanentemente em risco de entropia total (morte).

Tendo em conta algumas das características do sistema climático que foram enunciadas e a vivacidade com que as cidades modificam as suas características físicas e funcionais, procurou-se deixar bem claro o grau de dificuldade e as exigências necessárias sempre que se pretende otimizar o papel dos espaços verdes sublinhando a sua vocação de reguladores climáticos nas cidades . Não basta aumentar o seu número nem tão pouco a sua área ou diversificar o seu desenho e a sua composição florística. É necessário observar as características do espaço geográfico, avaliar os lugares deficitários e excedentários no que respeita por exemplo ao balanço energético e

antecipar cuidadosamente todo o vasto de leque de interferências físicas e químicas que um retalho verde pode ter nos processos de resolução daquele sistema climático em concreto.

Foi precisamente pelo conhecimento desta complexidade de fatores e variáveis que interagem constantemente para produzir um determinado resultado no que respeita por exemplo à temperatura do ar, que aqui foi proposto analisar, em SIG, os mosaicos climáticos e os padrões de conforto térmico num espaço verde confinado como são os Jardins de Serralves.

## **2.2 Os Sistemas de Informação Geográfica: inclusão fundamental na presente investigação.**

Os sistemas de informação geográfica fazem parte das ciências da informação (Matos, 2008). O facto de serem uma ciência ancorada em ferramentas computacionais cuja tecnologia está em permanente desenvolvimento, de terem uma natureza interdisciplinar com aplicação em áreas tão diversas como o planeamento do território, a saúde, a climatologia, a geografia, a agricultura, a economia, a sociologia, os transportes e a comunicação, entre outras, e de integrarem diversos processos de aquisição, armazenamento, tratamento, análise e representação de informação, é recorrente considerá-los uma ferramenta como também uma ciência (Wright, Goodchild, & Proctor, 1997). Por serem utilizados em diversas áreas científicas e profissionais, a sua definição aparece muitas vezes associada à sua aplicação e ao tema de discussões geradas em torno dos SIG, em que umas se focam no *software* e *hardware* e outras se debruçam na aplicação e no processamento da informação (Wright et al., 1997).

O facto de terem a capacidade de integrar uma vasta base de dados geográficos e alfanuméricos estruturados num único sistema, e de possibilitarem observar relações espaciais e não-espaciais, faz dos SIG, uma ferramenta única. Apresentam um conjunto de procedimentos e operações que permitem adquirir, armazenar, gerir, aceder, modelar, analisar, questionar e representar informação associada a uma posição - informação com localização geográfica determinada - representativa de entidades, atividades ou eventos através de linhas, pontos, polígonos - informação vetorial - ou imagens - informação matricial - o mais próximo possível da realidade do assunto em questão. O seu principal

objetivo é contribuir para a resolução de problemas de gestão e planeamento das mais variadíssimas áreas e sob diversas escalas de análise.

Embora as técnicas de utilização de camadas diferentes de informação para procurar compreender um qualquer fenómeno sejam muito antigas e usadas há muito, por exemplo, na definição da estratégia e da tática num campo de batalha para planear o movimento dos soldados, como aconteceu, por exemplo, na batalha de *Yorktown*, durante a Revolução Americana, só no século XIX, na Irlanda, é que surgiu um dos primeiros exemplos de sobreposição de informação que deu origem ao *Atlas to Accompany the Second Report of the Irish Railway Commissioners*. Mais tarde, em 1854, John Snow (1854) apresentou um dos primeiros casos de aplicação à análise geográfica: mapeamento da localização dos casos de morte por cólera e do poço contaminado que teria dado origem à disseminação da doença. A partir daqui muitos foram os exemplos de aplicação ao planeamento da análise geográfica com informação de natureza diferente assistida por cartografia, como por exemplo na realização de mapas que expressavam o desenvolvimento das cidades (ex. Dusseldorf, 1912; Detroit, 1955), no auxílio de tomada de decisões em planeamento do território (ex. Dancaster, 1922) ou em estudos socioeconómicos (ex. Nova York, 1929).

Contudo, só no século XX, no início dos anos 60 é que Roger Tomlinson apresentou o precursor dos SIG ao Governo de Canadá, o *Canadian Geographic Information System* – CGIS para auxiliar no processo, monitorização e gestão da ocupação do solo e dos recursos naturais de forma rápida e precisa (Matos, 2008; Wright et al., 1997). Os projetos STORET (Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos, 1964), MIDA (Serviço florestal americano, 1964) e DIME (Sistema de codificação desenvolvido nos Estados Unidos por U.S. Census Bureau, aplicado ao sistema viário e às zonas censitárias, 1967) são exemplos de SIG que se destacaram e que impulsionaram a história dos SIG (Breternitz, S/D; Matos, 2008) .

Nos anos 70 estavam reunidas as condições para que os SIG se difundissem e se desenvolvessem voltados para o desenvolvimento e para o planeamento do território sob as mais variadas perspetivas.

Na década de 80, o desenvolvimento e a descoberta das diversas aplicabilidades dos SIG fizeram com que fossem utilizados como uma ferramenta influente em vários sectores da sociedade, exigindo uma adequação do equipamento informático para

suportar o volume de informação processado (Matos, 2008). E, a partir de então, o seu desenvolvimento foi exponencial, tendo surgido a aplicação de modelos *raster* e vetorial, análises algorítmicas com aplicação de estatística clássica e geostatística, proporcionando análises lógicas através de inteligência artificial e de sistemas especializados.

Para Ozemoy, Smith e Sicherman (1981) os SIG definiam-se como um conjunto de funções automatizadas que capacitavam os profissionais para adquirir, armazenar, transformar e visualizar dados geograficamente localizados (em Maguire, 1991), que Curran (1984) anunciou como dados referenciados por coordenadas geográficas. Mais tarde Cowen (1988) introduziu nas potencialidades dos SIG a importância para a tomada de decisões, definindo-os como um sistema de apoio e suporte à decisão integrador de dados georreferenciados num ambiente orientado para a resolução de problemas. Pouco depois, Koshkariov, Tikunov and Trofimov (1989) demonstraram como os SIG tinham capacidades de geo-modelação avançada (em Maguire, 1991). Posteriormente, Arbeit (1992), sublinhou a capacidade dos SIG para estabelecer relações definindo-os como sistemas de base computacional com capacidade de armazenar, relacionar, modelar e processar informação geográfica e não geográfica visando a sua expressão em mapas. Recentemente, a *Encyclopedia of geographic information science* (Kemp, 2008) definiu um SIG como um sistema com base computacional que integra *software* com a capacidade de executar um conjunto de funções e de informação em formato digital que pode ser depois utilizada por diversas áreas e para diversos fins e portanto contribuir para o avanço do conhecimento em diversos domínios científicos. Em Portugal Matos (2008) é muito breve definindo os SIG simplesmente como um sistema de informação que contem informação georreferenciada. Em síntese como definiu Abler (1988) de modo muito peculiar, os SIG estão “para a análise geográfica como o microscópio, o telescópio e os computadores estiveram para outras ciências... podem ser a solução que ajudará a dissolver as dicotomias regionais-sistemáticas e humano-físicas que tem assolado ... disciplinas que usam informação espacial” (em Breternitz, S/D).

O número crescente de exemplos de aplicação dos SIG à aquisição e gestão de dados, à estatística espacial, à modelação, à formulação de índices, ao processo de decisão, à análise de risco tem mostrado como foram capazes de se adaptar a vários

domínios e de se desenvolverem, integrando o conhecimento de áreas tão diversas como a deteção remota, a fotogrametria, a climatologia, a ecologia ou até mesmo a cognição.

Basta recordar a avaliação, por exemplo, de impactes das alterações climáticas na distribuição da vegetação das florestas tropicais elaborada Hilbert e Ostendorf (2001) revelando a aplicabilidade dos SIG para a criação de modelos preditivos, ou o trabalho de Germann-Chiari e Seeland (2004), mostrando como os SIG podem ser um instrumento muito eficaz para perceber a adequação social dos espaços verdes urbanos em cidades de Genebra, Lugano e Zurique, na Suíça, para realizarem a sua função de integração social, ou Brown e Brabyn (2012) fazendo uso dos SIG na análise de relações entre componentes paisagísticas e classes de uso do solo em diversas paisagens da Nova Zelândia, ou Amorim e Monteiro (2011) aplicando os SIG à espacialização de padrões de distribuição da temperatura da superfície de acordo com o uso e a ocupação do solo das cidades de Porto e Presidente Prudente, a partir de imagens térmicas de satélite, de modo a perceber o seu contributo para o (des)conforto térmico humano, ou ainda os resultados de Monteiro et al. (2012) relacionando a forma urbana com o agravamento da doença pulmonar obstrutiva crônica depois de uma sistematização prévia dos factores socioeconomicos e ambientais determinantes para o aparecimento e agravamento da DPOC e de uma análise hierarquica multicritério.

Nestes exemplos de aplicação de SIG que acabamos de citar, assim como no nosso trabalho, em que a modelização e a predição comportamental de um determinado fenómeno é o objetivo central, é indispensável acompanhar a manipulação das sofisticadas ferramentas computacionais com um conhecimento profundo das características intrínsecas das variáveis que irão ser combinadas nos diversos *layers*. Na maioria dos casos, o pormenor e o tipo de informação que é essencial juntar no SIG está disponível em formatos inconciliáveis. Nesses casos é importante avaliar o problema e escolher, com o maior conhecimento pericial possível, os métodos e técnicas mais adequados para ultrapassar os obstáculos sem prejudicar a qualidade e utilidade do resultado final.

Compreende-se portanto que os SIG alojados num *software* - *ArcGIS*, *IDRISI*, *Quantum GIS*, *ENVI*, *SPRING*, etc. – tanto podem ser a ferramenta fulcral e única para a geração de modelos interpretativos de um qualquer fenómeno como podem apenas funcionar de âncora imprescindível para abrigar ou suportar outros *plugins* ou *softwares*

de processamento de informação como por exemplo acontece com o *Kriging* ou o *Solweig* como sucederá neste trabalho.

Quando se pretende por exemplo associar, em SIG, um conjunto de variáveis cuja informação está disponível apenas em determinados pontos, como acontece no nosso trabalho com os registos climatológicos, uma solução possível é a *krigagem* que Davis e Ierapetritou (2008, p. 6102) definiram como uma “técnica de interpolação com base numa previsão e no teste de variância em que cada ponto é estimado tendo em conta o resultado da soma ponderada dos pontos de vizinhança. Uma vez que os processos envolvidos na krigagem são modelos de função aleatória, o ruído é considerado característica natural do sistema e a ponderação é automática e ajustada tendo em conta a estocasticidade do processo. O processo é repetido para cada ponto da amostra, gerando-se uma previsão inicial do mapeamento global e da variância da variável.”. Monteiro (2002, p. 1), em caso muito idêntico, para demonstrar a “importância dos espaços verdes para a promoção do conforto bioclimático e da qualidade do ar na cidade do Porto” recorrendo às anomalias térmicas da cidade estimadas a partir de informação de alguns pontos de monitorização climática, ilustrou a necessidade de recorrer a métodos de interpolação linear como o *kriging* e outros, demonstrando que o modelo interpretativo gerado por cada um deles era substantivamente diverso e que esse facto condicionava a conclusão. De igual modo, Góis (2002) e Balkeståhl (2005), para estimarem os valores de temperatura para a cidade do Porto, a partir de registos pontuais, sublinharam as vantagens da utilização dos modelos estocásticos para o estudo da climatologia.

O *Solweig* - um *software* utilizado em estudos de conforto bioclimático para estimar as superfícies expostas à radiação solar ao longo do dia e do ano – é, como foi evidenciado por Hammerle, Gal, Unger e Matzarakis (2011), Lindberg & Grimmond (Lindberg & Grimmond, 2011a, 2011b), Lindberg, Holmer e Thorsson (2008) e Thorsson, Lindberg, Bjorllund, Holmer e Rayner (2011), também um bom exemplo de um modelo complexo dedicado à climatologia aplicada que funciona ancorado a um SIG – neste caso, o ArcGIS.

O *Solweig* (versão 2.3) faz a modelação 3D dos fluxos de radiação de ondas em seis direções - para cima, para baixo e nos quatro pontos cardeais – e da temperatura média radiante ( $T_{mrt}$ ) e a temperatura fisiológica equivalente (PET), a partir de uma



enorme quantidade de informação: os fatores angulares zenitais, incluindo ângulos solares elevados, sobre a radiação direta, difusa e global, a temperatura do ar e a humidade relativa, as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude), a geometria urbana (volume dos edifícios construídos) e as características da vegetação arbórea e arbustiva (dimensão da copa, altura da árvore e do tronco e tipo de vegetação – caducifólia ou perenifólia), o *sky view factor*<sup>25</sup> e o *ground view factor*<sup>26</sup>, o albedo e a emissividade dos elementos, a sombra proporcionada pela localização geográfica dos elementos (edifícios e vegetação).

Este simulador é, como se constará mais tarde neste trabalho, um enorme valor acrescentado para a avaliação do conforto bioclimático<sup>27</sup> de qualquer lugar, para além do *Kriging* do *ArcGis*.

E, por tudo o que foi dito compreende-se que a resposta às questões enunciadas no início deste trabalho teria incontornavelmente que ser dada com a melhor exploração possível das aprendizagens teóricas e práticas adquiridas no 1º ano do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território.

---

<sup>25</sup> *Sky view factor* - extensão de céu visível.

<sup>26</sup> *Ground view factor* – extensão de área do solo iluminada pelo sol.

<sup>27</sup> O conforto bioclimático é definido pela *International Organization for Standardization* (ISO) como uma “condição do estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente envolvente “ (2005, p. 10), em que quaisquer que sejam as condições ambientais de referência, todos ou quase todos (de um grupo de indivíduos) se sentem confortáveis numa determinada situação microclimática (M. Almeida, 2012). A “insatisfação pode ser causada pelo desconforto quente ou frio do corpo como um todo” (ISO, 2005, p. 10).



## CAPÍTULO 3

### ESTUDO DE CASO: O CONFORTO BIOCLIMÁTICO NOS JARDINS DE SERRALVES

Para a prossecução do nosso objetivo central é imprescindível conhecer e compreender todos os elementos que compõe a paisagem e perceber em que medida coincidem com determinados mosaicos microclimáticos “invisíveis aos olhos” mas determinantes para o bem estar e para a saúde de quem os utiliza.

#### **3.1 Enquadramento de Serralves na cidade do Porto**

Os jardins de Serralves integram o parque da Fundação de Serralves que se localiza na freguesia de Lordelo do Ouro no concelho e distrito do Porto que integra a NUT III do Grande Porto (fig. 8).

O Porto é um dos 16 concelhos, que em 2007, constituíam a Grande Área Metropolitana do Porto (GAMP<sup>28</sup>). É limitado pelos municípios Matosinhos e Maia a Norte, o Rio Douro a Sul, Gondomar a Este e o Oceano Atlântico a Oeste e que ocupa uma área de 41,42 km<sup>2</sup> entre os paralelos 41°8' N e 41°11' N e entre os meridianos 8° 33' W e 8°41' W de Greenwich.

Apesar de ocupar apenas 41,42 km<sup>2</sup> dos 1 884,56 km<sup>2</sup> da GAMP (apend. A fig. - AA3), o Porto é a segunda cidade do país, a capital metropolitana e o principal polo de atração da sua área metropolitana e de toda a região norte, sediando o leque mais

---

<sup>28</sup> Lei n.º 46/2008 de 27 de Agosto. Estabelece o regime jurídico das áreas metropolitanas de Lisboa e do Porto (Assembleia da República, 2008).

qualificado e diferenciado de funções e atividades a nível nacional logo a seguir a Lisboa.

O Porto tem a **densidade populacional** mais elevada da GAMP (5 735,95 hab./Km<sup>2</sup>) e é o segundo concelho com mais população – 237 584 residentes em 2011 (apend. - fig. AA2).

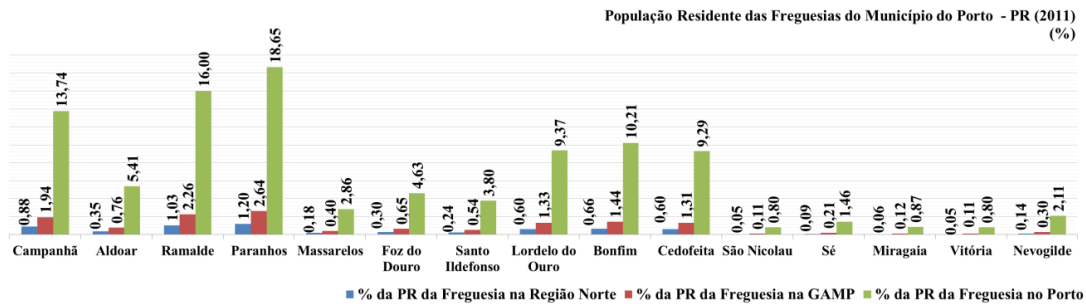


Figura 7: Peso da população das freguesias do município do Porto.

Os Jardins de Serralves ficam na área ocidental do concelho na freguesia de Lordelo do Ouro - uma das 15 freguesias do Porto (fig. 8). Esta, a quarta freguesia do concelho com maior área (apend. - fig. AA3), é a freguesia de residência de apenas 9,29 % da população do Porto o que significa cerca de 1,33 % da população da GAMP e 0,60 % da população da região Norte (fig. 7)<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> Consulta dos resultados dos censos provisórios de 2011 – Instituto Nacional de Estatística (2012).

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

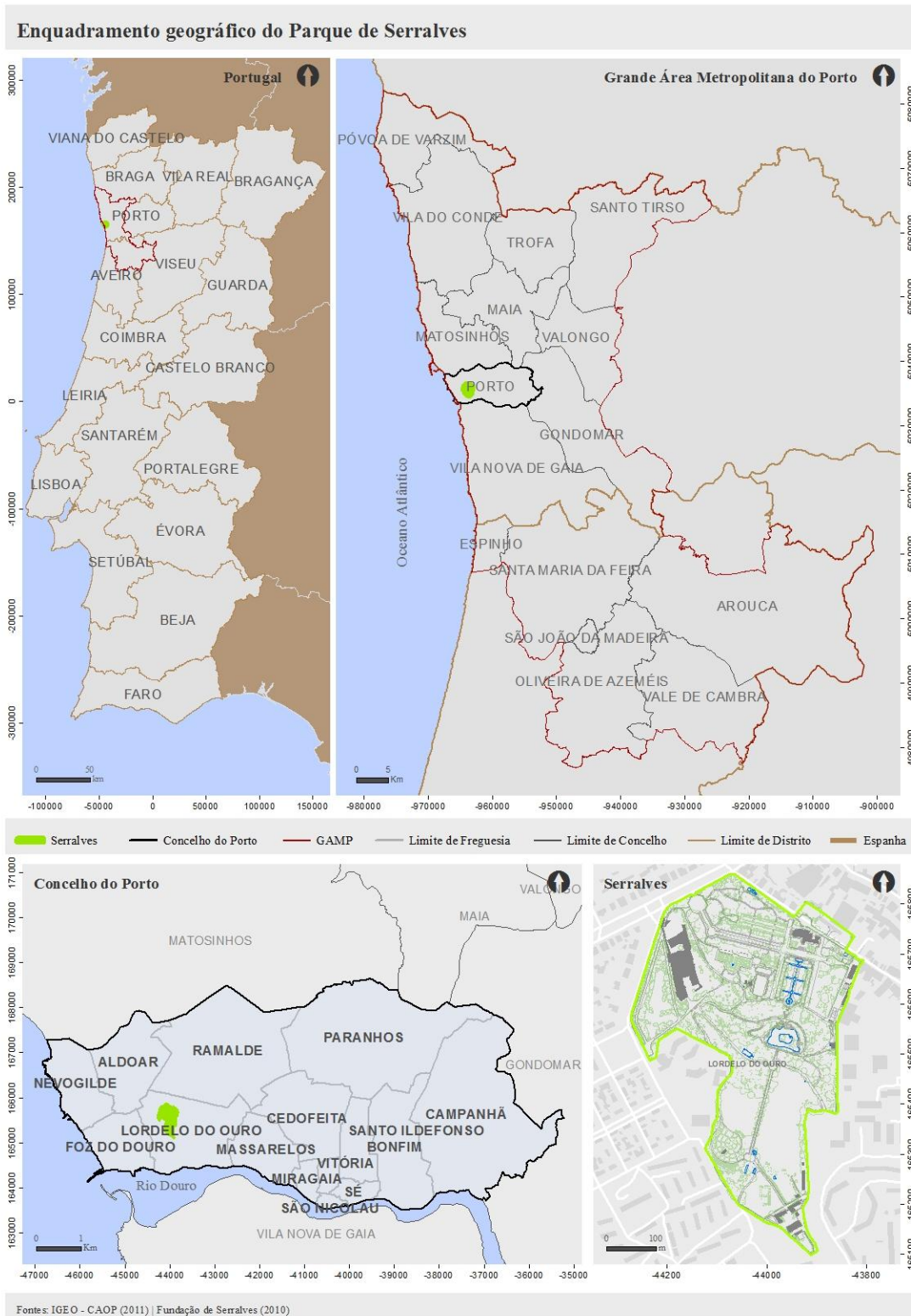


Figura 8: Localização de Serralves em Portugal, na GAMP e no Porto.

Embora afastada do centro histórico, político, económico e geográfico da cidade do Porto, Lordelo do Ouro beneficia simultaneamente da proximidade ao centro da cidade, a cerca de 2 km, e ao mar, a cerca de 1,6 km.

Os Jardins de Serralves, com aproximadamente 18 ha (186 274 m<sup>2</sup>), ocupam cerca de 5% da área da freguesia entre o topo norte da Rua de Serralves, a avenida Marechal Gomes da Costa, a rua Bartolomeu Velho e a rua Gil Eanes.

### *Características Biogeofísicas*

Os Jardins de Serralves assentam numa das áreas mais baixas da cidade - a plataforma marítima ocidental que se desenvolve suavemente em degraus de NE para SO entre os 0 m e os 163 m de altitude (fig. 9). As altitudes variam entre os 27 m a norte e os 67 m a sul do parque estando cerca de 30% da área deste espaço verde na classe entre os 50 m e os 60 m (fig. 9) (apend. A – AA5). As áreas mais visitadas são a Casa de Serralves, os Jardins formais e os *Parterres* (fig. 18), todos localizados em altitudes acima dos 50 metros, e o lago, cuja altitude varia entre os 40 e os 50 metros. As áreas da Quinta de carácter pedagógico, e menos visitadas, são as que têm menor altitude (< 30 metros).

A distribuição dos **declives** (fig. 10) sugere precisamente o cariz humanizado deste espaço verde com uma classe predominante entre os 0 % e os 5 % (6 ha de área) (apend. A – fig. AA6); ideal para a função de lazer predominante deste espaço e típico de espaços verdes deste género, como habitualmente a deambulação, a observação e a estadia. Todavia, há também algumas áreas com declives acima de 15 % (cerca de 4 ha da área dos jardins) (apend. A – fig. AA6) que prenunciam o carácter naturalizado do espaço, o que condiciona severamente as atividades humanas aí desenvolvidas. Na maioria dos casos, os locais de passagem por estas áreas mais declivosas foram transformados e adaptados para o desenho de percursos de traçado principalmente biomórfico com a implementação de escadas particularmente nos locais de transição entre os vários espaços dos jardins de Serralves. Noutros casos, as áreas mais declivosas coincidem com os vários taludes dos Jardins de Serralves (fig. 10 e 18).

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

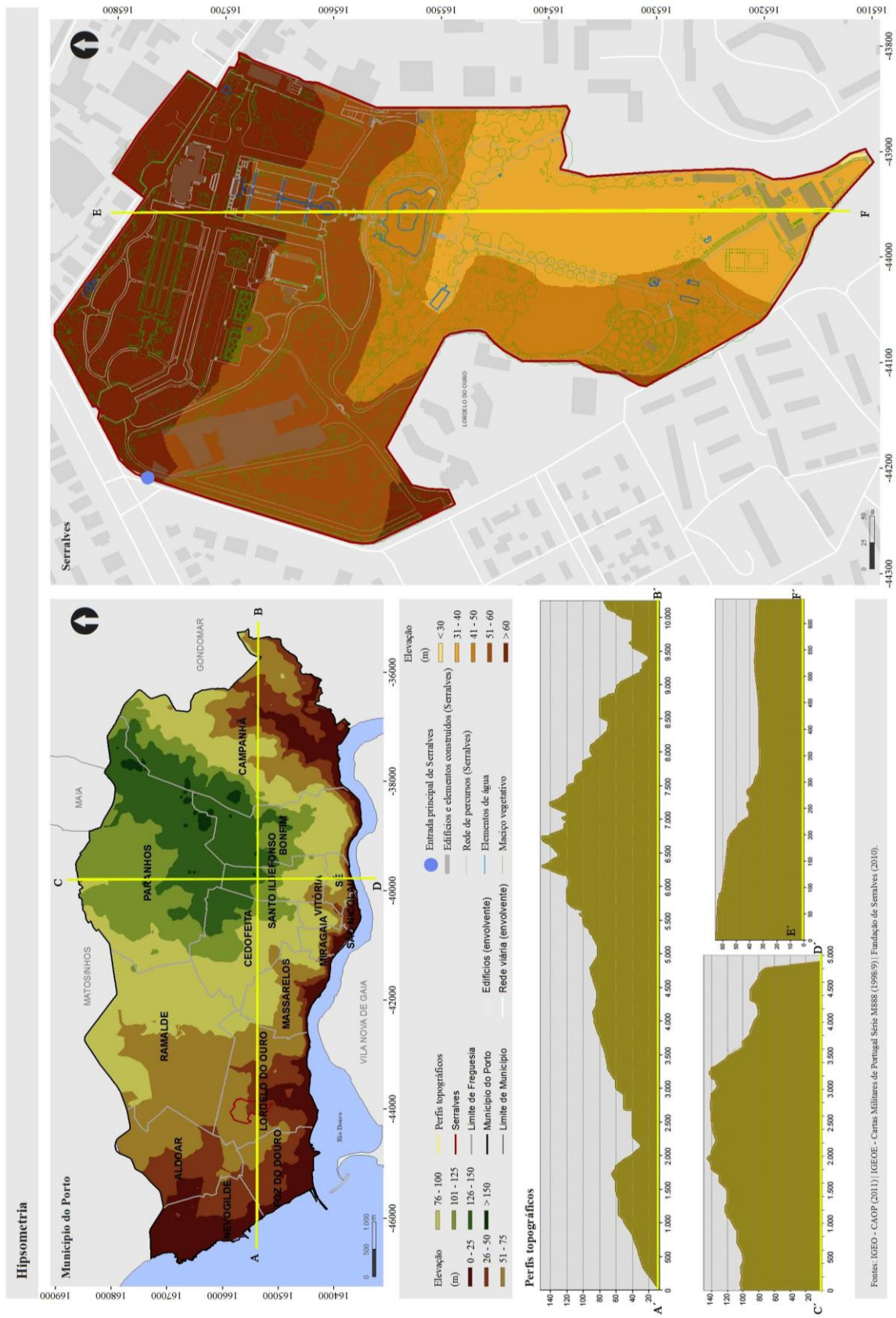


Figura 9: Hipsometria do Porto e dos Jardins de Serralves.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

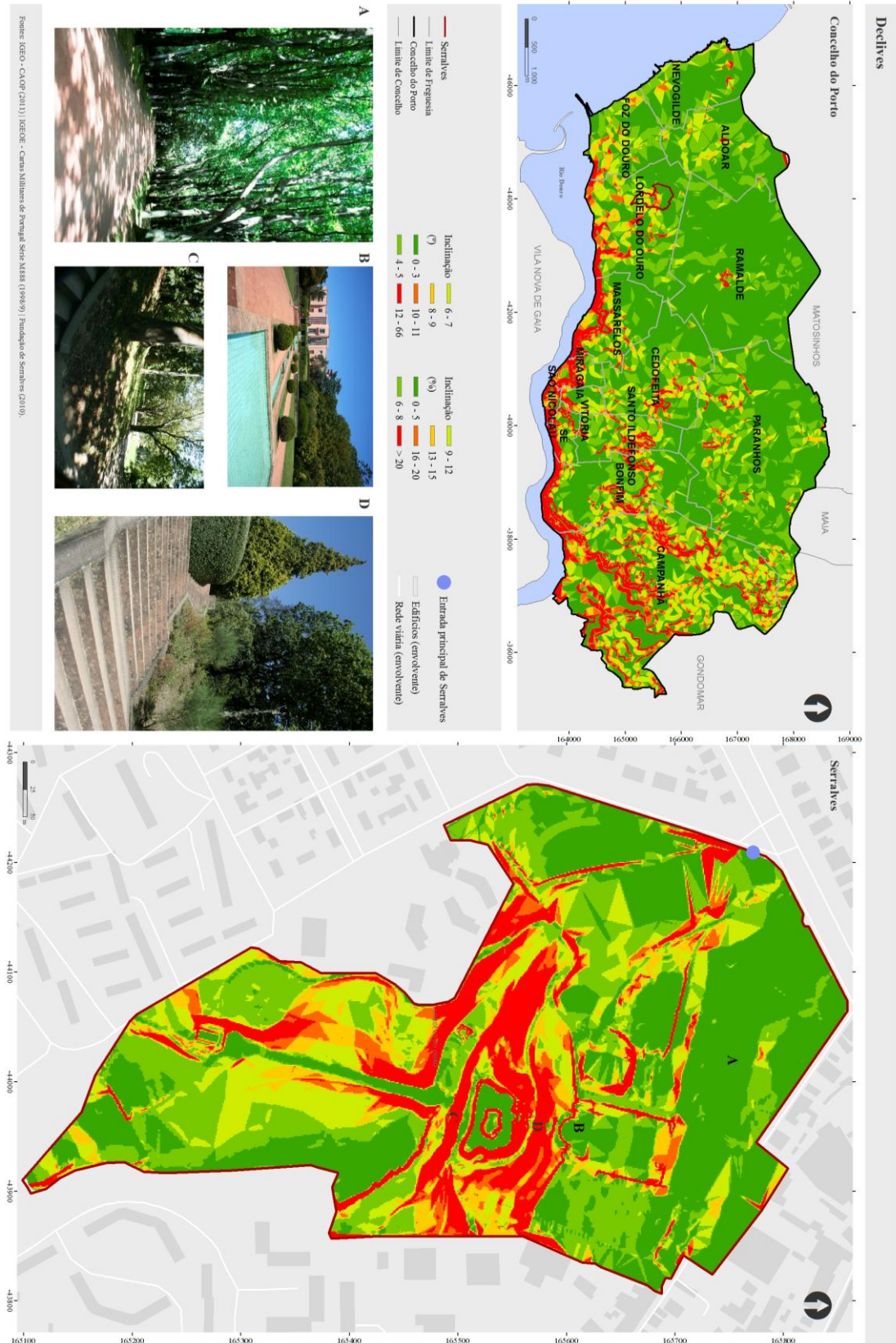


Figura 10: Declives do Porto e dos Jardins de Serralves.



A **exposição de vertentes**, um dos fatores condicionantes da diferenciação da quantidade de energia recebida ao longo do dia e do ano, sobretudo nas nossas latitudes, é fortemente responsável pelo resultado final sentido ao nível da temperatura do ar.

Na cidade do Porto predomina a exposição de vertentes a sul e a oeste embora haja uma grande heterogeneidade (fig. 11). Nos jardins de Serralves predominam as exposições a sul (8,2 ha- 44 %) e a este (6,1 h - 33%) (apend. A – fig. AA7). Estas últimas estão sobretudo na área da Quinta de Serralves, no Prado, no Jardim das Aromáticas e na zona denominada por Folhas Agrícolas (fig. 11 e 18).

A exposição à radiação solar em Serralves é ótima para as atividades que o parque promove, já que são as que favorecem a receção de mais radiação solar ao longo do ano e as que, caso o declive permita, recebem menor quantidade de radiação no período sobreaquecido e maior quantidade no período sub-aquecido. As áreas de Serralves cuja exposição é predominantemente nascente são mais desconfortáveis e correspondem neste espaço verde às áreas menos visitadas.

Os  **cursos** e as  **massas de água**, essenciais para os sistemas vivos, impõem também modificações consideráveis nos mosaicos microclimáticos onde são sediadas, facilitando a evaporação, aumentando a humidade do ar e diminuindo a temperatura. Contudo, em circunstâncias com temperaturas muito elevadas, sobretudo durante a noite, a humidade relativa acima de 80% contribui para agravar substantivamente o desconforto.

No caso dos jardins de Serralves os cursos de água não têm grande expressão à superfície. Nasce uma linha de água na área “de encontro de xistos e granitos, o que proporciona o manancial de água que rega a quinta” (Andresen et al., 2011, p. 51), que drena em direção à ribeira da Granja e que pode ser percebida sobretudo pela forma de relevo do vale noroeste-sudeste (fig. 9).

Os mosaicos de água criados nos jardins fazem parte de um sistema de água em rede constituído por vários elementos (fig. 12): i) Planos de água, canaletes e fonte, que integram o *Parterre d'eau* desenhado por Jacques Gréber localizado no *Parterre central*; ii) Lago com características do movimento romântico do século XIX e do gosto pelo exótico característico da época. Integrava o limite Sul da antiga Quinta do Lordelo e fazia parte do conjunto de estruturas construídas da família Cabral. Este traduz-se na

grande clareira da zona do bosque; iii) Tanques; iv) Espelho de água, integrado e desenhado no plano dos jardins do traçado de Gréber (fig. 12).

Todos estes elementos comunicam superficial ou subterraneamente num eixo norte-sul com cerca de 730 m, desde a casa de Serralves até à Quinta, integrando as estruturas de condução de água para rega.

Estas massas de água valorizam os jardins de Serralves, proporcionando espaços de frescura, revivalismos históricos e sensações de calma e prazer ao longo da diversidade de cenários.

Embora as **formações geológicas** (fig. 13) mais relevantes na cidade do Porto sejam o “granito do Porto” e as formações do complexo xistograuváquico na freguesia de Campanhã, existem também os depósitos Plio-Plistocénicos na área central-oeste da cidade e as areias e cascalheiras de praia e areias de dunas, típicas da proximidade do mar a oeste.

Nos jardins de Serralves ocorrem as três destas formações que ocupam áreas muito semelhantes: o granito a este, o complexo xistograuváquico a sul e os depósitos Plio-Plistocénicos a norte e nordeste (fig. 13). Estes últimos testemunham a presença de “antigas praias de formação remota, aplanadas pelo mar, quando este atingia estas costas” (Andresen et al., 2011, p. 51), demonstrando que a atual proximidade dos Jardins de Serralves ao mar, cerca de 400 m em linha reta, já foi, noutros tempos, muito maior.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

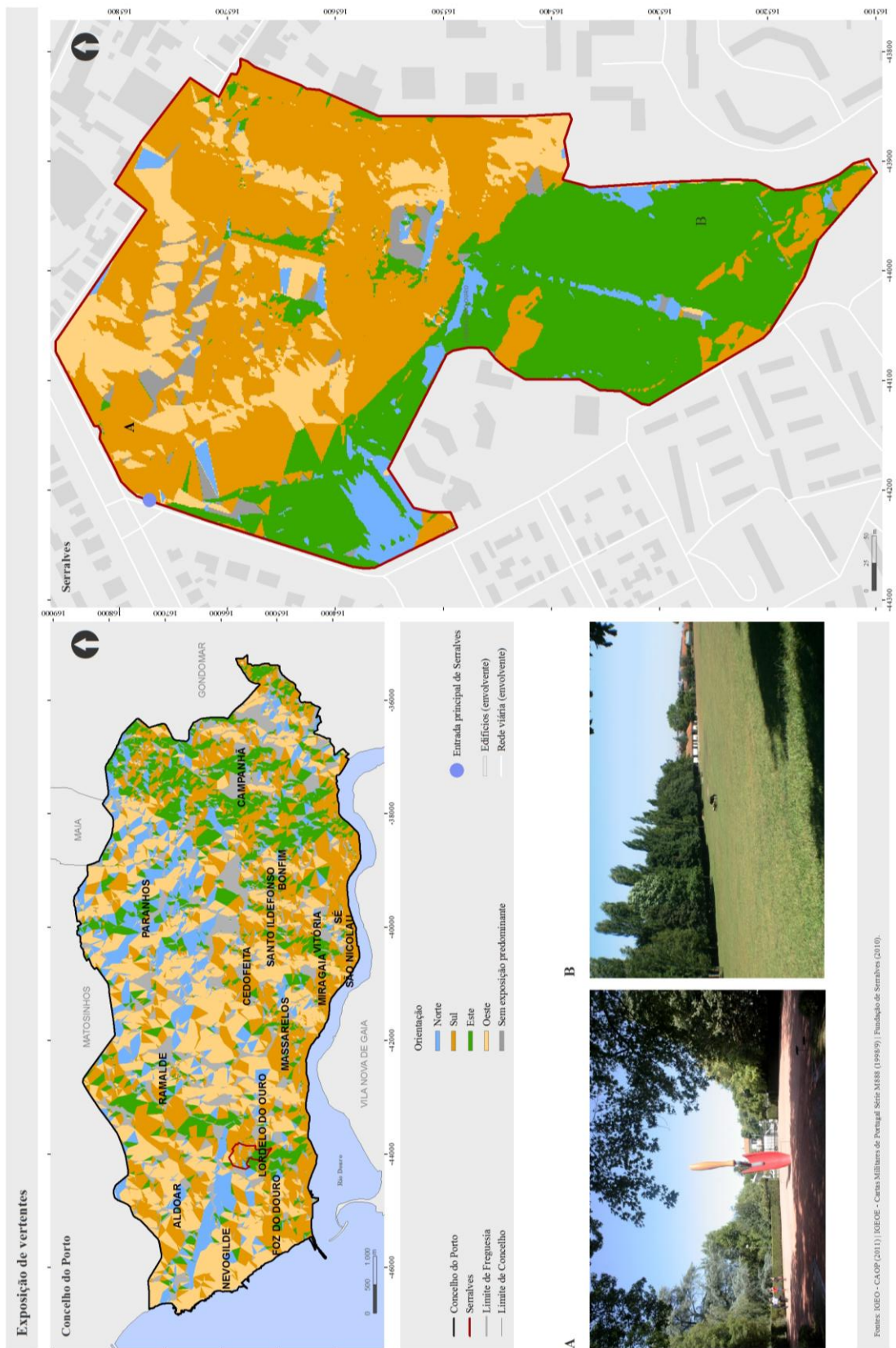


Figura 11: Exposição de vertentes do Porto e de Serralves.



O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

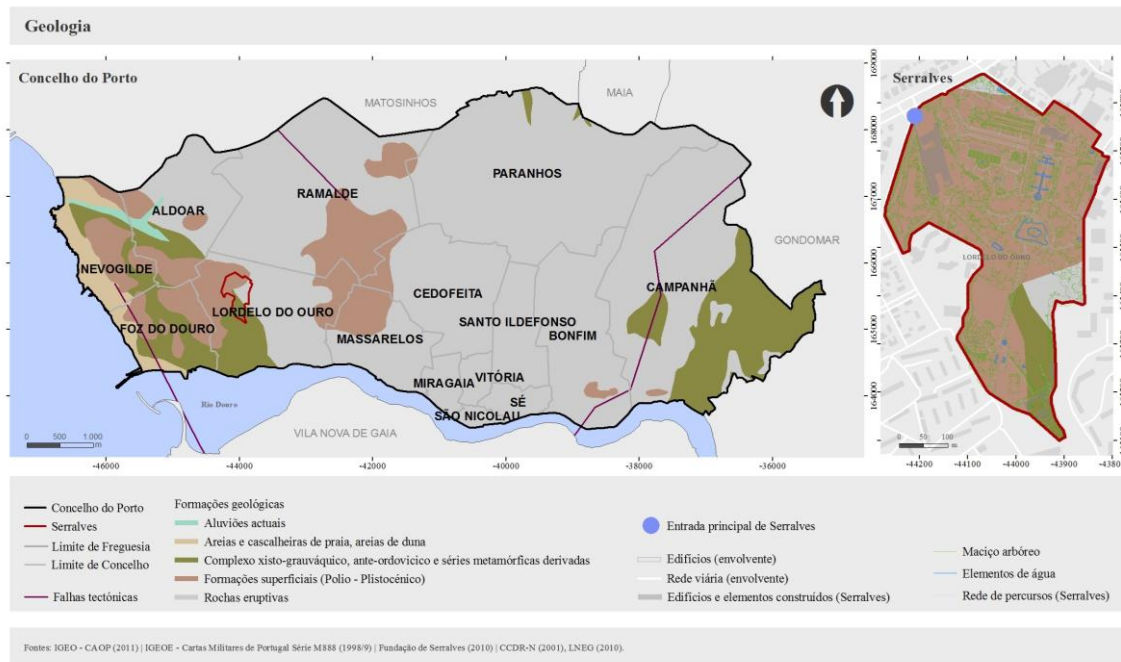


Figura 13: Formações geológicas do Porto e dos Jardins de Serralves.

### *Características Climáticas*

O Porto tem um clima temperado de fachada atlântica e evidencia bem, ao longo do ano, o seu sítio e posição geográfica: i) latitudinalmente localiza-se na área de influência da ondulação da frente polar durante o inverno e das células anticiclónicas subtropicais no verão; ii) está próximo de uma massa continental de grande compacidade como é a África; iii) está no extremo ocidental da Península Ibérica; iv) é o primeiro obstáculo continental que o fluxo zonal de oeste encontra depois de uma longa travessia Atlântica.

Este contexto geográfico propicia-lhe um inverno ameno e chuvioso com temperaturas mínimas que em média oscilam entre os 5,1°C em janeiro e os 7,3°C em março e temperaturas máximas entre os 13,3°C em janeiro e os 16,1°C em março. As precipitações totais mensais no inverno variam em média entre os 172,4mm em janeiro e os 127,3 em março (fig. 14).

O verão beneficia da ação amenizadora do mar e as temperaturas mínimas variam em média entre os 22,5 °C em junho e os 25°C em agosto. A precipitação é pouco frequente nesta estação do ano embora ocorra em todos os meses – 19,3 mm em julho e 63,2mm em setembro (fig. 14).

A primavera e o outono são estações de transição em que a precipitação é frequente e em que a variação de temperatura de um dia para o outro pode ser bastante grande.

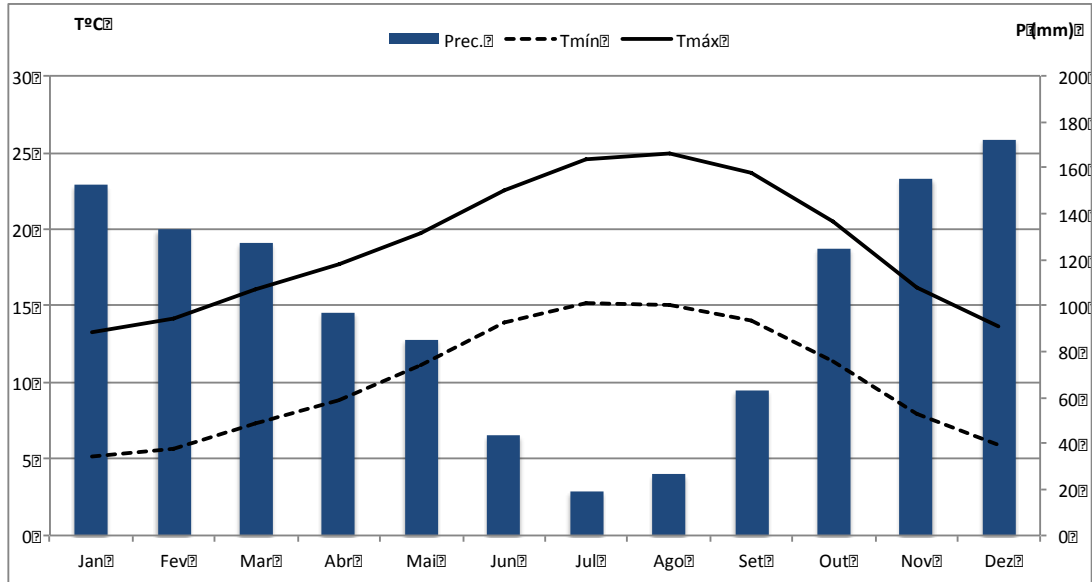


Figura 14: Temperatura mínima, máxima e precipitação total mensal média em Porto Serra do Pilar (1900-2007)

(Monteiro et al., 2012).

Trata-se portanto de um contexto climático que motiva o lazer, o recreio e a atividade física ao ar livre durante quase todo o ano. Exceto nos dias com pluviosidade intensa, muito ventosos ou excepcionalmente desconfortáveis do ponto de vista térmico (fig. 15, 16 e 17), a fruição dos espaços verdes ao ar livre é uma atividade que a maioria da população, independentemente da idade, género ou condição cultural e socioeconómica, prefere em detrimento de muitas outras.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

% dias - PET (2002-2007) - valores máximos diários

Níveis	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Muito Frio ≤4°C	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Frio ]4°C-8°C]	16	9	5	1	0	0	0	0	0	1	6	12
Fresco ]8°C-13°C]	46	38	26	13	5	3	1	1	1	6	27	50
Ligeiramente Fresco ]13°C-18°C]	32	37	34	38	28	6	3	3	6	32	42	32
Confortável ]18°C-23°C]	6	13	17	28	38	41	27	16	24	30	16	4
Ligeiramente Quente ]23°C-29°C]	1	1	11	16	15	29	46	44	41	22	9	1
Quente ]29°C-35°C]	0	0	3	4	10	11	13	18	18	9	0	0
Muito Quente ]35°C-41°C]	0	0	0	1	3	8	8	11	9	0	0	0
Extremamente Quente >41°C	0	0	0	0	1	2	3	7	2	0	0	0

Thermal Sensitivity	Stress Fisiológico
Muito Frio	stress com frio extremo
Frio	stress com frio
Fresco	stress moderado com frio
Ligeiramente Fresco	stress moderado com frescura
Confortável	sem stress
Ligeiramente Quente	stress moderado com calor
Quente	stress considerável com calor
Muito Quente	stress considerável com calor
Extremamente Quente	stress térmico com calor extremo

Baseado em Mayer e Matzarakis (1997)

Figura 15: Percentagem de dias, por mês, com valor máximo de PET para o Porto (2000-2007)  
(Monteiro, 2012).

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

% dias - Tmrt (2002-2007) - valores máximos diários

Níveis	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Muito Frio</b>												
Min-P10 [4,2°C-22,9°C]	27	11	11	6	1	2	1	0	0	10	18	27
<b>Frio</b>												
P10-P20 [22,9°C-33,0°C]	18	17	10	5	3	4	2	0	4	10	20	25
<b>Fresco</b>												
P20-P30 [33,0°C-37,0°C]	31	12	5	3	1	1	1	2	3	9	14	34
<b>Ligeiramente Fresco</b>												
P30-P40 [37,0°C-41,5°C]	19	30	9	3	3	3	1	3	3	10	24	12
<b>Confortável</b>												
P40-P60 [41,5°C-49,0°C]	4	30	49	34	28	7	7	6	13	39	22	1
<b>Ligeiramente Quente</b>												
P60-P70 [49,0°C-51,1°C]	0	0	5	24	24	16	9	6	17	12	1	0
<b>Quente</b>												
P70-P80 [51,1°C-52,8°C]	0	0	2	11	20	26	12	16	25	5	0	0
<b>Muito Quente</b>												
P80-P90 [52,8°C-54,8°C]	0	0	3	9	10	21	34	26	19	3	0	0
<b>Extremamente Quente</b>												
P90-Max [54,8°C-62,9°C]	0	0	1	3	10	21	32	39	14	1	0	0

Sensação Térmica	Percentil	Percentil
Muito Frio	Min-P10	[4,2°C-22,9°C]
Frio	P10-P20	[22,9°C-33,0°C]
Fresco	P20-P30	[33,0°C-37,0°C]
Ligeiramente Fresco	P30-P40	[37,0°C-41,5°C]
Confortável	P40-P60	[41,5°C-49,0°C]
Ligeiramente Quente	P60-P70	[49,0°C-51,1°C]
Quente	P70-P80	[51,1°C-52,8°C]
Muito Quente	P80-P90	[52,8°C-54,8°C]
Extremamente Quente	P90-Max	[54,8°C-62,9°C]

Figura 16: Percentagem de dias, por mês, com valor máximo de PET para o Porto (2000-2007) (Monteiro, 2012).

% dias - Heat Index (2002-2007)

Níveis	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Atenção</b> [27°C-32°C]	0	0	2	1	6	5	9	14	9	4	0	0
<b>Extrema Atenção</b> [32°C-41°C]	0	0	0	0	1	5	10	7	6	1	0	0
<b>Perigo</b> [41°C-54°C]	0	0	0	0	0	1	1	3	1	0	0	0
<b>Perigo Extremo</b> ≥ 54°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sensação Térmica	Grau de Stress Fisiológico	(°C)
<b>Atenção</b>	fadiga possível com exposição prolongada e / ou a atividade física.	[27°C-32°C]
<b>Extrema Atenção</b>	insolação, câibras musculares, e / ou exaustão de calor com a exposição prolongada possível e / ou atividade física;	[32°C-41°C]
<b>Perigo</b>	insolação, câibras musculares e / ou exaustão de calor, acidente vascular cerebral com exposição prolongada e / ou atividade física;	[41°C-54°C]
<b>Extremo Perigo</b>	Insolação ou acidente vascular cerebral.	≥ 54°C

Figura 17: Percentagem de dias, por mês, com valor máximo do Heat Index para o Porto (2000-2007).

(Monteiro, 2012)



### ***Características socioeconómicas do concelho do Porto***

A **ocupação do solo** no Porto é maioritariamente de espaço edificado com aproximadamente 9,5 km<sup>2</sup> o que corresponde a 23 % da área do concelho. As freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Bonfim, Sé, São Nicolau e Miragaia são as que têm uma maior densidade de ocupação do solo por edifícios maioritariamente anteriores a 1960 (fig. 18) (Moreira, 2011).

A freguesia de Lordelo do Ouro, onde se localiza o Parque de Serralves, é constituída por edifícios, construídos principalmente após 1960, localizados em bairros de habitação social construídos na década de 70 e 80 fundamentalmente destinados à função residencial, integrando uma tipologia de habitação em blocos e habitação unifamiliar, distribuídos de forma densa e dispersa. Os quarteirões na envolvente de Serralves (apend. E - fig. AE1) são na sua maioria preenchidos por edifícios de habitação unifamiliar com dois pisos e com espaços verdes integrados na área de cada habitação.

Nos Jardins de Serralves existem diversas **estruturas construídas** dentre as quais se destacam a Casa de Serralves (B), o Museu de Serralves (A), a Casa de Chá (E), o Campo de Ténis (S), a Casa da Quinta (H) e diversos *Parterres* (fig. 18).

A Casa de Serralves (B), construída entre 1925 e 1944 e classificada em 1996 como “Imóvel de Interesse Público”, encontra-se no ponto mais alto da quinta e domina todo o parque (Andresen et al., 2011, p. 29) (fig. 18). Antigamente destinava-se à casa de residência particular do 2º Conde de Vizela. Até 1999 foi o único espaço fechado disponível para exposições artísticas e para atividades culturais. Atualmente serve de espaço-sede e é utilizada para exposições temporárias.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

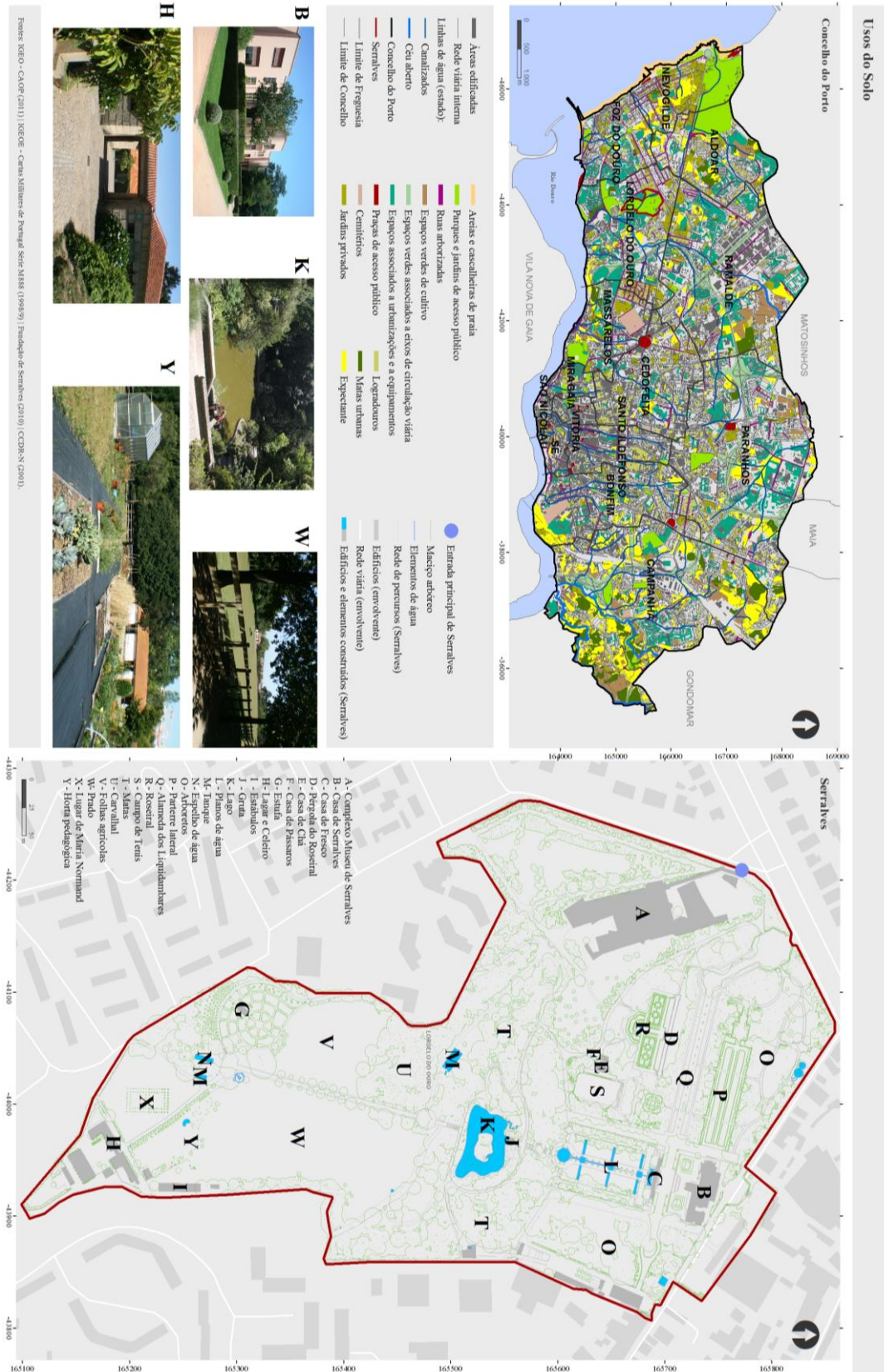


Figura 18: Usos do solo do Porto e de Serralves.

Os declives (fig. 10) mais suaves encontram-se nos jardins formais de morfologia cartesiana, que incluem (fig. 18): o *Parterre* central (L) com a casa de fresco (C) contíguo à casa de Serralves e os planos de água (L); o *Parterre* lateral (P); o Roseiral (R) com a sua pérgola (D) e os jardins envolventes; e o Museu de Serralves (A) com os jardins que o envolvem, localizados no local da antiga horta da quinta de Serralves (fig. 18).

O Museu de Serralves (A) foi construído entre 1996 e 1999 no lugar da antiga horta que passou para a extremidade Sul, na proximidade da Quinta de Serralves (Quinta Mata-Sete), formalizando-se no jardim de plantas aromáticas (G), (fig. 18).

A Quinta de Serralves integra a área dos campos agrícolas para cultivo e pastoreio, o celeiro e o lagar (H), os estábulos (I), o prado (W) e o campo das folhas agrícolas (V), o lugar do tanque (M,N) e o lugar de Maria Normand (X) (fig. 18).

Uma outra boa parte do solo portuense é utilizada pela densa **rede viária** com uma extensão de 557 km que definem as principais vias de ligação regional como a A28, A3 a norte e a sul a A4 e A1 e a Via de Cintura Interna (VCI), que contorna o núcleo central do concelho do Porto, bem como a Rua da Circunvalação, que limita o concelho a norte. Para além destas existe uma intrincada malha viária da qual se podem destacar entre alguns dos principais e históricos eixos viários, a avenida Fernão Magalhães, a avenida da Boavista ou a rua da Constituição (fig. 19).

Os Jardins de Serralves são confinados precisamente por um destes eixos históricos principais - a avenida Marechal Gomes da Costa.



Lordelo do Ouro como a todos os visitantes nacionais e internacionais. Como foi referido na introdução deste trabalho, a sua escolha para “laboratório experimental” resultou das suas características intrínsecas mas também do facto de ser o segundo parque de maior dimensão, logo a seguir ao Parque da Cidade (80 ha).

O facto de terem uma diferenciação morfológica considerável, um conjunto de espécies florísticas com características muito diversas e uma variedade de estruturas construídas e de pavimentos gera, nos Jardins de Serralves, modificações substantivas no contexto térmico vivido em espaços separados por poucos metros de distância, beneficiando de “condições climáticas muito favoráveis para uma diversidade de habitats e muito confortáveis para o visitante” (Andresen et al., 2011, p. 51).

Os múltiplos albedos das diversas estruturas e dos inúmeros tipos de pavimento e espécies florísticas e o uso de materiais de maior ou menor impermeabilidade criam condições para que os balanços energéticos sejam muito diversos de local para local e sejam recriados inúmeros mosaicos microclimáticos que interagem com fluxos de ventilação locais autóctones e muitas vezes alheios às condições sinópticas e ao fluxo predominante de oeste. O conhecimento desta diversidade de condições é fundamental para sugerir uma oferta de atividades de recreio e lazer adaptadas aos limiares de conforto e à resistência bioclimática do corpo humano.

Com “intenção, ou intuição”, como refere Teresa Andresen (Andresen et al., 2011), os Jardins de Serralves parecem ter integrado no seu desenho e nas funções sugeridas, uma oferta intencional. A integração de elementos pré-existentes das antigas quintas, mas também o novo desenho de Gréber, ao considerar as características biogeofísicas do espaço, como a morfologia, a geologia, a abundância de água e a exposição do espaço, assim como estruturas e espécies vegetais pré-existentes de referência, otimizou, condicionando, a oferta de recreio e lazer existente.

A título de exemplo, focando a estrutura que suporta os aspetos antrópicos d’os Jardins de Serralves, recorde-se que entre os patamares altimétricos (fig. 9) há um desnível de cerca de 40 metros, imagem da tipologia de formações geológicas (granitos, xistos e depósitos Plio-Plistocénicos – fig. 13) que dão expressão ao relevo, contribuindo para a existência de uma heterogeneidade de declives (fig. 10) e condicionando não só a circulação da água e a instalação das espécies florísticas e estruturas construídas do projeto de Jacques Gréber, que integrava também novos elementos paisagísticos, como também a manifestação dos elementos climáticos.

Os Jardins de Serralves têm uma coleção diversificada de património arbóreo e arbustivo de espécies autóctones e exóticas que ilustra as transformações ao longo de pelo menos os últimos dois séculos.

A escolha das espécies vegetais exóticas dos jardins formais acompanha na maioria dos casos o seu traçado geométrico e cartesiano e coincide com as áreas de declives mais suaves. Os Liquidâmbares da Alameda dos Liquidâmbares (*Liquidambar styraciflua*), os Castanheiros da Índia (*Aesculus hippocastanum*) da envolvente do *Parterre* central, os Cedros-do-Atlas (*Cedrus atlântica*), os Aceres (*Acer sp.*), as Faias (*Fagus sylvatica*), os Cipreste-comum (*Cupressus sempervirens*), os Ciprestes-de-Lawson (*Chamaecyparis lawsoniana*), os Freixos-das-flores (*Fraxinus ornus*), os Rododendros (*Rhododendron sp.*) e as Camélias (*Camellia sp.*), são alguns dos muitos exemplos de espécies exóticas de estrato arbóreo existentes na área norte dos Jardins de Serralves das áreas de transição entre os jardins formais e a Quinta na extremidade Sul (fig. 20).

Existem ainda nos Jardins de Serralves algumas espécies raras e/ou em risco de extinção em Portugal como o Teixo (*Taxus baccata*), o Pinheiro-Bravo (*Pinus pinaster*), o Pinheiro-Manso (*Pinus pinea*), o Castanheiro (*Castanea sativa*), o Sobreiro (*Quercus Suber*) e a Oliveira (*Olea europaea*) assim como diversos arbustos o Pilriteiro (*Crataegus monogyna*), o Folhado (*Viburnum tinus*) e a Azeiteira (*Corylus avellana*).

As estruturas verdes estão interligadas entre si e com os espaços construídos por pavimentos diversos: i) o saibro rosa no *Parterre* principal e na Alameda dos Liquidâmbares e na sua ligação com a casa de Serralves, circundada pelo mesmo pavimento; ii) o saibro compactado branco no caminho entre o Museu de Serralves e os jardins localizados a oeste e a sul do Roseiral; iii) a calçada de cubo de granito irregular, que liga o *Parterre* principal até ao lago, sendo as escadas constituídas por lajes de granito; iv) as lajes de pedra que circundam o lago localizado na clareira das matas, permitindo contorná-lo; v) a calçada de paralelepípedo de granito regular, que permite a ligação do lago à alameda dos Castanheiros da Índia na “Quinta Mata-Sete” que separa a área das Folhas caídas, do Prado; vi) o caminho de areão que dá continuidade até aos estábulo.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

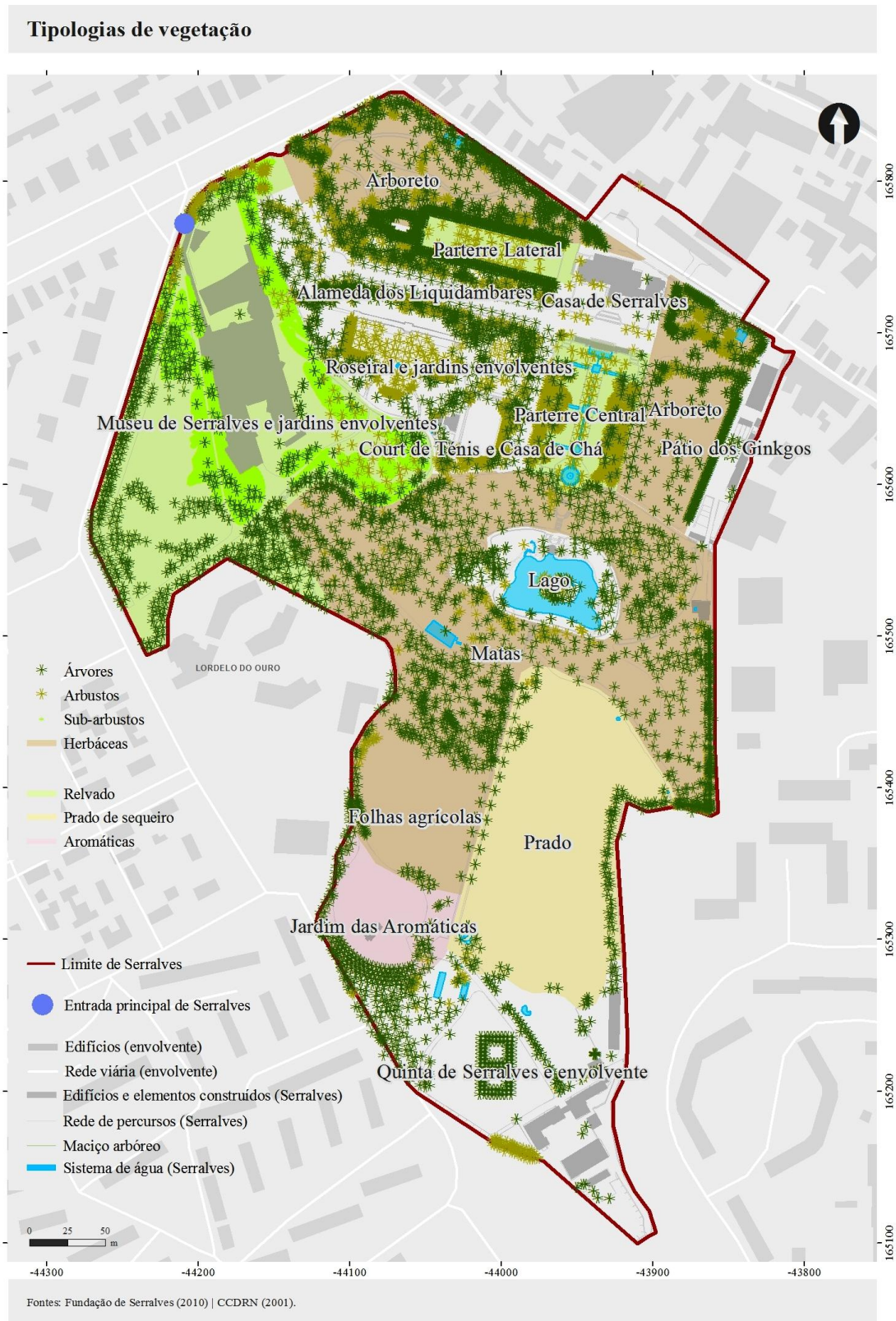


Figura 20: Estratos arbóreos.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

### *Os percursos dos Jardins*

Estas ligações pavimentadas estabelecem uma rede pré-definida de percursos que permite a escolha de diversas alternativas de fruição da paisagem e que apela sempre ao uso dos cinco sentidos (fig. 21).

Ao longo do ano a paisagem de cada percurso vai variando de acordo com a expressão que a flora vai assumindo em cada estação do ano e por isso mesmo a luz, a sombra, a sucessão de vistas, a cor e a textura da vegetação tornam cada percurso único em cada uma das vezes que é percorrido (Serralves, 2012b).

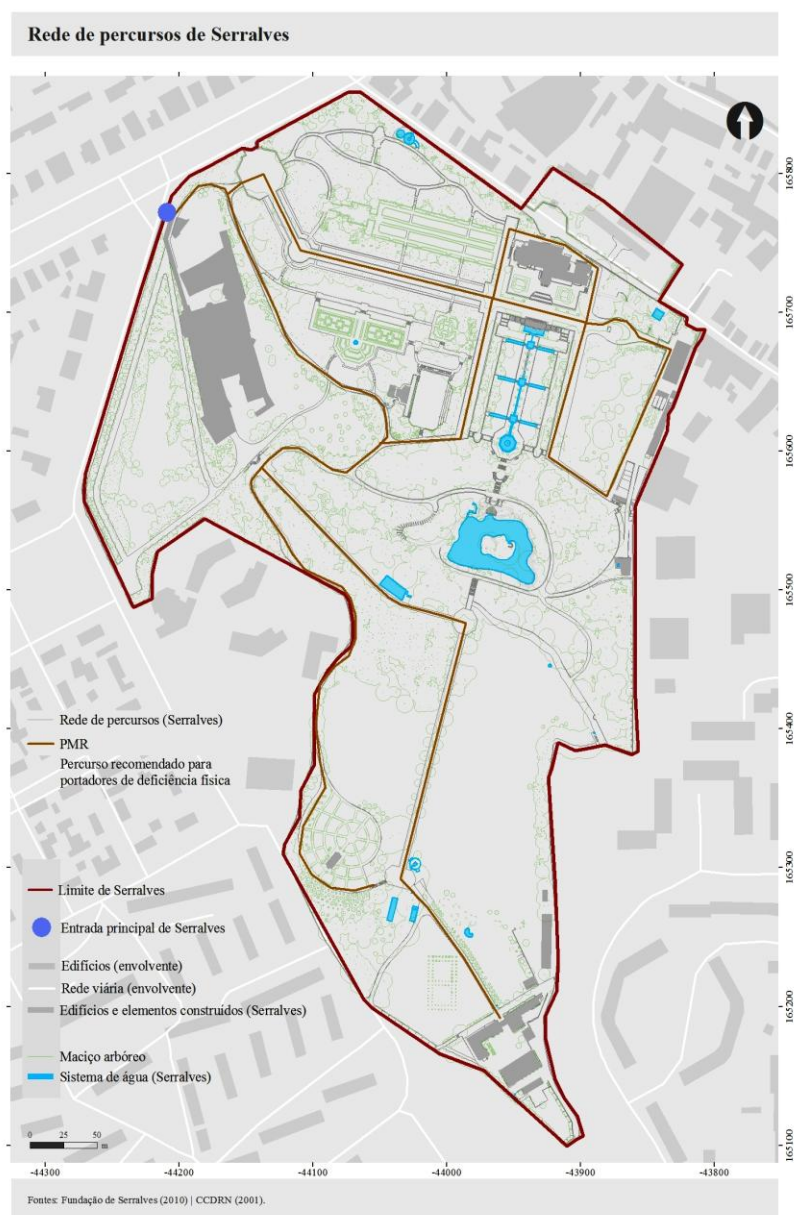


Figura 21: Oportunidades de percursos nos Jardins de Serralves.



“De certo modo, esta diversidade eco-sistémica é singular e o projeto do parque valoriza-a, criando uma diversidade de cenários/habitats contribuindo para um forte sentido de unidade.”

Teresa Andresen (Andresen et al., 2011)

### 3.2 Definição e instalação do parque instrumental de monitorização climática

Tendo em conta o objetivo do trabalho e as características descritas deste espaço verde, foi delineado um plano de monitorização que optimizasse o manancial de instrumentos disponíveis – sete sensores de temperatura e humidade relativa de modelo *Tinytag Ultra 2* e sete abrigos<sup>30</sup>, construídos para o efeito segundo as especificidades necessárias para um abrigo meteorológico para esta situação<sup>31</sup>, e dois sensores de modelo Testo 435-2 e respetivas sondas térmicas de 3 funções<sup>32</sup> para a medição itinerante de temperatura, velocidade do vento e humidade relativa (tab. 5; apend. F - tab. AF1 e tab. AF2).

A inexistência de acesso livre a imagens satélite com banda termal do tipo do *Landsat 7* ou do MODIS que permitisse observar o comportamento da temperatura neste espaço verde com uma resolução adequada e no período em análise, sugeriu que fosse definido um plano combinado de monitorização – permanente e itinerante – de temperatura (°C), humidade relativa (%) e velocidade do vento (m/s).

Os postos de monitorização fixos e permanentes, em abrigo, foram localizados a cerca de 3 metros do solo, à sombra, em espécies arbóreas de folha marcescente (sensores, 110, 111, 113 e 114 – *Pittosporum undulatum*; sensor 109 - *Pittosporum tobira*; sensor 112 – *Chamaecyparis lawsoniana*), à exceção de um dos sensores que se

---

<sup>30</sup> Os instrumentos disponíveis para as medições fixas e permanentes foram disponibilizados pelo Projeto PTDC/SAU-ESA/73016/2006.

<sup>31</sup> Os abrigos meteorológicos são utilizados de forma a garantir o equilíbrio térmico entre o instrumento de medição e o meio de forma a facilitar as trocas convectivas com o ar circundante exterior, preservando os sensores da radiação solar a partir de materiais refletores e pouco condutores, que minimizem o balanço radioativo entre o sensor e o abrigo. Tendo como modelo os abrigos das estações clássicas do tipo *Stevenson* e os abrigos oficiais do equipamento *Tinytag Ultra 2*, os abrigos foram propositadamente construídos, por razões de financiamento, por um material plástico de cor branca de forma a maximizar a refletividade.

<sup>32</sup> Os instrumentos disponíveis para as medições itinerantes foram adquiridos no âmbito do apoio financeiro de “projetos pluridisciplinares 2010”.

encontra instalado numa árvore de folha caduca (sensor 108 – *Malus domestica*), e com orientação aproximadamente a sudoeste (fig. 23). A escolha dos locais não dependeu exclusivamente do nosso interesse mas teve de responder a requisitos de ordem diversa impostos pela direção do parque. Os sensores foram programados para efetuarem registos de 30 em 30 minutos (tab. 5).

As medições itinerantes foram realizadas em dois percursos segundo as direções aproximadamente N-S (39 pontos de medição) e E-O (68 pontos de medição), procurando que testemunhassem as diferentes áreas vivenciadas pelos utilizadores neste jardim (tab. 3, fig. 22 e 23). A escolha dos dois itinerários teve também em conta a necessidade de não ultrapassarem os 30 a 40 minutos e de terem sensivelmente a mesma duração para garantir que as condições atmosféricas se mantivessem mais ou menos semelhantes entre o ponto de registo inicial e o final. O itinerário N-S e o E-O foram realizados em simultâneo e sempre duas vezes ao dia – de manhã e de tarde (tab. 4). Além disso, alguns pontos de registo – os pontos de controlo - foram repetidos dentro de cada percurso e alguns deles são comuns aos 2 percursos. No caso do percurso 1 (E-O), os pontos 2 e 28, 3 e 27 e 24 e 39 correspondem a pontos de registo na mesma posição geográfica e os pontos 1, 2/28 e 35 coincidem com os pontos 40/107, 41/106 e 46/101 do percurso 2 (N-S) (fig. 22 e 23). No caso do percurso 2 (N-S) todos os pontos, excetuando os pontos 53 a 55 e os pontos de 85 a 94, foram alvo sempre de 2 medições - uma no sentido N-S e outra no sentido S-N (fig. 23).

Esta repetição de alguns dos pontos foi um procedimento metodológico adotado para diminuir o peso excessivo que certas condições atmosféricas esporádicas ou ligeiras modificações nos procedimentos de medição poderiam introduzir no resultado final, evidenciando por exemplo, anomalias momentâneas que não traduziam de facto o contexto térmico associado a esse ponto.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

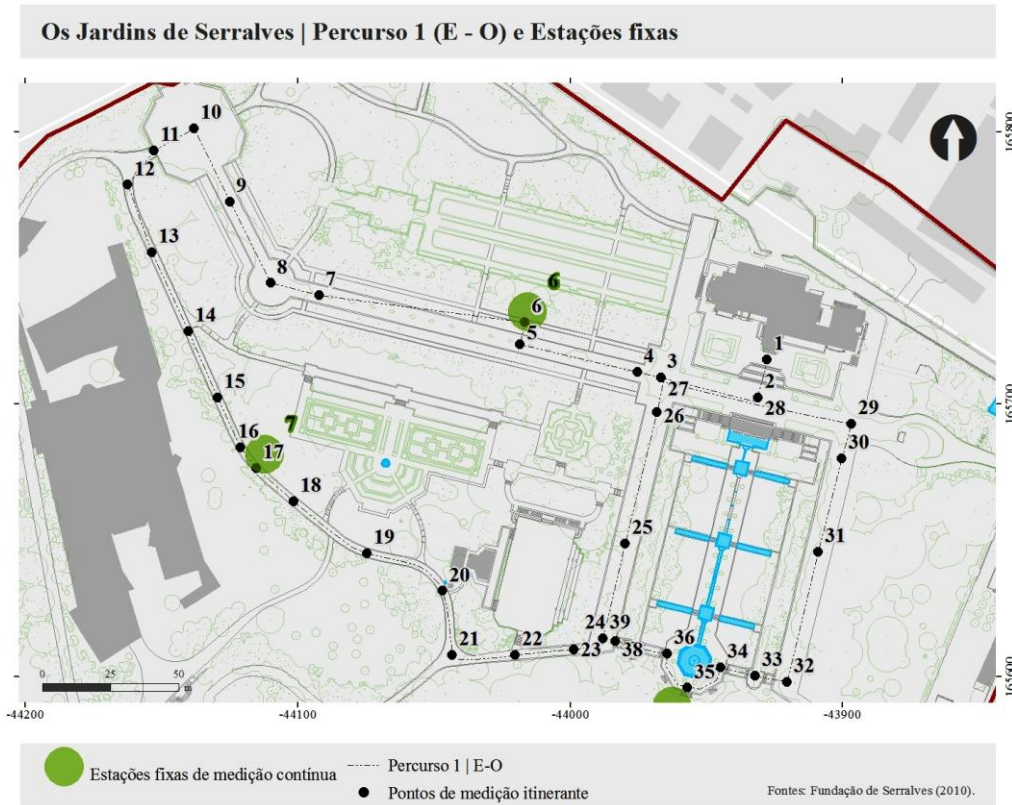


Figura 22: Localização dos pontos de medição itinerante do percurso 1 e das estações fixas no interior dos Jardins de Serralves.

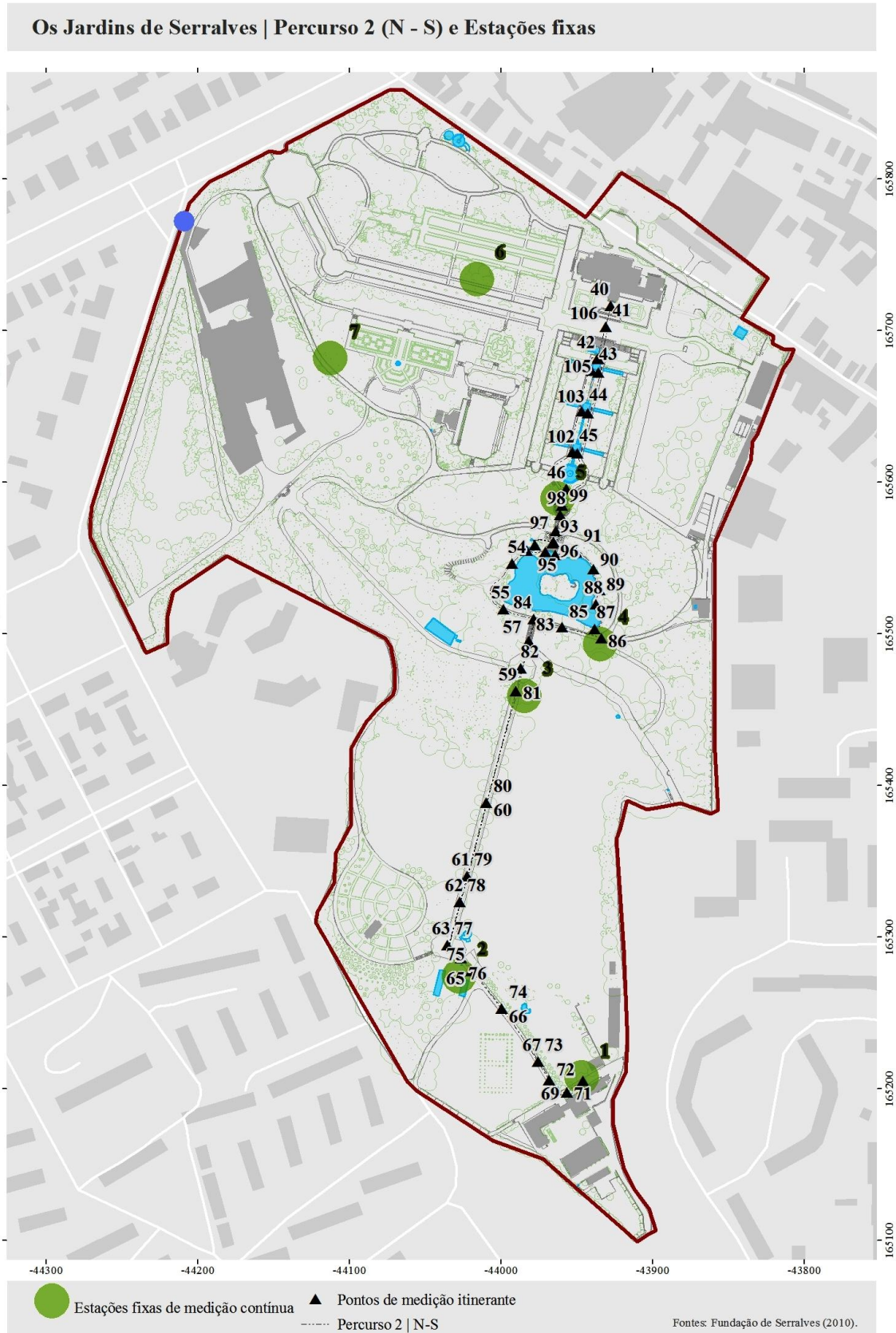


Figura 23: Localização dos pontos de medição itinerante do percurso 2 e das estações fixas no interior dos Jardins de Serralves.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

Percurso	Direção	Tipo de percurso	Distância em passos (número médio)	Distância em metros (pelo número de passos)	Número de pontos de medição de itinerante
P1	Este - Oeste	Circuito fechado (em forma de 8)	1453	945	39
P2	Norte - Sul	Circuito linear (ida e volta)	2611	1697	68

Tabela 3: Características dos 2 percursos de medições itinerantes.

2011							
Julho		Agosto		Setembro		Outubro	
Dia	Hora	Dia	Hora	Dia	Hora	Dia	Hora
16	16:00	3	12:00 16:00	5	11:00 16:00	3	12:00 16:00
18	11:00	4	11:00	6	11:00 16:00	6	11:00 16:00
19	11:00 17:00	5	11:00 16:00	7	11:00 18:00	13	11:00 17:00
20	11:00 16:00	8	12:00 17:00	8	11:00 17:00	14	12:00 17:00
21	11:00 16:00	9	11:00 16:00	29	12:00 16:00		
22	11:00 16:00	10	12:00 16:00				
25	11:00 16:00	11	12:00 17:00				
26	11:00 16:00	12	11:00 17:00				
27	11:00 16:00						
28	11:00 17:00						
29	11:00 16:00						

28 dias de medições  
27 manhãs de monitorização itinerante  
26 tardes de monitorização itinerante  
**53 momentos de monitorização itinerante**

**Percorso 1 – Este – Oeste (39 pontos itinerantes)**  
**Percorso 2 – Norte – Sul (68 pontos itinerantes)**

Tabela 4: Informação detalhada do horário no período das medições itinerantes efetuadas.

O critério de escolha dos 39 pontos do percurso 1 e dos 68 pontos do percurso 2 teve em conta os objetivos do trabalho: avaliar a importância das características do *sítio* e da *posição geográfica* no resultado final do balanço energético do local que condicio-

nam a temperatura do ar no *canopy layer*<sup>33</sup>. Por isso, em cada um dos itinerários foram incluídos pontos que ilustrassem diferentes exposições, altitudes, declives, pavimentos, vegetação, mosaicos de água, edifícios, etc. (fig. 24). Nesta seleção foi dada uma ênfase muito especial tanto ao tipo de coberto vegetal como à sua disposição. Foi ainda tido em conta o conhecimento do tipo de atividade de lazer e recreio mais vulgar em cada um dos espaços este jardim – recreio passivo.

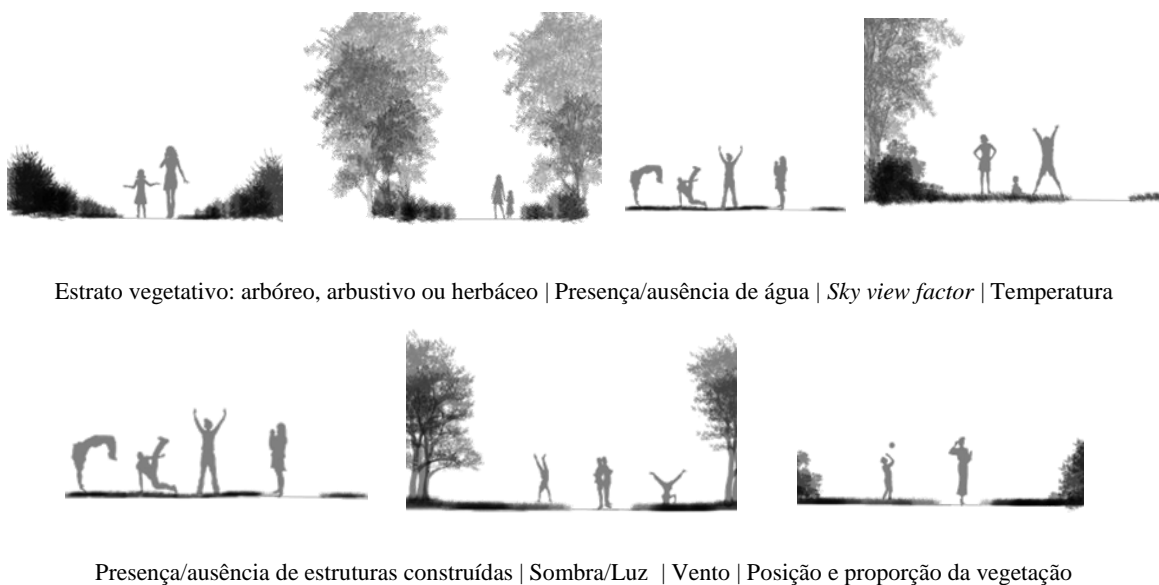


Figura 24: Representação dos critérios de seleção dos pontos itinerantes.

Para a realização das medições itinerantes foi selecionado o período considerado como aquele que tem uma maior e mais diversificada frequência de visitantes dos jardins - o período compreendido entre o final da Primavera e o início de Outono (fig. 25).

É de salientar ainda que as medições itinerantes estiveram dependentes da disponibilidade de um número mínimo de 2 pessoas da equipa do projeto de investigação que apoiou a realização deste estudo e das condições de estado de tempo

---

<sup>33</sup> A *canopy layer* “corresponde à camada abaixo dos edifícios, influenciada por processos atmosféricos ao nível da geometria urbana (espaços entre o edificado), designado por *canyons* urbanos” (Esteves, 2011, p. 31).

no momento das medições. Estas só podiam ser efetuadas em dias com céu limpo, sem nuvens e uma situação sinóptica de estabilidade atmosférica (fig. 25 e tab. 9).

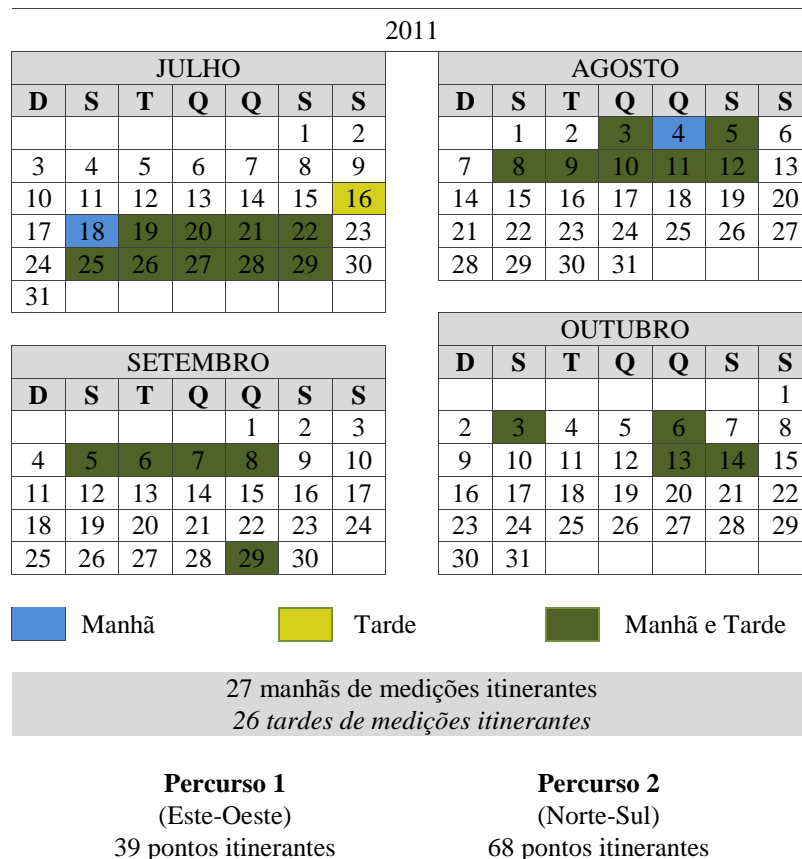


Figura 25: Calendarização das medições itinerantes nos Jardins de Serralves.

Para além dos 7 postos fixos instalados nos Jardins de Serralves e da realização dos percursos de medição itinerante, foi utilizada a informação registada por um sensor do mesmo modelo - *Tinytag Ultra 2* - que monitoriza de 30 em 30 minutos a temperatura do ar no jardim de um prédio da Rua S. João de Brito, contígua aos Jardins de Serralves (tab. 5). Esta informação procurou permitir a comparação entre o mosaico térmico médio dentro dos jardins e o do quarteirão urbanizado em que se insere.

Durante o período de monitorização climática fixa e itinerante nos Jardins de Serralves e na rua S. João de Brito foram recolhidas as informações climatológicas e sinópticas disponibilizadas pela estação oficial do Instituto de Meteorologia localizada em Pedras Rubras (tab. 5).

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

<b>Período do registo das variáveis climáticas (equipamento fixo)</b>	
	6 de Junho a 5 de Novembro de 2011
Estações climáticas de registo	Escala regional - Pedras Rubras (PR – estação oficial)
	Escala urbana em área construída – S. João de Brito (SJB)
	Escala urbana local em área verde – 7 sensores fixos de Serralves (7SF)
Periodicidade de registo	PR – hora a hora
	SJB – hora a hora
	7SF – 30 em 30 minutos
Variáveis climáticas registadas	PR – Temperatura do ar, humidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, radiação global total e difusa total, quantidade e duração de precipitação, pressão atmosférica, entre outras
	SJB – Temperatura do ar e humidade relativa do ar
	7SF – Temperatura do ar e humidade relativa do ar
Seleção dos dados para análise	Para análise de dados contínuos - hora a hora
	Para análise das medições itinerantes – mesma data e hora seguinte do início do registo das medições itinerantes
Características dos equipamentos de medição	PR – Altitude: 77 metros; Latitude: 41° 14'20.24''; Longitude: 8° 40'19.46'' (registos desde 1949); Torre meteorológica: anemómetro a 10 metros, RS a 1,5 metros, abrigo de <i>Stevenson</i> e pluviométrico.
	SJB – Altitude: 52 metros; Latitude: 41° 09'45.83''; Longitude: 8° 39'02.49''; Equipamento de registo: Tinytag Ultra 2 em abrigo branco de madeira
	7SF – Altitude: 31(sensor 1) a 50 metros (sensor 7); Latitude: 41° 09'; Longitude: 8° 39'; Equipamento de registo: Tinytag Ultra 2 em abrigo branco de plástico
Distância aos Jardins de Serralves	PR – 8,5 km (em linha reta)
	SJB – 0,8 km (em linha reta)
	7SF – interior de Serralves
Distância ao Oceano Atlântico	PR – 4,5 km (em linha reta)
	SJB – 3 km (em linha reta)
	7SF – 2,15 km (distância média em linha reta)
<b>Período do registo das variáveis climáticas (equipamento itinerante)</b>	
	Entre os dias 16 de Julho e 14 de Outubro
Equipamento de medição	Escala local – Percurso 1 (Este-Oeste) – P1
	Escala local – Percurso 2 (Norte-Sul) – P2
Periodicidade de registo	27 dias; sempre que possível de manhã (entre as 10:30 e as 12.00) e de tarde (entre as 3.30 e as 17.30)
Condições do estado de tempo	Céu maioritariamente limpo, sem nuvens; situação sinóptica de estabilidade atmosférica
Variáveis climáticas registadas	Temperatura do ar, humidade relativa do ar e velocidade do vento.
Seleção dos dados para análise	Registo das medições itinerantes de cada ponto.
Características dos equipamentos de medição	Testo 435-2, instrumento de medição multifunção para ar.
	Sonda térmica 3 funções (%HR / °C / m/s), Ø 12 mm, sonda térmica de velocidade, com medição integrada de temperatura e humidade. GAMA: -20 a +70°C; 0 a 100%HR; 0 a +20m/s.

Tabela 5: Características das estações climáticas de registo e periodicidade das medições.



### 3.3 Resultados obtidos

#### 3.3.1 Os Jardins de Serralves, a periferia urbanizada e o Porto

Para cumprir este desiderato - tentar perceber o comportamento dos subsistemas climáticos dos Jardins de Serralves, avaliar a influência que têm na temperatura da área urbana onde se inscrevem e até eventualmente o seu contributo no clima da cidade - foi selecionado, neste trabalho, apenas um dos elementos climáticos, a temperatura.

No âmbito deste trabalho experimental, embora tenham sido registados outros elementos climáticos – humidade relativa, direção e velocidade do vento e radiação solar – a análise prévia de toda a informação mostrou, como seria de esperar, que seria impossível e até inadequado carregá-la para este trabalho. Por esse motivo, a atenção centrar-se-á exclusivamente na variação da temperatura que é uma das componentes mais importantes na diferenciação climática e na perceção e avaliação das condições de conforto pelos seres humanos, embora seja reconhecido que é insuficiente para o conhecimento cabal do *modus operandi* do sistema climático a qualquer escala espacial e temporal de análise.

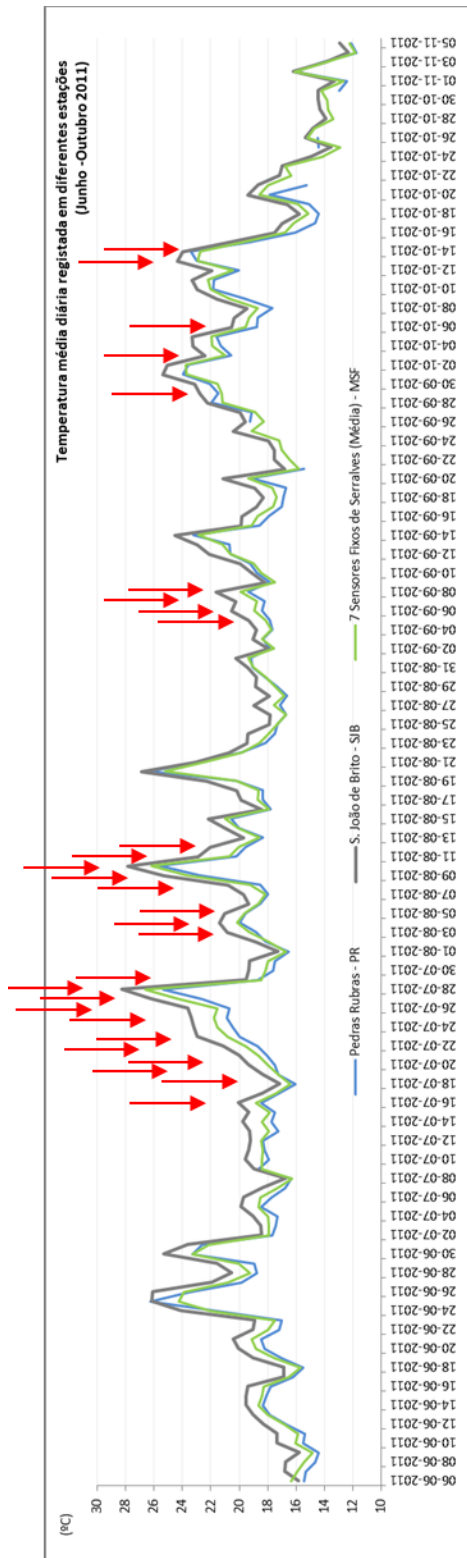
Primeiro, procurou-se comparar a temperatura média, máxima e mínima diária registada nos 7 sensores fixos localizados em Serralves com a do quarteirão urbanizado adjacente a Serralves – na rua S. João de Brito – e com a de Porto-Pedras Rubras (fig. 26, 27 e 28). Esta análise comparada permite compreender o modo de funcionamento do sistema climático a três escalas espaciais diferentes - regional, urbana e a local em espaço verde – sob a mesma situação sinóptica.

Entre Junho e Novembro de 2011 o **ritmo** da temperatura diária – média, máxima e mínima - foi idêntico nos três pontos analisados (fig. 26, 27 e 28). Note-se contudo, que embora o ritmo tenha sido o mesmo, a temperatura média (fig. 26), foi sempre mais elevada na rua S. João de Brito (SJB) – a área urbanizada – seguida dos Jardins de Serralves (MSF) e por fim Porto Pedras Rubras (PR). Esta posição relativa não se manteve na temperatura máxima onde a mais elevada continuou a ser a da rua S. João de Brito (SJB) mas seguida pela de Porto Pedras Rubras (PR) e pela dos Jardins de Serralves (MSF) que estiveram sempre com as temperaturas máximas mais baixas (fig. 27). Nas temperaturas mínimas houve uma grande semelhança entre a temperatura da rua S. João de Brito (SJB) e a dos Jardins de Serralves (MSF), tendo sido em Porto Pedras Rubras (PR) que ocorreram as noites mais frias (fig. 28).

Durante o período analisado, em Porto Pedras Rubras (PR) a temperatura máxima mais elevada foi 33°C (25 de Junho, 28 de Junho e 20 de Agosto) e a temperatura mínima mais baixa foi 8,5 °C (11 e 5 de Novembro). Na rua S. João de Brito (SJB) a temperatura máxima mais elevada foi 37,4 °C (28 de Julho e 10 de Agosto) e a temperatura mínima mais baixa 9 °C (25 e 28 de Outubro). Nos Jardins de Serralves (MSF), a temperatura máxima mais elevada foi 33,1 °C (28 de Julho) e a temperatura mínima mais baixa foi 9,4 °C (25 e 28 de Outubro) (apend. B – fig. AB1).

Com base exclusivamente nesta informação parece óbvio que o espaço verde evidencia a sua função prevista teoricamente ao funcionar durante os dias de verão como uma “ilha de frescura” (fig. 27). Ao mesmo tempo, os registos obtidos testemunham também as expectativas sobejamente referidas na literatura científica sobre o efeito que as áreas urbanizadas exercem sobre a temperatura. Na rua S. João de Brito (SJB), densamente preenchida de edifícios revestidos de materiais diversos, com uma vasta proporção de solo impermeabilizado e com um intenso tráfego emissor de partículas e poeiras para a atmosfera, existem condições para o armazenamento, retenção e reemissão de energia para a atmosfera em quantidades muito superiores às que acontecem em espaços abertos e que se repercute na temperatura do ar muito mais elevada. (fig. 27). Este sobreaquecimento das baixas camadas da atmosfera é particularmente expressivo na época mais quente do ano como a que aqui foi analisada (fig. 25). Fica então demonstrado que os espaços verdes são, em dias quentes de verão, lugares mais confortáveis do que as áreas urbanizadas próximas. Mais, esta diferença de temperatura entre os espaços verdes e a área envolvente urbanizada ocorre mesmo depois da ação moderadora da temperatura que os fluxos de ar mais frios dos espaços verdes exercem nas imediações urbanizadas sobreaquecidas.

Durante a noite e no verão não há diferença considerável entre o comportamento da temperatura do espaço urbanizado (SJB) e do espaço verde (MSF) (fig. 28). Em ambos os casos, embora por motivos diversos - num caso a enorme quantidade de peças construídas e de solo impermeabilizado e, noutro caso, a libertação de CO<sup>2</sup> e vapor de água - há uma emissão suplementar de energia para a baixa atmosfera que retarda a velocidade a que naturalmente se daria o arrefecimento após o pôr do sol. Isto significa que do ponto de vista do conforto térmico em noites quentes de verão, os espaços verdes são tão inhóspitos como as áreas urbanizadas.



↑ Dias das monitorizações itinerantes

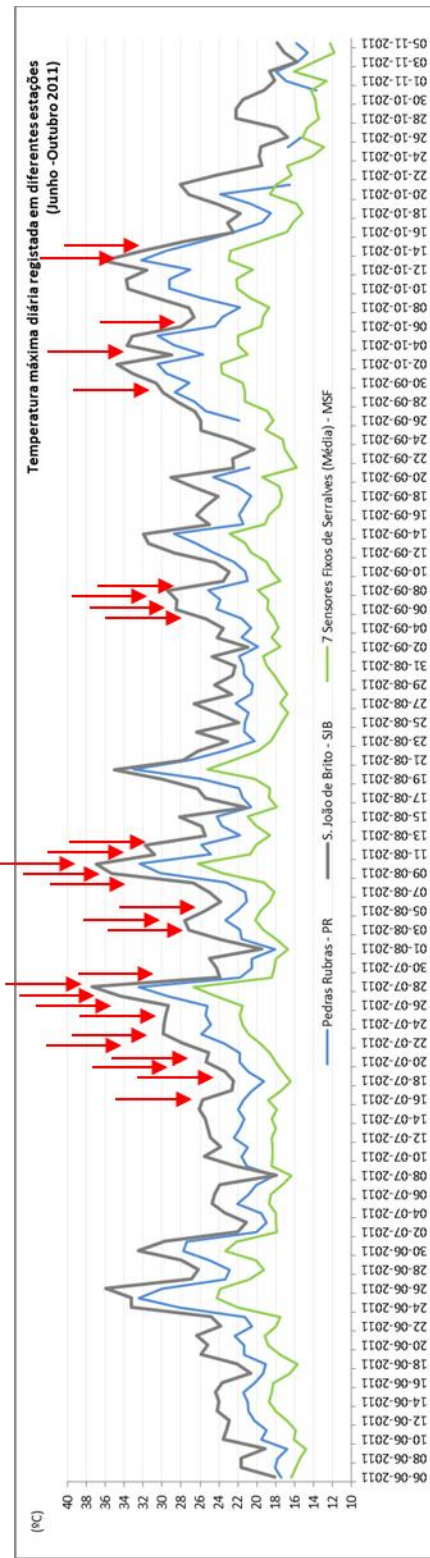


Figura 26: Comportamento da temperatura média diária nas estações fixas de medição.

Figura 27: Comportamento da temperatura máxima diária nas estações fixas de medição.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

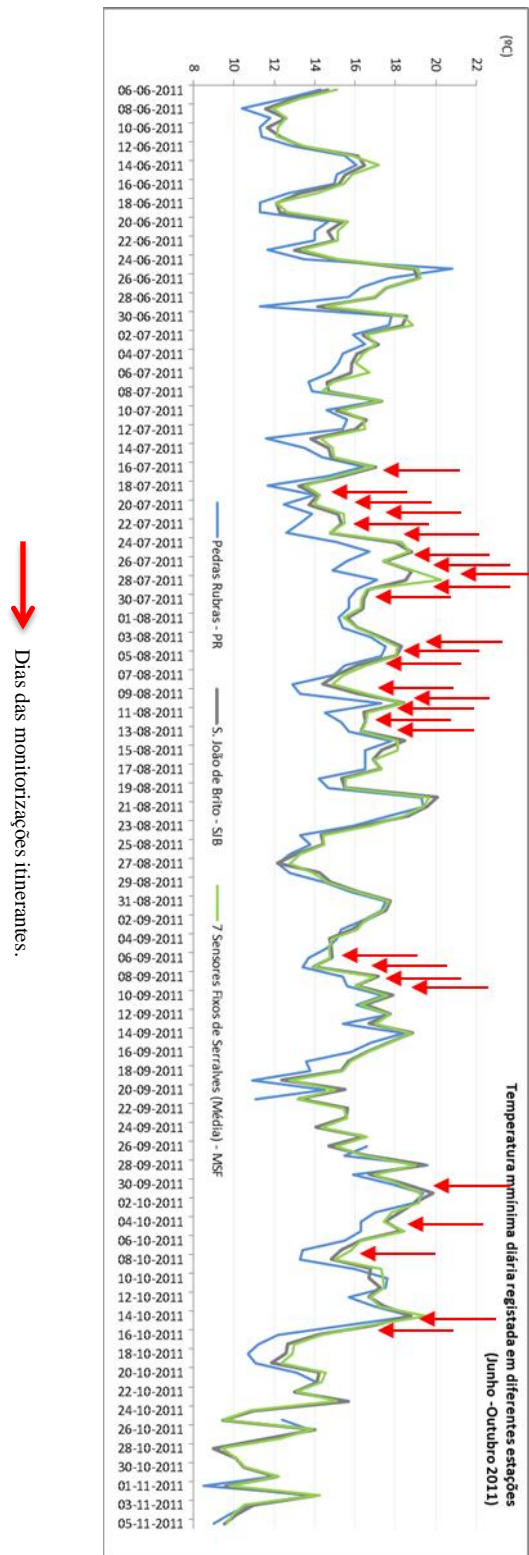


Figura 28: Comportamento da temperatura mínima diária nas estações fixas de medição.

Os registos diários de temperatura média, mínima e máxima que evidenciaram a menor variabilidade ao longo deste período foram os dos Jardins de Serralves (MSF) onde os coeficientes de variação foram respetivamente 14,4%, 14,9% e 15,9% (apend. B, tab. AB1). Na rua S. João de Brito (SJB), tanto a temperatura média como a temperatura máxima tiveram a maior variabilidade com coeficientes de variação de 15,3% e 17,5% respetivamente (apend. B, tab. AB1). Porto Pedras Rubras (PR) teve a maior variabilidade relativa nos registos de temperatura mínima – 15,7% (apend. B, tab. AB1).

Este comportamento relativo da temperatura interdiária dos 3 lugares monitorizados num período de verão – um espaço verde, uma área urbanizada e um lugar arejado junto ao mar e sem obstáculos – mostraram que a maior regularidade, tanto durante o dia como durante a noite, ocorreu no espaço verde. A maior irregularidade verificou-se, no caso das temperaturas máximas em Porto Pedras Rubras (PR), e, no caso das temperaturas mínimas na rua S. João de Brito (SJB). Embora as diferenças entre os coeficientes sejam bastante pequenas (apend. B, tab. AB1), indiciam o efeito regulador climático da vegetação moderando a variação térmica induzida pela situação sinóptica tanto de dia como de noite

### **3.3.2 Os Jardins de Serralves – a temperatura do ar em abrigo fixo e nas medições itinerantes**

Depois de verificado efeito regulador térmico deste espaço verde, sobretudo durante os momentos mais quentes dos dias de verão, procurou-se ver, dentro dos Jardins de Serralves, se existem diferenças no comportamento da temperatura em abrigo e em áreas de sombra e a temperatura registada em circunstâncias maioritariamente de exposição à radiação solar durante as medições itinerantes. Estes resultados foram ainda comparados também com os do mesmo momento horário na rua S. João de Brito (SJB) e em Porto Pedras Rubras (PR) (fig. 29).

Para este exercício e para facilitar a análise, foram selecionados os valores de temperatura do abrigo no momento horário imediatamente a seguir ao início de cada percurso de medição itinerante (tab. 4).

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

O universo de análise do comportamento térmico no interior do espaço verde e entre o espaço verde e a envolvente próxima e mais distante, consistiu num conjunto de registos bi-diários em 28 dias (tab. 4 e fig.29).

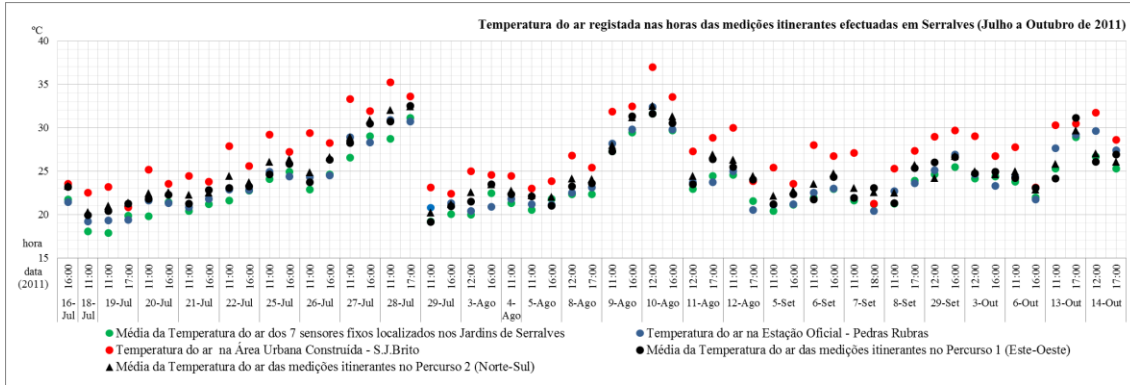


Figura 29: Ritmo da temperatura do ar registada nas diferentes estações (PR, SJB, MSF, P1 e P2) nas horas das medições itinerantes.

Em primeiro lugar é relevante notar que o **ritmo térmico** em qualquer dos dias foi semelhante dentro e fora dos jardins (fig. 29). Tanto as medições itinerantes no percurso 1 (PR1), como no percurso 2 (PR2), como os registos em abrigo dentro dos jardins (MSF) e fora – na rua S. João de Brito (SJB) e em Porto Pedras Rubras – evidenciaram a forte influência que as condições regionais da atmosfera têm em toda a área.

Todavia, como seria de esperar, os valores registados na rua S. João de Brito (SJB) são em valor absoluto sempre os mais elevados de todos (fig.29, tabela 6 e apêndice C). A temperatura nos abrigos fixos distribuídos nos Jardins de Serralves (MSF) foi sempre a mais baixa do conjunto (fig. 29, tab. 6 e apend. C).

Parâmetros estatísticos da Temperatura do ar nas diferentes estações de registo nos momentos das medições itinerantes (tab.4) no período de 16 de Julho a 14 de Outubro de 2011					
Parâmetros Estatísticos da Temperatura (°C)	Pedras Rubras (PR)	S. João de Brito (SJB)	Média da Temperatura dos Sensores Fixos (Serralves) (MSF)	Média da T. registada nos pontos do percurso 1 Este-Oeste (Prc1)	Média da T. registada nos pontos do percurso 2 Norte-Sul (Prc2)
Média	23,96	<b>27,22</b>	23,45	24,48	24,98
Máxima	32,4	<b>36,99</b>	31,62	32,53	32,48
Mínima	19,2	20,81	<b>17,86</b>	19,17	20,2
Máxima-Mínima	13,2	<b>16,19</b>	13,76	13,36	12,28

Tabela 6: Parâmetros estatísticos da temperatura registada nas diferentes estações de registo nos momentos das medições itinerantes.

Nos 53 momentos de monitorização itinerante de temperatura (tab. 4), a temperatura teve, em média, um comportamento muito semelhante nos 2 itinerários (tab. 6). Porém, como seria de esperar, em média, os registos itinerantes de temperatura foram sempre mais elevados do que os dos abrigos instalados nos Jardins de Serralves (tab. 6).

É especialmente interessante notar a diferença de comportamento das temperaturas médias e máximas na rua S. João de Brito (SJB) que, apesar de serem também em abrigo, teve valores muito mais elevadas do que as registadas durante as medições itinerantes em circunstâncias de exposição quase total à radiação solar (tab. 6). Isto, parece destacar a importância relativa que as transformações do suporte físico e as atividades antrópicas têm na equação final do balanço energético local e que se sobrepõem mesmo, como vemos neste caso em concreto, à influência provocada pela exposição direta à radiação solar versus o abrigo a 3 metros (tab. 6). Apesar de haver nas medições itinerantes uma ventilação artificial provocada pela deslocação do portador da sonda gerando um ligeiro arrefecimento, esta razão não parece suficiente para diminuir a afirmação anterior já que a diferença entre os registos itinerantes e as dos sensores fixos dos Jardins de Serralves é manifestamente fraca (tab. 6).

Sabendo que os 53 momentos anteriormente analisados corresponderam a 27 manhãs e 26 tardes (fig. 25), é importante perceber se o comportamento bi-diário médio mascara diferenças substantivas entre o que acontece às 11/12h e às 16/17h (apend. D, tab. AD1 e AD2), já que nesta latitude e nesta época do ano há uma diferença substantiva na inclinação dos raios solares e consequentemente na radiação solar recebida ao longo do dia.

Ao analisar separadamente o comportamento da temperatura nos diversos registos, tanto durante as manhãs (fig. 30 e apend. D – tab. AD3) como durante as tardes (fig. 31 e apend. D – tab. AD4) verificou-se que a rua S. João de Brito (SJB), teve, em qualquer momento do dia, valores mais elevados; Porto Pedras Rubras (PR), pelo contrário, foi quase sempre o local mais frio. A exceção aconteceu apenas quando, durante as manhãs, teve temperaturas mais elevadas do que os sensores fixos dos Jardins de Serralves e do que o percurso 1 que é sensivelmente E-O (fig. 30 e 31).

A magnitude da diferença entre a rua S. João de Brito (SJB) e todos os outros pontos de registo é maior durante as manhãs (3°C a 5°C). Durante a tarde, embora continue a ser o local mais quente, a diferença é entre 1°C e 3°C (fig. 30 e 31).

Dentro dos Jardins de Serralves a temperatura registada nas medições itinerantes foi sempre mais elevada 1°C do que a dos sensores fixos à sombra e em abrigo.

Entre o percurso E-O (P1) e N-S (P2) tanto de manhã como de tarde, este último teve sempre valores ligeiramente superiores ao primeiro (cerca de 1°C).

Tanto na comparação entre os registos dos termómetros fixos dentro dos Jardins de Serralves (MSF) com os dois percursos itinerantes, como na comparação entre os dois percursos, a magnitude das diferenças foi maior de tarde do que de manhã (Fig. 30 e 31). Esta diferença pode denunciar a importância, neste momento do dia, da irradiação terrestre para a equação final do balanço energético.



O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

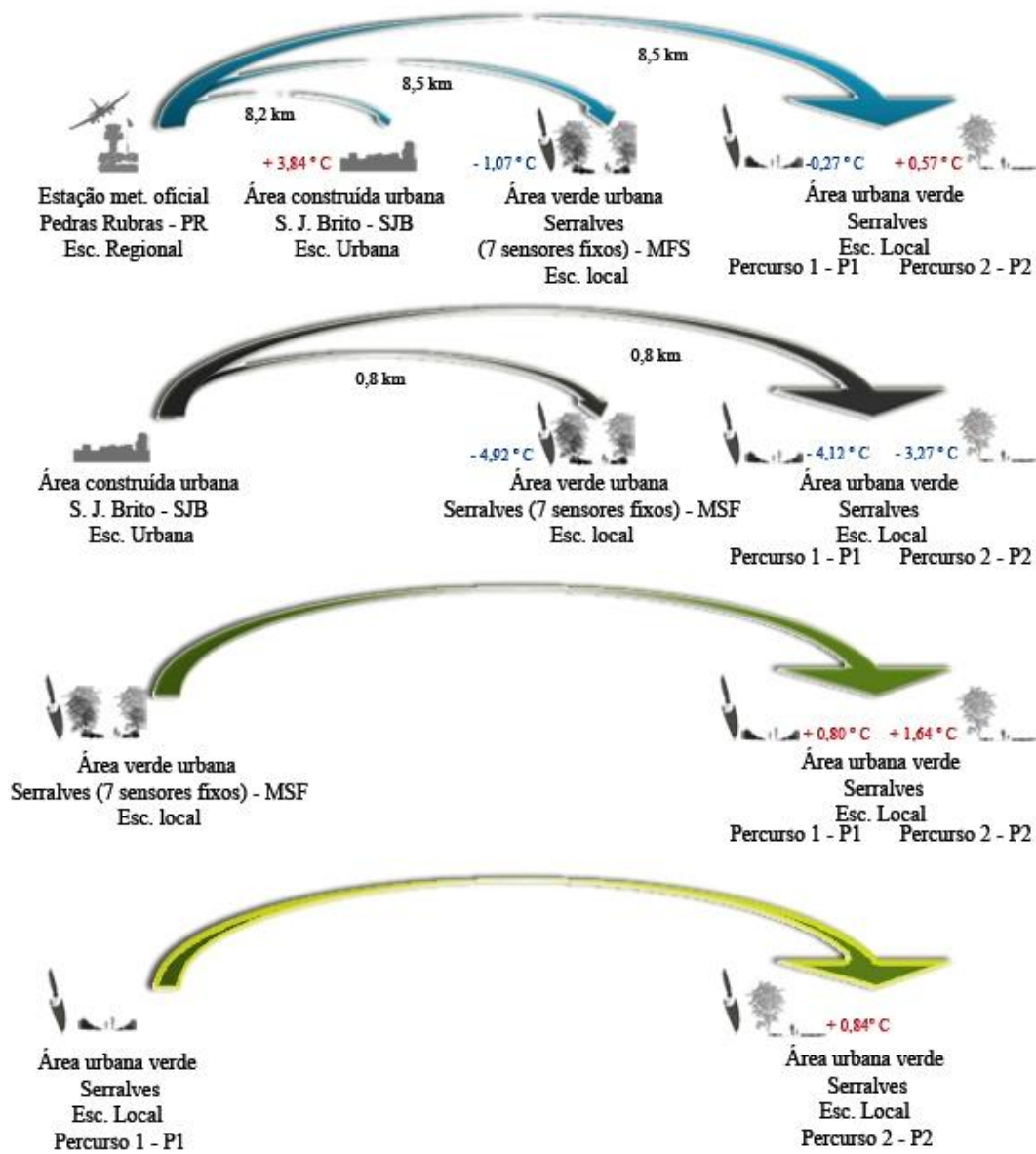


Figura 30: Variação média da temperatura do ar registada nas diferentes estações climáticas durante as medições itinerantes efetuadas de MANHÃ no período de 16 de Julho a 14 de Outubro de 2011.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

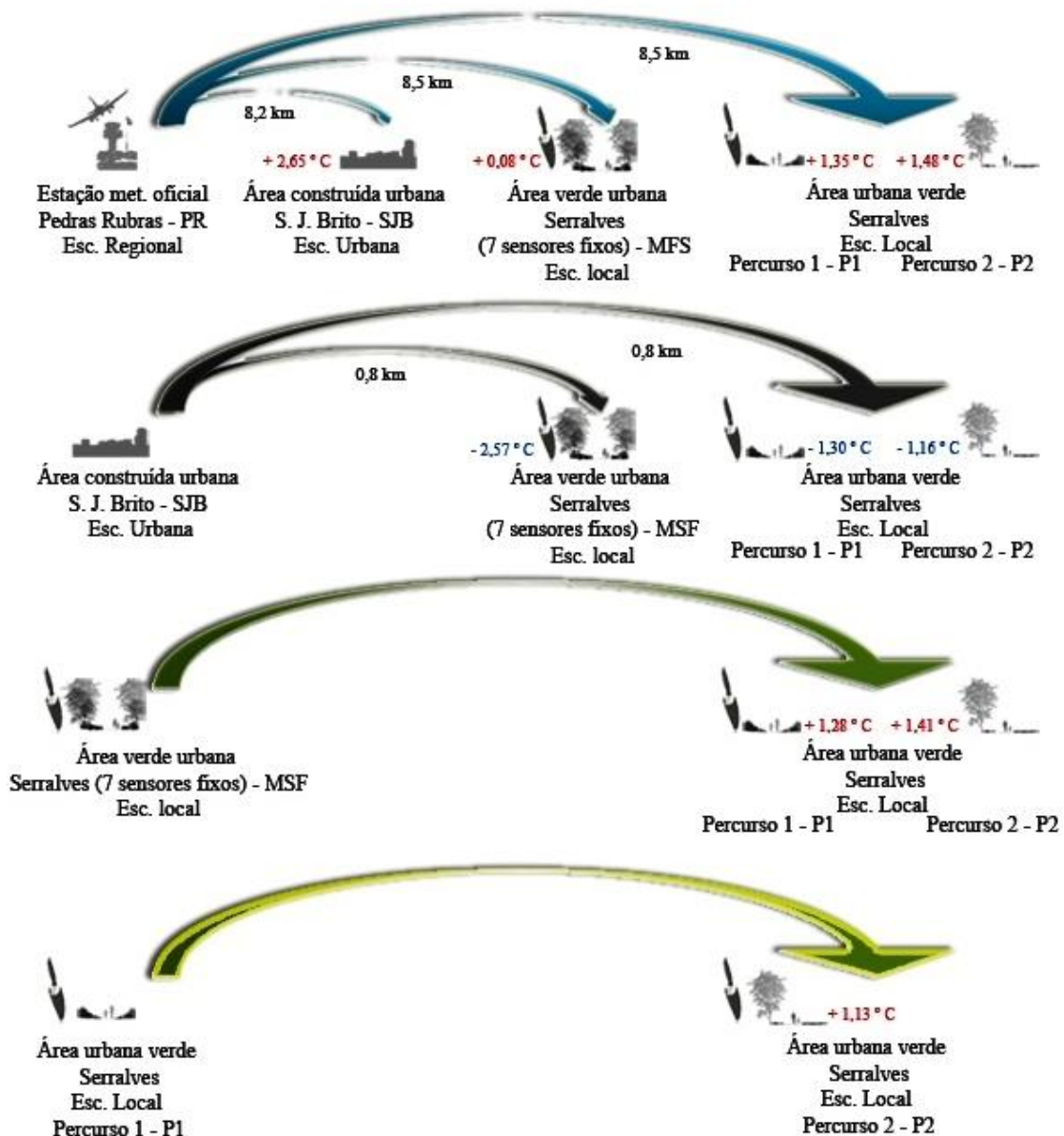


Figura 31: Variação média da temperatura do ar registada nas diferentes estações climáticas durante as medições itinerantes efetuadas de TARDE no período de 16 de Julho a 14 de Outubro de 2011.

### 3.3.3 A temperatura do ar dentro d'Os Jardins de Serralves

As diferenças térmicas entre os diferentes espaços dos Jardins de Serralves durante a manhã e a tarde – um objetivo central do nosso trabalho – revelou toda a complexidade subjacente ao processos de resolução do sistema climático. Para procurar compreender um pouco melhor e de uma forma genérica os padrões térmicos dentro do espaço verde ao longo do dia e nos diversos espaços vivenciáveis, separaram-se os registos obtidos durante as manhãs e as tardes em cada um dos percursos de medição itinerante (tab. 7).

Parâmetros estatísticos das médias das variáveis registadas durante os dois percursos de monitorização itinerante no período de 16 de Julho a 14 de Outubro de 2011						
Varáveis climáticas	Percurso 1 – P1 Manhãs			Percurso 2 – P2 Manhãs		
	Temp. (°C)	H. R. (%)	Vel. V. (m/s)	Temp. (°C)	H. R. (%)	Vel. V. (m/s)
Média	23,75	53,57	0,9	24,53	51,87	0,83
Máxima	33,57	88,02	5,51	35,69	83,56	20,57
Mínima	17,59	17,61	0	18,61	0	0

Varáveis climáticas	Percurso 1 – P1 Tardes			Percurso 2 – P2 Tardes		
	Temp. (°C)	H. R. (%)	Vel. V. (m/s)	Temp. (°C)	H. R. (%)	Vel. V. (m/s)
Média	25,35	53,62	1,22	25,48	53,53	1,1
Máxima	34,33	97,7	6,12	35,73	82,81	31,62
Mínima	19,54	23,85	0,04	19,22	11,66	0

Tabela 7: Parâmetros estatísticos das médias das variáveis registadas durante os dois percursos de monitorização itinerante no período de 16 de Julho a 14 de Outubro de 2011

A temperatura foi em média ligeiramente superior 1°C a 2°C durante a tarde em ambos os percursos.

Durante as manhãs a temperatura média, máxima e mínima foram mais elevadas no percurso N-S (P2). Durante as tardes o percurso N-S também registou as temperaturas mais elevadas exceto no caso das temperaturas mínimas em que o percurso E-O tem uma temperatura 0,3°C acima.

### 3.3.4 Padrões térmicos em Serralves nos dias mais quentes e nos dias mais frios

Tendo percebido que seria impossível detetar os padrões térmicos a partir de uma base de dados excessivamente recheada de dados provenientes de uma grande diversidade de procedimentos metodológicos e ilustrativos de *sítios* e *posições geográficas* tão diversas, foi decidido analisar pormenorizadamente neste trabalho apenas os 2 dias mais quentes e os 2 dias mais frios para os quais se tinham registos de todas as fontes de informação dentro e fora dos Jardins de Serralves – os 7 pontos fixos e os 107 pontos das medições itinerantes dos 2 percursos, rua S. João de Brito e Porto Pedras Rubras.

A definição dos dias mais quentes e dos dias mais frios baseou-se no percentil 95 ( $p95$ ) e no percentil 5 ( $p05$ ) de cada uma das séries e, seguidamente, na escolha dos dias comuns<sup>34</sup> em cada uma delas (tab. 8). Este procedimento significa que só foram considerados os registos das 26 manhãs e 27 tardes de junho a outubro de 2011.

$p95$	PR – Escala regional			SJB – Escala urbana construída			MSF – Escala urbana área verde (local) - Serralves			P1 (local) - Serralves			P2 (local) - Serralves		
	> 30,16 °C			> 33,58 °C			> 29,52 °C			> 31,2 °C			> 31,57 °C		
	Dia	Hora	T °C	Dia	Hora	T °C	Dia	Hora	T °C	Dia	Hora	T °C	Dia	Hora	T °C
	28-Jul	11:00	30,9	28-Jul	11:00	35,25	28-Jul	17:00	31,1	28-Jul	17:00	32,53	28-Jul	11:00	32,01
		17:00	30,7		17:00	33,6	10-Ago	12:00	31,62	09-Ago	16:00	31,33		17:00	32,46
	10-Ago	12:00	32,4	10-Ago	12:00	36,99		16:00	29,66	10-Ago	12:00	31,62	10-Ago	12:00	32,48
$p05$	PR – Escala regional			SJB – Escala urbana construída			MSF – Escala urbana área verde (local)			P1 (local)			P2 (local)		
	< 20,56 °C			< 23,10 °C			< 19,97 °C			< 21,22 °C			22,08 °C		
	Dia	Hora	T °C	Dia	Hora	T °C	Dia	Hora	T °C	Dia	Hora	T °C	Dia	Hora	T °C
	18-Jul *	11:00	19,2	18-Jul	11:00	22,48	18-Jul	11:00	18,08	18-Jul	11:00	19,94	18-Jul	11:00	20,28
		11:00	19,3	19-Jul	17:00	20,81	19-Jul	11:00	17,86	19-Jul	11:00	20,4	19-Jul	11:00	21,02
		17:00	19,4	29-Jul	16:00	22,38	19-Jul	17:00	19,88	29-Jul	11:00	19,17	19-Jul	17:00	21,38
	03-Ago	12:00	20,4	05-Ago	11:00	22,97	20-Jul	11:00	19,82	29-Jul	16:00	20,92	29-Jul	11:00	20,2
	12-Ago	17:00	20,5	07-Set	18:00	21,25	29-Jul	11:00	19,21	05-Ago	16:00	20,98	29-Jul	16:00	21,16
	07-Set	18:00	20,4	06-Out	16:00	23,09	03-Ago	12:00	19,95	05-Set	11:00	21,21	05-Ago	16:00	22,06

\* No dia 18 de Julho apenas foram efectuadas medições de manhã.  
Os valores aqui apresentados para MSF, P1 e P2, são valores médios dos 7 sensores fixos, dos 39 pontos e dos 68 pontos, respectivamente.

■ Dias mais quentes    ■ Dias mais frios

Tabela 8: Seleção dos dias mais quentes e dos dias frios.

A rua S. João de Brito (SJB) foi a que teve o  $p95$  mais elevado (33,6°C) e os 7 pontos fixos dos Jardins de Serralves (MSF) tiveram o  $p95$  mais baixo (29,5°C). Os 2 percursos registaram temperaturas acima do  $p95$  dos 7 pontos fixos e de Pedras Rubras mas abaixo das da rua S. João de Brito (tab. 8). Ponderadas todas as combinações possíveis foi decidido que os dias mais quentes na maioria dos pontos de registo foram os dias 28 de julho e 10 de agosto de 2011.

As temperaturas mais baixas,  $p05$ , durante os momentos em que foram realizadas as monitorizações itinerantes foram em média 19,9°C e 20,5°C, respetivamente, nos 7 pontos fixos dos Jardins de Serralves (MSF) e em Pedras Rubras (PR) (tab. 8). Os valores mais elevados dentro dos dias mais frios ocorreram na rua S. João de Brito (23,1°C). A análise conjunta de todas as possibilidades sugeriu os dias 19 e 29 de julho de 2011 como os mais frios (tab. 8).

Depois de definir, a título experimental, estes 4 dias – 2 mais quentes e 2 mais frios - para iniciar uma leitura do potencial comportamento dos diversos espaços

<sup>34</sup> Para a escolha dos dias mais frios, o dia 18 de Julho de 2011 não foi selecionado uma vez que apenas se fizeram medições itinerantes no período da manhã. Sendo assim, recorreu-se à escolha do segundo dia que ocorria em mais estações pelo  $p05$ .

vividos existentes nos Jardins de Serralves, procurou-se analisar as condições de estado da atmosfera na região, utilizando a informação oficial do Instituto de Meteorologia divulgada pelo sítio *freemeteo* para Porto Pedras Rubras (tab. 9), e as características térmicas no mesmo momento horário e durante as 24h de cada um desses dias no Porto Pedras Rubras, na rua S. João de Brito e nos 7 pontos fixos instalados nos Jardins de Serralves (fig. 32). Examinou-se ainda o comportamento da temperatura nos 39 pontos do percurso 1, nos 68 pontos do percurso 2 e nos 7 sensores fixos. (fig. 33, 34 e 35 e fig. 22 e 23).

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.









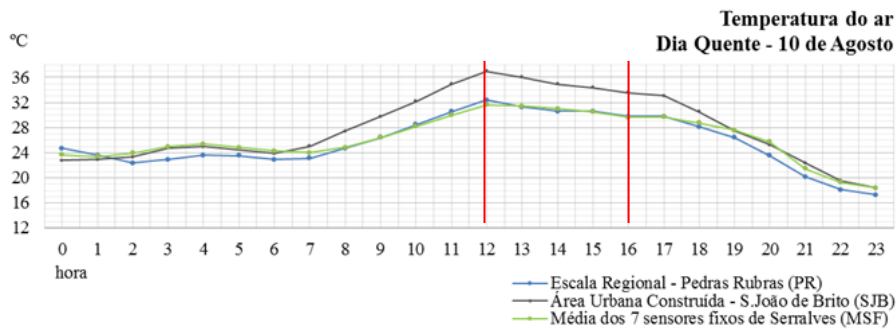
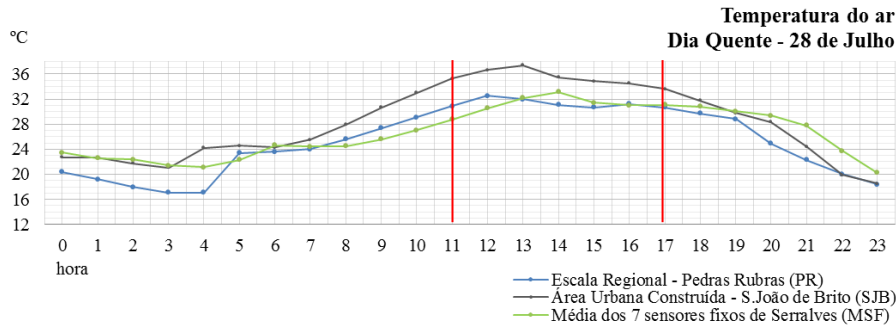
Parâmetros	Dias quentes				Dias frios			
	28 de Julho	10 de Agosto	28 de Julho	10 de Agosto	19 de Julho	29 de Julho	19 de Julho	29 de Julho
	Manhã	Manhã	Tarde	Tarde	Manhã	Manhã	Tarde	Tarde
Hora momento da medição	11:00	12:00	17:00	16:00	11h	11:00	17:00	16:00
<b>Percurso 1</b>								
Temperatura Média (°C)	30,7	31,6	<b>32,5</b>	30,6	20,4	<b>19,2</b>	21,3	20,9
<b>Percurso 2</b>								
Temperatura Média (°C)	32,0	<b>32,5</b>	<b>32,5</b>	31,3	21,0	<b>20,2</b>	21,4	21,2
<b>Sensores Fixos</b>								
Temperatura Média (°C)	28,7	<b>31,6</b>	31,1	29,7	<b>17,9</b>	19,2	19,9	20,1
<b>S. João de Brito - SJB</b>								
Temperatura (°C)	35,3	<b>36,9</b>	33,6	33,6	23,2	23,1	<b>20,8</b>	22,38
<b>Pedras Rubras - PR</b>								
Temperatura Média (°C)	30,9	<b>32,4</b>	30,7	29,8	<b>19,3</b>	20,8	19,4	21,1
Pressão (mb)	1007,6	1009,6	1006,3	1008,3	1011	1008,6	<b>1011,4</b>	1008,7
Humidade relativa média (%)	24	16	26	27	62	201	58	<b>209</b>
Direção do Vento	NE	NE	NO	NE	NO	SW	NO	SW
Velocidade do Vento (m/s)	4,2	2,6	5,8	<b>6,3</b>	6,6	4,4	<b>10,3</b>	4,2
Radiação Global (Kj/m2)	3013	<b>3314</b>	2040	2635	3021	2971	2196	<b>3385</b>
Situação Sinóptica	L	L	L	L	L	L	L	L
Dia da Semana	Quinta-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Quarta-Feira	Terça-Feira	Sexta-Feira	Terça-Feira	Sexta-Feira
<b><a href="http://freemeteo.com">http://freemeteo.com</a> (fonte: Pedras Rubras)</b>								
Evento meteorológico divulgado	Tempo limpo	Tempo limpo	Tempo limpo	Tempo limpo	Algumas nuvens em 760m, nuvens dispersas em 880m	Tempo limpo	Tempo limpo	Tempo limpo
								
Vento (direção e velocidade m/s)	E 3,4	E <b>5,5</b>	NO 3,4	NNO <b>5,5</b>	NO 5,5	SSW 3,4	NNO <b>8,0</b>	SSW 3,4
Visibilidade (m)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Pressão (mb)	1014.9	1016.9	1013.9	1015.9	1017.9	1015.9	1019	1015.9

Tabela 9: Variáveis climáticas dos dias quentes e dias frios nas diferentes estações de registo.

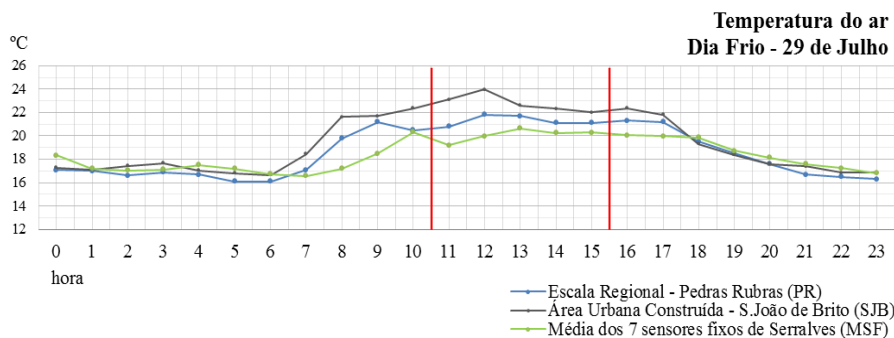
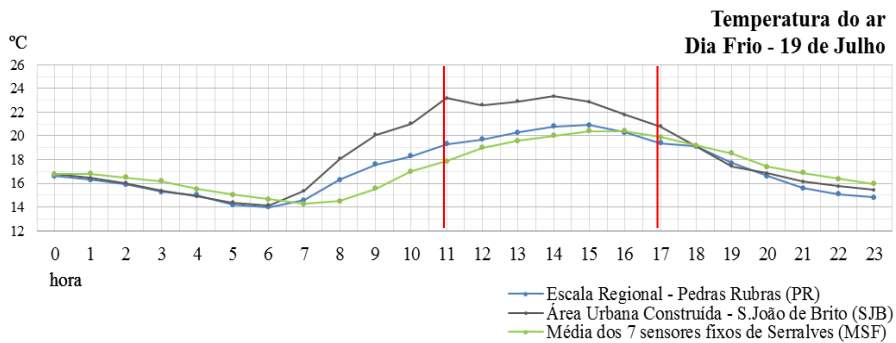
O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

Comportamento horário da temperatura do ar nas estações fixas – PR | SJB | MSF

Dias quentes



Dias frios

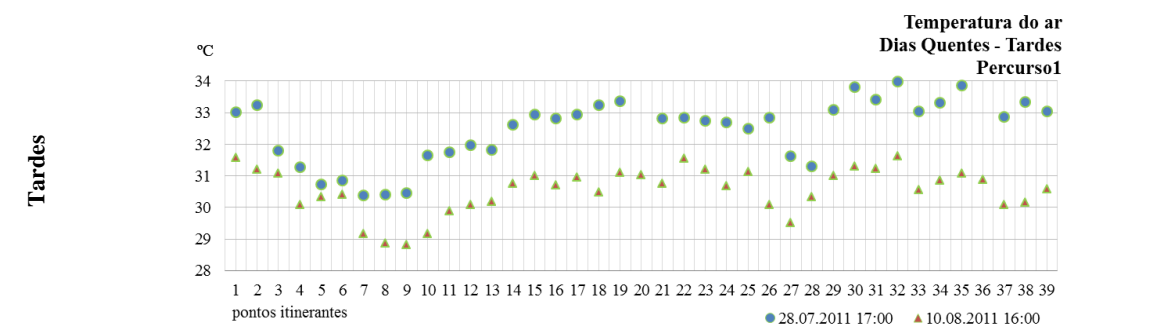
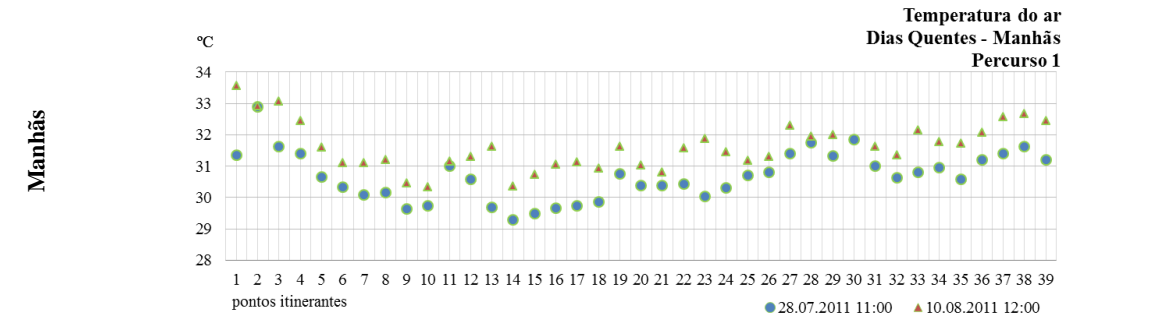


— Momentos das monitorizações itinerantes nos Jardins de Serralves.

Figura 32: Comportamento da temperatura nas diferentes estações fixas de registo nos dias mais quentes e nos dia mais frios.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

**Temperatura do ar de cada ponto nos momentos da medição itinerante – Percurso 1 – P1**  
**Dias quentes**



**Dias frios**

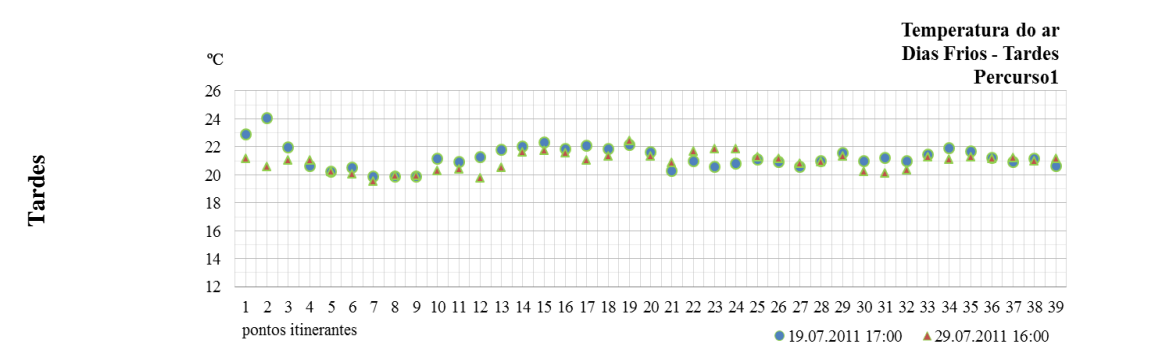
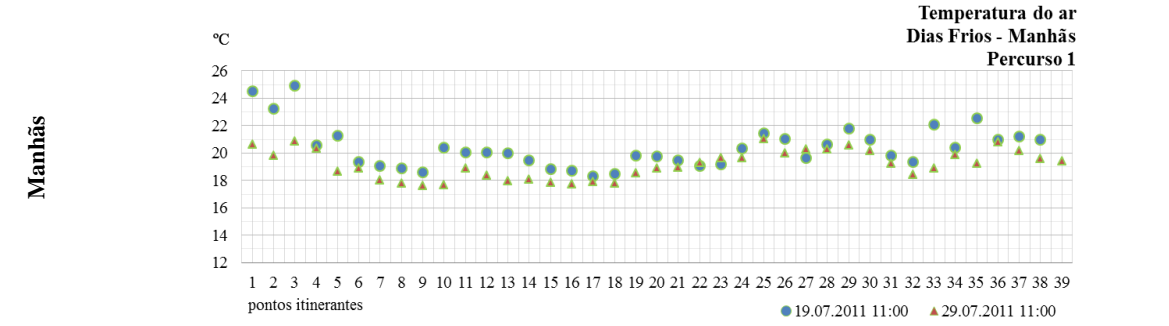


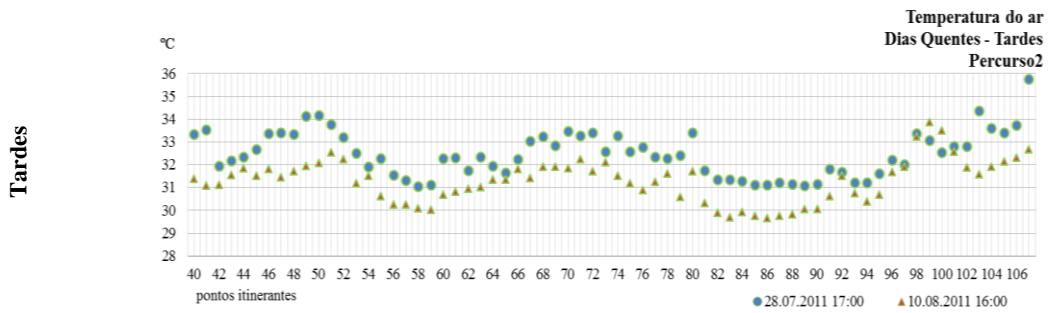
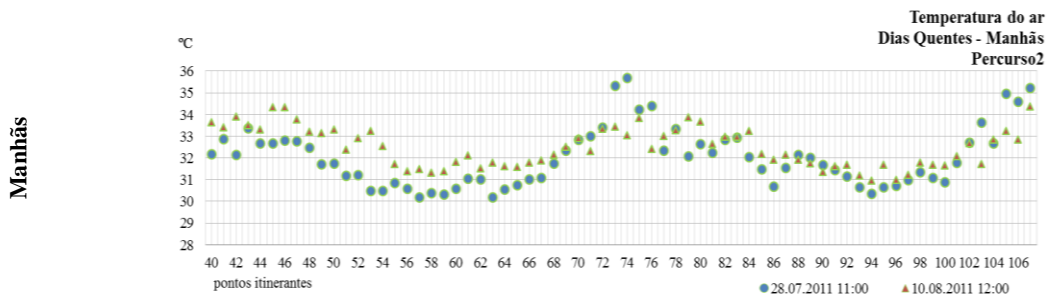
Figura 33: Registo da temperatura nos diferentes pontos de monitorização do percurso 1 itinerante nos dias mais quentes e nos dia mais frios.



O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

Temperatura do ar de cada ponto nos momentos da medição itinerante – **Percurso 2** – P2

**Dias quentes**



**Dias frios**

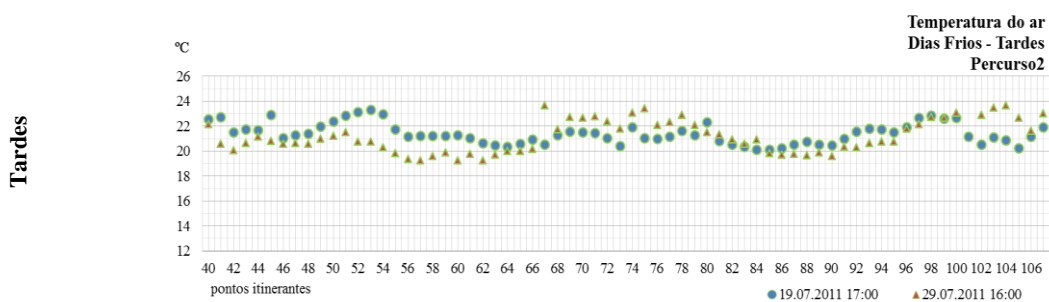
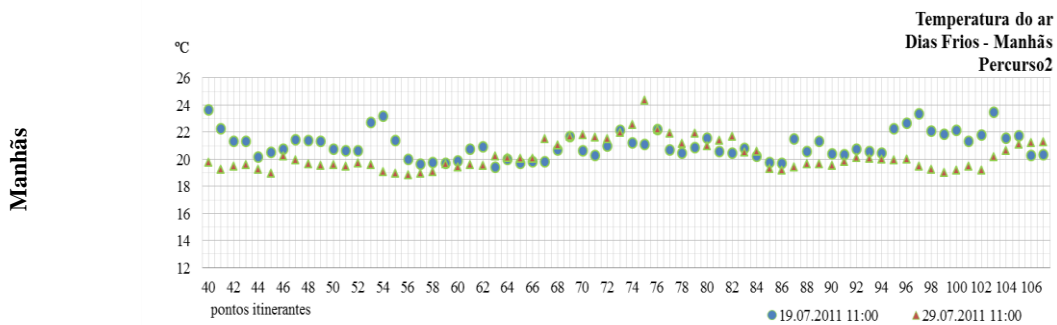
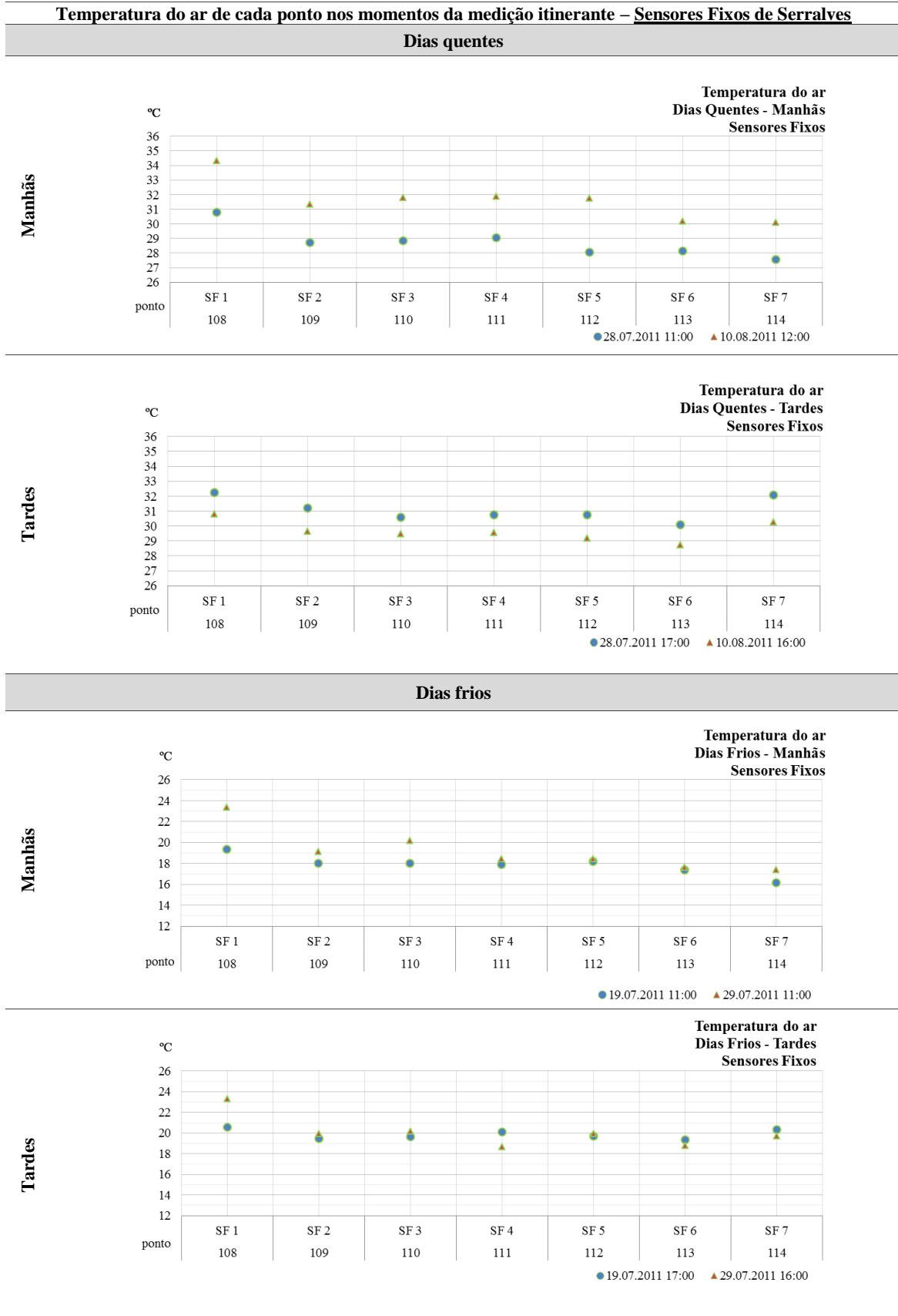


Figura 34: Registo da temperatura nos diferentes pontos de monitorização do percurso 2 itinerante nos dias mais quentes e nos dia mais frios.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.



Nos dias mais quentes – 28 de julho e 10 de agosto de 2011 – a temperatura mais elevada ocorreu na manhã do dia 10 de agosto em Pedras Rubras (PR), na rua S. João de Brito (SJB), nos 7 pontos fixos instalados em Serralves (MSF) e no percurso N-S (P2) (fig. 32).

Nos dias mais frescos – 19 e 29 de julho de 2011 – a temperatura mais baixa foi na manhã de 19 de julho em Pedras Rubras (PR) e nos 7 pontos fixos de Serralves (MSF), na tarde de 19 de Julho na rua S. João de Brito (SJB) e na manhã de 29 de Julho em ambos os percursos (P1 e P2)(fig. 32).

A observação do comportamento horário da temperatura nestes 4 dias em Pedras Rubras (PR), na rua S. João de Brito (SJB) e nos 7 pontos fixos de Serralves (MSF) (fig. 32), permite confirmar o que já tinha sido avançado anteriormente – semelhança no ritmo e nos valores durante a noite e diferenciação apreciável durante o dia com a rua S. João de Brito sempre mais quente e Pedras Rubras e Serralves mais frescos.

Tanto nos dias mais quentes como nos mais frescos, os Jardins de Serralves registaram as temperaturas mais baixas entre as 11h e as 16h (fig. 32). Durante todas as noites os Jardins de Serralves tiveram sempre temperaturas ligeiramente mais elevadas do que Pedras Rubras e, em alguns casos, mesmo do que a rua S. João de Brito (fig. 32).

Nos pontos de monitorização itinerante dos 2 percursos nos quatro dias seleccionados é claro que nos dias mais frescos – 19 e 29 de julho de 2011 – o comportamento de todos os pontos é muito idêntico tanto de manhã como de tarde (fig. 33 e 34).

Nos dias mais quentes – 28 de julho e 10 de agosto de 2011 – a temperatura em cada um dos pontos é mais diversa tanto durante as manhãs como durante as tardes (fig. 33 e 34).

Esta diferença entre os pontos da monitorização itinerante repete-se relativamente aos registos dos 7 pontos fixos instalados em abrigo nos Jardins de Serralves (fig. 35).

Todavia, o trabalho de campo realizado, que envolveu muitos mais momentos de monitorização do que as 26 manhãs e 27 tardes consideradas neste trabalho, estimulou a ideia que em ambos os percursos havia um conjunto de pontos que eram recorrentemente os mais quentes e outros os mais frios. Mais, o comportamento relativo

entre os pontos pareceu ser na maioria das ocasiões muito idêntico. Por esse motivo, procurou-se também, nestes 4 dias selecionados, observar o comportamento de cada um dos pontos e triar aqueles que foram os mais quentes e os mais frios (tab. 10 e 11 e fig. 28). Esta escolha estribou-se nos registos de temperatura acima do percentil 95 e no percentil 5 de cada percurso em cada um dos momentos (tab. 10 e 11).

Os pontos mais quentes foram, no percurso E-O os da Casa de Serralves (1 a 3), os do corredor da Casa de Chá e Campo de Ténis (19 a 23) e os da parte do Arboreto na lateral do *parterre* central (30 a 36). No percurso N-S os pontos mais quentes foram também os do corredor que se inicia na Casa de Serralves e segue até ao lago de Serralves (40 a 54) e os pontos do percurso de árvores de fruto na extremidade Sul de Serralves, na Quinta (67 a 76). Esta leitura crítica dos registos pontuais nos 2 percursos (tabela 10) é aliás, também confirmada na síntese cartográfica elaborada (fig. 36).

Os pontos mais frios, que também emergem na síntese cartográfica (tabela 11 e fig. 36), são os do corredor da área de entrada principal no topo noroeste dos Jardins de Serralves, incluindo a área oeste da Alameda dos Liquidâmbares (7 a 18), e os pontos, localizados a menor altitude depois do lago, na alameda dos Castanheiros, a sul (55 a 63), assim como os da margem leste e sombria do lago (83 a 89) (fig. 36).

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

Dia de medição	Dias quentes				Dias frios			
	28 de Julho	10 de Agosto	28 de Julho	10 de Agosto	19 de Julho	29 de Julho	19 de Julho	29 de Julho
	Manhã 11:00	Manhã 12:00	Tarde 17:00	Tarde 16:00	Manhã 11:00	Manhã 11:00	Tarde 17:00	Tarde 16:00
<b>Percurso 1</b>								
<b>Percentil 95</b>	<b>&gt; 31,8</b>	<b>&gt; 32,9</b>	<b>&gt; 34,0</b>	<b>&gt; 31,5</b>	<b>&gt; 23,4</b>	<b>&gt; 20,8</b>	<b>&gt; 22,4</b>	<b>&gt; 21,8</b>
<b>1</b>	31,36	33,57	33,01	31,58	24,54	20,6	22,91	21,16
<b>2</b>	32,9	32,91	33,25	31,2	23,25	19,81	24,07	20,56
<b>3</b>	31,63	33,06	31,8	31,08	24,89	20,83	21,95	21,03
<b>19</b>	30,74	31,62	33,37	31,09	19,84	18,55	22,15	22,45
<b>20</b>	30,37	31,02	34,33	31,03	19,75	18,91	21,59	21,32
<b>22</b>	30,42	31,58	32,85	31,54	19,05	19,31	20,95	21,69
<b>23</b>	30,04	31,87	32,74	31,2	19,19	19,66	20,58	21,87
<b>30</b>	31,84		33,82	31,29	20,99	20,17	20,99	20,23
<b>32</b>	30,64	31,34	33,98	31,62	19,36	18,43	20,97	20,33
<b>36</b>	31,19	32,06	34,01	30,87	20,96	20,8	21,19	21,17
<b>Percurso 2</b>								
<b>Percentil 95</b>	<b>&gt; 34,8</b>	<b>&gt; 33,9</b>	<b>&gt; 34,0</b>	<b>&gt; 32,6</b>	<b>&gt; 23,0</b>	<b>&gt; 22,0</b>	<b>&gt; 22,9</b>	<b>&gt; 23,3</b>
<b>40</b>	32,16	33,62	33,34	31,38	23,66	19,76	22,56	22,14
<b>42</b>	32,13	33,9	31,94	31,1	21,32	19,44	21,48	20,06
<b>45</b>	32,65	34,31	32,65	31,51	20,53	18,93	22,87	20,78
<b>46</b>	32,78	34,32	33,35	31,81	20,73	20,22	21,02	20,56
<b>49</b>	31,7	33,12	34,12	31,95	21,32	19,54	21,94	20,99
<b>50</b>	31,72	33,3	34,15	32,06	20,72	19,58	22,38	21,23
<b>52</b>	31,19	32,88	33,2	32,23	20,63	19,71	23,14	20,74
<b>53</b>	30,47	33,22	32,51	31,18	22,74	19,57	23,28	20,73
<b>54</b>	30,48	32,54	31,89	31,52	23,2	19,07	22,92	20,27
<b>67</b>	31,08	31,88	33,02	31,41	19,84	21,52	20,5	23,65
<b>73</b>	35,3	33,43	32,58	32,09	22,16	21,98	20,38	21,79
<b>74</b>	35,69	33,03	33,27	31,5	21,23	22,53	21,93	23,09
<b>75</b>	34,22	33,83	32,55	31,17	21,07	24,33	21,01	23,42
<b>76</b>	34,39	32,39	32,75	30,86	22,21	22,21	20,96	22,05
<b>97</b>	30,98	31,21	31,99	31,9	23,37	19,46	22,68	22,13
<b>98</b>	31,33	31,77	33,37	33,22	22,1	19,23	22,85	22,71
<b>99</b>	31,07	31,67	33,07	33,87	21,82	19	22,57	22,63
<b>100</b>	30,89	31,65	32,54	33,5	22,14	19,17	22,64	23,06
<b>103</b>	33,61	31,7	34,36	31,56	23,48	20,18	21,09	23,44
<b>104</b>	32,65	32,83	33,59	31,91	21,58	20,63	20,85	23,65
<b>105</b>	34,94	33,22	33,39	32,13	21,7	21,09	20,2	22,66
<b>106</b>	34,57	32,83	33,71	32,31	20,3	21,19	21,16	21,59
<b>107</b>	35,21	34,34	35,73	32,67	20,34	21,27	21,92	23,02
<b>Sensores Fixos</b>								
<b>Percentil 95</b>	<b>&gt; 30,26</b>	<b>&gt; 33,59</b>	<b>&gt; 32,18</b>	<b>&gt; 30,65</b>	<b>&gt; 19,01</b>	<b>&gt; 22,39</b>	<b>&gt; 20,49</b>	<b>&gt; 22,34</b>
<b>108</b>	30,78	34,33	32,24	30,81	19,37	23,36	20,55	23,27

Registos acima do percentil 95, relativamente a cada dia.

Tabela 10: Pontos dos Jardins de Serralves mais quentes nos momentos da monitorização itinerante nos 4 dias selecionados.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

Dia de medição	Dias quentes				Dias frios			
	28 de Julho	10 de Agosto	28 de Julho	10 de Agosto	19 de Julho	29 de Julho	19 de Julho	29 de Julho
	Manhã 11:00	Manhã 12:00	Tarde 17:00	Tarde 16:00	Manhã 11:00	Manhã 11:00	Tarde 17:00	Tarde 16:00
<b>Percorso 1</b>								
<b>Percentil 5</b>	<b>&lt; 29,63</b>	<b>&lt; 30,45</b>	<b>&lt; 30,45</b>	<b>&lt; 29,12</b>	<b>&lt; 18,58</b>	< 17,7	<b>&lt; 19,89</b>	<b>&lt; 19,91</b>
7	30,08	31,11	30,39	29,15	19,08	18,04	19,88	19,54
8	30,16	31,19	30,41	28,87	18,88	17,76	19,86	19,93
9	29,64	30,46	30,45	28,81	18,59	17,59	19,89	19,95
10	29,74	30,33	31,64	29,15	20,37	17,64	21,15	20,29
12	30,58	31,29	31,98	30,07	20,07	18,35	21,28	19,76
14	29,28	30,36	32,62	30,75	19,45	18,08	22,03	21,63
15	29,49	30,73	32,94	31,01	18,84	17,84	22,3	21,72
17	29,74	31,12	32,95	30,96	18,32	17,89	22,08	21,02
18	29,86	30,93	33,24	30,47	18,49	17,76	21,85	21,33
<b>Percorso 2</b>								
<b>Percentil 5</b>	<b>&lt; 30,36</b>	<b>&lt; 31,25</b>	<b>&lt; 31,10</b>	<b>&lt; 29,78</b>	<b>&lt; 19,71</b>	<b>&lt; 18,98</b>	<b>&lt; 20,25</b>	<b>&lt; 19,42</b>
55	30,84	31,7	32,25	30,6	21,36	18,96	21,75	19,79
56	30,57	31,38	31,54	30,25	19,99	18,84	21,13	19,34
57	30,18	31,46	31,31	30,25	19,63	18,94	21,22	19,24
58	30,37	31,31	31,04	30,09	19,73	19,04	21,23	19,61
59	30,32	31,38	31,1	30,01	19,69	19,63	21,21	19,87
60	30,56	31,8	32,25	30,66	19,87	19,42	21,28	19,22
61	31,04	32,11	32,3	30,8	20,74	19,56	21,06	19,76
62	31	31,52	31,72	30,95	20,91	19,55	20,6	19,25
63	30,17	31,78	32,33	31	19,42	20,21	20,47	19,7
83	32,92	32,96	31,35	29,69	20,78	20,49	20,32	20,57
84	32,02	33,23	31,27	29,91	20,24	20,54	20,13	20,92
85	31,48	32,17	31,12	29,75	19,75	19,27	20,1	19,81
86	30,68	31,89	31,1	29,66	19,7	19,2	20,21	19,69
87	31,55	32,14	31,21	29,75	21,5	19,43	20,5	19,76
89	31,99	31,75	31,08	30,04	21,31	19,64	20,5	19,88
93	30,64	31,16	31,2	30,75	20,56	20,02	21,8	20,61
94	30,36	30,95	31,2	30,38	20,47	20	21,74	20,77
96	30,7	30,98	32,2	31,67	22,63	19,98	21,89	21,77
105	34,94	33,22	33,39	32,13	21,7	21,09	20,2	22,66
<b>Sensores Fixos</b>								
<b>Percentil 5</b>	<b>&lt; 27,70</b>	<b>&lt; 30,11</b>	<b>&lt; 30,24</b>	<b>&lt; 28,86</b>	<b>&lt; 16,52</b>	<b>&lt; 17,47</b>	<b>&lt; 19,4</b>	<b>&lt; 18,7</b>
111	29,04	31,87	30,75	29,54	17,93	18,42	20,11	18,67
113	28,14	30,17	30,1	28,72	17,4	17,63	19,35	18,75
114	27,55	30,08	32,06	30,26	16,14	17,4	20,36	19,72

Registos abaixo do percentil 5, relativamente a cada dia.

Tabela 11: Pontos dos Jardins Serralves mais frios nos momentos da monitorização itinerante nos 4 dias seleccionados.

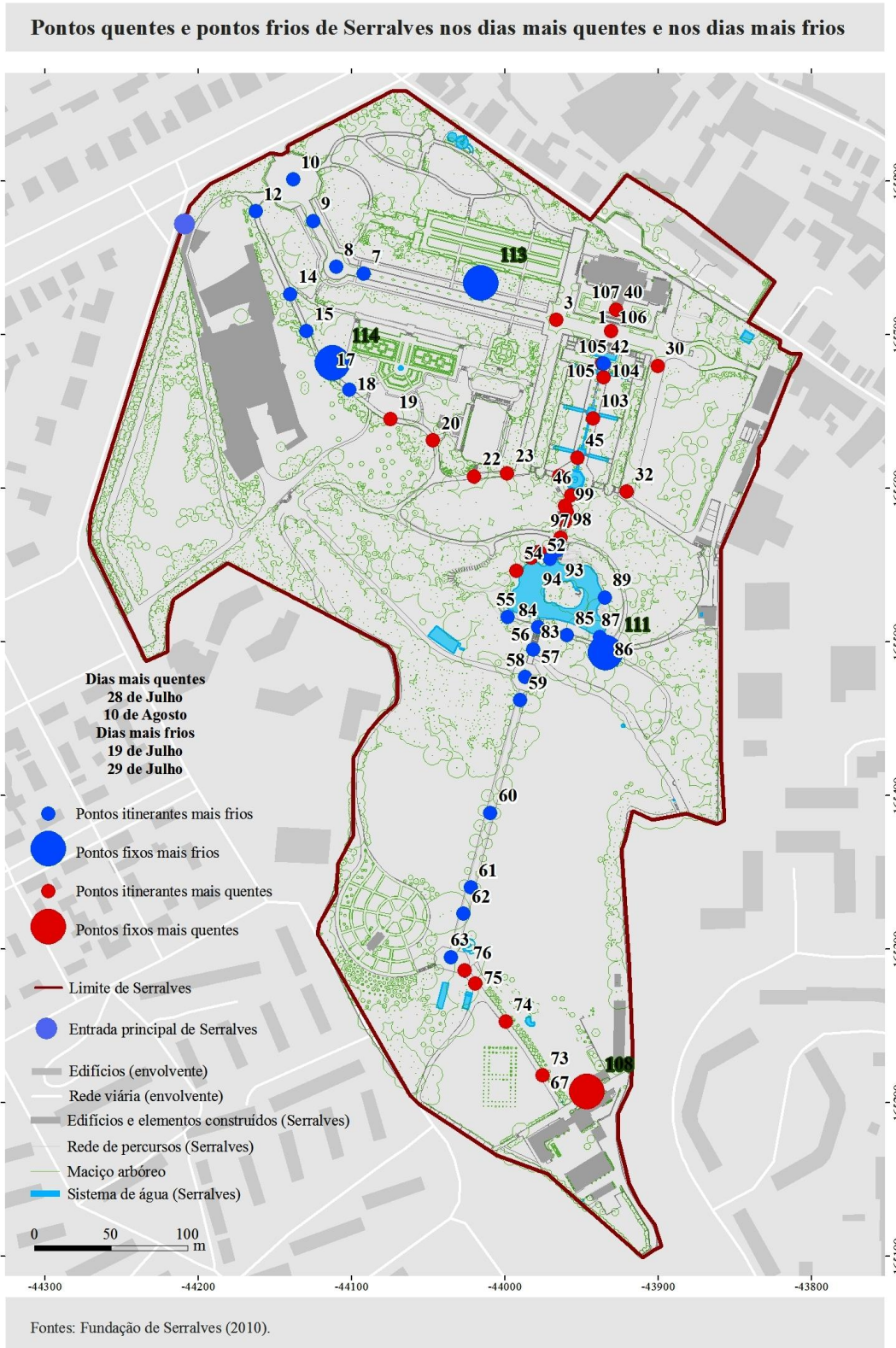


Figura 36: Localização dos pontos mais quentes e dos pontos mais frios de Serralves nos 4 dias selecionados.

Este conjunto de constatações motivou a utilização de um procedimento geoestatístico - *kriging* – disponível no ArcGis para especializar os registos provenientes da informação pontual, tanto das monitorizações itinerantes como dos 7 pontos fixos instalados em Serralves.

A técnica de krigagem selecionada para efetuar a interpolação de dados foi a ordinal, uma vez que correspondia ao melhor resultado esperado deste tipo de métodos:

O *Root Mean Square* (erro médio quadrático) ser o mais baixo possível;

O *Average Standard Error* (erro médio padrão) ser o mais baixo possível;

A *mean* (média) e a *Mean Standardized* (média standerizada) o mais próximo de zero;

O *Root Mean Square Standardized* (erro médio quadrático standerizado) seja o mais próximo de 1.

Esteves (2011)

Apesar dos constrangimentos reconhecidos a este como a qualquer outro procedimento de transformação de informação pontual em áreas homogéneas, é inequívoco o valor acrescentado que estes métodos de interpolação carregam para a interpretação dos possíveis modelos explicativos sobretudo nos casos, como este, em que o número e a complexidade das variáveis que interagem entre si é enorme.



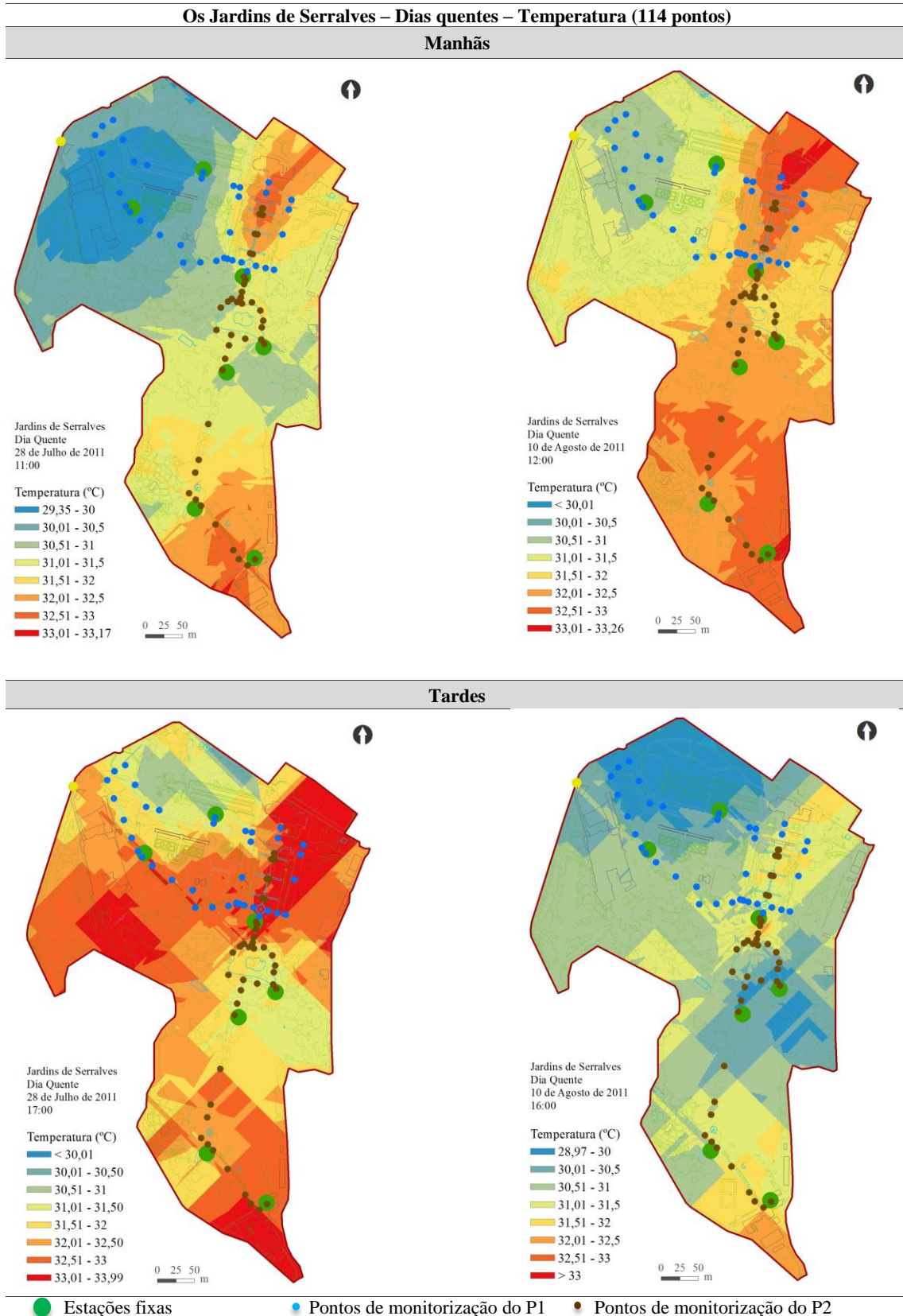
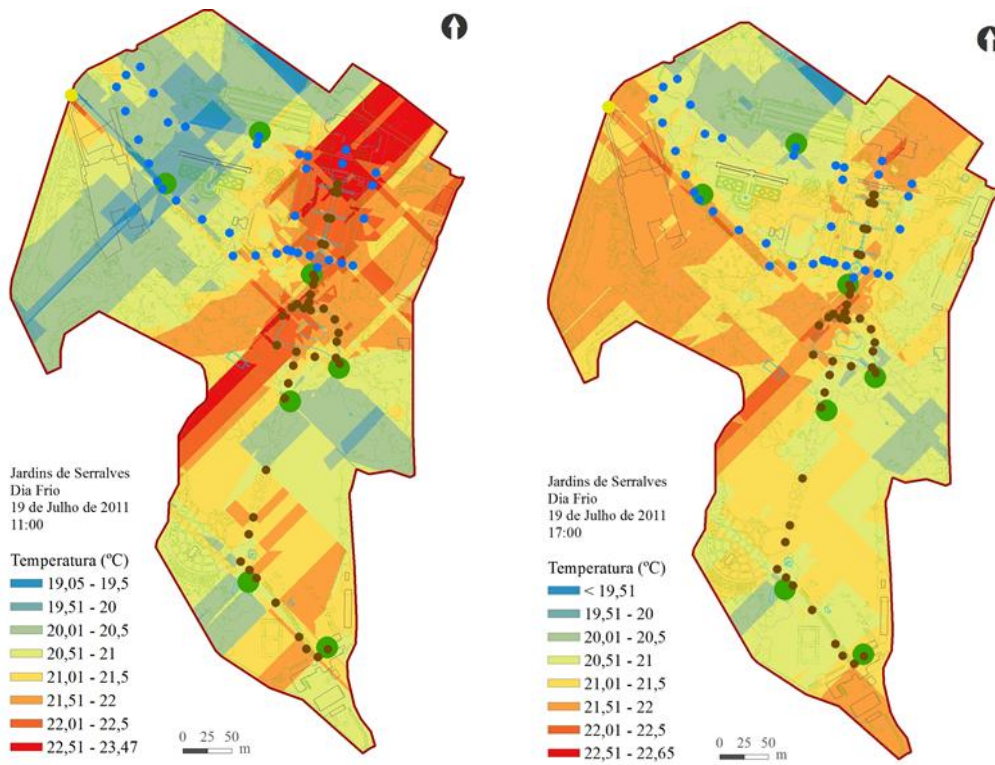


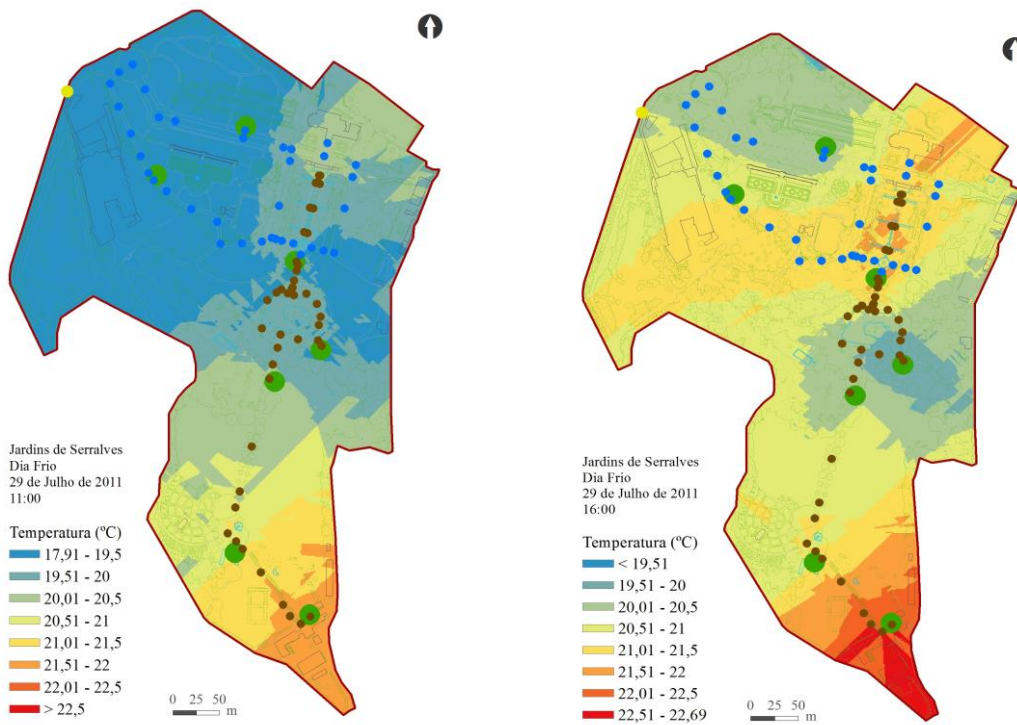
Figura 37: Espacialização da temperatura dos Jardins de Serralves registada nos dias mais quentes, resultante da técnica de krigagem utilizada.

Os Jardins de Serralves – Dias frios – Temperatura (114 pontos)

Manhãs



Tardes



● Estações fixas      ● Pontos de monitorização do P1      ● Pontos de monitorização do P2

Figura 38: Espacialização da temperatura dos Jardins de Serralves registada nos dias mais frios, resultante da técnica de krigagem utilizada.

Tanto durante as manhãs e as tardes dos dias mais quentes como dos dias mais frios emergem sempre duas áreas distintas nos Jardins de Serralves (fig. 37 e 38): i) a área, desde a Casa de Serralves até à Quinta mais quente; ii) o topo noroeste em torno da entrada principal e do Museu de Arte Contemporânea mais fresca.

### 3.3.5 O conforto bioclimático em Serralves

Os mosaicos térmicos identificados nos Jardins de Serralves nos 4 dias escolhidos como exemplos extremos de calor e de frescura no verão de 2011 – 28 de julho e 10 de agosto e 19 e 29 de julho – expressam o comportamento da temperatura do ar e podem não representar exatamente as condições de conforto térmico sentido pelos seres humanos.

Os seres humanos sentem-se em conforto térmico quando existe equilíbrio entre a sua temperatura corporal e a temperatura da película de ar ambiente próxima (fig. 39). Nessas circunstâncias o corpo humano não precisa de acionar nenhum dos seus mecanismos termorreguladores para garantir a manutenção da temperatura corporal de 37°C indispensável para manter o bom funcionamento de todos os processos fisiológicos.

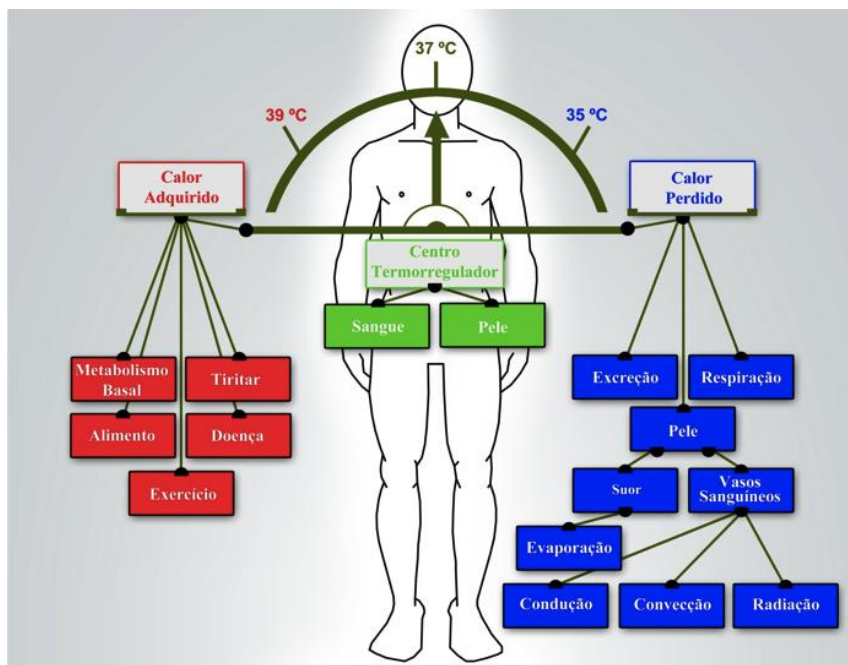


Figura 39: Mecanismos termorreguladores do corpo humano adaptado de Rodrigues, 1978 em Almeida (2012, p. 42).

Para além de cada indivíduo saudável poder ter uma temperatura corporal de equilíbrio ligeiramente diversa, os limiares de conforto térmico variam consoante o tipo de vestuário que usa, os alimentos que ingere, as atividades que exerce ou o tempo de adaptação que tem a um determinado contexto térmico. Para além disso, o balanço térmico entre o corpo humano e o ar ambiente<sup>35</sup> não depende exclusivamente da temperatura do ar. A radiação solar direta e difusa, a luminosidade, a humidade relativa e a velocidade do vento modificam substantivamente o conforto térmico. Muitas vezes sob a mesma temperatura do ar, pode haver combinações de outros elementos climáticos que nuns casos impedem e noutros facilitam o bom funcionamento dos mecanismos termorreguladores. É o caso, por exemplo, dos episódios em que a temperatura e a humidade relativa são elevadas. Nestes casos, a eficácia de um processo de defesa automática do corpo humano - a transpiração - fica dificultado porque procura arrefecer-se libertando, pela epiderme, água contra uma lâmina de ar envolvente saturada.

Por todos estes motivos, no caso dos Jardins de Serralves como em qualquer outro espaço, os padrões de conforto térmico não podem ser deduzidos exclusivamente a partir da temperatura do ar. Existem diversos índices biometeorológicos que procuram avaliar o *stress* térmico provocado pelas condições do ar ambiente aos seres humanos. Uns são descritivos, como é o caso da Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), da Temperatura Percebida (PT) ou do Voto Médio Estimado (PMV). Outros, como acontece com a Temperatura Média Radiante (Tmrt), são exclusivamente meteorológicos.

Para além destes há ainda alguns índices que pretendem, de uma forma simples, antecipar riscos de desconforto grave para episódios de calor ou frio extremo como é o caso do *Heat Index* (HI) ou o *Windchill*.

Neste trabalho, tendo em conta o objetivo e os dados climatológicos disponíveis, foram experimentados, a título de exemplo, o *Heat Index*, o PET e a Tmrt.

O HI, para os Jardins de Serralves, foi calculado para os 7 pontos fixos e para os pontos dos 2 percursos de medição itinerante (114 pontos) aplicando a fórmula de Rothfusz (1990) que utiliza uma combinação entre a temperatura máxima e a humidade relativa:

---

<sup>35</sup> O balanço térmico entre corpo do ser humano e o ambiente ocorre pela troca de energia através dos processos: condução, convecção, radiação e evaporação.

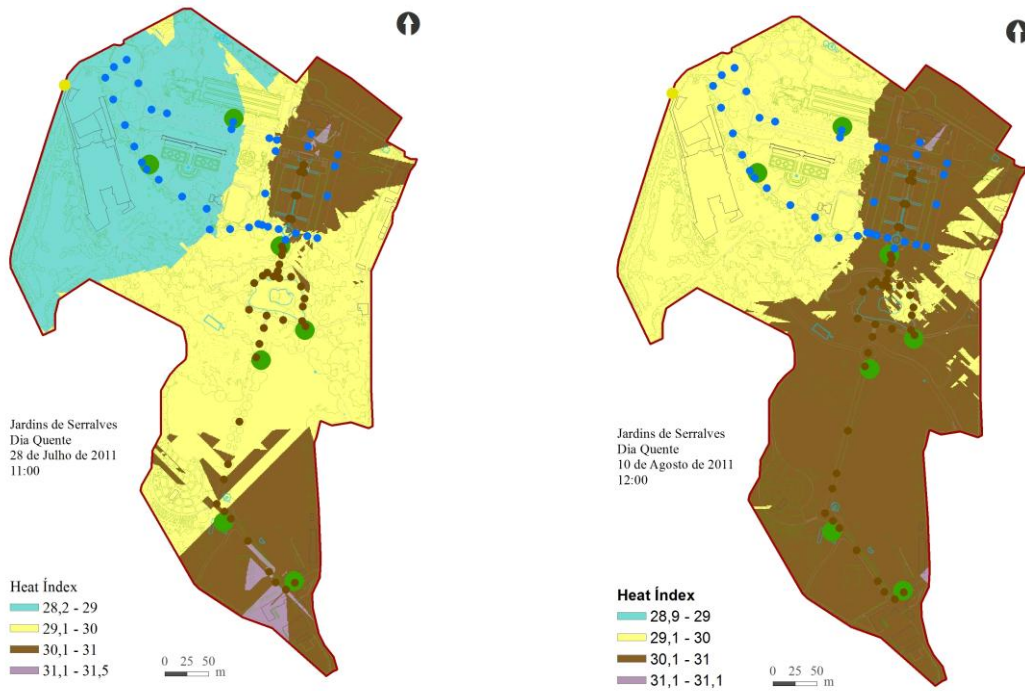
$$\begin{aligned}
 HI = & -42.379 + (2.04901523 \times T) + (10.14333127 \times R) - (0.22475541 \times T \times R) \\
 & - (6.83783 \times 10^{-3} \times T^2) - (5.4481717 \times 10^{-2} \times R^2) + (1.22874 \times 10^{-3} \times T^2 \times R) \\
 & + (8.5282 \times 10^{-4} \times T \times R^2) - (1.99 \times 10^{-6} \times T^2 \times R^2)
 \end{aligned}$$

A *krigagem* dos resultados do HI com cada ponto, nestes 4 dias analisados (fig. 40 e 41), mostrou diferenças consideráveis – entre 18°C e 26°C – nas diferentes áreas de Serralves. Todavia, não houve *stress* térmico em nenhum dos dias analisados nem qualquer sinal de alerta, uma vez que o HI não chegou aos 27°C nem a humidade relativa registou valores maiores do que os 40 %. No entanto, noutros dias também monitorizados, o HI atingiu níveis de alerta – como por exemplo no dia 25 de julho de 2011 nos seguintes pontos de cada percurso:

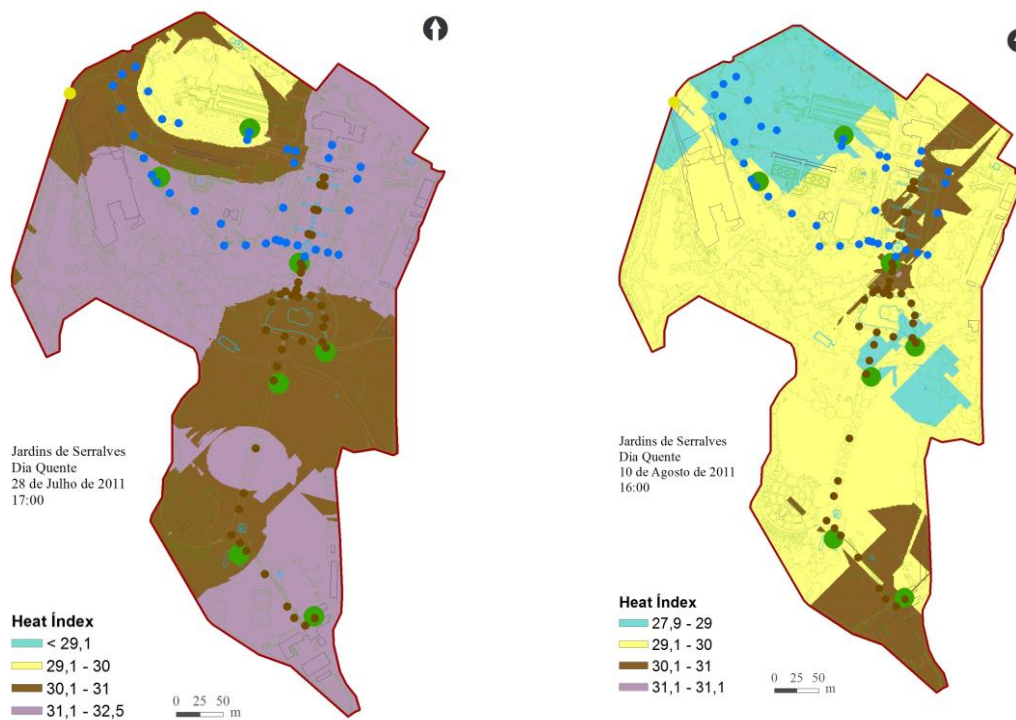
25.07.2011			
11:00		16:00	
Percurso 1	Percurso 2	Percurso 1	Percurso 2
Nº do ponto de monitorização	Nº do ponto de monitorização	Nº do ponto de monitorização	Nº do ponto de monitorização
2	44	2	41
16	45	15	43
17	46	16	44
18	47	17	45
20	48	18	46
25	49	20	47
	50	28	48
	51	29	49
	53	30	50
	54	33	51
	55	34	52
	56	35	53
	64		67
	68		69
	69		70
	74		71
	75		73
	76		99
	78		75
	79		

Os Jardins de Serralves – Dias quentes – Heat Index – HI (114 pontos)

Manhãs



Tardes

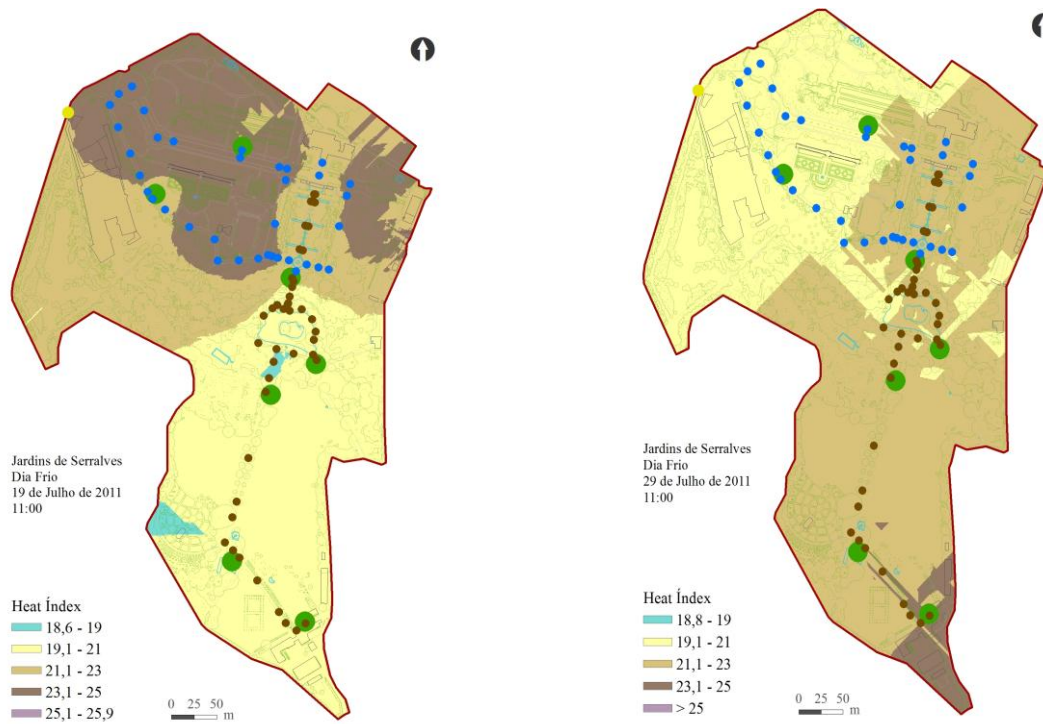


● Estações fixas      ● Pontos de monitorização do P1      ● Pontos de monitorização do P2

Figura 40: Espacialização dos níveis de HI calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes, resultante da técnica de krigagem utilizada.

Os Jardins de Serralves – Dias frios – Heat Index – HI (114 pontos)

Manhãs



Tardes



● Estações fixas      ● Pontos de monitorização do P1      ● Pontos de monitorização do P2

Figura 41: Espacialização dos níveis de HI calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais frios, resultante da técnica de krigagem utilizada

A *Temperatura Fisiológica Equivalente* (PET) de Serralves foi estimada utilizando o *software Solweig*, pela primeira vez aplicado a um caso de estudo português. Utilizaram-se apenas os valores registados nos 7 pontos de registo fixos porque são os únicos que têm o registo contínuo de temperatura e humidade relativa no interior de Serralves (fig. 42 e 43). A PET, para além dos valores horários máximos de temperatura e da humidade relativa, inclui também no seu cálculo a velocidade horária do vento, a radiação solar global horária e a temperatura média radiante. Neste caso foram utilizados os registos da única estação climatológica da área do Porto que regista em contínuo a velocidade horária do vento e a radiação solar global horária – Porto Pedras Rubras.

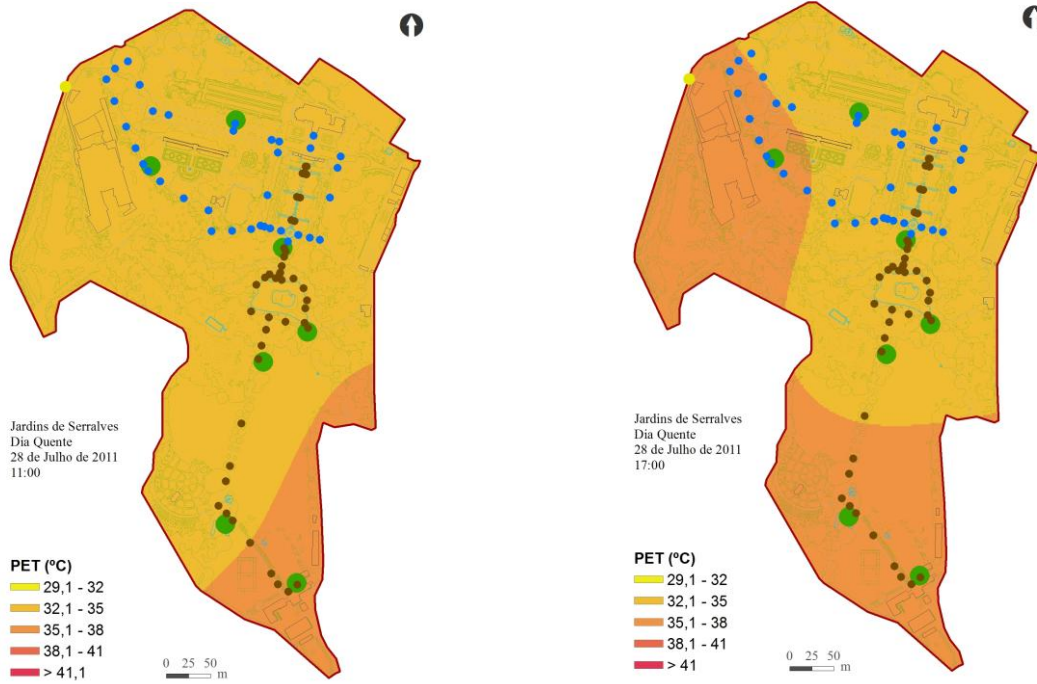
A *krigagem* do conforto térmico calculado para a PET nos Jardins de Serralves (fig. 42 e 43) foi prejudicada pela escassez de pontos e muito influenciada pela sua distribuição no espaço.

Apesar destas limitações para a interpretação dos resultados, os modelos extraídos por *krigagem* mostram que, nos dias quentes, tanto de manhã como de tarde, a área este e sudeste dos Jardins de Serralves estima-se que tenha estado com valores de PET acima dos 35°C (stress térmico forte ao calor) e em alguns momentos acima de 41°C o que significa uma sensação de grande desconforto térmico por excesso extremo de calor (fig. 42). Nos dias frios a maioria dos espaços do parque estiveram na classe de conforto do PET (18°C a 23°C – sem *stress* térmico), embora tenha havido no topo noroeste e, sobretudo, junto à entrada principal, condições desconfortáveis por excesso de frescura - PET entre 13°C e 18°C (*stress* térmico leve ao frio) (fig. 43).



Os Jardins de Serralves – Dias quentes – *Temperatura Fisiológica Equivalente – PET (7 pontos)*

Manhãs



Tardes

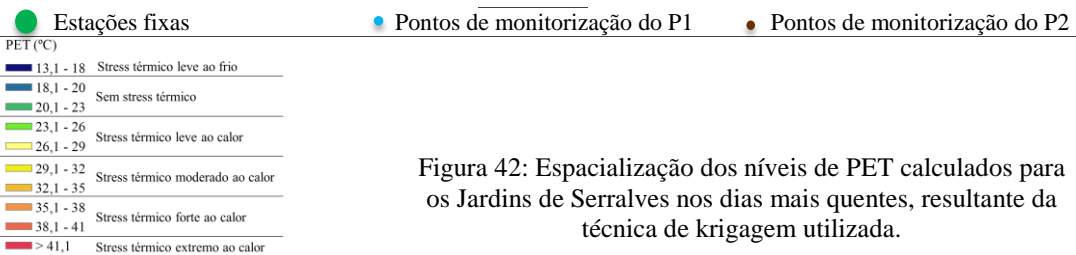
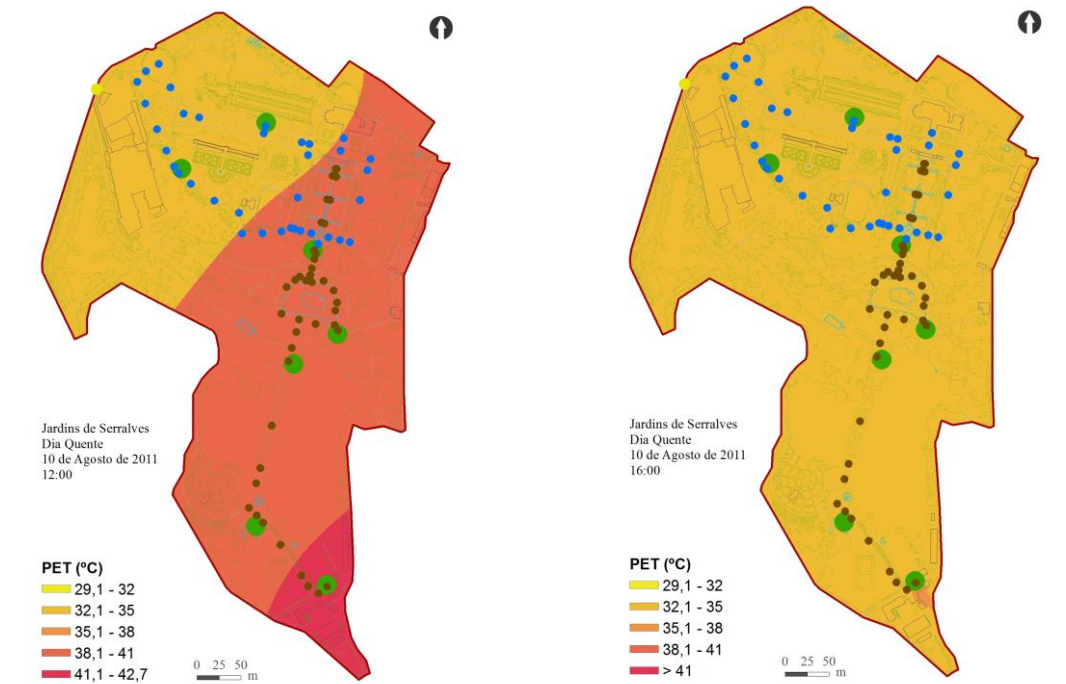
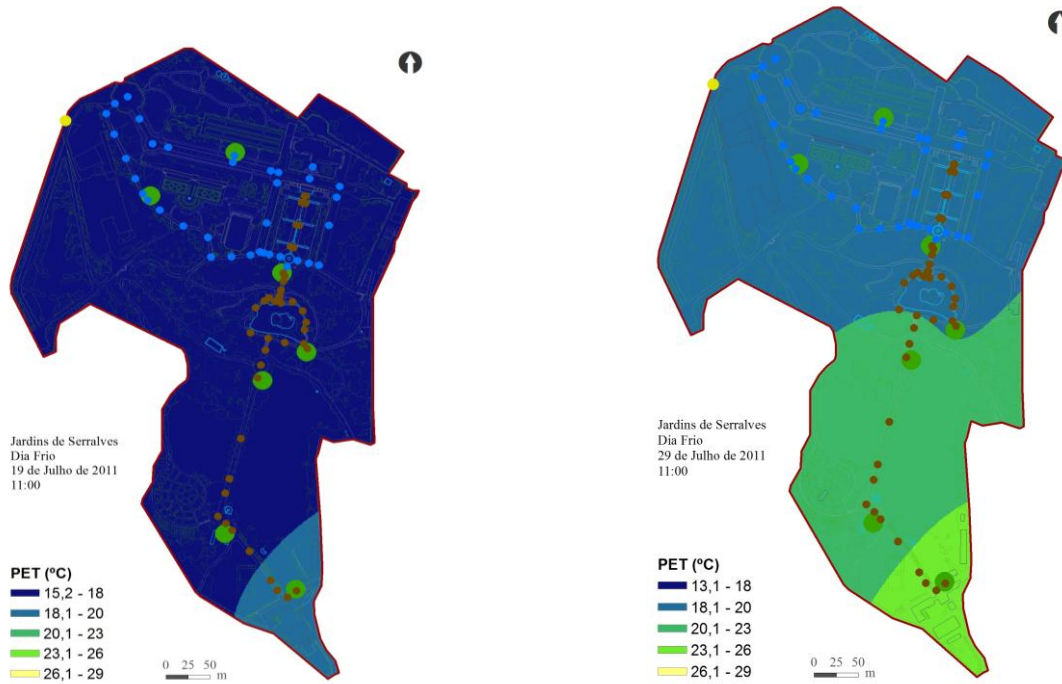


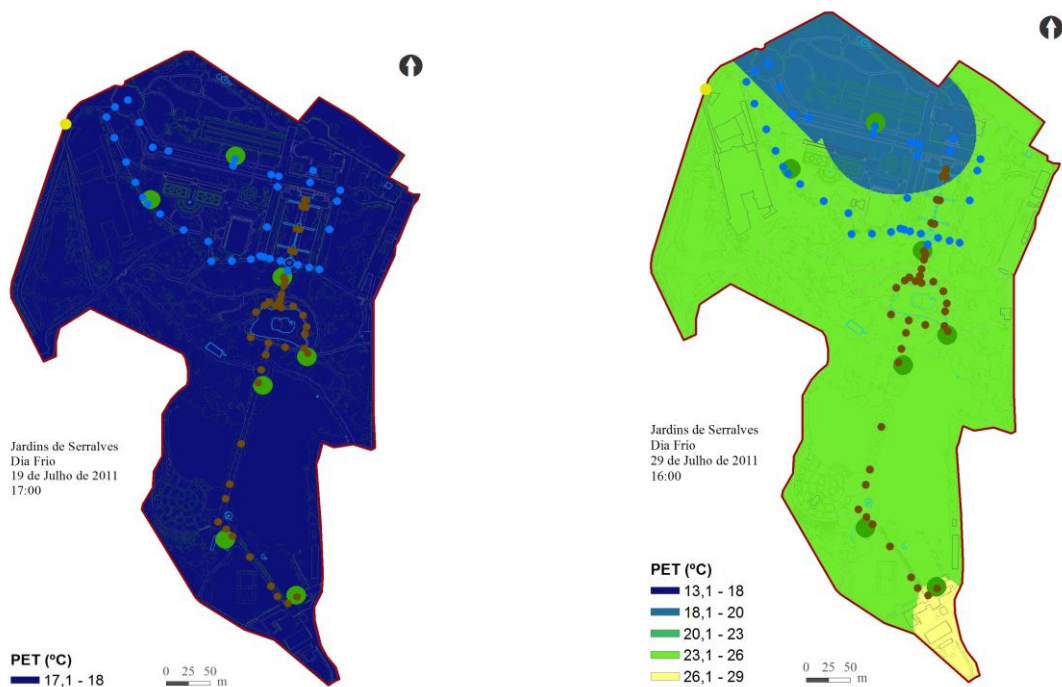
Figura 42: Espacialização dos níveis de PET calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes, resultante da técnica de krigagem utilizada.

Os Jardins de Serralves – Dias frios – *Temperatura Fisiológica Equivalente* – PET (7 pontos)

Manhãs



Tardes



● Estações fixas

● Pontos de monitorização do P1

● Pontos de monitorização do P2

PET (°C)	Stress térmico
13,1 - 18	Stress térmico leve ao frio
18,1 - 20	Sem stress térmico
20,1 - 23	Sem stress térmico
23,1 - 26	Stress térmico leve ao calor
26,1 - 29	Stress térmico leve ao calor
29,1 - 32	Stress térmico moderado ao calor
32,1 - 35	Stress térmico moderado ao calor
35,1 - 38	Stress térmico forte ao calor
38,1 - 41	Stress térmico forte ao calor
> 41,1	Stress térmico extremo ao calor

Figura 43: Espacialização dos níveis de PET calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais frios, resultante da técnica de krigagem utilizada.

A *Temperatura Média Radiante* (Tmrt), calculada também pelo *software Solweig*, incluiu as variáveis horárias máximas de temperatura, humidade relativa, velocidade do vento, radiação solar global, radiação solar difusa e radiação solar direta, o que, tal como aconteceu com o PET, implicou só poderem ser utilizados os registos dos 7 pontos fixos de registo instalados em Serralves porque só esses fazem registo da temperatura e da humidade relativa horária nos Jardins de Serralves. No caso dos pontos de medição itinerante estavam disponíveis apenas a temperatura, a humidade relativa e a velocidade do vento. Assim, tal como no PET, utilizaram-se os elementos climáticos em falta registados em Porto Pedras Rubras (fig. 44 e 45).

Contrariamente ao que acontece com o PET, no caso da Tmrt não há uma classificação previamente aceite do que devem ser os intervalos de classe para a definição dos estádios de conforto térmicos percebidos pelos seres humanos. Por isso, foram utilizadas as classes definidas para o Porto em Monteiro et. al (2012), onde se procurou replicar o melhor possível a classificação de PET a partir do cálculo dos percentis da série (fig. 16).

Os resultados obtidos após a *krigagem* dos valores de Tmrt dos registos dos 7 pontos fixos padecem das mesmas debilidades já apontadas para o PET e que se devem sobretudo ao escasso número de pontos numa área muito vasta (fig. 44 e 45).

Mais uma vez as diferenças entre o topo norte e noroeste sempre mais fresco e uma área a sul e sudeste ligeiramente mais quente voltam a evidenciar-se tanto nas manhãs como nas tardes (fig. 44 e 45). Há contudo algumas exceções na manhã do dia 28 de julho de 2011 (fig. 44) e na manhã e tarde do dia 19 de julho de 2011 (fig. 45), quando os Jardins de Serralves parecem ter tido um contexto de conforto no primeiro exemplo e de desconforto, por ser demasiado fresco, no segundo caso, o que se estendeu a todo o parque.

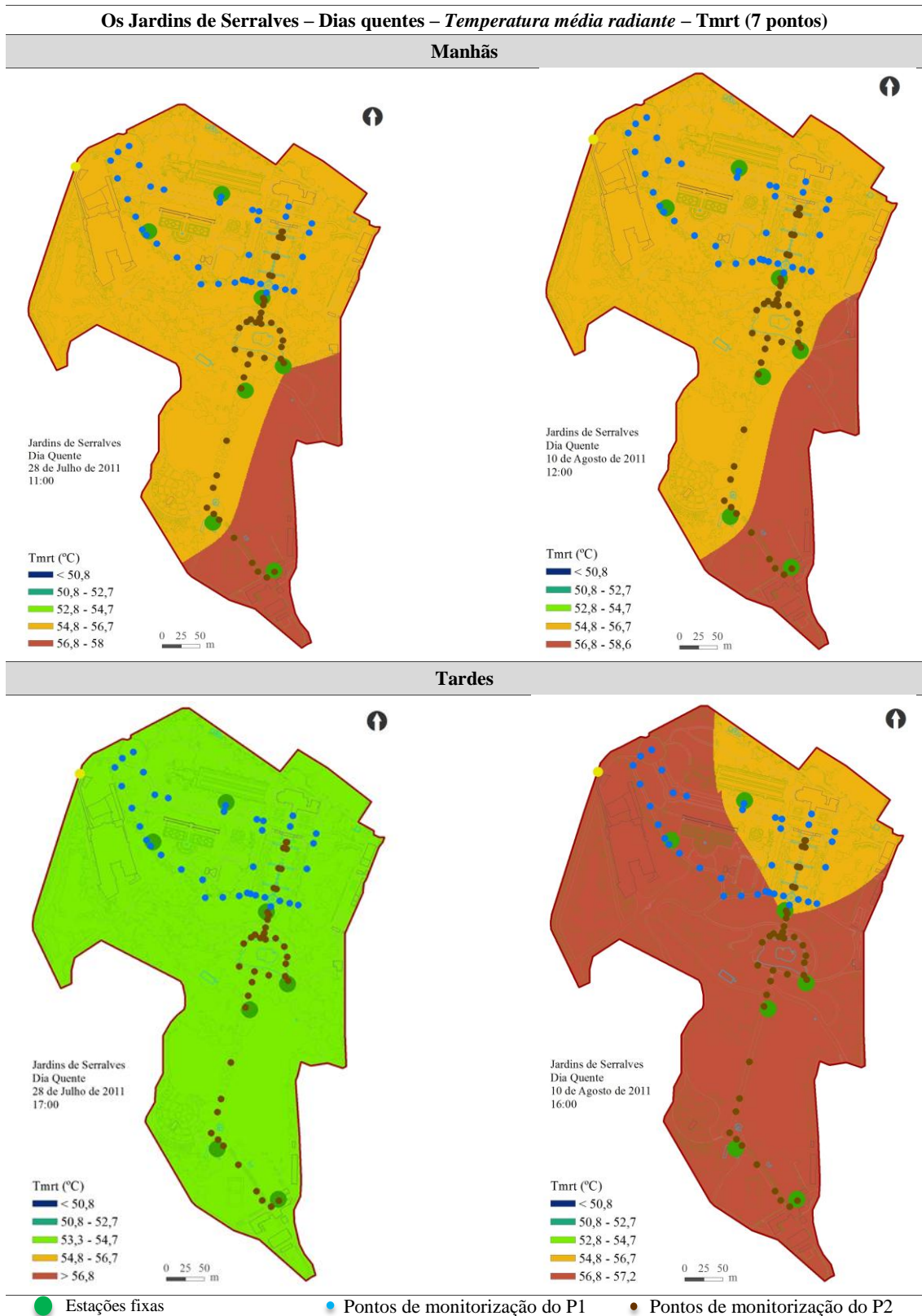


Figura 44: Espacialização dos níveis de Tmrt calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes, resultante da técnica de krigagem utilizada.

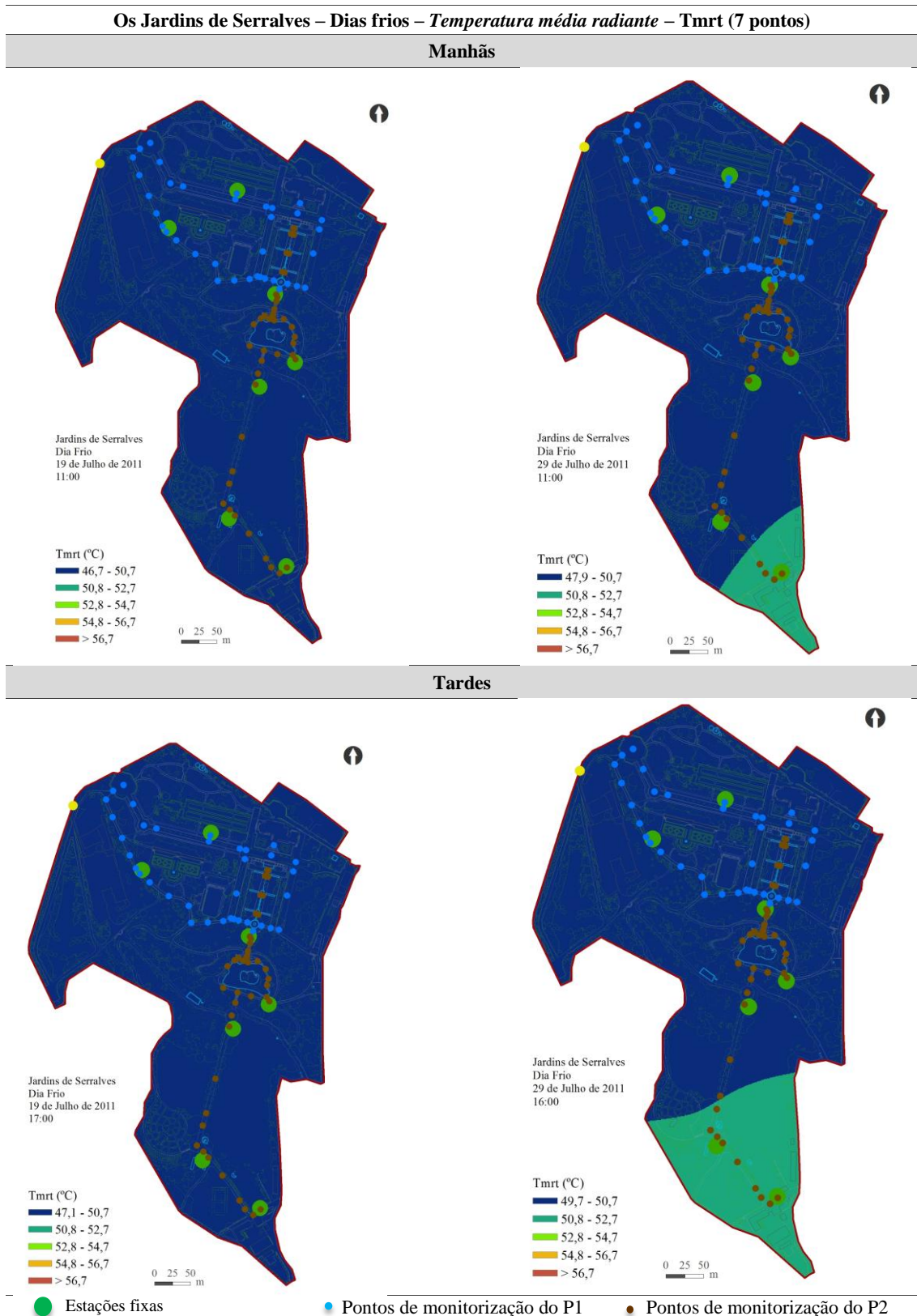


Figura 45: Espacialização dos níveis de Tmrt calculados para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes, resultante da técnica de krigagem utilizada.

Contudo, sabendo que o *Solweig* é também um simulador computacional que procura precisamente contribuir para a extrapolar as condições de conforto térmico em espaços onde a informação climatológica local é escassa mas onde existe uma multiplicidade de elementos sobre a superfície terrestre que interferem com a chegada da radiação solar à superfície interceptando-a, armazenando-a e refletindo-a, foi criada uma *layer* em SIG com todos as variáveis morfológicas e florísticas (*shapefile*) necessárias ao processamento do cálculo, *pixel a pixel*, da Tmrt em cada uma das tardes e manhãs dos 4 dias selecionados.

Para estimar a Tmrt, o *software Solweig* necessita de ter como *input*: i) a cartografia georreferenciada em SIG da latitude, longitude e altitude de toda a área analisada; ii) o volume dos espaços construídos; iii) os pavimentos; iv) algumas características das espécies vegetais (tipologia, altura, altura do tronco, diâmetro da copa). A partir daí, o *software* aceita toda a informação climatológica horária necessária de uma estação de referência próxima que neste caso foi Porto Pedras Rubras, e recalcula, para cada ponto da área analisada, a Tmrt tendo em conta as coordenadas geográficas, o movimento aparente anual e diurno do Sol e os usos do solo.

Neste caso, o perfil da distribuição da Tmrt nos Jardins de Serralves correspondentes aos dias *quentes* e *frios* dos dias das medições itinerantes foi criado com o *Solweig*. Porém, o *software* disponibiliza o mesmo tipo de imagem para todas as horas do dia em que o Sol, nesse momento, está acima da linha do horizonte desse lugar, tendo sido necessário selecionar as imagens correspondentes aos momentos de monitorização itinerante desses dias. A inclusão de todas as características locais que geram sombreamento nos processamentos de cálculo associada á informação sobre as capacidades de armazenamento e reflexão de cada peça natural ou artificial existente sobre o solo, etc., faz com que os resultados obtidos tenham um enorme detalhe (fig. 46 e 47).

Nos dias quentes é bem visível, por exemplo, o efeito amenizador da vegetação arbórea e, até, algumas diferenças no (des)conforto térmico causadas pelo tipo e pela opção de localização em diferentes áreas dos jardins. A área da Casa de Serralves e do *Parterre* central emergem também como áreas que, sobretudo de manhã, atingem os valores máximos de Tmrt (fig. 46). O prado e a área agrícola sobressaem também como excecionalmente desconfortáveis nos dias especialmente quentes de verão (fig. 46).

Muito interessante ainda é verificar o comportamento mais fresco do muro poente durante a manhã e dos limites nascentes durante a tarde (fig. 46).

Nos dias mais frescos de verão os jardins estiveram, de acordo com as estimativas calculadas e cartografadas pelo *Solweig*, na maioria da sua área em circunstâncias de conforto (fig. 47). Todavia, uma análise mais atenta, permite identificar algumas áreas de desconforto, pelo calor, sobretudo durante a tarde, e algumas áreas ligeiramente desconfortáveis, pelo frio, particularmente durante as manhãs (fig. 47).

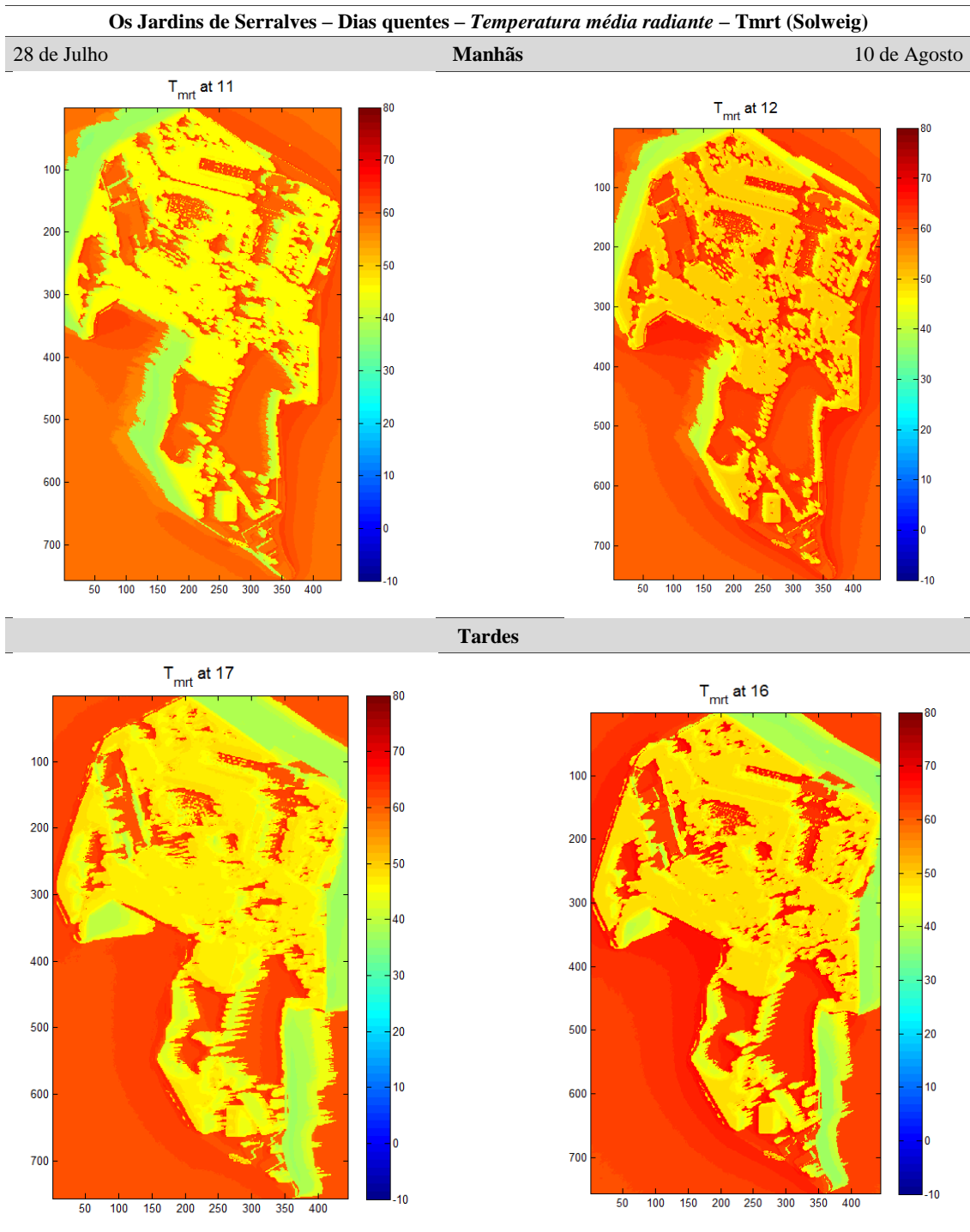


Figura 46: Espacialização dos níveis de T<sub>mrt</sub> calculados pelo Solweig para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes.



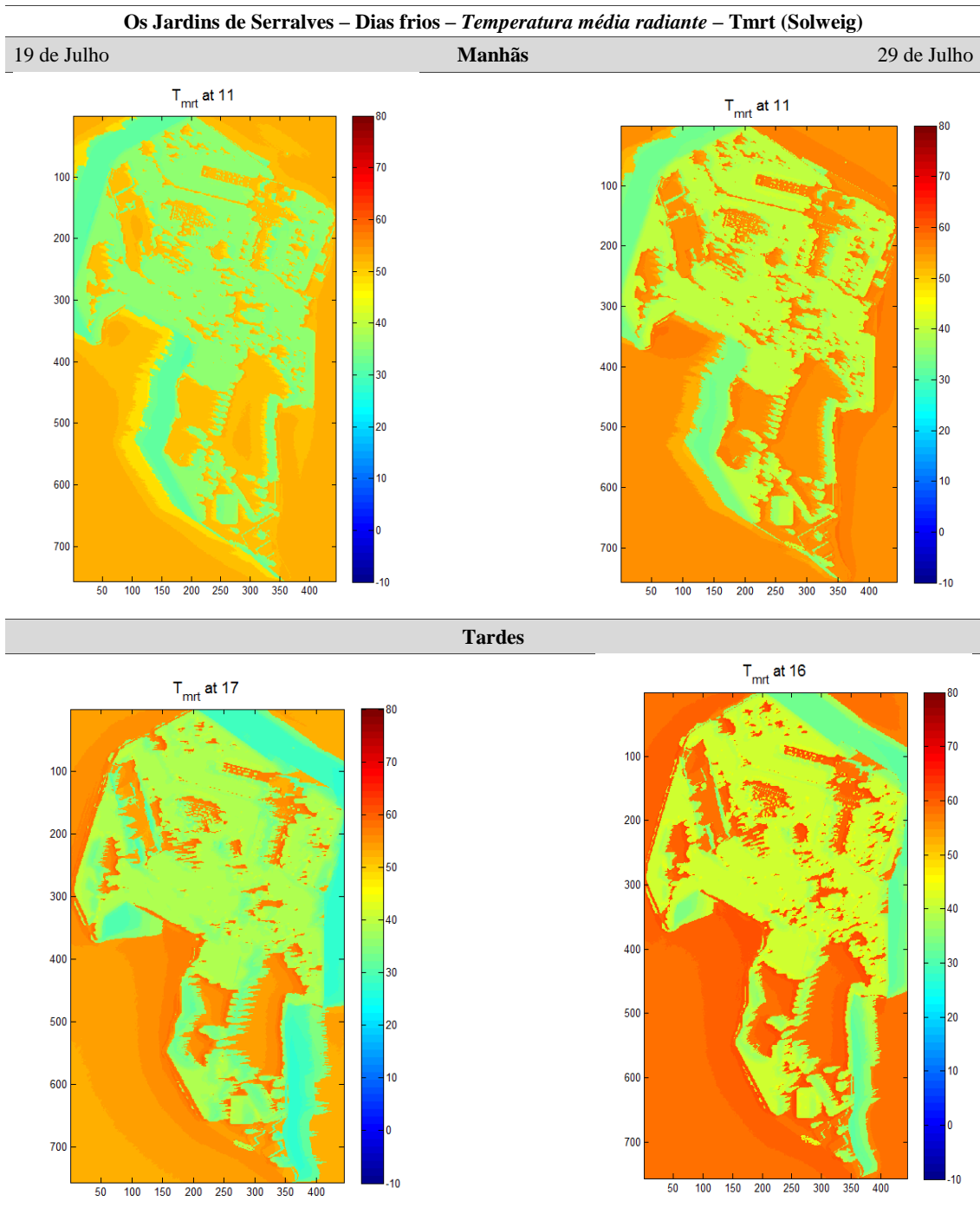


Figura 47: Espacialização dos níveis de T<sub>mrt</sub> calculados pelo Solweig para os Jardins de Serralves nos dias mais frios.

A riqueza de pormenor desta informação tão bem explicada por um imenso leque de informação adicional que o *Solweig*, associado aos SIG, permite obter, como acontece por exemplo, com as imagens horárias da percentagem de radiação solar que atinge em concreto neste lugar a superfície terrestre dos Jardins de Serralves (fig. 48),

cria inequivocamente condições para **melhorar** e **agilizar** as condições em que são elaborados quer o diagnóstico, quer o prognóstico dos impactes positivos e negativos de qualquer espaço verde. Neste trabalho, tivemos como preocupação fundamental compreender a sua função de termorreguladora tanto para a cidade como para os seus utilizadores, mas é evidente que estes modelos deveriam ser imprescindíveis para muitos outros fins habituais na arquitetura paisagística.

Recorde-se aliás, que sendo sobejamente conhecida a matriz climatológica habitual e excecional da área do Porto (Balkeståhl, 2005; V. Carvalho, 2006; Góis, 2002; Monteiro, 1997, 2006-2012), não seria excessivamente arrojado procurar em futuros trabalhos antecipar os contextos de (des)conforto para este ou outro qualquer nicho urbano desde que estejam previamente definidas as circunstâncias habituais de estados de tempo em cada estação do ano.

Para além desta mais valia, a utilização dos SIG e do *Solweig* em conjunturas de investigação, como a esta, com competências tão diversas como as da climatologia, da física da atmosfera, da geografia, da saúde pública, da psicologia, da estatística e da arquitetura paisagista, revelaram o seu enorme potencial de utilização enquanto estimuladores da inevitabilidade do trabalho pluridisciplinar em qualquer processo de decisão de transformação do ecossistema. Veja-se a este propósito como nos dias 28 e 29 de julho, sob condições de chegada de radiação solar idênticas e num espaço com os mesmos elementos naturais e construídos - os Jardins de Serralves - a situação sinóptica provocou circunstâncias de conforto tão diversas, que propiciaram no espaço verde mosaicos de *stress* térmico pela frescura e pelo calor.

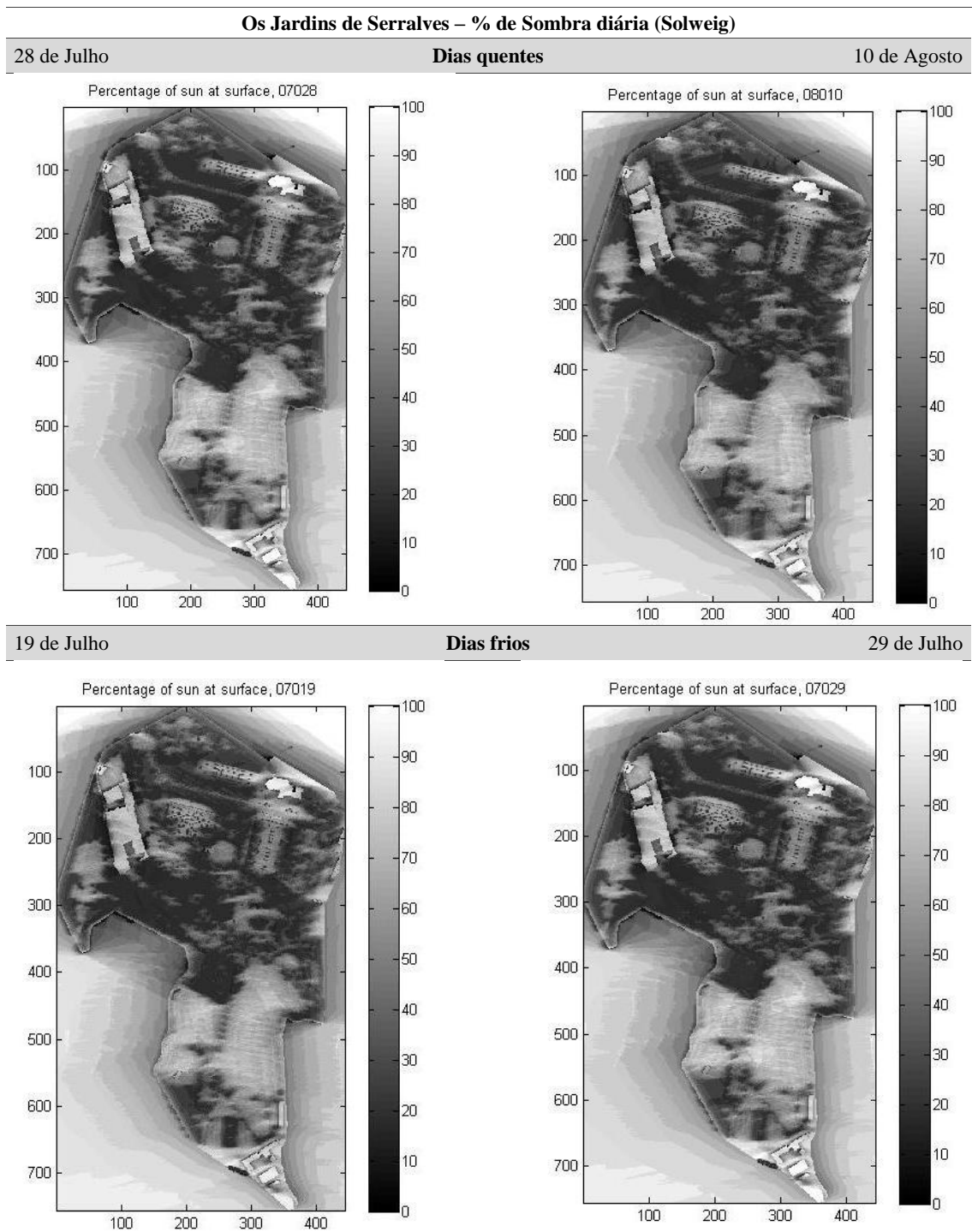


Figura 48: Espacialização da percentagem de sombra diária calculada pelo Solweig para os Jardins de Serralves nos dias mais quentes e nos dias mais frios.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho despoletado pelas três questões de partida que eram muito relacionadas entre si e que procuravam operacionalizar o conhecimento em arquitetura paisagista e em SIG e ordenamento do território, revelou-se um desafio estimulante mas ilimitado. Apesar de estar conceptualmente confinado e de se circunscrever a um território em concreto e a um determinado período de tempo, cada etapa vencida neste percurso de investigação significou, quase sempre, um incomensurável número de novas perguntas, tão excitantes quanto as iniciais, assim como a possibilidade de realizar outros percursos metodológicos igualmente válidos e prometedores. E, por isso, foi, amiudadas vezes, muito difícil decidir o caminho para colocar por ora um ponto final neste trabalho.

A decisão a favor da utilização do *Solweig* como o elogio e a síntese das vantagens que advêm das competências adquiridas em SIG para aperfeiçoar a compreensão de fenómenos muito complexos que afetam a qualidade de vida e o bem estar dos seres humanos foi a escolhida após uma prolongada reflexão que não pode omitir as curiosidades e os desafios de qualquer arquiteto paisagista entre os quais se destaca a busca de soluções que permitam uma oferta de espaços verdes promotores da saúde física e mental dos seres humanos de forma sustentável.

Assim, no decurso deste trabalho foi demonstrado que a vegetação tem impactes nos climas locais e regionais (Q1) e que o tipo, a magnitude e a intensidade dos impactes gerados não são indiferentes às opções de desenho desse espaço verde nomeadamente, no que diz respeito ao tipo estrato vegetal escolhido, ao número, à combinação de estratos vegetais, à localização dos elementos construídos, à orientação, etc. (Q2). Os resultados apresentados sublinharam ainda de forma reiterada que o sucesso de qualquer projeto de espaço verde passa por garantir, desde a sua fase conceptual, uma preocupação tanto com a estética como com o conhecimento científico

pericial mais avançado nos domínios da ecologia, da microclimatologia e da climatologia aplicada, da saúde, da física da baixa atmosfera, da perceção, da estatística, da matemática aplicada e das ciências da informação. Sem esta atitude sistémica e integradora dificilmente serão conseguidos os objetivos desejados sempre que se concebe, delinea e propõe um espaço verde em espaço urbano. O exemplo escolhido, que procurou avaliar o sucesso das opções tomadas nos Jardins de Serralves para a oferta de condições de conforto bioclimático em tantas atividades diversas que são sugeridas aos seres humanos, ilustrou a necessidade de incorporar nos processos de planeamento, desenho e gestão de espaços verdes equipas pluridisciplinares constituídas por arquitetos paisagistas, climatólogos, sociólogos, biólogos, entre outros, assim como por especialistas com conhecimentos periciais nas áreas de climatologia e bioclimatologia. Só assim será possível maximizar os benefícios potenciais destes espaços, aprimorando a compreensão da relação destes ambientes naturalizados com a saúde e o bem-estar e a qualidade do ambiente urbano.

O epílogo deste trabalho não é, como se viu, este que deixamos aqui. Este exercício foi apenas o início de outra etapa no crescimento e amadurecimento profissional enquanto arquiteta paisagista e portanto, interveniente no processo de criação de espaços sustentáveis e promotores de bem estar para o corpo e para a mente de todos os seres humanos. Por isso, no que diz respeito por exemplo aos Jardins de Serralves, prosseguiremos a nossa intervenção o mais rapidamente possível procurando as condições para em equipa pluridisciplinar oferecer uma sugestão de aperfeiçoamento dos jardins que possa servir ainda melhor os utilizadores e a cidade (Q3).

No culminar deste processo de investigação pretende-se ainda que o conhecimento bioclimático desenvolvido seja integrado na definição de estratégias bioclimáticas aplicadas aos espaços verdes, que possam vir a ser adotadas, não só, no projeto e na conceção de espaços verdes, mas também nos instrumentos de planeamento e gestão de ordenamento do território (Q3).

## BIBLIOGRAFIA

Alcoforado, M. J., & Andrade, H. (2008). Global Warming and the Urban Heat Island. In J. Marzluff, E. Shulenberger & W. Endlicher (Eds.), *URBAN ECOLOGY: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature*: Springer.

Almeida, A. L. (2006). *O VALOR DAS ÁRVORES - Árvores e Floresta Urbana de Lisboa*. Doutoramento em Arquitectura Paisagista, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Almeida, M. (2012). *Fundamentação teórica para a criação de um sistema de alerta e resposta online durante episódios térmicos de calor extremo para uma unidade de saúde da GAMP*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de mestre em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território., Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Alphand, A. (1867). *Les Promenades de Paris*. Paris: J. Rothschild.

Alves, T. M. (2010). *A estrutura ecológica urbana no modelo da rede estruturante da cidade*: Bubok Publishing S.L.

Amorim, M. C. d. C. T., & Monteiro, A. (2011). As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal. *Confins - Revista franco-brasileira de geografia*, 13, 1-18.

Andrade, S. C. (2009). *Serralves. 20 Anos e Outras Histórias*: Serralves.

Andresen, T., & Marques, T. (2001). *Jardins Históricos do Porto*: Edições Inapa.

Andresen, T., Sá, M. F., & Almeida, J. (2011). *Jaques Gréber. Urbanista e Arquitecto de Jardins*. Porto: Serralves.

Arbeit, D. (1992). Geographic Information-Systems - a Guide to the Technology - Antenucci, Jc, Brown, K, Crosswell, Pl, Kevany, Mj, Reinhold, Hav. *Journal of the American Planning Association*, 58(4), 531-532.

Arias, D., Belaich, M., Belizan, M., Blanco, E., Demattei, A., Fernández, S., . . . Spangaro, A. (2011). *As Alterações Climáticas* (S. Traduções, Trans. Centro Editor PDA, S. L. ed. Vol. 11): Editora Planeta de Agostini.

Regime jurídico das áreas metropolitanas de Lisboa e do Porto, N.º 165 C.F.R. § alínea c) do artigo 161.º da Constituição (2008).

Balkeståhl, L. (2005). *OS efeitos da intensificação dos processos de urbanização no balanço energético local: Estudo de caso no pólo da Asprela*. Dissertação apresentada para prestação de Provas de Mestrado., Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Breternitz, V. J. (S/D). Sistemas de informações geográficas: uma visão para administradores e profissionais de tecnologia da informação. Retrieved from <http://br.monografias.com/trabalhos/sisin/sisin.shtml>

Browna, G., & Brabynb, L. (2012). An analysis of the relationships between multiple values and physical landscapes at a regional scale using public participation GIS and landscape character classification. *Landscape and Urban Planning*, 107, 317–331.

Cabral, F. C. (2003 ). *Fundamentos da Arquitectura Paisagista* (2ª Edição ed.). Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza.

Capelo, R. G. (1996). O mundo ante da formação de Portugal *História Comparada - Portugal, Europa e o Mundo, Uma visão cronológica* (Vol. Volume I): Círculo de Leitores.



Carvalho, J. P. F. (2009). *A Árvore no Espaço Urbano*. Paper presented at the IV Jornadas do Ambiente. . C.M. , Câmara Municipal de Vila Pouca de Aguiar.

Carvalho, V. (2006). *Contributos bioclimáticos para o planeamento urbano sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas*. Dissertação submetida para satisfação dos requisitos do grau de mestre em Planeamento e Projecto do Ambiente Urbano, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cowen, D. J. (1988). GIS versus CAD versus DBMS: What Are the Differences? . *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 54, 1551-1555.

Curran, P. J. (1984). Geographic Information-Systems. *Area*, 16(2), 153-158.

Davis, E., & Ierapetritou, M. (2008). A Kriging-Based Approach to MINLP Containing Black-Box Models and Noise. *Ind. Eng. Chem. Res.* , 47, 6101-6125.

EEA. (2012). Urban adaptation to climate change in Europe: Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies. Copenhagen: European Environment Agency.

Espenica, A. (1994). Paisagem e Sustentabilidade *Paisagem*: Ministério do Planeamento e Administração do Território – DGOTDU.

Esteves, F. (2011). *O contributo dos SIG para compreender a relação entre os episódios extremos de temperatura e de variabilidade térmica na época de transição Primavera – Verão e a ocorrência de enfartes do miocárdio no concelho do Porto*. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto.

EU. (2010). World and European Sustainable Cities: Insights from EU research (S.-e. S. a. Humanities, Trans.) (European Comission ed.).

Fadigas, L. d. S. (1993). *A Natureza na Cidade. Uma Perspectiva para a sua integração no tecido urbano*. Dissertação de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa.

Germann-Chiari, C., & Seeland, K. (2004). Are urban green spaces optimally distributed to act as places for social integration? Results of a geographical information system (GIS) approach for urban forestry research. *Forest Policy and Economics*, 6 3-13.

Góis, J. (2002). *Contribuição dos modelos estocásticos para o estudo da climatologia urbana*. . Doutoramento, Faculdade de Engenharia do Porto, Porto.

Goitia, F. C. (2003). *Breve História do Urbanismo* (E. C. Lima, Trans. 5º Edição ed. Vol. 21). Lisboa: EDITORIAL PRESENÇA.

Gomes, R. A. L. (2010). *Estratégias Transtemporais de Concepção Espacial no Traçado de Jardim Euro-asiático Pré-novecentista. - Uma Análise Comparativa entre os Modelos Morfo-evolutivos Apolíneo e Dionisíaco*. Dissertação de Mestrado em Arquitectura Paisagista, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.

Gomes, R. A. L. (2011). Questão 6 - A cor verde foi fabricada em larga escala pelas plantas. Em que medida esse conhecimento beneficia a sua actividade de Arquitecto Paisagista? Da Inveja à Esperança, do Simbolismo à Etologia urbana. A Importância da relação do organismo humano com o ambiente na perspectiva evolutiva para a concepção dos habitats artificiais em arquitectura paisagista. (P. D. e. A. P. e. E. Urbana, Trans.). Coimbra: Universidade de Coimbra.

Goverse/UNEP, T. (2012). UNEP Year Book 2012: Emerging issues in our global environment (U. D. o. E. W. a. Assessment, Trans.) (United Nations Environment Programme ed.). Kenya: Division of Early Warning and Assessment.

Greiving, S., Csete, M., Davoudi, S., Fleischhauer, M., Holsten, A., Kropp, J., . . . Schneller, K. (2009). ESPON CLIMATE - Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies (E. T. Dortmund, Trans.): European Union.

Hammerle, M., Gal, T., Unger, J., & Matzarakis, A. (2011). Comparison of models calculating the sky view factor used for urban climate investigations. *Theoretical and Applied Climatology*, 105(3-4), 521-527. doi: DOI 10.1007/s00704-011-0402-3

Hilbert, D. W., & Ostendorf, B. (2001). The utility of artificial neural networks for modelling the distribution of vegetation in past, present and future climates. *Ecological Modelling*, 146, 311–327.

Hopkins, J. (2006). A Influência de Loudon - O Legado de Olmsted. Do Derby Arboretum ao Central Park, ao Emerald Necklace e ao Thames Gateway *Parques Urbanos e Metropolitanos - Manual de Boas Práticas*. Porto, Centro de Congressos do Porto: Câmara Municipal do Porto.

INE. (2012). Censos2011 - Resultados Provisórios (Instituto Nacional de Estatística, I.P. ed., Vol. XV recenseamento geral da população V recenseamento geral da habitação). Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.

IPCC. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. [J. Houghton, Y. Ding, D. Griggs, M. Noguer, P. Linden, X. Dai, K. Maskell & C. Johnson (eds.)]: Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds.)] *IPCC Fourth Assessment Report (AR4)*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.

IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)] *IPCC SPECIAL REPORTS* (pp. 582). Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

ISO. (2005). Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (pp. 60). Geneva: International Organization for Standardization.

Kemp, K. K. (2008) *Encyclopedia of geographic information science*: Sage Publications.

Laurie, M. (1986). *An Introduction to Landscape Architecture*: Elsevier New York.

Lindberg, F., & Grimmond, C. S. B. (2011a). The influence of vegetation and building morphology on shadow patterns and mean radiant temperatures in urban areas: model development and evaluation. *Theoretical and Applied Climatology*, 105(3-4), 311-323. doi: DOI 10.1007/s00704-010-0382-8

Lindberg, F., & Grimmond, C. S. B. (2011b). Nature of vegetation and building morphology characteristics across a city: Influence on shadow patterns and mean radiant temperatures in London. *Urban Ecosystems*, 14(4), 617-634. doi: DOI 10.1007/s11252-011-0184-5

Lindberg, F., Holmer, B., & Thorsson, S. (2008). SOLWEIG 1.0 - Modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings. *International Journal of Biometeorology*, 52(7), 697-713. doi: DOI 10.1007/s00484-008-0162-7

Madureira, H. (2000). *Processos de transformação na estrutura verde do Porto*. Dissertação de Mestrado em Planeamento e Projecto do Ambiente Urbano, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto | Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Magalhães, M. R. (1990). A AML e o Estuário do Tejo: Estrutura Verde na área metropolitana de Lisboa. *URBE*, 7.

Magalhães, M. R. (1992). A Evolução do Conceito de Espaço Verde Público Urbano. *AGROS*, n.º 2, 8.

Magalhães, M. R. (1998a). Paisagem Urbana e Interface Urbano-Rural *Paisagem* (Vol. ). Lisboa: Ministério do Planeamento e Administração do Território – DGOTDU.

Magalhães, M. R. (1998b). *Paisagem Urbana e Interface Urbano-Rural*. Lisboa: Ministério do Planeamento e Administração do Território – DGOTDU.

Magalhães, M. R. (2001). *Arquitectura Paisagista - Morfologia e Complexidade*. Lisboa: Editorial Estampa.

Maguire, D. J. (1991). An overview and definition of GIS. In D. Maguire, M. Goodchild & D. Rhind (Eds.), *Geographical Information Systems: Principles and Applications*

*Rhind, D. (eds)*. New York: John Wiley and Sons.

Marchal, E. C. (2006). *Gestão, Manutenção e Conservação das Plantas no Parques Parques Urbanos e Metropolitanos - Manual de Boas Práticas*. Porto, Centro de Congressos do Porto: Câmara Municipal do Porto.

Marques, D. M. G. (2012). *Contributo da Climatologia para a sustentabilidade urbana. O caso da Figueira da Foz*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física, área de especialização em Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra.

Marques, P. F. (2010-2012). PTDC/AUR-URB/104044/2008 - Estrutura Verde Urbana: Estudo da Relação entre a Morfologia do Espaço Público e a Diversidade de Flora e Fauna na Cidade do Porto. from CIBIO Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos <http://bio-diver-city.fc.up.pt/index.php>

Marques, P. F., Fernandes, C., Lameiras, J. M., Silva, S., Leal, I., & Guilherme, F. (2011). *Seleção das áreas de estudo*. (Vol. Livro 1). Porto.

Marsh, W. M. (1998). *Landscape Planning - Environmental Application* (Third Eddition ed.): John Wiley & Sons, Inc.

Matos, J. (2008). *Fundamentos de Informação Geográfica - 5ª Edição Actualizada e Aumentada* (LIDEL ed.). Lisboa: LIDEL.

Miller, E. L. (2006). Parques: Os Génios da Civilização *Parques Urbanos e Metropolitanos - Manual de Boas Práticas*. Porto, Centro de Congressos do Porto: Câmara Municipal do Porto.

Monteiro, A. (1997). *O clima urbano do Porto - Contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território*: Fundação Calouste Gulbenkian - Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica.

Monteiro, A. (2002). Importância dos espaços verdes para a promoção do Conforto Bioclimático e da Qualidade do Ar na cidade do Porto (Estrutura Ecológica Urbana: Carta Verde da Cidade do Porto).

Monteiro, A. (2006-2012). Projecto PTDC/SAU-ESA/73016/2006: Riscos para a saúde humana causados pelas ondas de calor e vagas de frio: estudo de caso no Porto.

Monteiro, A. (2012). *Excess mortality and morbidity during July 2006 Heat Wave in Porto, Portugal. Tmrt vs PET - efficiency to anticipate negative impacts on human health?* Paper presented at the 8th International Conference on Urban Climate - ICUC 8 and 10th Symposium on the Urban Environment, Dublin, Ireland.

Monteiro, A., Carvalho, V., Velho, S., & Sousa, C. (2012). Assessing and monitoring urban resilience using COPD in Porto. *Science of the Total Environment*, 414, 113-119.

Moreira, M. E. G. (2011). *Os contextos biogeofísico e socioeconómico portuenses e o agravamento da saúde de indivíduos com AVC, Dispneia & Asma e Dor Torácica, expresso pelas entradas diárias na urgência do HGSA (2005-2008)*. Dissertação submetida para a satisfação dos requisitos do grau de mestre em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Neves, J. M. d. (2002). *Serralves*. Porto: Fundação de Serralves, Edições ASA.

Nogueira, H., & Remoaldo, P. C. (2010). *Olhares Geográficos sobre a saúde*. Lisboa: Edições Colibri.

Olin, L. (1997). Landscape Design and Nature. In G. E. Thompson & F. R. Steiner (Eds.), *Ecological Design and Planning*: John Willey & Sons, Inc.

Pardal, S. (2006). *Introdução Parques Urbanos e Metropolitanos - Manual de Boas Práticas*. Porto, Centro de Congressos do Porto: Câmara Municipal do Porto.

Quintas, A., & Curado, M. J. (2009). *The contribution of urban green areas to the quality of life*. Paper presented at the City Futures'09 - An international conference on globalism and urban change, Madrid.  
[http://www.cityfutures2009.com/PDF/57\\_Quintas\\_Andreia.pdf](http://www.cityfutures2009.com/PDF/57_Quintas_Andreia.pdf)

Saint-Exupéry, A. d. (2009). *O Príncipezinho* (32ª Edição ed.): Editorial Presença.

Santos, F. D., Forbes, K., & Moita, R. (2002). *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures - SIAM Project*. Lisboa: Grádiva.

Serralves. (2012a). Missão. from Serralves  
<http://www.serralves.pt/gca/index.php?id=45>

Serralves. (2012b). Percursos no Parque. from Serralves  
<http://www.serralves.pt/gca/?id=130>

Snow, J. (Ed.). (1854). *On the mode of communication of Cholera* (Second Edition ed.). London.

Strahler, A., & Merali, Z. (2008). *Global Biogeography 17 Visualizing Physical Geography*. United States of America: Wiley Visualizing, National Geographic.

Tavares, A. (2007). *Os Fantasmas de Serralves*. Porto: Equações de Arquitectura, Dafne Editora.

Telles, G. R. (1997). *Paisagem Global Paisagem: Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urban – DGOTDU*.

Thorsson, S., Lindberg, F., Bjorklund, J., Holmer, B., & Rayner, D. (2011). Potential changes in outdoor thermal comfort conditions in Gothenburg, Sweden due to

climate change: the influence of urban geometry. *International Journal of Climatology*, 31(2), 324-335. doi: Doi 10.1002/Joc.2231

UN. (2011a). World Population Prospects: The 2010 Revision. Retrieved Updated: 15 April 2011, from United Nations [http://esa.un.org/wpp/Analytical-Figures/htm/fig\\_1.htm](http://esa.un.org/wpp/Analytical-Figures/htm/fig_1.htm)

UN. (2011b). World Population Prospects: The 2010 Revision (D. o. E. a. S. A. P. Division, Trans.) (Vol. Volume II: Demographic Profiles). New York: United Nations.

Vieira, M. H. M. (2007). *O Jardim e a Paisagem*. São Paulo, Brasil.

Wright, D. J., Goodchild, M. F., & Proctor, J. D. (1997). GIS: Tool or Science? DEMystifying the persistent ambiguity of GIS as "Tool" or " Science". *Annals of the Association of American Geographers*, 87.



## APÊNDICES

### APÊNDICE A | Características demográficas e territoriais

Figura AA 1: Percentagem da população residente dos municípios da GAMP na população residente da Região Norte e da GAMP (INE, 2012)..... 135

Tabela AA 1: População residente, variação de população e peso da população (INE, 2012)..... 135

Tabela AA 2: Características espaciais e populacionais dos concelhos da GAMP (INE, 2012)..... 136

Tabela AA 3: Características espaciais e populacionais das freguesias do concelho do Porto (INE, 2012). ..... 136

Tabela AA 4: Características espaciais e populacionais das freguesias do concelho do Porto. .... 137

Tabela AA 5: Classes hipsométricas encontradas no Concelho do Porto e dos Jardins de Serralves. .... 137

Tabela AA 6: Classes de declives encontradas no Concelho do Porto e dos Jardins de Serralves. .... 138

Tabela AA 7: Classes de exposição de vertentes encontradas no Concelho do Porto e dos Jardins de Serralves..... 138

### APÊNDICE B | Características estatísticas da temperatura da série de dados térmicos de cada uma das estações de registo.

Tabela AB 1: Parâmetros estatísticos da temperatura DIÁRIA nas estações climáticas de monitorização fixa no período de 6 de Junho a 5 de Novembro de 2011. .... 139

Tabela AB 2: Parâmetros estatísticos de variáveis HORÁRIAS registadas nas estações climáticas de monitorização fixa no período de 6 de Junho a 5 de Novembro de 2011.  
..... 139

**APÊNDICE C** | Comportamento da temperatura nas diferentes estações de monitorização nos momentos das medições itinerantes.

Figura AC 1: Temperatura do ar registada na estação climática de Pedras Rubras no momento das monitorizações itinerantes em Serralves. .... 140

Figura AC 2: Temperatura do ar registada na rua de S. João de Brito no momento das monitorizações itinerantes em Serralves. .... 140

Figura AC 3: Temperatura média do ar registada nas 7 estações climáticas fixas e permanentes de Serralves no momento das monitorizações itinerantes em Serralves. 141

Figura AC 4: Temperatura do ar registada nas diferentes estações climáticas fixas no momento das monitorizações itinerantes em Serralves. .... 141

Figura AC 5: Temperatura do ar registada nas 7 estações climáticas fixas e permanentes dos Jardins de Serralves no momento das monitorizações itinerantes. .... 142

Figura AC 6: Temperatura média do ar registada no Percurso 1 (E-O) dos Jardins de Serralves no momento das monitorizações itinerantes. .... 143

Figura AC7: Temperatura média do ar registada no Percurso 2 (N-S) dos Jardins de Serralves no momento das monitorizações itinerantes. .... 143

Figura AC 8: Temperatura do ar registada nas diferentes climáticas no momento das monitorizações itinerantes em Serralves. .... 144

**APÊNDICE D** | Diferenças climáticas entre a temperatura do ar registada no mesmo momento nas diferentes estações.

Figura AD 1: Variação média da temperatura do ar registada nas diferentes estações climáticas durante as monitorizações itinerantes efetuadas de manhã e de tarde no momento das monitorizações itinerantes. .... 148

Tabela AD 1: Diferença entre as temperaturas do ar registadas nas diferentes “estações” nos momentos das monitorizações nos Jardins de Serralves.....	145
Tabela AD 2: Parâmetros estatísticos da diferença entre as temperaturas do ar registadas nas diferentes “estações” de registo no momento (manhãs e tardes) das monitorizações itinerantes nos Jardins de Serralves. ....	146
Tabela AD 3: Parâmetros estatísticos da diferença entre as temperaturas do ar registadas nas diferentes “estações” de registo no momento (manhãs) das monitorizações itinerantes nos Jardins de Serralves. ....	146
Tabela AD 4: Parâmetros estatísticos da diferença entre as temperaturas do ar registadas nas diferentes “estações” de registo no momento (tardes) das monitorizações itinerantes nos Jardins de Serralves.....	147

#### **APÊNDICE E | Cartografia complementar**

Figura AE 1: Edificado do concelho do Porto.....	149
--	-----

#### **APÊNDICE F | Características do equipamento de monitorização.**

Tabela AF 1: Características do equipamento utilizado nas monitorizações itinerantes. ....	150
Tabela AF 2: Características do equipamento utilizado nas monitorizações fixas e permanentes. ....	151



APÊNDICE A | Características demográficas e territoriais

	Pop. Residente 2001 n.º	Pop. Residente 2011 n.º	Varição 2011 - 2012 %	% da PR em Portugal 2011	% da PR em Portugal Continental 2011	% da PR na Região Norte 2011	% da PR na GAMP 2011
<b>Portugal</b>	10 356 117	10 561 614	1.98	100	-	-	-
<b>Portugal Continental</b>	9 869 343	10 047 083	1.80	95,13	100	-	-
<b>Região Norte</b>	3 687 293	3 689 609	0.06	34,93	36,72	100	-
<b>GAMP</b>	1 647 469	1 680 037	1.98	15,91	16,72	45,53	100
<b>Município do Porto</b>	263 131	237 584	-9.71	2,25	2,36	6,44	14,14
<b>Lordelo do Ouro</b>	22 212	22 270	0.26	0,21	0,22	0,6	1,32

Tabela AA 1: População residente, variação de população e peso da população (INE, 2012).

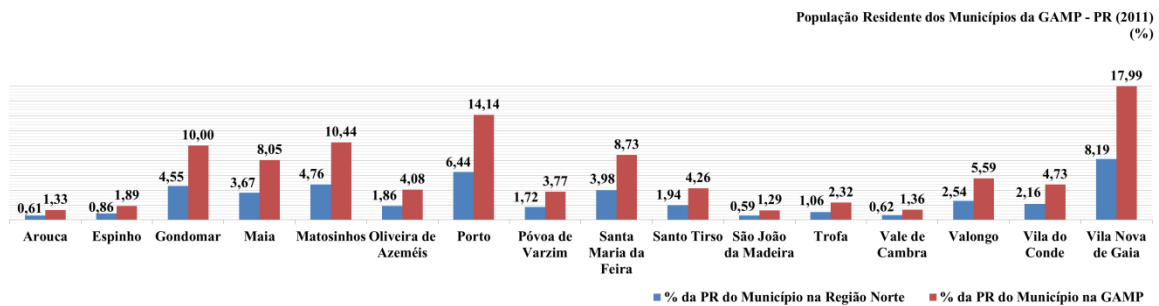


Figura AA 1: Percentagem da população residente dos municípios da GAMP na população residente da Região Norte e da GAMP (INE, 2012).

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

Concelhos da GAMP	Área km <sup>2</sup>	Pop.	Densidade	Peso na PR da	Peso na PR da
		Residente 2011 n.º	Populacional hab./km <sup>2</sup>	Região Norte %	GAMP %
Arouca	329,11	22359	67,94	0,61	1,33
Espinho	21,06	31786	1509,54	0,86	1,89
Gondomar	131,86	168027	1274,25	4,55	10
Maia	82,99	135306	1630,31	3,67	8,05
Matosinhos	62,42	175478	2811,26	4,76	10,44
Oliveira de Azeméis	161,1	68611	425,88	1,86	4,08
Porto	41,42	237584	5735,95	6,44	14,14
Póvoa de Varzim	82,21	63408	771,33	1,72	3,77
Santa Maria da Feira	215,88	146685	679,48	3,98	8,73
Santo Tirso	136,6	71530	523,65	1,94	4,26
São João da Madeira	7,94	21713	2733,61	0,59	1,29
Trofa	72,02	38999	541,52	1,06	2,32
Vale de Cambra	147,34	22864	155,18	0,62	1,36
Valongo	75,12	93858	1249,37	2,54	5,59
Vila do Conde	149,03	79533	533,68	2,16	4,73
Vila Nova de Gaia	168,46	302296	1794,42	8,19	17,99
<b>GAMP</b>	<b>1884,56</b>	<b>1680037</b>	<b>891,48</b>	<b>45,53</b>	<b>100</b>

Tabela AA 2: Características espaciais e populacionais dos concelhos da GAMP (INE, 2012).

Freguesias do Concelho do Porto	Área km <sup>2</sup>	Pop.	Densidade	Peso na PR	Peso na PR	Peso na PR
		Residente 2011 n.º	Populacional hab./km <sup>2</sup>	da Região Norte %	da GAMP %	do Porto %
Campanhã	8.04	32652	4061,19	0.88	1.94	13.74
Aldoar	2.41	12843	5329,05	0.35	0.76	5.41
Ramalde	5.82	38012	6531,27	1.03	2.26	16.00
Paranhos	7.17	44298	6178,24	1.20	2.64	18.65
Massarelos	1.94	6789	3499,48	0.18	0.40	2.86
Foz do Douro	2.02	10997	5444,06	0.30	0.65	4.63
Santo Ildefonso	1.24	9029	7281,45	0.24	0.54	3.80
Lordelo do Ouro	3.64	22270	6118,13	0.60	1.33	9.37
Bonfim	3.10	24265	7827,42	0.66	1.44	10.21
Cedofeita	2.71	22077	8146,49	0.60	1.31	9.29
São Nicolau	0.25	1906	7624	0.05	0.11	0.80
Sé	0.49	3460	7061,22	0.09	0.21	1.46
Miragaia	0.43	2067	4806,98	0.06	0.12	0.87
Vitória	0.33	1901	5760,61	0.05	0.11	0.80
Nevogilde	1.84	5018	2727,17	0.14	0.30	2.11
<b>Concelho</b>	<b>41,42</b>	<b>237584</b>	<b>5735,95</b>	<b>6,44</b>	<b>14,14</b>	<b>100</b>

Tabela AA 3: Características espaciais e populacionais das freguesias do concelho do Porto (INE, 2012).

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

Freguesias do Concelho do Porto	Área	Densidade Populacional	Área de Espaços verdes públicos e semipúblicos	
	km <sup>2</sup>	hab./km <sup>2</sup>	ha	%
Campanhã	8.04	4061,19	31,23	3,88
Aldoar	2.41	5329,05	31,30	12,99
Ramalde	5.82	6531,27	4,31	0,74
Paranhos	7.17	6178,24	9,41	1,31
Massarelos	1.94	3499,48	16,19	8,35
Foz do Douro	2.02	5444,06	6,36	3,15
Santo Ildefonso	1.24	7281,45	0,99	0,80
Lordelo do Ouro	3.64	6118,13	35,89	9,86
Bonfim	3.10	7827,42	11,57	3,73
Cedofeita	2.71	8146,49	1,72	0,63
São Nicolau	0.25	7624	0,34	1,36
Sé	0.49	7061,22	0,83	1,69
Miragaia	0.43	4806,98	3,42	7,96
Vitória	0.33	5760,61	2,18	6,61
Nevogilde	1.84	2727,17	55,46	30,14
<b>Concelho</b>	<b>41,42</b>	<b>5735,95</b>	<b>211,21</b>	<b>93,21</b>

Tabela AA 4: Características espaciais e populacionais das freguesias do concelho do Porto.

Concelho do Porto		
Classes hipsométricas	Área	
m	km <sup>2</sup>	%
0-25	3,93	9,88
25-50	4,84	12,16
50-75	8,85	22,25
75-100	10,23	25,73
100-125	5,97	15,01
125-150	5,69	14,31
> 150	0,26	0,65
Jardins de Serralves		
Classes hipsométricas	Área	
m	m <sup>2</sup>	%
<30	139	0,07
30-40	41163	22,10
40-50	38859	20,86
50-60	54353	29,18
>60	51532	27,66

Tabela AA 5: Classes hipsométricas encontradas no Concelho do Porto e dos Jardins de Serralves.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

Classes de declives		Concelho do Porto		Jardins de Serralves	
Percentagem %	Graus °	Área		Área	
		km <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%
[0-5]	aproximada/ [0-3]	20,60	51,82	63067	33,86
]5-8]	aproximada/ ]3-5]	6,90	17,35	38783	20,82
]8-12]	aproximada/ ]5-7]	5,33	13,42	34941	18,76
]12-15]	aproximada/ ]7-9]	2,07	5,20	12472	6,70
]15-20]	aproximada/ ]9-12]	2,03	5,12	13472	7,23
> 20	aproximada/ >12	2,82	7,10	23311	12,51

Tabela AA 6: Classes de declives encontradas no Concelho do Porto e dos Jardins de Serralves.

Classes de exposição de vertentes	Concelho do Porto		Jardins de Serralves	
	Área		Área	
Orientação	km <sup>2</sup>	%	ha	%
Norte	5,15	12,96	0,98	5,28
Sul	11,04	27,77	8,24	44,23
Este	6,20	15,60	6,14	32,96
Oeste	12,07	30,35	2,69	14,43
S/ exposição predominante	5,30	13,32	0,56	2,99

Tabela AA 7: Classes de exposição de vertentes encontradas no Concelho do Porto e dos Jardins de Serralves.



**APÊNDICE B** | Características estatísticas da temperatura da série de dados térmicos de cada uma das estações de registo.

Parâmetros estatísticos	Pedras Rubras - PR		S. João de Brito - SJB		Temperatura Média dos 7 Sensores Fixos de Serralves - MSF	
	Médias Diárias (°C)	Mínimas Diárias (°C)	Médias Diárias (°C)	Mínimas Diárias (°C)	Médias Diárias (°C)	Mínimas Diárias (°C)
Média	18,56	22,72	19,77	15,47	18,65	22,33
Máximo	26,35	33	28,28	20,06	26,65	33,14
Mínimo	11,76	13,7	8,5	9	11,82	9,43
Máxima-Mínima	14,58	19,3	15,94	11,06	14,83	18,14
Desvio padrão	2,71	3,94	3,03	2,37	2,69	3,56
Coefficiente de Variação (%)	14,6	17,33	15,33	15,3	14,44	15,94

Tabela AB 1: Parâmetros estatísticos da temperatura DIÁRIA nas estações climáticas de monitorização fixa no período de 6 de Junho a 5 de Novembro de 2011.

Parâmetros estatísticos	Pedras Rubras - PR			S. João de Brito - SJB		Temperatura dos Sensores Fixos (Serralves) - MSF								
	Temperatura do ar (°C)	Humidade relativa (%)	Radição Global total (W/h)	Radição Difusa Total (W/h)	Radição Directa Total (W/h)	Velocidade Média do Vento (m/s)	Est. 1 Ta (°C)	Est. 2 Ta (°C)	Est. 3 Ta (°C)	Est. 4 Ta (°C)	Est. 5 Ta (°C)	Est. 6 Ta (°C)	Est. 7 Ta (°C)	
Média	18,59	69,93	45,94	19,5	45,65	2,29	19,18	18,86	18,71	18,61	18,49	18,36	18,51	18,67
Máximo	33	95	1008	380	902	11,8	34,57	32,91	33,03	32,68	32,92	31,72	34,21	33,14
Mínimo	8,5	16	0	0	0	0	8,98	9,73	9,54	9,16	9,51	9,53	8,95	9,43
Máxima-Mínimo	24	79	1008	380	902	11,8	25,59	23,18	23,49	23,52	23,41	22,2	25,26	23,71
Desvio padrão	3,82	17,92	165,29	59,12	171,44	3,7	4,09	3,52	3,59	3,56	3,55	3,42	3,76	3,6
Coefficiente de Variação (%)	20,56	25,63	359,8	303,17	375,58	161,52	21,3	18,69	19,19	19,14	19,17	18,64	20,32	19,29

Tabela AB 2: Parâmetros estatísticos de variáveis HORÁRIAS registadas nas estações climáticas de monitorização fixa no período de 6 de Junho a 5 de Novembro de 2011.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

**APÊNDICE C | Comportamento da temperatura nas diferentes estações de monitorização nos momentos das medições itinerantes.**

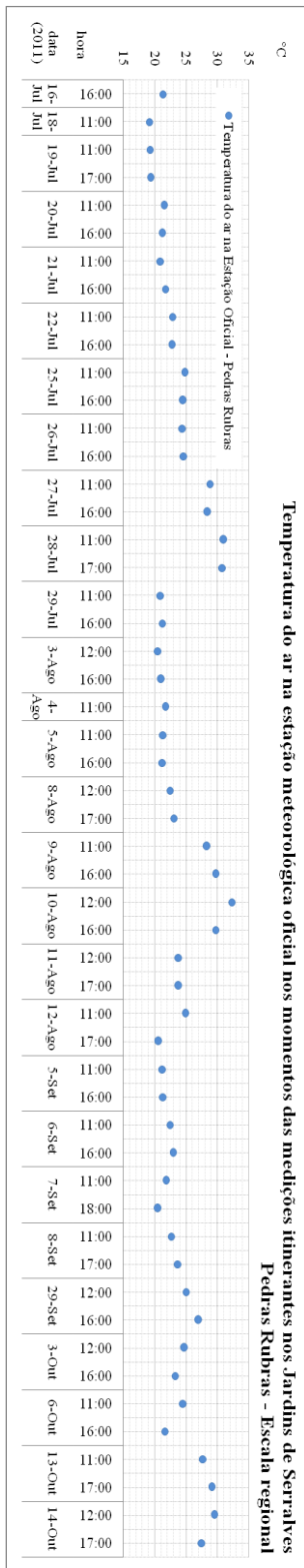


Figura AC 1: Temperatura do ar registada na estação climática de Pedras Rubras no momento das monitorizações itinerantes em Serralves.

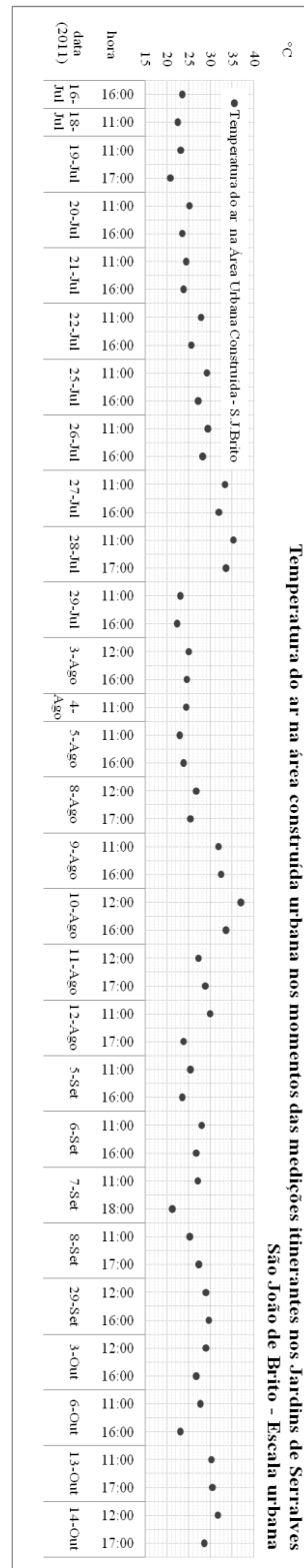


Figura AC 2: Temperatura do ar registada na rua de S. João de Brito no momento das monitorizações itinerantes em Serralves.

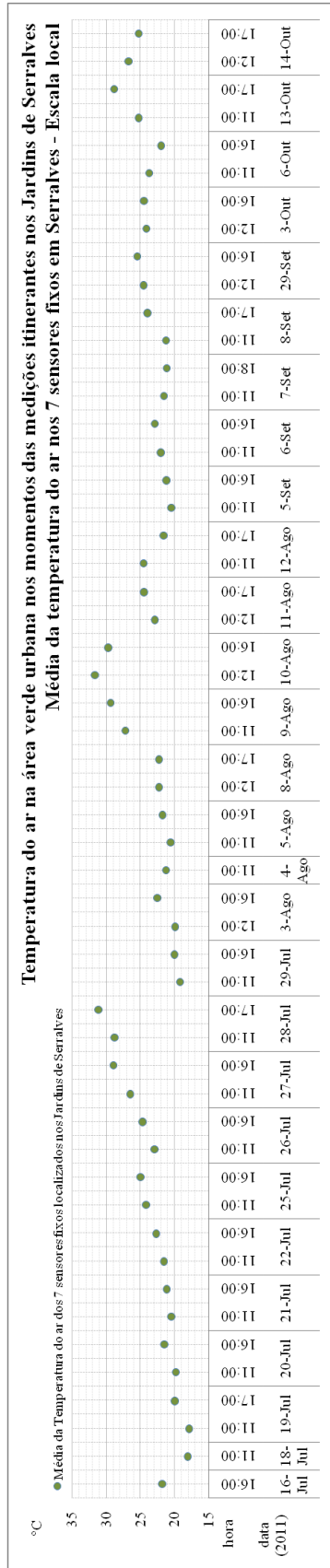


Figura AC 3: Temperatura média do ar registada nas 7 estações climáticas fixas e permanentes de Serralves no momento das monitorizações itinerantes em Serralves.

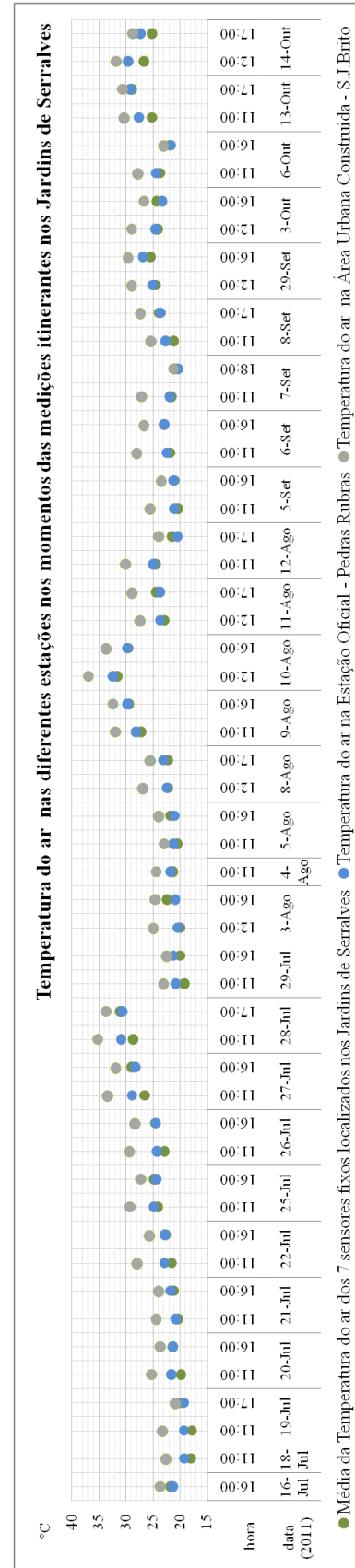


Figura AC 4: Temperatura do ar registada nas diferentes estações climáticas fixas no momento das monitorizações itinerantes em Serralves.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

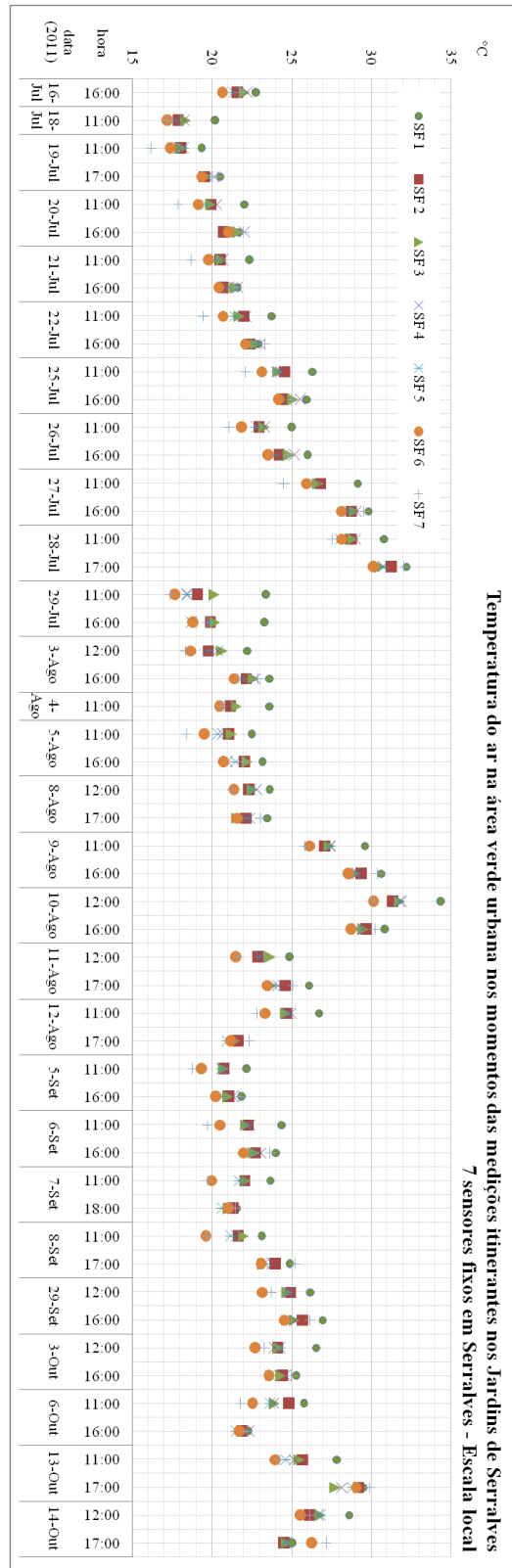


Figura AC 5: Temperatura do ar registada nas 7 estações climáticas fixas e permanentes dos Jardins de Serralves no momento das monitorizações itinerantes.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

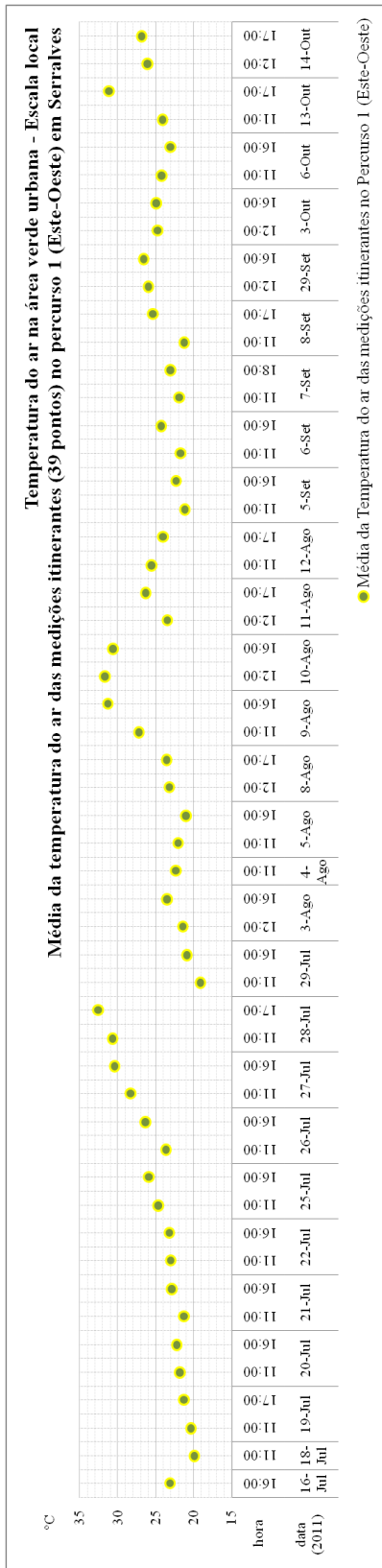


Figura AC 6: Temperatura média do ar registada no Percurso 1 (E-O) dos Jardins de Serralves no momento das monitorizações itinerantes.

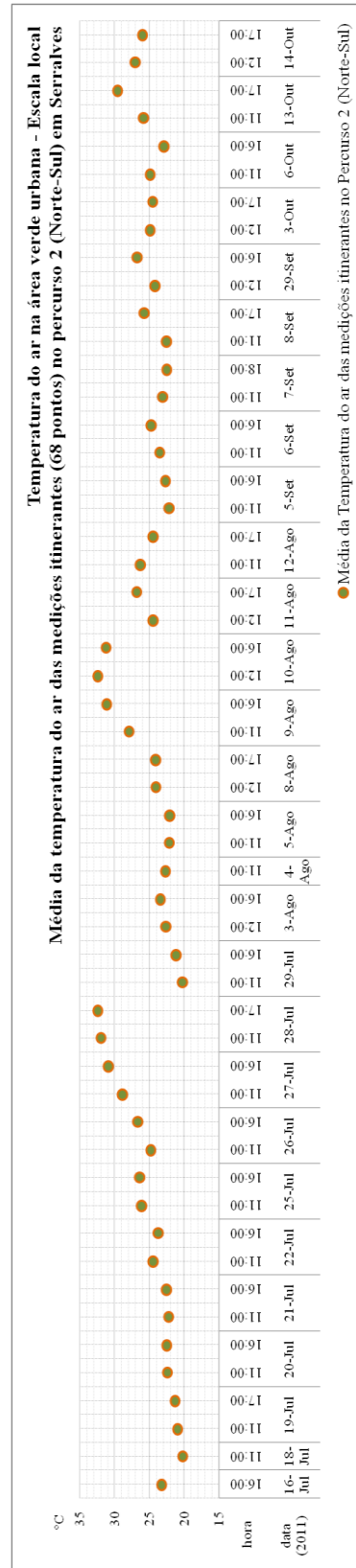


Figura AC7: Temperatura média do ar registada no Percurso 2 (N-S) dos Jardins de Serralves no momento das monitorizações itinerantes.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

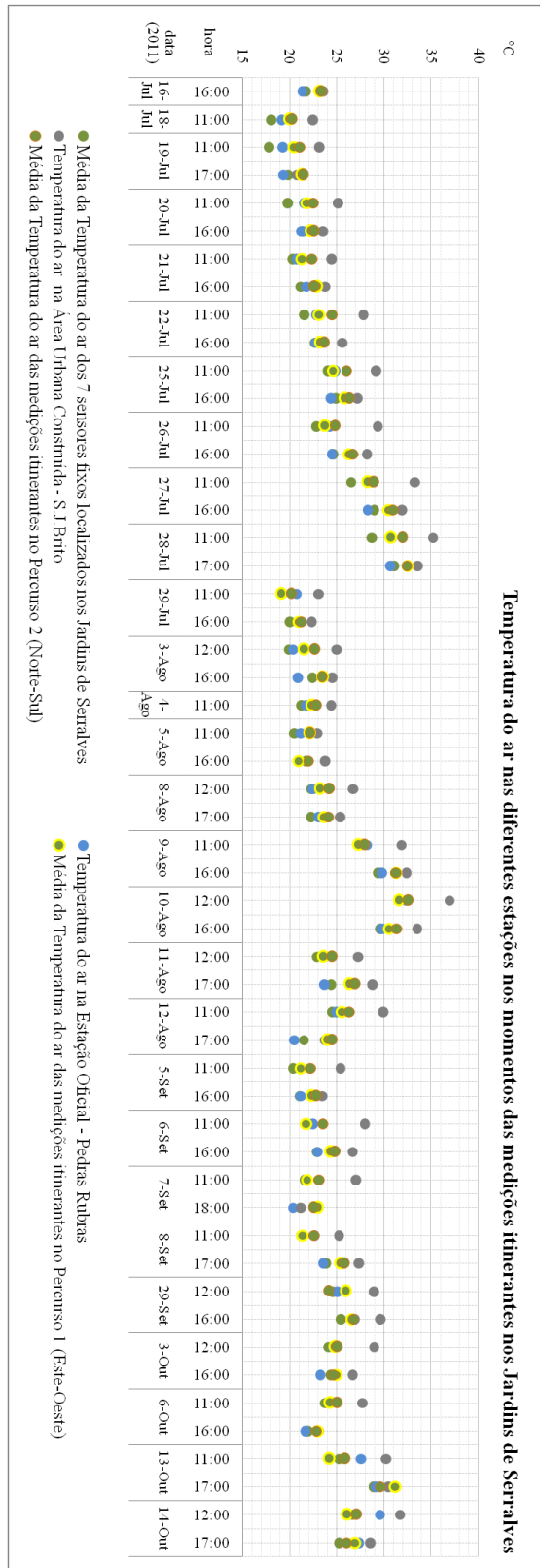


Figura AC 8: Temperatura do ar registada nas diferentes climáticas no momento das monitorizações itinerantes em Serralves.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

**APÊNDICE D** | Diferenças climáticas entre a temperatura do ar registada no mesmo momento nas diferentes estações.

		SJB-PR	MFS-PR	P1-PR	P2-PR	MFS-SJB	P1-SJB	P2-SJB	P1-MFS	P2-MFS	P2-P1
11-07-2016	16:00	2,16	0,36	1,75	1,9	-1,8	-0,41	-0,26	1,39	1,54	0,15
11-07-2018	11:00	3,28	-1,12	0,74	1,08	-4,4	-2,54	-2,2	1,86	2,2	0,34
11-07-2019	11:00	3,88	-1,44	1,1	1,72	-5,32	-2,78	-2,16	2,54	3,16	0,62
	17:00	1,41	0,48	1,85	1,98	-0,92	0,44	0,58	1,36	1,5	0,14
11-07-2020	11:00	3,56	-1,78	0,18	0,88	-5,34	-3,38	-2,69	1,96	2,65	0,69
	16:00	2,24	0,14	0,98	1,25	-2,1	-1,26	-0,99	0,84	1,11	0,27
11-07-2021	11:00	3,66	-0,41	0,43	1,49	-4,07	-3,23	-2,17	0,84	1,9	1,06
	16:00	2	-0,6	1,02	0,72	-2,6	-0,98	-1,28	1,63	1,32	-0,31
11-07-2022	11:00	4,96	-1,32	0,17	1,56	-6,28	-4,79	-3,4	1,49	2,88	1,39
	16:00	2,8	-0,07	0,46	0,9	-2,86	-2,34	-1,89	0,53	0,97	0,44
11-07-2025	11:00	4,3	-0,81	-0,27	1,18	-5,11	-4,57	-3,12	0,54	2	1,45
	16:00	2,8	0,53	1,44	1,96	-2,26	-1,35	-0,83	0,91	1,43	0,52
11-07-2026	11:00	5,08	-1,41	-0,61	0,56	-6,49	-5,69	-4,52	0,8	1,97	1,17
	16:00	3,73	0,13	1,8	2,12	-3,6	-1,93	-1,6	1,67	1,99	0,32
11-07-2027	11:00	4,41	-2,35	-0,65	-0,04	-6,75	-5,06	-4,44	1,7	2,31	0,61
	16:00	3,61	0,69	2,13	2,59	-2,92	-1,48	-1,02	1,44	1,9	0,45
11-07-2028	11:00	4,35	-2,17	-0,22	1,11	-6,52	-4,56	-3,24	1,95	3,28	1,32
	17:00	2,9	0,4	1,83	1,76	-2,5	-1,07	-1,13	1,43	1,37	-0,07
11-07-2029	11:00	2,32	-1,59	-1,63	-0,6	-3,91	-3,96	-2,92	-0,05	0,99	1,04
	16:00	1,08	-1,24	-0,38	-0,14	-2,32	-1,46	-1,22	0,86	1,1	0,24
11-08-2003	12:00	4,59	-0,45	1,06	2,19	-5,03	-3,52	-2,39	1,51	2,64	1,13
	16:00	3,64	1,55	2,56	2,59	-2,1	-1,09	-1,05	1,01	1,05	0,03
11-08-2004	11:00	2,62	-0,52	0,52	0,97	-3,14	-2,1	-1,66	1,04	1,48	0,45
11-08-2005	11:00	1,77	-0,68	0,87	1	-2,45	-0,9	-0,77	1,55	1,68	0,13
	16:00	2,7	0,69	-0,12	0,96	-2,02	-2,83	-1,75	-0,81	0,27	1,08
11-08-2008	12:00	4,26	-0,16	0,76	1,62	-4,42	-3,5	-2,63	0,92	1,79	0,86
	17:00	2,31	-0,79	0,48	0,96	-3,1	-1,82	-1,35	1,27	1,75	0,48
11-08-2009	11:00	3,67	-0,94	-0,95	-0,22	-4,61	-4,62	-3,89	-0,01	0,72	0,73
	16:00	2,62	-0,38	1,53	1,41	-3	-1,09	-1,21	1,91	1,79	-0,12
11-08-2010	12:00	4,59	-0,78	-0,78	0,08	-5,37	-5,38	-4,51	-0,01	0,86	0,86
	16:00	3,76	-0,14	0,75	1,49	-3,9	-3,02	-2,27	0,88	1,63	0,74
11-08-2011	12:00	3,59	-0,78	-0,2	0,74	-4,37	-3,79	-2,85	0,59	1,52	0,94
	17:00	5,1	0,73	2,66	3,18	-4,38	-2,44	-1,92	1,94	2,46	0,52
11-08-2012	11:00	4,96	-0,46	0,48	1,28	-5,42	-4,48	-3,68	0,94	1,74	0,8
	17:00	3,31	1,04	3,52	3,93	-2,27	0,21	0,62	2,48	2,89	0,41
11-09-2005	11:00	4,32	-0,68	0,11	1,07	-5	-4,21	-3,25	0,79	1,75	0,96
	16:00	2,31	-0,1	1,15	1,55	-2,4	-1,16	-0,76	1,24	1,65	0,4
11-09-2006	11:00	5,52	-0,57	-0,79	1,06	-6,09	-6,31	-4,45	-0,22	1,63	1,86
	16:00	3,71	-0,07	1,29	1,72	-3,77	-2,41	-1,98	1,36	1,79	0,43
11-09-2007	11:00	5,17	-0,29	-0,02	1,15	-5,46	-5,19	-4,01	0,27	1,44	1,17
	18:00	0,85	0,76	2,64	2,16	-0,09	1,79	1,31	1,87	1,4	-0,47
11-09-2008	11:00	2,57	-1,44	-1,4	-0,17	-4,02	-3,98	-2,74	0,04	1,28	1,24
	17:00	3,76	0,31	1,74	2,11	-3,45	-2,01	-1,65	1,43	1,8	0,37
11-09-2029	12:00	3,85	-0,51	0,9	-0,92	-4,36	-2,95	-4,77	1,41	-0,41	-1,82
	16:00	2,75	-1,42	-0,29	-0,18	-4,17	-3,04	-2,93	1,13	1,24	0,11
11-10-2003	12:00	4,39	-0,46	0,13	0,35	-4,84	-4,26	-4,03	0,58	0,81	0,23
	16:00	3,42	1,1	1,61	1,29	-2,32	-1,81	-2,13	0,51	0,19	-0,31
11-10-2006	11:00	3,33	-0,63	-0,21	0,57	-3,96	-3,54	-2,76	0,42	1,19	0,78
	16:00	1,39	0,28	1,33	1,19	-1,11	-0,06	-0,2	1,05	0,91	-0,14
11-10-2013	11:00	2,67	-2,33	-3,47	-1,78	-5	-6,14	-4,44	-1,14	0,55	1,69
	17:00	1,27	-0,29	1,91	0,45	-1,56	0,64	-0,82	2,2	0,74	-1,46
11-10-2014	12:00	2,13	-2,93	-3,56	-2,58	-5,06	-5,69	-4,71	-0,64	0,35	0,99
	17:00	1,2	-2,13	-0,51	-1,33	-3,33	-1,71	-2,53	1,62	0,8	-0,82

PR – Pedras Rubras; SJB – S. João de Brito; MSF – Média dos 7 sensores fixos e permanentes de Serralves; P1- Percurso 1- e P2 – Percurso 2 – de monitorização itinerante.

Tabela AD 1: Diferença entre as temperaturas do ar registadas nas diferentes “estações” nos momentos das monitorizações nos Jardins de Serralves.

<b>Diferença entre a temperatura do ar registada nas diferentes estações climáticas no momento das monitorizações itinerantes (manhãs e tardes) no período de 16 de Julho a 14 de Outubro de 2011</b>										
<b>Parâmetros estatísticos da diferença da temperatura entre as estações</b>	SJB - PR	MFS - PR	P1 - PR	P2 - PR	MFS - SJB	P1 - SJB	P2 - SJB	P1 - MFS	P2 - MFS	P2 - P1
<b>Média*</b>	<b>3,26</b>	<b>-0,51</b>	<b>0,52</b>	<b>1,02</b>	<b>-3,77</b>	<b>-2,73</b>	<b>-2,24</b>	<b>1,03</b>	<b>1,53</b>	<b>0,49</b>
<b>Máxima</b>	5,52	1,55	3,52	3,93	-0,09	1,79	1,31	2,54	3,28	1,86
<b>Mínima</b>	0,85	-2,93	-3,56	-2,58	-6,75	-6,31	-4,77	-1,14	-0,41	-1,82
<b>Máxima - Mínima</b>	4,67	4,47	7,08	6,51	6,67	8,09	6,08	3,68	3,69	3,68
<b>Desvio Padrão</b>	1,18	0,96	1,36	1,17	1,55	1,87	1,46	0,8	0,75	0,69
<b>CV (%) da diferença</b>	36,3	-188,6	259,39	114,81	-41,24	-	-	76,88	49,21	141,07

**Estações climáticas - registo de temperatura do ar (nomeadamente):**  
**SJB – S. João de Brito | PR – Pedras Rubras | MFS – Média Sensores Fixos (Serralves) | Prc1 – Percurso 1 (Serralves) | Prc2 – Percurso 2 (Serralves)**  
**\* Figura AD1**

Tabela AD 2: Parâmetros estatísticos da diferença entre as temperaturas do ar registadas nas diferentes “estações” de registo no momento (manhãs e tardes) das monitorizações itinerantes nos Jardins de Serralves.

<b>Variação da temperatura do ar registada nas diferentes estações climáticas no momento das medições itinerantes (manhãs) no período de 16 de Julho a 14 de Outubro de 2011</b>										
<b>Parâmetros estatísticos (Diferença da Temperatura)</b>	SJB - PR	MFS - PR	P1 - PR	P2 - PR	MFS - SJB	P1 - SJB	Pr2 - SJB	P1 - MFS	P2 - MFS	P2 - P1
<b>Média*</b>	<b>3,84</b>	<b>-1,07</b>	<b>-0,27</b>	<b>0,57</b>	<b>-4,92</b>	<b>-4,12</b>	<b>-3,27</b>	<b>0,8</b>	<b>1,64</b>	<b>0,84</b>
<b>Máxima</b>	5,52	-0,16	1,1	2,19	-2,45	-0,9	-0,77	2,54	3,28	1,86
<b>Mínima</b>	1,77	-2,93	-3,56	-2,58	-6,75	-6,31	-4,77	-1,14	-0,41	-1,82
<b>Máxima - Mínima</b>	3,75	2,76	4,66	4,77	4,3	5,41	4,01	3,68	3,69	3,68
<b>Desvio Padrão</b>	1	0,73	1,18	1,08	1,01	1,26	1,04	0,87	0,87	0,67
<b>CV (%) da diferença</b>	26	-67,62	-435,18	190,1	-20,61	-30,63	-31,75	108,35	52,95	80,06

**Estações climáticas - registo de temperatura do ar (nomeadamente):**  
**SJB – S. João de Brito | PR – Pedras Rubras | MFS – Média Sensores Fixos (Serralves) | Prc1 – Percurso 1 (Serralves) | Prc2 – Percurso 2 (Serralves)**  
**\* Figura 30**

Tabela AD 3: Parâmetros estatísticos da diferença entre as temperaturas do ar registadas nas diferentes “estações” de registo no momento (manhãs) das monitorizações itinerantes nos Jardins de Serralves.



O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

Variação da temperatura do ar registada nas diferentes estações climáticas no momento das medições itinerantes (tardes) no período de 16 de Julho a 14 de Outubro de 2011										
Parâmetros estatísticos (Diferença da Temperatura)	SJB - PR	MFS -PR	P1 - PR	P2 - PR	MFS - SJB	P1 - SJB	P2 - SJB	P1 - MFS	P2 - MFS	P2 - P1
<b>Média*</b>	<b>2,65</b>	<b>0,08</b>	<b>1,35</b>	<b>1,48</b>	<b>-2,57</b>	<b>-1,3</b>	<b>-1,16</b>	<b>1,28</b>	<b>1,41</b>	<b>0,13</b>
<b>Máxima</b>	5,1	1,55	3,52	3,93	-0,09	1,79	1,31	2,48	2,89	1,08
<b>Mínima</b>	0,85	-2,13	-0,51	-1,33	-4,38	-3,04	-2,93	-0,81	0,19	-1,46
<b>Máxima - Mínima</b>	4,25	3,68	4,03	5,26	4,29	4,82	4,24	3,29	2,7	2,54
<b>Desvio Padrão</b>	1,05	0,82	1	1,09	1,02	1,18	0,99	0,64	0,6	0,52
<b>CV (%) da diferença</b>	39,78	1094,29	74,09	73,2	-39,54	-91,09	-84,69	50,26	42,53	393,84

**Estações climáticas - registo de temperatura do ar (nomeadamente):**  
**SJB – S. João de Brito | PR – Pedras Rubras | MFS – Média Sensores Fixos (Serralves) | Prc1 – Percurso 1 | Este – Oeste (Serralves) | Prc2 – Percurso 2 | Norte – Sul (Serralves)**  
 \* Figura 31

Tabela AD 4: Parâmetros estatísticos da diferença entre as temperaturas do ar registadas nas diferentes “estações” de registo no momento (tardes) das monitorizações itinerantes nos Jardins de Serralves.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

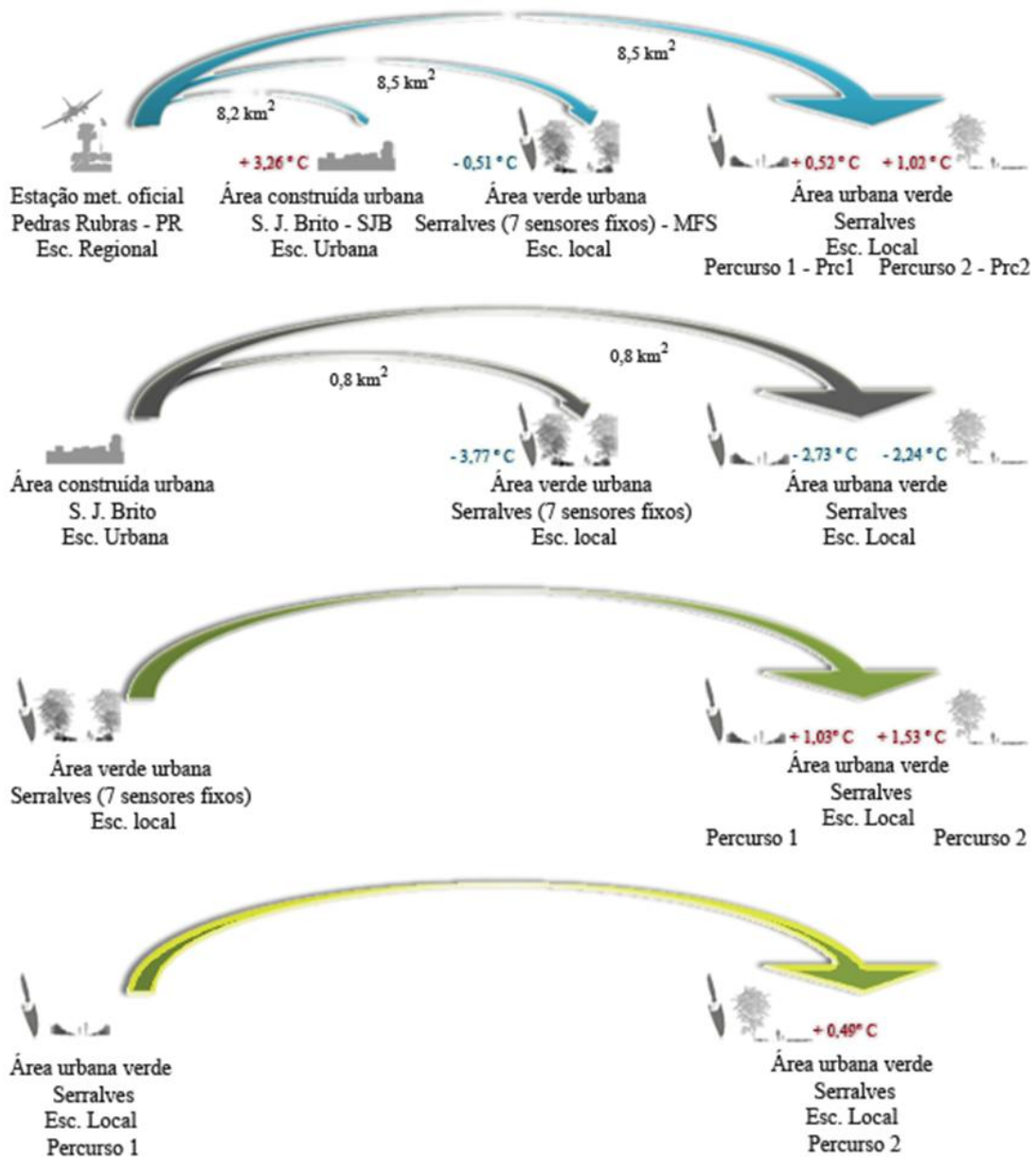


Figura AD 1: Variação média da temperatura do ar registada nas diferentes estações climáticas durante as monitorizações itinerantes efetuadas de manhã e de tarde no momento das monitorizações itinerantes.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

## APÊNDICE E | Cartografia complementar.

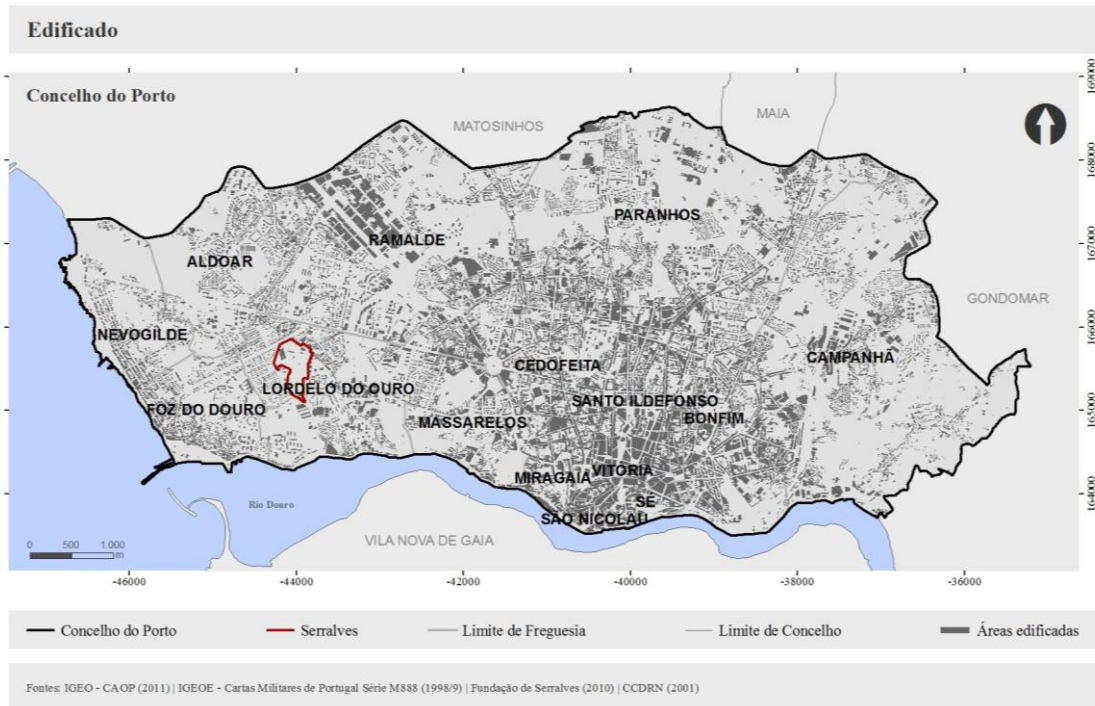


Figura AE 1: Edificado do concelho do Porto.

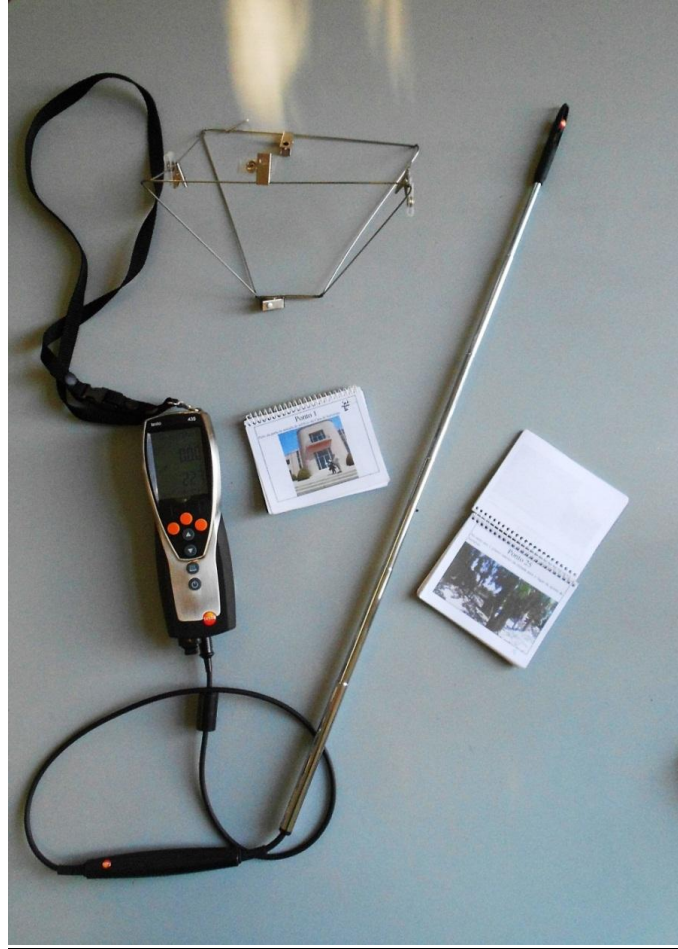
**APÊNDICE F | Características do equipamento de monitorização.**

---

**2 Sensores itinerantes (obtidos com o financiamento de “Projetos Pluridisciplinares 2010”)**

**Temperatura, Humidade Relativa, Velocidade do Vento**

---



---

**Características do equipamento *Testo 435-2***

**Instrumento de medição** multifunção, ventilação e QAI (Qualidade do Ar), com memória.

**Sonda térmica** 0635 1535, 3 funções (%HR / °C / m/s), Ø 12 mm, sonda térmica de velocidade, com medição integrada de temperatura e humidade, Ø 12mm, com punho telescópico (Max. 745mm).

**GAMA:**

-20 a +70°C

0 a 100%HR

0 a +20m/s

---

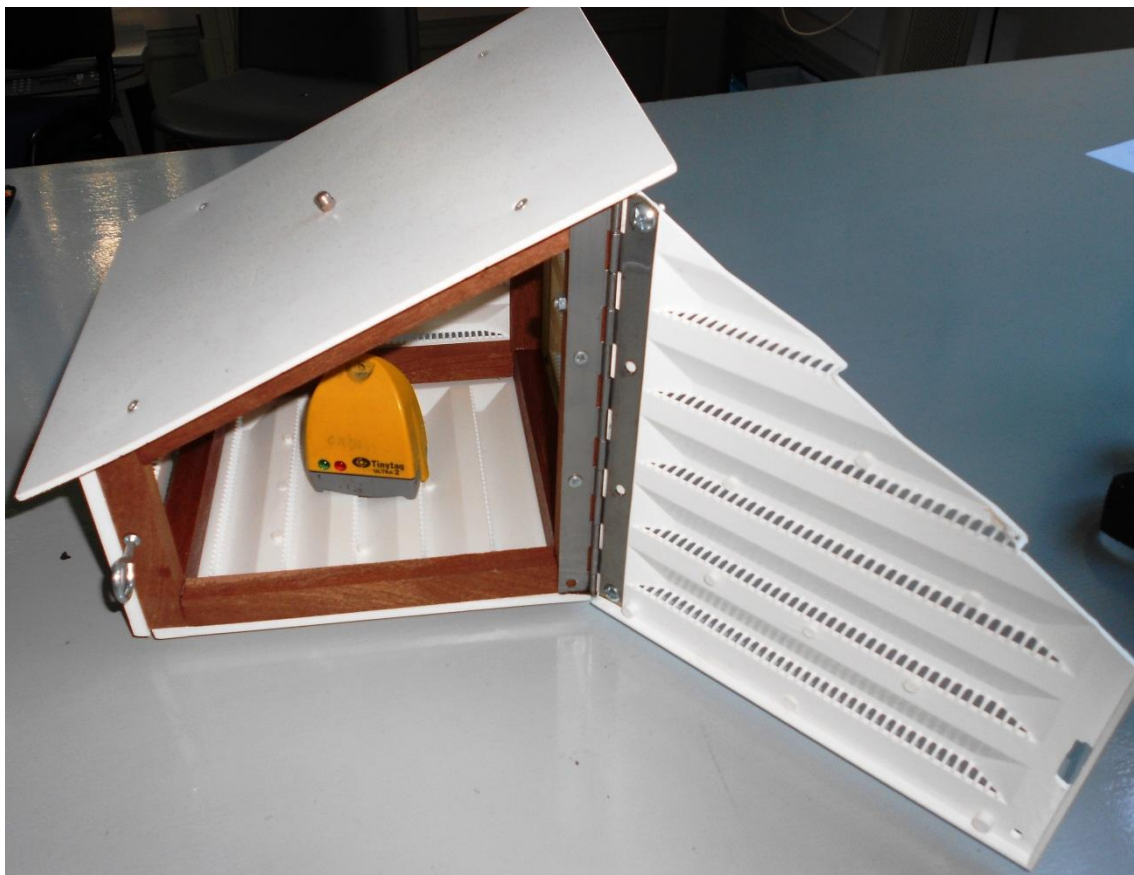
Tabela AF 1: Características do equipamento utilizado nas monitorizações itinerantes.

O efeito dos espaços verdes no conforto bioclimático.  
Os Jardins de Serralves.

---

**7 Sensores fixos (cedidos pelo projeto “Ondas”) em abrigo (7 abrigos)**

**Temperatura, Humidade Relativa**



---

**Características do equipamento** *Tinytag Ultra 2*

**Número de canais**

2

**Precisão**

±0.6°C @ 25 °C

±3% RH @ 25°C

**Alcance de medição:**

-40 → +85 °C

0 → 95% RH

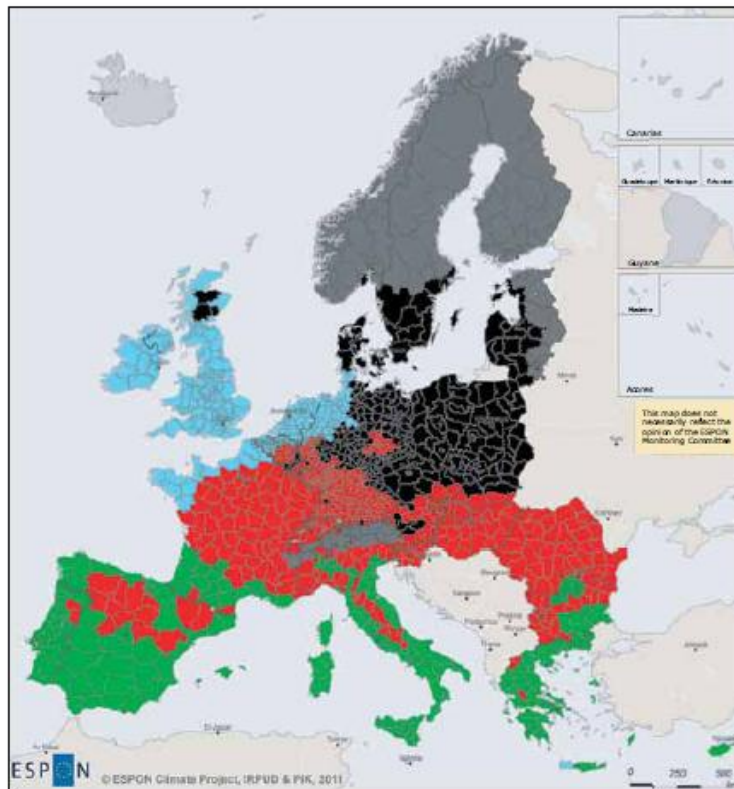
---

Tabela AF 2: Características do equipamento utilizado nas monitorizações fixas e permanentes.

## ANEXOS

### ANEXO 1

**Map 2.1** European regions clustered according to projected climate changes



Cluster/stimuli	Northern-central Europe	Northern-western Europe	Northern Europe	Southern-central Europe	Mediterranean Europe
Change in annual mean temperature	+	+	++	++	++
Decrease in number of frost days	--	-	--	--	-
Change in annual mean number of summer days	+	+	0	++	++
Relative change in annual mean precipitation in winter months	+	+	++	0	-
Relative change in annual mean precipitation in summer months	-	-	0	--	--
Change in annual mean number of days with heavy rainfall	0	+	+	0	-
Relative change in annual mean evaporation	+	0	+	0	-
Change in annual mean number of days with snow cover CDSC	-	0	--	0	0

**Note:** Key: ++ Strong increase; + Increase; 0 Insignificant stimulus for the characterisation of the cluster; - Decrease; -- Strong decrease.

The map is based on a cluster analysis and represents aggregated data. Therefore in some areas a specific climate factor might point in a different or even opposite direction than indicated in the cluster.

**Source:** Greiving et al., 2011; © ESPON, 2013.

Figura An.1: Projeções climáticas para a Europa – 1961-1990 e 2071-2100 (EEA, 2012).