

**A INFRAESTRUTURA VERDE URBANA E OS
SERVIÇOS DE SEQUESTRO E
ARMAZENAMENTO DE CARBONO DA
ESTRUTURA ARBÓREA**

**Contributo para um Planeamento Urbano Sustentável
e Ações de Mitigação e Adaptação às Alterações
Climáticas**

Lourenço Orfão Nunes Portela

**Dissertação
de Mestrado em Urbanismo Sustentável e
Ordenamento do Território**

Agosto, 2021

Resumo

Este trabalho foi elaborado de modo a concluir o Mestrado em Urbanismo Sustentável e Ordenamento do Território, na Faculdade de Ciências Sociais e Humanas e na Nova School of Science and Technology da Universidade Nova de Lisboa. Consiste numa análise sobre três áreas em estudo, em termos de estrutura arbórea e os seus serviços ecológicos, nomeadamente no sequestro e armazenamento de carbono.

Procedeu-se a uma fase de recolha de dados sobre as árvores, para posterior tratamento em software específico. Obtivemos estimativas aproximadas sobre quantidades de carbono absorvido e armazenado, apresentando os respetivos resultados. Após o mencionado, o trabalho de campo começou a concentrar-se na recolha de informação e documentação fotográfica. Isto veio facilitar a transmissão das diferenças em contexto de tese e das próprias ideias a implementar em contexto urbano.

Para terminar, foi efetuada uma estratégia de ação para determinadas ruas, tendo por base exemplos fotográficos de uma cidade alemã na vanguarda do urbanismo sustentável.

Palavras-chave: Infraestrutura Verde Urbana; Planeamento Urbano Sustentável; Estrutura Arbórea; Alterações Climáticas; Biodiversidade; Serviços Ecológicos; Sustentabilidade.

Abstract

This project was designed to complete the Master's Degree in Sustainable Urbanism and Spatial Planning, at the Faculty of Social and Human Sciences and at the Nova School of Science and Technology of Universidade Nova de Lisboa. It consists in an analysis of three areas under study, in terms of tree structure and their ecological services, mainly the ones of carbon sequestration and storage.

A phase of data collection on the trees was carried out, for further processing in specific software. We obtained approximate estimates of the amounts of carbon absorbed and stored, presenting the respective results. After that, the field work began to focus on collecting information and photographic documentation. This facilitated the transmission of differences in the thesis context and the ideas to be implemented in an urban context.

Finally, an action strategy was carried out for certain streets, based on photographic examples of a German city at the forefront of sustainable urbanism.

Keywords: Urban Green Infrastructure; Urban Sustainable Planning; Tree Structure; Climate Change; Biodiversity; Ecological Services; Sustainability.

Sumário

1. Introdução e Objetivos.....	9
2. Metodologia.....	10
3. A Infraestrutura verde urbana.	12
3.1. A IVU como instrumento de planeamento e gestão de base ecológica de áreas urbanas.	15
3.2 Os serviços ecológicos urbanos da IVU.	20
3.3 A estrutura arbórea urbana como IVU fundamental para a sustentabilidade e resiliência urbana.	24
4. Estrutura Arbórea em ambiente urbano.	28
4.1. Conceitos. A utilização de espécies arbóreas em ambiente urbano.....	30
4.2. Características das espécies utilizadas em ambiente urbano. Classificação. Vantagens e desvantagens.	33
4.3. Os serviços ecológicos das estruturas arbóreas. Contributo para o aumento da resiliência urbana às alterações climáticas. O desmantelamento e armazenamento de dióxido de carbono (CO ₂) pelas estruturas arbóreas em contexto urbano.	42
5. O Município de Almada como caso de estudo (aplicação do iTREE ECO). ...	45
6. Resultados – Estratégia de ordenamento de base ecológica com recurso à estrutura arbórea com vista à otimização da capacitação urbana em termos de desmantelamento e armazenamento de dióxido de carbono (CO₂).	51
7. Conclusões.....	86
8. Bibliografia.	88
9. Outras Fontes.....	90

Índice de Figuras

Figura 1 - Quinta do Janeiro, Almada. Área de estudo com menor presença arbórea, delimitada a vermelho. Fonte: Google Maps.....	45
Figura 2 - Complexo Multidesportivo de Almada. Área de estudo como exemplo de urbanismo sustentável, delimitada a vermelho. Fonte: Google Maps.	46
Figura 3 - Herdade da Aroeira. Área de estudo com maior peso em estrutura arbórea, delimitada a vermelho. Fonte: Google Maps.....	47
Figura 4 – Diâmetro das árvores à altura do peito em Quinta do Janeiro. Fonte: iTree Eco.....	48
Figura 5 - Diâmetro das árvores à altura do peito em Complexo Desportivo de Almada. Fonte: iTree Eco.....	49
Figura 6 - Diâmetro das árvores à altura do peito em Herdade da Aroeira. Fonte: iTree Eco.....	49
Figura 7 - Rua Maria Lamas, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.	53
Figura 8– Pfaffenwaldring, Stuttgart. Demonstra harmonia e continuidade para as espécies vegetais. Fonte: Própria.	53
Figura 9 – Cruzamento entre as Ruas General Humberto Delgado e Dom Dinis, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.	54
Figura 10– Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	54
Figura 11 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	55
Figura 12 – Rua Meloas, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.	55
Figura 13 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	56
Figura 14 – Alameda de Guerra Junqueiro, Complexo Desportivo de Almada. Fonte: Própria.....	56
Figura 15 – Rua dos Castanheiros, Complexo Desportivo de Almada. Fonte: Própria.....	57
Figura 16 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	58
Figura 17 - Cruzamento entre as Ruas General Humberto Delgado e Dom Dinis, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.	59
Figura 18 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Carvalho-Alvarinho rodeado de uma área bastante permeável, o que facilita a sua busca por água e nutrientes e contribui para a sua qualidade de vida. Fonte: Própria.	59

Figura 19 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Alternativa prática e viável para os passeios e estacionamento. Fonte: Própria.....	60
Figura 20 – Rua Rainha Santa Isabel, Quinta do Janeiro. Solo totalmente impermeabilizado contribui em grande medida para a escorrência superficial e alagamento das zonas com cotas inferiores. Fonte: Própria.....	60
Figura 21 – Rua Meloas, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.	61
Figura 22 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Alternativas simples e eficazes para passeios e estacionamento. Fonte: Própria.....	62
Figura 23 – Rua General Humberto Delgado, Quinta do Janeiro (sentido norte). Fonte: Própria.....	63
Figura 24 – Rua General Humberto Delgado, Quinta do Janeiro (sentido sul). Fonte: Própria.....	63
Figura 25 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	64
Figura 26 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	65
Figura 27 – Rua Dom Dinis, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.	65
Figura 28 – Stuttgart, Deutschland. Fonte: Própria.	66
Figura 29 – Rua Sete Chaves, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.	66
Figura 30– Rua João de Deus, Quinta do Janeiro. Novamente, a estrutura arbórea existe num espaço pouco adequado, estacionamento cimentado e impermeável. Fonte: Própria.	67
Figura 31 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Estacionamento permeabilizado, estacionamento de bicicletas igualmente contemplado e estrutura arbórea com mais espaço e recursos. Fonte: Própria.....	68
Figura 32 – Pfaffenwaldring, Stuttgart.. Fonte: Própria.	69
Figura 33 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	69
Figura 34 – Rua dos Castanheiros, Complexo Desportivo de Almada. Fonte: Própria.....	69
Figura 35 – Rua dos Castanheiros, Complexo Desportivo de Almada. Fonte: Própria.....	69
Figura 36 – Praceta Infância, Quinta do Janeiro. Mais uma vez, a estrutura arbórea não se encontra num local adequado para desempenhar as suas funções naturais. Fonte: Própria.	71
Figura 37 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Pormenor dos canteiros apresentados previamente. Fonte: Própria.....	72

Figura 38 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	72
Figura 39 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	73
Figura 40 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Exemplo como canteiros podem servir de barreira física entre os passeios e a rodovia. Fonte: Própria.	74
Figura 41 – Rua Meloas, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.	74
Figura 42 – Rua dos Castanheiros, Complexo Desportivo de Almada. Fonte: Própria.....	75
Figura 43 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	76
Figura 44 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	76
Figura 45 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.	76
Figura 46 – Herdade da Aroeira. Exemplar de Acácia em destaque. Fonte: Própria.....	77
Figura 47 – Herdade da Aroeira. Exemplar de Pinheiro-Bravo em destaque. Fonte: Própria.....	77
Figura 48 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Exemplo de superfície verde, onde a existência e permanência de flores. Fonte: Própria.	78
Figura 49 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Pormenor de superfície verde em comunhão com o meio ambiente. Fonte: Própria.....	78
Figura 50 – Stuttgart, Deutschland. Esculturas dentro de uma área verde provida de espécies vegetais com pólen abundante. Fonte: Própria.	79
Figura 51 – Stuttgart, Deutschland. Esculturas que servem de colmeia – apoio aos insetos polinizadores. Fonte: Própria.	80
Figura 52 - Lote "virgem" na Herdade da Aroeira. Fonte: Própria.	81
Figura 53 - Herdade da Aroeira. Contraste entre lote vendido e por vender. Fonte: Própria.....	81
Figura 54 - Herdade da Aroeira. Novo exemplo da má gestão dos proprietários. Fonte: Própria.....	81
Figura 55 - Herdade da Aroeira. Fonte: Própria.	82
Figura 56 - Herdade da Aroeira. Fonte: Própria.	82
Figura 57 - Herdade da Aroeira. "Ilha" de vegetação, cercada por modos de vida insustentável. Fonte: Própria.	82
Figura 58 - Herdade da Aroeira. Fonte: Própria.	82
Figura 59 - Herdade da Aroeira. Dimensões desapropriadas para a rodovia e estacionamento. Fonte: Própria.	83

Figura 60 - Stuttgart, Deutschland. Caminho pedonal e ciclovía a partilhar a mesma estrutura. Corredor verde rodeado de biodiversidade, onde o caminho é adaptado para o crescimento das árvores e respetivas raízes. Fonte: Própria.84

Figura 62 - Pfaffenwaldring, Stuttgart. Área de reserva natural dentro da cidade, nas imediações da Universidade de Stuttgart e de zona residencial. Fonte: Própria..... 85

Figura 61 - Stuttgart, Deutschland. Circuito pedonal e ciclovía segregada das rodovias adjacentes. Exemplo de aproveitamento do espaço público de uma forma sustentável. Fonte: Própria. 85

1. Introdução e Objetivos.

A Infraestrutura verde urbana (IVU) consiste numa estrutura multifuncional, necessária nas cidades, que desempenha serviços ecológicos fundamentais para o desenvolvimento sustentável das dinâmicas e atividades inerentes às metrópoles (como potenciar a biodiversidade, corredores de ventilação urbana, zonas de drenagem e infiltração, sumidouros de carbono atmosférico, entre outros). Esta infraestrutura tem como elemento chave a estrutura arbórea, sendo o conjunto de todas as árvores. A mesma é essencial para proporcionar os mais variados serviços ecológicos, necessários na qualidade de vida dos cidadãos e dos seres vivos presentes no território. A ausência da mesma tem impactos significativos no meio ambiente e na biodiversidade (Herzog, 2013).

Através das alterações climáticas, o “aumento da transmissão e propagação de doenças infecciosas, a redução da quantidade de água potável e de alimentos disponível e a redução da qualidade do ar e da água são alguns exemplos de riscos que irão afetar a população do planeta nas próximas décadas.” (Ferreira *et al.*, 2019). A presença de ecossistemas saudáveis e funcionais, espalhados por toda a superfície terrestre, revela-se como de extrema necessidade no paradigma atual da humanidade.

Os objetivos deste trabalho focam-se na análise da infraestrutura verde e a presença e funcionalidades da estrutura arbórea na mesma, como elemento fulcral e decisivo. Pretende-se demonstrar a importância das árvores em contexto urbano, nomeadamente nos seus serviços de ecossistema (qualidade e humidade atmosférica, suporte para a biodiversidade, captação e armazenamento de carbono, libertação de oxigénio, fixação dos solos, entre outras).

Será apresentado um capítulo sobre IVU, outro sobre a estrutura arbórea e terminarei com um estudo de caso (onde constará uma estratégia de ação para as áreas em questão). O projeto principal está relacionado com a estrutura arbórea e os serviços de ecossistema de sequestro e armazenamento de dióxido de carbono (gás de efeito estufa – GEE – presente em grandes quantidades na atmosfera e associado às mudanças climáticas que temos vindo a assistir) (Ferreira *et al.*, 2019).

2. Metodologia.

A realização deste trabalho consiste em dois pontos principais: revisão de literatura e a elaboração de uma estratégia de ação para três áreas de intervenção previamente determinadas, duas delas localizadas na cidade de Almada e outra na Herdade da Aroeira no Município de Almada.

Na revisão de literatura é demonstrado um enfoque predominantemente conceptual, onde é explicitado o significado de diversos conceitos chave neste trabalho. São analisadas a infraestrutura verde urbana e o papel da estrutura arbórea como elemento fulcral da mesma, sobre a posição de alguns autores especialistas nas respetivas temáticas. Além disso, identificámos e detalhámos alguns elementos da flora autóctone, de modo a sugerir eventuais aplicações em meio urbano e propor a sua disseminação como símbolo da proteção e conservação dos recursos naturais endógenos.

Seguidamente, procedemos à delimitação de áreas de intervenção. Foram levadas a cabo saídas de campo para recolher dados sobre os locais e sobre as suas respetivas estruturas arbóreas. De forma a obter uma amostra representativa, as três áreas foram escolhidas tendo em conta a existência e disponibilidade de árvores por hectare, assim como a condição em que as mesmas se encontram.

Os dados adquiridos correspondem ao nome científico das espécies existentes, distinção entre zonas urbanas e rurais, identificação das espécies plantadas e daquelas que nasceram no local, daquelas que se encontram diretamente nas ruas ou em locais mais protegidos, verificação do diâmetro de cada árvore à altura do peito, a percentagem sobre o seu estado de conservação (10% muito mau, 90% muito bom), altura aproximada de cada espécie, altura até ao início da copa, diâmetro da copa, percentagem de copa que falta, número de lados com iluminação direta e separação entre públicas e privadas. Esses dados são inseridos no software “iTree Eco”, de modo a estimar quantidades de dióxido de carbono retido, carbono armazenado e oxigénio libertado, entre outras informações menos relevantes para o estudo.

A decisão por este software específico encontra-se no facto de que o mesmo constitui uma mais-valia em pesquisas deste teor. Após a recolha dos dados em cima indicados, o programa elabora relatórios completos sobre imensos indicadores referentes à estrutura arbórea dos sítios em análise. Esses dados revelam-se como de máxima utilidade,

nomeadamente ao efetuar comparações quantitativas ou qualitativas sobre determinadas áreas. É importante destacar que a escolha e delimitação das áreas teve em consideração o facto de não existir equipamento especializado e equipa de trabalho para efetuar as medições e recolher os dados necessários à elaboração do projeto. Assim sendo, existe a possibilidade de comparação entre duas áreas com dimensões idênticas, enquanto a terceira apresenta mais hectares (devido à presença de infraestruturas). Por conseguinte, a área que abrange mais hectares serve somente para uma análise qualitativa. Corresponde a uma localização urbana, com presença abundante de estrutura arbórea.

Após a interpretação dos dados obtidos, foi elaborada uma estratégia de ação para a área, tendo em conta a adaptação às alterações climáticas, o contexto urbano em questão e a continuidade, longevidade e qualidade de vida da estrutura arbórea. De maneira a facilitar a troca de ideias, utilizámos imagens captadas em locais considerados como urbanismo sustentável (nomeadamente em Stuttgart, Alemanha). Subdividimos a estratégia por cada área analisada e anexam-se imagens relativas ao antes e depois de certos troços e ruas com as respetivas justificações. Além do mencionado, destacámos igualmente três tópicos predominantes para garantir a qualidade de vida e continuidade das espécies arbóreas destinadas a meios urbanos. Todos são devidamente explicados e são demonstradas formas de aplicação das ideias em espaço urbano, através de teoria e documentação fotográfica.

Por fim, as conclusões são apresentadas no capítulo próprio, são efetuadas algumas reflexões sobre a temática, verificadas perspetivas para o futuro e daremos por finalizado o projeto.

3. A Infraestrutura verde urbana.

A IVU consiste no conjunto de espaços verdes, corredores verdes e estrutura azul existentes nas cidades. Ao interligar os mesmos conseguimos formar uma infraestrutura que garante o bom funcionamento dos ecossistemas nas metrópoles. Esta desempenha uma multitude de funções, desde aproximar gerações diferentes até à amenização do clima. Segundo Herzog e Rosa (2010), a “infraestrutura verde consiste em redes multifuncionais de fragmentos permeáveis e vegetados, preferencialmente arborizados (inclui ruas e propriedades públicas e privadas), interconectados que reestruturam o mosaico da paisagem.”.

Segundo Benini (2015), a “infraestrutura verde esta sendo apresentada como uma nova possibilidade técnica e ecológica, que agrega aos espaços públicos os valores da multifuncionalidade, contribuindo assim para a qualidade ambiental em cidades.”.

“De acordo com as Nações Unidas (2014), atualmente mais de 50% da população global reside em cidades, e é provável que esse valor atinja 66% em 2050, conduzindo a um aumento das megacidades no planeta. Devido à sua dimensão, os centros urbanos concentram um grande número de organizações, empresas e escolas, sendo, deste modo, grandes vetores de conhecimento, desenvolvimento e demais oportunidades do ponto de vista socioeconómico, demográfico, cultural e político.” (Ferreira *et al.*, 2019). Deste modo, conseguimos compreender a enorme relevância que as cidades representam para a humanidade, principalmente nos tempos que decorrem. No entanto, existem também algumas consequências negativas da urbanização, especialmente quando a mesma não é objeto de ação de um planeamento devidamente estruturado e organizado.

“Apesar das oportunidades que as cidades oferecem, a crescente urbanização conduz a mudanças drásticas no uso do solo e a impactes na qualidade do ar e da água, alterações no clima e perda da biodiversidade... que se estendem a escalas locais e regionais...” (Ferreira *et al.*, 2019). Estes são apenas alguns dos prejuízos provenientes da falta de uma infraestrutura verde, consolidada com a malha urbana envolvente e todas as suas vias ecológicas e artificiais.

De acordo com Vasconcellos (2015), “o planeamento de uma rede de infraestrutura verde pode ser um instrumento eficaz não só de prevenção às tragédias decorrentes dos desastres naturais e de diminuição dos riscos à população, como também ao

favorecimento da melhoria da qualidade da paisagem natural e de conservação do meio ambiente.”.

As infraestruturas verdes apresentam um variado leque de benefícios a todos os níveis. Tanto nos países desenvolvidos como naqueles em vias de desenvolvimento, a adoção de uma economia baseada na sustentabilidade e na circularidade da Natureza revela-se como de grande relevância no contexto científico e civilizacional da atualidade. Na verdade, todos os seres vivos provêm da Natureza, precisam dela durante todos os dias das suas vidas e para lá voltam após a sua morte. A comunhão das atividades socioeconómicas com as dinâmicas naturais dos territórios constitui uma mais valia para o bom desenvolvimento das mesmas. Segundo Ferreira (2010), em Portugal “a infraestrutura verde é designada por Estrutura Ecológica (EE) da paisagem ou do território”. Além disso, define-a como “uma rede de áreas naturais e áreas abertas (*open spaces*) fundamentais para o funcionamento ecológico do território, contribuindo para a preservação dos ecossistemas naturais, da vida selvagem, para a qualidade do ar e da água e para a qualidade de vida dos cidadãos.” (Ferreira *et al.*, 2010).

De acordo com Martin (2011), “The ecosystem services results demonstrate how important and necessary naturalized and protected areas are in our urban environments and how small areas can have large impacts, because they may contain more trees on a unit area basis, which are typically larger and in better condition due to less disturbance.”. Esta afirmação é muito pertinente no paradigma atual, onde os valores ecológicos e naturais foram esquecidos ou ignorados coletivamente. As cidades são erguidas com pouco cuidado ou atenção especial aos ecossistemas que ocupavam as áreas previamente.

“*The soil, plants and air are in constant interaction.*” (Holzer, 2012). O solo, plantas e ar estão em constante interação. Esta noção é muito importante para uma abordagem holística sobre os vários territórios e ecossistemas do planeta. Independentemente da disponibilidade de água, oxigénio, húmus, entre outras, todos os tecidos vivos no planeta estão em permanente contacto e a própria vida depende disso.

Como menciona Herzog em 2013, a infraestrutura verde procura fechar os ciclos ambientais, sociais e económicos de forma circular, nomeadamente “na produção local de energia, de alimentos e do aproveitamento e transformação dos resíduos sempre que possível”.

“Vivemos encaixotados, com climatização permanente, para termos todo o conforto e segurança. Acordamos em uma caixa de concreto, circulamos em outra caixa de metal – muitas vezes, blindada –, trabalhamos em mais uma caixa de concreto e vidro, nos divertimos em caixas de variados tamanhos e materiais, viajamos em caixas de metal movidas a motor de combustão ou a jato.” (Herzog, 2013)

O ambiente presente na nossa envolvência é determinante para a nossa qualidade de vida. A falta de espaços verdes livres e um ecossistema saudável e harmonioso refletem-se diretamente na ocorrência das mais variadas doenças e problemas mentais e físicos (Wohlleben, 2016).

A infraestrutura verde urbana, desenhada em conformidade com as especificidades de cada território, desempenha funções predominantemente ecológicas e sociais. As funções ecológicas traduzem-se na promoção da biodiversidade, formação e interligação de habitats (proporcionando a mobilidade de diferentes espécies), filtragem natural das águas e do ar atmosférico (através do desmantelamento e sequestro de dióxido de carbono e da fixação de poeiras), regularização de ventos, assim como de amplitudes térmicas e luminosidade atmosférica, e estimulação da circulação e infiltração das águas pluviais. Por fim, as funções sociais refletem-se no fornecimento de espaços livres de convívio e lazer, contribuição para abastecimento alimentar (a partir de hortas comunitárias), sensação de bem-estar ao ar livre (melhoria na qualidade do ar e conforto térmico), preservação do património histórico e cultural, manutenção da qualidade estética da paisagem e garantia de um controlo superior sobre a ocorrência de fatores de risco (Ferreira *et al.*, 2010).

De acordo com o mesmo autor, a infraestrutura verde pode ser subdividida em quatro principais e inclusive disponibilizar serviços ecológicos associados a:

- Infraestrutura verde (produção de biomassa, proteção da fauna e flora);
- Infraestrutura azul (correspondente ao ciclo e circulação da água);
- Infraestrutura de mobilidade sustentável (suave ou não motorizada);

- Infraestrutura cultural (paisagem e características da memória coletiva).

Os dois primeiros pontos estão associados a serviços predominantemente ecológicos, enquanto os dois segundos pontos correspondem a funções essencialmente derivadas da atividade humana.

Para uma abordagem mais simplificada e integrada, propõe-se a divisão da Estrutura Ecológica em fundamental e complementar. Na fundamental constam todos os elementos essenciais para o normal funcionamento dos ecossistemas e habitats naturais. Correspondem a elementos fundamentais para a convivência das diferentes espécies em meios urbanos e não urbanos. A Estrutura Ecológica Complementar integra as componentes que se constituem como bastante importantes, mas não determinantes para que os serviços ecológicos sejam consagrados e devidamente efetuados (caso da mobilidade suave, componente cultural, corpos de água artificiais, salinas, áreas verdes urbanas, entre outras) (Ferreira, 2010).

“There should not be a single flat roof in this world that does not have something growing on it. Just place some containers on the roof or a terrace and plant vegetables, herbs or flowers in it. You can also grow mushrooms in the middle of a city. Collect rainwater, it is free.” (Holzer, 2012)

3.1. A IVU como instrumento de planeamento e gestão de base ecológica de áreas urbanas.

As políticas de uso e classificação do solo devem contribuir para mitigar os impactos negativos das cidades no meio ambiente e potenciar efeitos positivos no território. Em termos mundiais, as cidades constituem aglomerações que albergam mais de metade das pessoas no planeta. Desta forma, torna-se crucial a adoção de medidas de proteção dos tecidos vivos e que potenciem os meios urbanos como pólos dinamizadores a nível social, económico e ambiental.

“Não podemos tentar resolver problemas urgentes usando as mesmas técnicas e conceitos que nos levaram a eles.” (Herzog, 2013). Isto é, a ausência de infraestrutura verde consolidada e a insistência em métodos de “business as usual” em centros

urbanos (e não só) contribuíram para o aumento de diversos cenários e acontecimentos negativos, como: deslizamento de terras nas vertentes, erosão acelerada, baixa fertilidade e elevado nível de contaminação do solo, fraca qualidade das águas e do ar atmosférico, perda de biodiversidade, aumento de pragas e pestes, incremento exponencial da poluição e de resíduos, maior ocorrência de cheias e inundações (derivadas de uma enorme impermeabilização dos solos), entre outras. “A estrutura ecológica de uma cidade é um dos seus elementos mais importantes, devido ao seu múltiplo papel no equilíbrio urbano, proporcionando não apenas benefícios ecológicos (e ambientais), como também serviços sociais e económicos, domínios que constituem os três pilares da sustentabilidade.” (XII Colóquio Ibérico de Geografia – 2010).

De acordo com Herzog (2013), a sustentabilidade da paisagem só se pode atingir com a implantação e expansão de corredores verdes e azuis. Estes são interligações que restabelecem os fluxos da água e da biodiversidade vegetal e animal no território. Podem ser observados nos rios e canais renaturalizados e em ruas densamente arborizadas (onde seja apresentada uma abundância em termos de plantas e solos permeáveis).

“Capitalism rests on keeping the knowledge about water secret... once we have fresh water in abundance, food production becomes so cheap that speculating with it is rendered useless.” (Viktor Schauburger in Holzer, 2012)

A água é um tema central na nossa sociedade. A vida no planeta só existe porque a água se encontra presente em três estados distintos (líquido, gasoso e sólido) em permanente mutação. Embora a maior parte dela se encontre no oceano ou nos glaciares, os humanos dependem de uma ínfima percentagem de água doce e potável presente à superfície, lençóis de água ou aquíferos subterrâneos. Não obstante, as dinâmicas e atividades efetuadas pela humanidade não têm feito nada a não ser prejudicar e comprometer o volume deste recurso disponível para consumo. Deste modo, surge a necessidade de tomar medidas em meios urbanos para ser possível o maior aproveitamento possível das águas da precipitação, contribuindo para recarregar os

lençóis freáticos e os aquíferos existentes. Segundo Cormier e Pellegrino (2008), a solução para esta questão centra-se na implantação de jardins de chuva e canteiros pluviais. Estes vão acumulando e infiltrando toda a água proveniente da escorrência superficial (telhados, ruas) e permitem a otimização no aproveitamento hídrico das cidades.

Atualmente (2020), Portugal sofre de uma crise ambiental relacionada com o avanço das áreas desérticas no território, nomeadamente no sul (Algarve e Alentejo). Aliado à falta de ação e incentivos financeiros absurdos, este fenómeno é mais intenso quanto mais distante nos afastamos da costa atlântica (influência dos ventos oceânicos com presença de imensa humidade) em direção ao interior da península (ventos secos e continentais). Este cenário tende a agravar ano após ano, uma vez que o balanço hídrico não é atingido: quanto menos cobertura vegetal e água presente, maior será o efeito de seca verificado.

De forma a disponibilizar água pela superfície de uma maneira homogénea (enchendo novamente aquíferos e linhas de água subterrâneas), propõe-se a implementação de uma paisagem baseada na abundância de água e biodiversidade, sobre a forma de bacias de retenção. Estas permitem a infiltração de água nas zonas onde estão inseridas e impedem a escorrência superficial (que retira os sedimentos finos e superficiais, essenciais para que as raízes se fixem no solo). As bacias de retenção espalhadas pelo país deverão ser interligadas, tendo em conta as curvas de nível, de modo a promover o livre movimento das águas (garantindo a sua oxigenação evitando a putrefação).

“Water retention spaces to collect rainwater need to be created along the contour lines. Lakes and ponds restore the hydrological balance and protect towns and cities from fire. A healthy tree in full simply sap does not burn. (...) If a fire starts somewhere nearby, a lake is there to extinguish it.” (Holzer, 2012)

Segundo Holzer (2012), apenas o solo que se encontra fresco consegue absorver a precipitação, na medida em que um solo quente impede a água de penetrar devidamente e fomenta a escorrência superficial. Com isto, é possível entender o ciclo “vicioso” em

torno da paisagem: quanto mais cobertura vegetal, maior evapotranspiração (água na atmosfera – humidade); quanto mais humidade e proteção da radiação solar, mais fresca se encontra a atmosfera e o solo; quanto mais fresco o solo, maior infiltração irá ocorrer.

“A retention space distributes the water to the whole surroundings, decentralised... Every human being needs to contribute to save the environment and not destroy it. We should take down these huge dams and build decentralised and connected retention spaces of varying sizes instead.” (Holzer, 2012)

Para prevenir cheias e inundações surge a necessidade de restaurar o balanço hidrológico. Ao devolver à terra a habilidade de armazenar água e permitirmos a sua livre circulação subterrânea e superficialmente, estamos a devolver à natureza aquilo que ela mais precisa (Holzer, 2012). Isto reflete-se imediatamente na ocorrência e frequência de cheias e inundações, processos de desertificação e fogos florestais.

Segundo Ferreira *et al.* (2010), a implantação de uma rede de corredores verdes baseada na estrutura ecológica constitui uma medida essencial para a requalificação ambiental em áreas urbanas e para a definição de uma Estrutura Ecológica Urbana. Defende que o planeamento ambiental deverá coordenar as atividades humanas, “no sentido de reconhecer, conservar e promover elementos naturais e culturais que, por terem características únicas, deverão ser sujeitos a um ordenamento e planeamento ambientalmente sustentáveis, contribuindo desta forma para a qualidade de vida dos habitantes.” Desta forma, a infraestrutura verde demonstra uma vertente organizacional e planeadora, na medida em que garante uma boa gestão do território e apresenta uma visão holística sobre os recursos e a biodiversidade.

“A Estrutura Ecológica num determinado território reconhece os sistemas ecológicos fundamentais com vista à implementação sustentável da estrutura edificada.” (Ferreira *et al.*, 2010). Este ponto revela-se como central em contextos urbanos, onde os diversos interesses particulares tendem em sobrepor-se aos interesses coletivos. Perante este fator, surge a necessidade de adotar políticas e métodos idóneos tendo em conta a

dimensão dos problemas. De acordo com Meneguetti (2007), uma Estrutura Ecológica bem estruturada e funcional é fundamental para uma cidade resiliente e equitativa.

Existem disfunções territoriais imensas, grande parte devido à falta de conhecimento específico e científico sobre as várias áreas a intervir. A natureza é parte integrante e indispensável de qualquer território que nos rodeia, sendo por isso não só necessário o estudo e pesquisa, mas também a consciência da total dependência sobre a sociedade. Assim sendo, a IVU “deverá constituir um instrumento de planeamento ambiental e de ordenamento do território que oriente a ocupação e transformação antrópica do território” e a Estrutura Ecológica (EE) “constituir-se como um modelo de ocupação do território” (Ferreira *et al.*, 2010). Os espaços biodiversos “podem constituir um reforço para a estrutura ecológica urbana, em complemento aos espaços verdes das cidades, valorizando e conservando a biodiversidade, promovendo a resiliência urbana e mitigando riscos.” (Soares *et al.*, 2019).

O processo de ordenamento, gestão e planeamento do território deve ter por base a conservação, proteção e inclusão de todos os elementos biofísicos, paisagísticos, sociais e culturais. Desta maneira, a EE de um determinado lugar reconhece os sistemas e serviços ecológicos predominantes, visando a implementação sustentável da infraestrutura cinza (vias de comunicação, edifícios para a diversas funções urbanas, estruturas artificiais). (Ferreira, 2010). A IVU é essencial para formar a ponte entre as áreas naturais e as aglomerações urbanas, promovendo o fluxo natural das águas, ventos e biodiversidade, enquanto protege e fomenta a fertilidade e qualidade dos solos simultaneamente.

É também sublinhada a necessidade de uma inovação conceitual, em termos do condicionamento à edificação. O seu objetivo seria clarificar os critérios a ter em consideração relativamente à aptidão dos solos e a funções urbanas e não urbanas, uma vez que a edificação desregrada representa um dos maiores impactos a registar nas cidades.

“Em resumo, no âmbito dos processos de Planeamento Ambiental em meio urbano poderemos de uma forma “simples” entender a Estrutura Ecológica como um Instrumento de Ordenamento do Território

essencial para a realização dos Planos de urbanização, enquanto a rede de Corredores Verdes deve ser entendida como uma “infra-estrutura verde”, que integra o modelo de ordenamento.” (Ferreira, 2010)

Ferreira (2010) defende que a EE, enquanto instrumento, demonstra um carácter propositivo (ao visar a reposição dos sistemas naturais), um carácter regulador (protegendo e beneficiando os sistemas) e um carácter escalar (integrando-se na plenitude dos âmbitos dos Instrumentos de Gestão Territorial). Além disso, a IVU “reconhece os sistemas ecológicos fundamentais e orientadores de uma implementação sustentável da estrutura edificada de forma a promover a biodiversidade em ambiente urbano”.

3.2 Os serviços ecológicos urbanos da IVU.

Segundo uma participação parlamentar (elaborada por vários técnicos especializados na matéria), a infraestrutura verde é essencial para garantir vias de continuidade em áreas artificiais urbanas, dispondo locais de abrigo, alimentação e nidificação para inúmeros animais, incluindo insetos e aves polinizadoras. Além do mencionado, a folhagem das árvores, arbustos e outros tipos de vegetação proporcionam nutrientes e matéria orgânica indispensáveis ao solo. Isto permite a existência de um solo vivo, onde troncos e ramos albergam comunidades de musgos e líquenes (espécies pioneiras). As copas das árvores são de extrema importância para desempenhar os serviços ecológicos de filtro das partículas em suspensão na atmosfera e constituir habitats para a biodiversidade. Esses serviços sofrem uma redução quando são efetuados danos nas copas (poda excessiva, nomeadamente) (5).

“As cidades estão sujeitas a impactos frequentes que interferem em seu funcionamento – tempestades, secas, epidemias, são alguns exemplos. Para enfrentar os desafios, é preciso construir cidades resilientes para que sejam sustentáveis no longo prazo.” (Herzog, 2013)

Contudo, “estão sendo eliminados os ecossistemas naturais que infiltram, detêm, retêm e filtram as águas, além de protegerem de erosão as margens de corpos d’água para evitar o seu assoreamento e degradação.” (Herzog, 2013). O processo de urbanização sem limites traduz-se na mudança da direção e posicionamento de cursos de água, a drenagem inconsciente de pântanos e zonas húmidas (importantes núcleos de sequestro e armazenamento de dióxido de carbono – CO₂), mudanças na frequência e características dos ventos, perda de ecossistemas, biodiversidade e solos férteis, entre outras.

Segundo Benini (2015), os serviços ecológicos urbanos da IVU consistem em “promover a infiltração, detenção e retenção das águas das chuvas no local, evitando o escoamento superficial; filtrar as águas de escoamento superficial nos primeiros 10 minutos da chuva, provenientes de calçadas e vias pavimentadas contaminadas por resíduos de óleo, borracha de pneu e partículas de poluição; criar habitat e conectividade para a biodiversidade; amenizar as temperaturas internas em edificações e mitigar as ilhas de calor; promover a circulação de pedestres e bicicletas em ambientes sombreados, agradáveis e seguros; diminuir a velocidade dos veículos; conter encostas e margens de cursos d’água para evitar deslizamentos e assoreamento.”.

Song *et al.* (2020), afirmam que os espaços verdes regulam o microclima regional através do sombreamento, evapotranspiração, troca de movimentos de ar (quentes e frios) e controlo da velocidade do vento. Desta forma, mitigam os fenómenos de ilha de calor à escala urbana. De acordo com os mesmos autores, a vegetação nos espaços verdes interceta a precipitação, reduz a escorrência superficial, promove a infiltração da mesma no solo e, assim, limita a ocorrência de inundações e diminui os custos e riscos associados à manutenção dos sistemas de esgotos.

Outro ponto fundamental centra-se na saúde dos habitantes urbanos. A sedentarização é um tema muito importante, uma vez que grandes áreas urbanas destinam-se a fins meramente habitacionais ou profissionais, esquecendo a componente da atividade ou exercício físico que influencia em larga medida a qualidade de vida dos cidadãos. Herzog sustenta (2013) que “doenças físicas não transmissíveis – emocionais e psíquicas – como obesidade, pressão alta, diabetes, problemas cardíacos, depressão, fadiga mental, entre inúmeras outras, podem ser tratadas com a mudança do estilo de vida em cidades que estimulem uma vida saudável e ativa junto à natureza.” Uma

peessoa ativa e habituada a atividade física regular é mais resiliente a este tipo de problemas de saúde, referidos previamente. O próprio ruído emitido pelas dinâmicas das atividades antrópicas (mobilidade através da combustão de combustíveis fósseis, climatização, obras públicas, entre outras) é bastante prejudicial à saúde mental e contribui para diminuir a qualidade de vida. Ferreira *et al.* (2019) afirma que a “redução do ruído é um serviço ecológico muito importante prestado pelas infraestruturas verdes das cidades. O solo urbano, as plantas e as árvores conseguem atenuar a poluição sonora provocada pelas atividades humanas, através de mecanismos como a absorção, difração, reflexão e refração das ondas sonoras.”

A IVU oferece serviços ecológicos insubstituíveis para a quantidade e qualidade de água disponível. Ao incrementar a permeabilidade, os recursos hídricos voltam a ter a capacidade de se infiltrarem no solo e percorrerem grande diversidade de minerais. Isto faz com que a água se mineralize e torne potável para consumo geral. Além do referido, a permeabilidade dos solos fomenta o aumento do volume dos lençóis freáticos e dos aquíferos existentes (Holzer, 2012).

“Why does the water keep flowing, even during dry periods? The answer is the storing capacity of the soil, the body of the earth. The ground acts (...) like a sponge, millions of roots hold billions of drops of water which are released slowly, even when it has not rained for a while.” (Holzer, 2012)

Em 2012, Holzer refere que uma “*water landscape, consisting of several connected, decentralised retention spaces saturates the whole area with water.*” Por outro lado, “*a dammed reservoir does the opposite, it draws the water away from the whole area and centralises it in the reservoir.*” Esta noção tem um grande impacto no paradigma em que vivemos, onde a construção generalizada de barragens para a produção de energia elétrica tem vindo a provocar danos irreversíveis aos ecossistemas. Estas comprometem a biodiversidade (através de enxurradas espontâneas a jusante, para produzir energia – local de eleição para a desova de diversas espécies aquáticas), o ciclo dos sedimentos (que deveriam chegar ao oceano em forma de sedimentos arenosos), o ecossistema (a

partir da inundação propositada de determinadas áreas a montante das barragens) e a “normal” distribuição da fauna e flora.

Segundo Machado *et al.* (2004), a “Rede de Corredores Verdes são espaços livres lineares que ligam grandes áreas não lineares ou grandes manchas de espaços naturais. Estes conjuntos constituem sistemas de espaços, planeados, projetados e geridos para fins múltiplos, incluindo objetivos ecológicos, recreativos, culturais, estéticos e produtivos, compatíveis com o conceito de sustentabilidade.” (Ferreira, 2010)

Em áreas urbanas, a Rede de Corredores Verdes pretende promover a interligação entre os vários espaços urbanos e os ecossistemas naturais, representar uma alternativa às tendências de ordenamento regentes e compatibilizar as necessidades antrópicas com a proteção ambiental (Ferreira, 2010). Deste modo, a Rede de Corredores Verdes Urbanos atua na Estrutura Ecológica com os seguintes objetivos principais:

- Proteção e salvaguarda dos recursos naturais presentes no território;
- Proceder à expansão da rede por toda a superfície da aglomeração urbana;
- Potenciar a qualidade de vida dos cidadãos e da paisagem;
- Delimitação de áreas com valor ecológico, cultural e paisagístico considerável.

“A Infraestrutura verde urbana pode ser definida como uma rede de espaços verdes (parques, jardins, várzeas, etc.) e azuis (lagos, rios, etc.) multifuncionais, naturais e/ou artificiais, capazes de fornecer uma série de benefícios sociais e ecológicos...” (Ferreira et al., 2019)

“Esta “infraestrutura verde” deverá ser o suporte das paisagens e dos ecossistemas autóctones, deverá ter funções de corredor ecológico ao providenciar habitats para a fauna e flora, constituir um filtro de ar e água, funções sociais e culturais ao promover um equilíbrio estético e paisagístico, propiciando à população espaços livres de recreio, lazer e educação ambiental.” (Ferreira, 2010). Os serviços ecológicos (ou dos ecossistemas) podem traduzir-se na disponibilidade de alimentos locais e frescos, filtragem, armazenamento e captação de águas, fornecimento de combustíveis e outras

matérias-primas essenciais, regulação da temperatura e clima, controlo de pragas, purificação do ar e libertação de oxigénio do dióxido de carbono, saúde pública e qualidade de vida, na promoção da estética da paisagem e na inclusão social. (Ferreira *et al.*, 2019).

“A existência de espaços verdes junto às áreas onde se forma a ilha de calor urbano, para além de contribuir para a diminuição das temperaturas, permite também alterar a direção do fluxo do vento e melhorar a qualidade deste... uma vez que a vegetação filtra e absorve as partículas e poeiras em suspensão.” (Pinheiro, 2012). De acordo com a mesma, a “vegetação é um termorregulador da temperatura do ar, e contribui para o aumento da humidade do ar”, que se traduz na amenização da temperatura e na ocorrência de precipitação mais frequentemente. Em 2021, a *National Geographic* escreveu que o “asfalto é particularmente absorvente e, juntamente com o betão, liberta na atmosfera esse calor capturado durante várias horas, mesmo após o desaparecimento do Sol, contribuindo para o efeito de ilha de calor urbano. Uma árvore bem posicionada, por outro lado, pode manter um edifício 10 graus mais fresco do que se estivesse completamente exposto ao sol.”. Assim sendo, constatamos que a “cobertura arbórea de uma cidade é uma infraestrutura à semelhança do sistema de esgotos. O arvoredo desenvolvido é potencialmente mitigador do efeito de «ilha de calor.»” (National Geographic, 2021).

3.3 A estrutura arbórea urbana como IVU fundamental para a sustentabilidade e resiliência urbana.

De acordo com Holzer (2012), Portugal exporta água e importa fruta e legumes. “*It is absurd to create such a high level of self-destructive dependency.*” O autor defende que a cooperação entre os países Ibéricos (Portugal e Espanha) na formação de uma “*water landscape*” seria uma mais-valia em termos económicos e ecológicos. Dessa forma, o território partilhado incrementava a sua fertilidade e passaria a produzir frutas, legumes e vegetais abundantemente. Para além do mencionado, existe uma insistência generalizada no cultivo e plantação de espécies da família dos eucaliptos (principalmente *Eucalyptus Globulus*) em vastas áreas. Acontece que essa árvore é autóctone na Austrália e está habituada a viver em climas desérticos, com ausência de recursos hídricos em abundância. Foi introduzida em Portugal para a produção de pasta de papel e utilizada para secar pântanos e outras zonas alagadas, de modo a possibilitar

a construção sobre elas. É bastante útil na produção de papel, uma vez que constitui uma grande produtora de biomassa, e demonstra um crescimento bastante rápido, sendo adequada para reflorestação de determinadas áreas. Todavia, ao instalar-se em Portugal continental e deparando-se com a quantidade de água presente no território, o eucalipto pode reproduzir-se sobre a forma de praga (14).

“Portugal imports more than 70% of the food it needs even though it is a fertile country, spoiled with water and warmth. (...) The pine monoculture have an especially devastating effect in Portugal; because of silicate rock in the ground, the forest soil turns acidic much faster. Desertification has progressed far in large areas of the country. (...) The only trees left are eucalyptus and they rob the last remaining water from the ground.” (Holzer, 2012)

A natureza consiste num complexo e permanente conjunto de interações biofísicas. Constitui um sistema tão interligado que uma simples mudança pode afetar o seu todo. Não obstante, a função de cada elemento só se torna determinante se interferir diretamente com a manutenção e funcionamento do sistema. “Se as interligações são alteradas ou interrompidas, o sistema pode mudar de patamar de funcionamento ou perecer, terminar... qualquer sistema consiste em elementos, conexões e funções. Uma mudança nos elementos pode não alterar a sua função, mas uma mudança nas interconexões pode alterar dramaticamente o funcionamento do sistema.” (Herzog, 2013).

“Para as árvores é mais difícil suportar a sede do que a fome.” (Wohlleben, 2016). Segundo o escritor alemão, as árvores perdem a capacidade de produzir alimentos quando não há humidade. Esse fator faz com que as mesmas tenham a necessidade de formar defesas e habilidades para evitar este tipo de situações. É dado o exemplo das faias (*Fagus sylvatica*), explicando que um exemplar adulto consegue reunir mais de 500 litros diários de água pelas suas raízes, folhas e estrutura. O próprio tronco é constituído por longos e contínuos canais condutores entre as raízes e as folhas, de forma a permitir a troca constante de água e açúcar. Estes canais localizam-se no

alburno, que está protegido pelo ritidoma. O ritidoma consiste na parte exterior e superficial das árvores, comumente designado por casca. A casca não passa de madeira morta, mas revela-se como essencial na proteção das camadas interiores e importantes das árvores (Wohlleben, 2016).

Em épocas de tempestades ou outros fenómenos climáticos extremos que incluam a abundância de precipitação, “uma árvore adulta pode assimilar mais de mil litros adicionais, os quais são especificamente conduzidos até às raízes através da sua estrutura.” (Wohlleben, 2016). Assim sendo e tendo em conta a alterações climáticas (nomeadamente a concentração e aumento da intensidade de eventos pluviais), a Estrutura Arbórea Urbana (EAU) é fundamental para a resiliência e sustentabilidade das cidades. Isto é, as árvores contribuem para fixar os solos e a sua permeabilidade, garantido a infiltração do maior volume de precipitação possível, contribuindo, por conseguinte, para a redução dos impactos sentidos na ocorrência de cheias e inundações.

Tanto a madeira viva como a madeira morta contribuem para a manutenção e funcionamento do ecossistema, seja ele natural ou urbano. Os ramos, troncos e folhas em decomposição armazenam e libertam lentamente grandes quantidades de água e humidade. Wohlleben (2016) defende que “uma quinta parte de todas as espécies de plantas e animais depende de madeira morta, o que corresponde a seis mil espécies atualmente conhecidas.” Simultaneamente, consistem em habitats naturais para uma imensa variedade de microrganismos e espécies de pequenas dimensões pertencentes à fauna e à flora. Em 2019, Ferreira defende que algumas espécies de plantas e microrganismos contribuem consideravelmente para a manutenção do ciclo de nutrientes, na medida em que participam diligentemente na decomposição de matéria orgânica e reintrodução de nutrientes na paisagem.

“Quanto mais madeira viva e morta tem uma floresta, mais espessa é a camada de húmus no solo e maior a quantidade de água armazenada na massa total. A evaporação faz a temperatura arrefecer, o que por sua vez faz com que menos água se evapore.” (Wohlleben, 2016)

A construção de terraços para plantação favorece em grande medida o armazenamento de água e garante que o húmus essencial não é lavado através de escorrência superficial (Holzer, 2012). O permacultor austríaco afirma que o primeiro passo para revitalizar um terreno e alcançar um modo de cultivo holístico centra-se no restauro do balanço hidrológico. Quando uma floresta morre (para a edificação de uma cidade, por exemplo), é desencadeado um ciclo de impactos nocivos que incidem negativamente na paisagem. A humidade atmosférica é reduzida drasticamente, pelo que a ocorrência de precipitação diminui significativamente no local e nas áreas envolventes. Isso faz com a exposição solar aumente e o solo sinta um incremento na sua temperatura. O resultado são mudanças nas correntes de ar e o aumento da intensidade e frequência de tempestades, por exemplo. A maior parte das cidades existe sobre áreas previamente florestadas, sendo, deste modo, locais propícios a este tipo de acontecimentos.

O objetivo da EE urbana é disponibilizar, conservar e proteger os recursos naturais vitais para a sustentabilidade e resiliência dos aglomerados urbanos. Consiste numa junção entre espaços verdes e corredores verdes. O meio de interligação é uma Rede de Corredores Verdes (RCV), com o papel de contribuir para a requalificação da malha urbana e constituir um suporte para a regeneração ecológica em seio urbano. Os espaços verdes permitem reduzir a temperatura do ar até cerca de 5°C, devido à sombra que fornecem e à evapotranspiração das plantas (aumentando a humidade do ar e proporcionando um maior conforto térmico). Além do referido, absorvem a radiação solar no seu processo de fotossíntese, contribuindo igualmente para a libertação de oxigénio das moléculas de dióxido de carbono (sequestro de carbono para produção de açúcar, juntamente com a radiação solar). Já as massas de água absorvem o calor no verão, libertando-o no inverno. Isto fornece uma ajuda valiosa para o equilíbrio das temperaturas em ambas as estações. (Ferreira *et al.*, 2019).

4. Estrutura Arbórea em ambiente urbano.

O solo apenas consegue armazenar água quando possui uma boa variedade de raízes no seu interior, em diferentes profundidades. As árvores que dispõem dessas raízes dependem em grande medida de uma boa infiltração, sendo, por conseguinte, evidente a relação de interdependência. (Holzer, 2012).

A ausência do sistema de raízes consolidado de árvores e arbustos fomenta a compactação do solo, uma vez que não o fixa, permite a escorrência superficial dos sedimentos mais finos e não permite a entrada e circulação de ar.

“*Nature’s patent for high productivity is diversity.*” (Holzer, 2012). Seja na agricultura, floresta ou centro urbano. A diversidade de espécies animais e vegetais representa o nível de resiliência que cada território tem, relativamente à ocorrência de fenómenos extremos. Em 2013, Herzog afirma que “é necessário conhecer a natureza, conviver com ela e compreender por que ela é essencial”, na medida em que dependemos dela para desempenhar a plenitude de todas as nossas atividades antrópicas.

As árvores têm o seu ciclo natural de desenvolvimento e evolução, sendo importante o respeito pelo seu normal funcionamento. Uma boa parte delas prefere crescer em comunidade, rodeadas da sua prole ou descendência. Apenas nestas circunstâncias é possível a formação de exemplares com potencial para viver uma vida plena, durante vários séculos. A silvicultura moderna avalia e gere as árvores como mercadoria e não como seres vivos. Muitas são consideradas boas para abater desde tenra idade para o aproveitamento da sua madeira (cerca de 100 anos de existência). Para espécies como o carvalho (*Quercus ilex*, *faginea*, *suber*, entre outros) ou o teixo (*Taxus baccata*) esta idade representa virtualmente o início da adolescência e infância, respetivamente (Wohlleben, 2016).

Monica Gagliano, da Universidade da Austrália Ocidental, procedeu, juntamente com colegas de Bristol e Florença, ao registo de sinais sonoros provenientes de plântulas de cereais na frequência de 220 hertz. O que considerou mais interessante foi o comportamento das raízes das sementes germinadas em experiências distintas. Ao serem expostas a uma frequência de 220 hertz, as raízes viravam as pontas e desenvolviam-se nessa direção. (Gagliano, Monica, et al.: «Towards understanding plant bioacoustics», in: *Trends in plant science*, Vol. 954, pp. 1-3.). Deste modo,

podemos verificar que as plantas crescem em comunidade e desenvolvem relações interdependentes entre elas. Este cenário não ocorre com espécies plantadas ou procedentes de estufas, uma vez que as suas raízes são cortadas e acomodadas para facilitar os trabalhos de logística e transplante.

Em circunstâncias normais, por volta do outono são cortadas as raízes das árvores nos canteiros em estufas, de modo a tornarem-se compactas e mais tarde tenham a capacidade de entrincheirar-se bem no solo dos seus destinos finais. Para que a copa não morra de sede devido ao desbaste, ela própria é também intensivamente cortada. Isto faz com que as espécies percam a habilidade de penetrar nas profundezas do subsolo, formando raízes superficiais e pouco ou nada fixadas no solo (contribuindo para a fraca resiliência da árvore em tempestades, grandes volumes de precipitação ou gelo, e para a compactação do solo). Além do mencionado, o facto de as árvores deterem raízes pouco desenvolvidas compromete bastante a sua capacidade de exploração de nutrientes e água (Wohlleben, 2016).

Ao atingir cerca de 20 metros de altura, a rega e assistência é pura e simplesmente descontinuada. Isto acontece porque a quantidade de tempo e água necessários seria demasiada para a mão-de-obra e recursos hídricos disponíveis. De forma a piorar a situação, as copas ao serem aparadas (pelas mais variadas razões, como motivos estéticos, limitativos, entre outros) representam um enorme golpe às raízes, que perecem em proporções semelhantes (morrem de fome, na medida em que perdem quantidades de açúcar importantes para as suas reservas). É através destas pontas mortas no tronco e raízes que penetram os fungos parasitas (Wohlleben, 2016).

As árvores sobreviveram durante milénios por exibirem grande variedade genética dentro de cada espécie. Este fenómeno acontece porque as mesmas reproduzem-se de várias formas e protegem a sua descendência. Em meios urbanos deve ser facilitada e promovida esta capacidade, proporcionando, às diversas espécies presentes, habitats naturais adequados que garantam a sua resiliência e longevidade. Ao lançarem o seu pólen para a atmosfera, todos os grânulos se misturam e alastram-se por copas inteiras. Isto é muito importante para que seja possível a existência e permanência de um bosque ou floresta urbana, que desempenhe uma grande variedade de serviços ecológicos necessários para o incremento da qualidade de vida dos cidadãos (Wohlleben, 2016). O crescimento lento das árvores mais jovens (interligadas pelas raízes e fungos

micorrízicos aos seus progenitores, que lhes transferem toda a água e nutrientes que precisam) permite que as células de madeira no seu interior sejam muito menores e densas, contendo pouco ar. Este pormenor irá refletir-se diretamente na elevada resistência contra fungos e parasitas, que dificilmente se reproduzem nas hastes rijas (Wohlleben, 2016).

“Investigadores coreanos levaram a cabo um estudo em que puseram mulheres idosas a passear na floresta e na cidade. O resultado foi que as mulheres que passearam na floresta apresentaram melhoras na pressão arterial, na capacidade pulmonar e na elasticidade das artérias, enquanto os passeios pela cidade não conduziam a quaisquer efeitos.”
(Wohlleben, 2016)

O autor faz esta afirmação baseada no estudo posto em prática por Jee-Yon e Duk-Chul Lee, denominado de «Cardiac and pulmonary benefits of forest walking versus city walking in elderly woman: A randomised, controlled, open-label trial», em 2014. Embora consista numa temática distinta, é importante mencionar os efeitos positivos de uma Estrutura Arbórea Urbana (EAU) na vida dos cidadãos mais carenciados. Existem diversos problemas de saúde que podem ser combatidos através de soluções e abordagens baseadas na Natureza.

4.1. Conceitos. A utilização de espécies arbóreas em ambiente urbano.

A EAU presta inúmeros serviços de ecossistema indispensáveis a uma urbanização sustentável e resiliente. Protege os solos da erosão, garante a infiltração da água, purifica o ar na envolvência, ameniza a temperatura, conserva a biodiversidade, proporciona áreas de recreio e lazer, previne riscos inerentes à construção, entre outras.

A vegetação é algo natural e aparece em quase todas as áreas do globo. Para que a maior parte das cidades fosse construída, foi necessário levar a cabo processos de total desflorestação e artificialização do território. Com isso, os solos tornaram-se mais duros e secos e ficaram expostos à radiação solar direta. Ecossistemas inteiros, onde a humidade era uma constante, passaram a demonstrar características desérticas. As

regiões florestais ou vegetadas armazenam água no seu interior como uma esponja, enquanto a perda de vegetação traduz-se no aquecimento exponencial do solo e atmosfera. Desta forma, a terra passa a irradiar calor que entra na atmosfera e transforma a normalidade das correntes de ventos existentes. Isto poderá refletir-se num aumento das tempestades e precipitações intensas sobre o território em causa (igualmente para áreas plantadas, com presença pobre em termos de biodiversidade) (Holzer, 2012).

“A tree in a monoculture is like a drug addict in that it needs constant feeding... The more diverse, the more stable.” (Holzer, 2012)

Segundo Holzer (2012), as plantas disponibilizam os nutrientes necessários de umas para as outras. Naturalmente, existem nuances e diferenças entre as plantas. Contudo, a generalidade vive em comunidade e partilha água e nutrientes através de uma complexa rede de micélio (fungos micorrízicos), que vive em simbiose com as diversas raízes no subsolo.

“The earth in polycultures has ideal roots at all depths and is kept moist at all times. Deep roots, tap roots, and shallow roots create the perfect storage body for water and nutrients are utilised throughout.” (Holzer, 2012). Como verificamos, é essencial a presença de várias espécies para o normal funcionamento dos ecossistemas, quer seja em termos de biodiversidade, qualidade dos solos, água ou ar.

Os mananciais dependem em grande medida da presença de áreas florestadas e, por conseguinte, com uma boa permeabilidade dos solos, onde haja uma abundância de minerais. Deste modo, a EAU protege os mananciais, mantém os regimes da chuva, previne a erosão e a sedimentação dos corpos de água, diminui a ocorrência de cheias e inundações urbanas, infiltra e filtra a água da precipitação. (Herzog, 2013).

Mesmo as pestes constituem importantes reguladores, na medida em que previnem a sobrepopulação de determinadas espécies e mantêm o balanço da natureza. Em policulturas (quer sejam hortas urbanas, campos agrícolas ou áreas florestais) é normal perder parte das culturas nestas situações, mas raramente se perdem todas as espécies.

Por outro lado, em monoculturas é habitual observar-se a perda quase ou mesmo total (Holzer, 2012). O autor refere ainda que é a partir destas situações que muitos agricultores desistem e rendem-se ao uso de pesticidas e fertilizantes químicos para garantir as suas colheitas e produções em regimes de monocultura.

Utilizar sementes e permitir o seu crescimento diretamente na terra (no seu destino final) revela-se bastante mais barato economicamente e fácil. Deste modo, as plântulas têm a oportunidade de se desenvolver em comunidade e crescer com maior resiliência face aos fatores invasivos na sua envolvência. Além do referido, das plantas que têm esta oportunidade apenas as melhor adequadas ao terreno sobrevivem e desenvolvem uma prole mais forte geneticamente, com a capacidade de resistir mais facilmente a episódios de geada ou gelo, seca ou competição adjacente (Holzer, 2012).

“The vegetation protects the soil and its roots air and activate the soil by keeping the hydrological balance intact. A layer of fallen leaves protects the soil from drying out.” (Holzer, 2012)

As folhas caídas constituem camadas protetoras do solo. Garantem a presença e permanência de nutrientes para a vegetação envolvente, armazenam e libertam lentamente água, mantêm a humidade e transformam-se em húmus ao decompôr-se (camada do subsolo mais importante e superficial, que permite as raízes a sua fixação e segurança) (Holzer, 2012).

4.2. Características das espécies utilizadas em ambiente urbano. Classificação. Vantagens e desvantagens.

“Trees heal from their roots up; with a healthy root system the rest will heal too.” (Holzer, 2012). Segundo o mesmo autor, um bom enraizamento e oxigenação são as melhores medidas para combater altos níveis de acidificação do solo.

As plantas plantadas pelos humanos perdem em grande medida a capacidade de interagir comunitariamente e apoiar-se mutuamente à superfície e no subsolo. “São praticamente surdas e mudas, tornando-se assim presa fácil para insetos.” (Wohlleben, 2016). A plantação danifica as raízes e o rizoma de forma permanente, impedindo que as plantas estejam unidas em rede e captem por elas mesmas o necessário de água e nutrientes para alimentar as suas copas. As árvores criadas deste modo comportam-se como seres solitários, expostos às dificuldades inerentes às suas existências. (Wohlleben, 2016).

“There is only one way to protect crops from pests: do not plant monocultures. Encourage natural predators by providing habitats for them.” (Holzer, 2012)

O somatório do total das árvores presentes num meio urbano constitui a floresta urbana. Esta infraestrutura verde disponibiliza serviços ecológicos que são insubstituíveis e predominantes num contexto de adaptação às alterações climáticas, desde que a sua estrutura arbórea esteja num estado saudável. Esses serviços consistem na manutenção e melhora da qualidade do ar (através do desmantelamento das moléculas de dióxido de carbono, outros gases de efeito estufa e a captura de partículas em suspensão), na redução do consumo energético, incremento da qualidade dos recursos hídricos e na prevenção de inundações e deslizamentos. (Herzog, 2013).

Mesmo quando uma árvore morre, devemos promover a sua permanência no ecossistema. Os troncos e raízes em decomposição absorvem água como parte desse processo. Essa água é libertada lentamente e aproveitada pelas raízes das plantas na sua vizinhança. Além disso, servem de abrigo e habitats naturais para um elevado número de pequenos mamíferos, aves, insetos e microrganismos (Holzer, 2012).

“I leave the old trees standing, even when they are dead. They protect the new growth. Without them the young trees have to struggle a lot more. ... A fallen tree can stay where it is, it offers protection and food to many animals and microorganisms.” (Holzer, 2012)

É extremamente importante que as árvores aprendam desde cedo com as suas progenitoras grande variedade de técnicas de sobrevivência e reprodução. Exemplo disso está nas árvores de fruto (como castanheiras ou salgueiros), que chamam atenção para si própria através de mensagens olfativas, atraindo assim abelhas (e outros insetos polinizadores) a abastecer-se nos seus néctares reprodutivos (Wohlleben, 2016).

É determinante e imperativa a criação de espaços dedicados exclusivamente aos insetos polinizadores. Basta a conceção de canteiros com dimensões maiores, ligados em continuidade ou mesmo em áreas residenciais, dedicados ao crescimento de flores, autóctones, e com a maior diversidade possível. Toda a cadeia natural depende destes seres para que seja possível a sua reprodução, alimento e qualidade de vida.

Os choupos (*Populus*) são espécies colonizadoras, devido à fisionomia das suas sementes, e crescem desta forma em diversos habitats e ecossistemas. Conseguem ultrapassar os 20 metros de altura se obtiverem a luz suficiente, seja em florestas, clareiras ou espaços urbanos. Quando em comunidade com outras espécies, o choupo tem boas relações com espécies que não formam florestas com densos copados e deixem passar luminosidade em abundância, como os carvalhos (*Quercus*) (Wohlleben, 2016).

A família dos carvalhos (*Quercus*) é das árvores mais típicas em Portugal. Conseguem atingir longevidades de mais de 500 anos perto de quintas ou em prados, onde a competição por água, nutrientes e luz solar são reduzidas. Consistem em espécies bastante bem dotadas de proteção contra fungos, parasitas, bactérias e insetos, na medida em que a sua madeira se encontra embebida em substâncias antifúngicas que retardam imenso o processo de apodrecimento (taninos). Mesmo uma ferida ou fenda profunda no tronco (devido a um raio, por exemplo) nada podem contra eles. (Wohlleben, 2016). A floresta portuguesa é caracterizada pela abundância de várias

espécies desta família. Os carvalhos estão presentes em todo o território nacional, sendo norte característico de exemplares de folha caduca (*Quercus robur*, *pyrenaica* e *faginea* – carvalho-alvarinho, carvalho-negral e carvalho-português/carvalho-cerquinho, respetivamente) e a sul de folha perene (*Quercus suber*, *ilex* e *canariensis* – sobreiro, azinheira e carvalho-de-monchique, respetivamente) (8).

O teixo (*Taxus baccata*) é uma árvore que se desenvolve lindamente na sombra de outras árvores (como o carvalho). Desde o início do seu crescimento, investe muita energia no desenvolvimento da sua rede de raízes comparativamente a outras espécies, o que se revela como uma mais-valia em variadas ocasiões. É no rizoma que são armazenados nutrientes, para que um dia possa voltar a brotar, cheio de força, caso algum infortúnio aconteça à superfície. Tem a capacidade de sobreviver mais de mil anos em comparação com os seus concorrentes, pelo que ao longo dos séculos o teixo consegue quase sempre ficar exposto a um maior volume de radiação solar. Mesmo assim, não costumam ultrapassar os 20 metros de altitude, sendo exemplares adequados para meios urbanos (tendo em conta as suas dimensões à superfície e no subsolo) (Wohlleben, 2016). Não obstante, toda a sua estrutura (menos o fruto, comestível e saboroso) detém um alcaloide venenoso (taxina), pelo que devemos ter cautela com a ingestão das suas folhas, ramos, tronco ou raízes. Este facto faz com que a sua presença seja indesejada, principalmente em propriedades onde existe gado. No entanto, a taxina tóxica para humanos e animais tem vindo a ser utilizada na luta contra o cancro, uma vez que as suas folhas são ricas em taxol (agente anti-tumoral, usado com sucesso no tratamento de diversos tipos de cancro – ovário, mama, pulmões). O efeito consiste na inibição da proliferação das células cancerígenas, evitando o seu alastramento. Este facto somente demonstra a relevância absoluta em preservar a biodiversidade. Outra razão para o seu intensivo abate e procura está na qualidade da sua madeira. Apresenta-se como dura, compacta, imputrescível e de elevada elasticidade. Contudo, os fogos florestais trouxeram o que faltava para que o teixo se encontre em vias de extinção. Desta forma, é muito importante a proteção e conservação desta espécie ameaçada e autóctone. Em termos de biodiversidade, o *Taxus baccata* alberga uma grande variedade de aves, na medida em que oferecem ótimos lugares para que seja feita a nidificação nas suas copas densas (também protegidas contra predadores) (6). Embora os riscos inerentes à presença destas espécies em meios urbanos (principalmente para crianças e animais de companhia), a promoção do *Taxus baccata* surge como uma oportunidade de

sensibilização e educação às massas populacionais citadinas, podendo encontrar-se em parques urbanos devidamente protegidas e sinalizadas através de metodologias didáticas.

Seguidamente, apresentamos uns pontos predominantes para que esta espécie seja adotada em meios urbanos costeiros (como o caso de uma área em estudo, nomeadamente na Herdade da Aroeira):

- Precisa de bastante humidade na atmosfera;
- Resiste bem ao frio (até -25°C);
- Resiliente à poluição urbana;
- Suporta bem a poda, sendo utilizado extensivamente em jardins, sebes ou ornamentação.

Contudo, é necessário ações de educação ambiental e específicas onde estas árvores serão inseridas, devido ao seu potencial tóxico de paralisante cardíaco. Os sintomas de envenenamento podem passar por arritmias, quebras de tensão, vómitos, boca seca, cólicas, vertigens, dificuldades em respirar ou desmaio (6). Para além de todo o mencionado, “javalis já foram vistos a revolver o solo sob o copado dos Teixos maiores, o que permite juntamente com o coberto herbáceo a ajuda no desenvolvimento de carvalhos e outras espécies nesses locais.” (6). Este fenómeno revela um enorme potencial de reflorestação em áreas previamente determinadas e detentoras de regime de proteção especial.

“... a florestação trouxe também abetos e pinheiros para zonas onde não são de todo nativos... E uma vez que abetos e pinheiros estão constantemente ameaçados pela sede, aparecem insetos para atacar essa presa fácil. ... começam a pairar mensagens odoríferas por entre as copas... São as árvores a ... ativar todo o seu potencial químico de defesa. Tudo isto o caminheiro introduz nos seus pulmões... As florestas em perigo são ... lugares instáveis, não constituindo um habitat adequado para o ser humano.” (Wohlleben, 2016)

As espécies de coníferas em Portugal são caracterizadas pelo pinheiro-manso (*Pinus pinea*), pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*), cedro (*Cedrus*), entre outros (8). Todavia, um estudo científico efetuado Von Haller confirma que a pressão arterial sobe em áreas onde a presença de coníferas é abundante. Contrariamente, em zonas de carvalhos a pressão arterial diminui (Von Haller, 1980).

Tendo em conta todas as espécies autóctones existentes em Portugal, o Sobreiro (*Quercus suber*) é aquela que se encontra em maior abundância. Consiste numa espécie apreciadora de calor (termófila), radiação solar direta ou parcial e apresenta características xerófilas, na medida em que se encontra muito bem adaptada às condições de seca e aridez. Os limites térmicos médios anuais do sobreiro estão entre os 13 e os 18°C. Durante o Inverno, o frio impede a sua progressão para territórios mais continentais e com amplitudes térmicas mais elevadas. Depende de climas com uma relativa humidade, apesar de desenvolver um sistema radicular profundo e potente na sua maturação. Requer volumes de precipitação anuais de cerca de 450mm para sobreviver, sendo ideal volumes por ano que se encontrem entre os 600 e os 1000mm para um bom desenvolvimento. Demonstra ser pouco exigente quanto ao solo, preferindo solos graníticos, xistosos, feldspáticos ou porfíricos. Inicia a sua frutificação entre os 15 e 20 anos de existência, fazendo alternância entre períodos de produção diminuta e outros com produção abundante (normalmente após primaveras com precipitação significativa). Esta árvore mostra características fortes e robustas, podendo atingir 25 metros de altura. Todo o ritidoma está revestido por cortiça que pode chegar aos 3 metros de diâmetro à altura do peito (DAP). Aproximadamente, de 9 em 9 anos procede-se ao descortiçamento do fuste para obter a cortiça desta espécie, destinada a um grande leque de utilizações (isolamentos térmicos e sonoros, rolhas para fechar garrafas variadas, peças de vestuário, acessórios, equipamentos para a cozinha, entre muitas outras finalidades). Portugal detém mais de 50% da produção mundial de cortiça, sendo um produto bastante especializado e específico do nosso país. O sistema radicular desta árvore desenvolve-se profundamente através da raiz principal, que se subdivide em imensas raízes horizontais (podem estender-se superficialmente e também nas partes mais profundas do solo). Além disso, em épocas de calor intenso, os poros das folhas fecham e impedem a evapotranspiração em excesso, o que se traduz na capacidade de suportar bem a secura estival (aliada ao sistema radicular profundo e bem desenvolvido). Por volta dos 100 anos de existência, a produção de cortiça começa a

decair. Os sobreiros chegam a atingir idades de 300 anos, o que raramente acontece quando se procede ao descortiçamento (passando a uma longevidade de menos de metade do seu potencial: 120 a 150 anos). Os seus frutos (bolotas) são alimentos nutritivos para uma grande variedade de fauna, desde mamíferos de pequeno e médio porte a aves e insetos (4). As bolotas são o modo de propagação desta espécie. Contêm uma camada de gordura e nutrientes que envolve a semente presente no seu interior. Ao apanhá-las, devemos recolhê-las do chão ou das ramificações, desde que não seja necessária muita força para arrancá-las. Caso intencionarmos proceder à sua plantação, é pertinente ter em conta as bolotas maiores e mais pesadas (aquelas que flutuem na água não se encontram em condições para germinar). Ao secar, as bolotas perdem a sua viabilidade. A fauna característica deste tipo de bosques ou florestas tem a capacidade de enterrar estes frutos para consumir mais tarde. Quando se esquecem delas ou simplesmente não as vão buscar, as sementes ficam com condições ideais para se desenvolverem. Outro método utilizado pela natureza são as fezes dos animais. Ao consumirem as bolotas, os animais mais tarde defecam as sementes (com composto incluído!). Este cenário também é bastante útil para os sobreiros, demonstrando relações de entreajuda com a biodiversidade autóctone (adubo em troca de nutrientes). As bolotas podem ser guardadas em locais frescos e húmidos. Uma vez que o desenvolvimento radicular será profundo, é pertinente que o seu semeio seja na posição ou local final (12). Trata-se de uma espécie típica na região do mediterrâneo ocidental e a única espécie vegetal capaz de produzir cortiça de um modo sustentável e com excelente qualidade. Apresenta uma longevidade considerável e uma ótima capacidade de regeneração e adaptação a fenómenos extremos (muito bem preparada para incêndios sazonais, por exemplo). A indústria proporcionada por esta árvore é exclusiva a nível mundial e revela-se vital na manutenção do montado e na conservação da fauna e flora. Além do mencionado, o sobreiro apresenta folhagem verde todo o ano (espécie de folha perene) e realiza a fotossíntese durante mais tempo que as espécies caducifólias. Este ponto revela-se como fulcral em meios urbanos, onde as acumulações de dióxido de carbono e outros gases de efeito de estufa são abundantes (7).

O Carvalho-Português (*Quercus faginea*) ou Carvalho-Cerquinho é outro exemplar que devemos promover nas nossas florestas naturais e urbanas. Apresentam folhas marcescentes (as folhas são libertadas à medida que outras nascem no seu lugar), o que possibilita a fotossíntese durante todo o ano, como o sobreiro, e demonstra potencial

para a purificação atmosférica nos aglomerados urbanos. Sendo um carvalho produz bolotas como frutificação, podendo ser utilizadas num enorme leque de variadas alternativas (como suporte alimentar à biodiversidade local, alimentos e ações sociais, produção de licores, pão, ações de sensibilização e recolha de exemplares, novas árvores ligadas às suas progenitoras e familiares - início da floresta natural, entre outras). Outrora, esta espécie dominava os carvalhais extensos e cerrados em Portugal, proporcionando alimento e abrigo a uma imensa porção de seres vivos. Nos dias de hoje, a sua presença natural encontra-se bastante reduzida (tendo em conta a sua existência passada), o que constitui uma oportunidade de voltar à sua disseminação e utilizar os meios urbanos portugueses como motor de arranque. Os gomos dos carvalhos crescem de forma e potência idêntica, formando ramos sinuosos e serpenteantes com alto valor estético. Constituem árvores que permitem a presença de um subcoberto denso e relevante, coexistindo bastante bem com a biodiversidade autóctone. Aliado à frutificação do *Quercus faginea* (bolotas), o subcoberto dos carvalhais disponibiliza alimento e abrigo determinante para inúmeras espécies de animais e insetos. Os próprios carvalhais constituíram um ecossistema complexo e extenso nas paisagens de Portugal. Nos dias de hoje, estão reduzidos a áreas protegidas, pequenas manchas dispersas pelo território ou então em sebes vivas que dividem os terrenos agrícolas. Igualmente, em certas zonas ou terrenos abandonados, o Carvalho-Cerquinho tende a disseminar-se naturalmente com alguma facilidade. Todavia, estes avanços são permanente e bruscamente travados pela ocupação humana e pelas suas dinâmicas inerentes (monoculturas de eucalipto, por exemplo). Muito típico no Centro-Litoral, o Carvalho-Português dominava a Mata Mediterrânica, em comunhão com outras árvores e arbustos (como *Quercus suber*, *Arbutus unedo*, *Laurus nobilis*, *Rosmarinus officinalis*, entre outras). Apresenta madeira de grande qualidade, sendo intensivamente utilizada para a construção naval e carpintaria, especialmente durante os séculos XV e XVI. Estes acontecimentos contribuíram em boa medida para o declínio deste tipo de ecossistemas. Atualmente, a madeira destas espécies é muito conhecida e utilizada na conceção de pipas e barris para vinho, na medida em que liberta substâncias (como os taninos e corantes naturais) que diminuem a graduação alcoólica e melhoram a sua cor e aroma (3). Esta espécie habita entre os 0 e 1200 metros sobre o nível médio dos oceanos. Não demonstra especial necessidade em termos de solo e, ainda, procede ao seu restauro (através de promover a infiltração em episódios de precipitação e regular as correntes de vento). Coexiste bem em locais onde a luz solar não seja abundante ou direta. Por outro

lado, necessita de humidade atmosférica e tolera temperaturas mínimas até -12°C . As florestas de *Quercus faginea* consistem no habitat ideal para uma enorme variedade de insetos, anfíbios, répteis, aves (como o Gaio) e mamíferos (como Veados ou Lince-Ibérico). O seu modo de propagação é basicamente o mesmo que o *Quercus suber*, dependendo em larga medida de animais como o Javali, Esquilo ou Gaio para a disseminação das suas sementes (bolotas) (9).

Para um subcoberto autóctone e saudável, propomos a plantação e promoção do Medronheiro (*Arbutus unedo*). Trata-se de uma espécie típica da bacia do Mediterrâneo e característica dos maquis (corresponde a solo geralmente silicioso e ácido, proveniente de zonas de sobreiros em degradação – áreas compostas por arbustos densos e de difícil acesso). Em Portugal, a sua presença pode ser verificada em todo o território, com alguma predominância a Sul do rio Tejo. Este arbusto tem preferência por climas temperados, com invernos pouco intensos, sendo a temperatura média ideal superior a 12°C . Os ventos fortes podem constituir um risco para a sua floração e frutificação. Desta forma, existe pertinência na envolvência de espécies com volumes superiores e capazes de amenizar e controlar as correntes de vento (como os exemplares *Quercus suber* e *Quercus faginea*, mencionados previamente). As cotas inferiores, onde exista a acumulação de ar frio e exposição a Norte, são especialmente perigosas para os Medronheiros mais jovens (sensíveis a estas condições). Relativamente à precipitação anual, os valores mais favoráveis encontram-se entre os 500 e os 1400 mm. A floração (ocorre entre Janeiro e Março) pode ser afetada por episódios de chuvas e nevoeiro intenso. Os tipos de solos preferenciais são os siliciosos, frescos e arenosos. Apresentam uma copa arredondada e frutos (medronhos) muito apreciados por uma grande diversidade de animais e humanos. Através deles é possível a produção de comida, licores e aguardente de medronho. Esta última é bastante característica de Portugal e representa um produto autóctone muito apreciado nos mercados nacionais e internacionais. A produção média de medronho encontra-se aproximadamente nas 3 toneladas ou 3000 quilogramas por hectare (200 arrobas/ha). O *Arbutus unedo* constitui um subcoberto de qualidade, na medida em que disponibiliza alimento abundante para os seres vivos nas redondezas, apresenta um copado denso que proporciona abrigo e ensombramento, além de contribuir para o solo com uma folhagem rica em nutrientes. Esta espécie suporta temperaturas até -15°C e aprecia exposição solar direta. Pode ser plantada em qualquer época do ano (sobretudo no Outono e Primavera) e consegue

alcançar uma longevidade de 200 anos, embora seja de crescimento lento. Tem a capacidade de sobreviver em zonas com declives acentuados, onde outras espécies demonstram alguma dificuldade. As flores têm um valor estético significativo, apresentando cores brancas e levemente rosadas (1). Podemos encontrar estes exemplares naturalmente em precipícios e desfiladeiros fluviais ou em solos rochosos. Contudo, demonstram preferência por solos frescos, soltos e profundos. Não obstante, é relativamente indiferente ao pH presente e consegue habitar até aos 1200 metros. Necessita de humidade, prosperando com relativa exposição marítima, resiste bem às geadas e tolera a poluição em geral. Propaga-se através do fruto, devendo ser misturado diretamente com o solo, na medida em que é difícil proceder à separação das sementes devido ao seu tamanho diminuto (11).

O Loureiro (*Laurus nobilis*) é um arbusto (com potencial para atingir dimensões de árvores) de folha perene, sendo adequada para meios urbanos. As suas folhas são muito populares na cozinha mediterrânica, utilizadas como tempero de uma imensa variedade de receitas. É característica da região do Mediterrâneo, embora tenha sido naturalizada em outros locais da Europa. Tem preferência por climas temperados, mas húmidos. Todavia, o *Laurus nobilis* é sensível ao frio e adapta-se a zonas de meia-luz. A copa é bastante densa e disponibiliza sombra e abrigo para os animais, restantes plantas e solo. As raízes fixam bem os sedimentos e o húmus, além de originarem rebentos novos. Apresenta crescimento relativamente rápido e uma longevidade pouco duradoura. A madeira é extensamente utilizada, uma vez que consiste num material duro, aromático e pesado. Demonstra uma cor acinzentada e homogénea, não se distinguindo o alburno do cerne (2). O Loureiro é altamente resistente a doenças e pragas. Além disso, oferece auxílio e proteção às plantas adjacentes de insetos, devido aos seus aromas naturais. Devem ser plantadas nos seus destinos finais, em épocas com temperaturas amenas e existência de humidade (10).

Por fim, propomos o Alecrim (*Rosmarinus officinalis*) como complemento ao subcoberto autóctone e suporte a abelhas e outros insetos polinizadores. Consiste numa erva aromática comum em Portugal, conseguindo habitar até aos 1500 metros de altitude. Trata-se de um arbusto com folhas perenes, pequenas e verdes, muito ramificado e com hastes lenhosas. O seu fruto chama-se aquénio (fruto seco com uma semente de pequenas dimensões), a sua floração ocorre durante praticamente todo o ano e não são necessários cuidados especiais ou específicos para a sua manutenção. Toda a

estrutura da planta exala um aroma agradável e forte. Pode ser utilizado para várias aplicações, o que lhe confere valor. Essas aplicações passam pela culinária, medicina e até religião. O seu óleo essencial contém taninos, pinenos, cânforas e outros princípios ativos que lhe oferecem propriedades diversas. As flores são bastante apreciadas pelas abelhas, que produzem um mel de grande qualidade através do pólen destes arbustos. O *Rosmarinus officinalis* pode ser plantado perto de apiários em meios urbanos (devidamente controlados) e contribuir para o bom funcionamento e desenvolvimento da biodiversidade local. O Alecrim influencia o sabor do mel assim produzido. A forma de propagação é relativamente simples, havendo a possibilidade de plantar ramos de plantas já existentes (com cerca de 10 a 15cm) diretamente no solo (13).

Todas estas espécies descritas previamente constituem a base de aplicação nas áreas de estudo mencionadas posteriormente. O conjunto de coberto arbóreo e arbustivo planeado consiste nos *Quercus suber* e *Quercus faginea*; e *Taxus baccata*, *Arbutus unedo*, *Laurus nobilis* e *Rosmarinus officinalis*, respetivamente.

4.3. Os serviços ecológicos das estruturas arbóreas. Contributo para o aumento da resiliência urbana às alterações climáticas. O desmantelamento e armazenamento de dióxido de carbono (CO₂) pelas estruturas arbóreas em contexto urbano.

As “Cidades que mimetizem os processos naturais são regenerativas, passam de emissoras de gases de efeito estufa para captadoras desses gases.” (Herzog, 2013). Os aglomerados urbanos sustentáveis consistem em lugares harmoniosos e em sintonia com a natureza, onde as pessoas têm a possibilidade de conviver na envolvimento de uma atmosfera e recursos naturais limpos. As árvores fornecem abrigos para a biodiversidade e solos férteis para todas as práticas inerentes. Isto constitui excelentes oportunidades para atingir a autossuficiência alimentar, através da disposição de áreas produtivas e de energia gerada no local. (Herzog, 2013).

De acordo com Wohleben (2016), as árvores representam o símbolo do equilíbrio. Conseguem armazenar até 20 toneladas de dióxido de carbono no tronco, rizoma, raízes, ramos e folhas, durante as suas vidas. Após morrerem, essa mesma quantidade é devolvida ao ecossistema, dependendo se estiverem subterrâneas, à superfície ou se forem queimadas.

Uma equipa internacional de investigadores analisaram cerca de 700 mil árvores no planeta e chegaram a uma conclusão interessante: quanto mais velhas as exemplares maiores taxas de crescimento exibiam. Este crescimento pode traduzir-se num aumento da biomassa disponibilizada ou em valores de dióxido de carbono desmantelado. Tendo em conta a longevidade das espécies, estimamos que uma boa parte da biomassa se encontra sobre a influência de agentes fúngicos, o que desvaloriza significativamente a madeira. Não obstante, quanto maior a superfície a alimentar e a copa que se formou, maior será a necessidade da produção de açúcar na fotossíntese e consequente sequestro de carbono para o efeito (Mihatsch, 2014). Contudo, “uma planta só consegue formar troncos longos e estáveis se conseguir atingir idades avançadas...” (Wohlleben, 2016).

O autor Peter Wohlleben termina o capítulo “Aspiradores de dióxido de carbono” com a seguinte frase: “Caso desejemos utilizar as florestas como meio de combate contra as alterações climáticas, então devemos deixá-las envelhecer, conforme defendem associações de proteção ambiental.”. Este caso (floresta) pode ser transferido para os meios urbanos e promover não só a longevidade das espécies introduzidas num determinado território, mas também estimular o desenvolvimento da sua prole. A descendência constitui o início da floresta natural, quer se encontre em áreas protegidas ou em centros urbanos.

Em Estocolmo, na Suécia, foram elaborados estudos tendo por objeto as árvores das ruas, florestas urbanas, zonas húmidas, parques públicos, áreas cultivadas, rios, lagos e o oceano. As conclusões alcançadas dividem-se em 6 serviços de ecossistema predominantes (Herzog, 2013):

- Filtragem do ar poluído, causado pelas emissões urbanas (provenientes de veículos, indústrias, climatização de edifícios, entre outras);
- Regulação do clima urbano nas ruas;
- Redução de ruídos ativos e latentes;
- Drenagem e infiltração do escoamento de águas pluviais;
- Tratamento e manutenção de esgotos;
- Disponibilização de uma superfície de maiores dimensões para áreas de utilização pública, recreação, convívio e lazer.

A fotossíntese das plantas fornece um serviço ecológico fundamental para a vida no planeta: libertação de oxigénio. Isto é resultado da divisão do dióxido de carbono, onde o carbono é absorvido para gerar açúcar e o oxigénio dispensado.

“Num dia de verão, as árvores libertam cerca de dez mil quilos de oxigénio por quilómetro quadrado. Tendo em conta que cada pessoa utiliza um quilo por dia, isso chega então para abastecer dez mil pessoas.” (Wohlleben, 2016)

Todavia, durante a noite a fotossíntese não é realizada (depende da exposição à luminosidade solar), pelo que as árvores apenas consomem o açúcar produzido e libertam dióxido de carbono.

As folhas e agulhas encontram-se permanentemente na passagem do fluxo de ar, intercetando pequenas partículas em suspensão. Estas podem ascender a sete mil toneladas de peso por ano e por quilómetro quadrado. Comparativamente a um prado saudável, a quantidade captada pode ser 100 vezes superior (Harmuth *et al.*, 2003).

Para terminar, é pertinente reforçar a ideia da conservação e preservação da biodiversidade, tendo em consideração um estudo elaborado por Katsuhiko Matsunaga. Descobriu que das folhas caídas são libertados ácidos específicos, que são transportados até aos oceanos (através dos ventos, chuvas, entre outros fatores). Essas substâncias estimulam o crescimento de plâncton, primeiro e mais importante elo da cadeia alimentar. Procedeu então à plantação de árvores junto de áreas costeiras, o que efetivamente resultou num aumento significativo das receitas de pesca e ostricultura. Este estudo descrito pelo autor do livro (Wohlleben, 2016) pode ser revisto: Robbins, J.: «*Why trees matter*», in: *The New York Times*, 11.04.2012.

Na próxima secção encontram-se os resultados, com base no *software i-Tree Eco*. Segundo Lin *et al.* (2020), trata-se de um programa que permite quantificar a estrutura, função e benefícios de ecossistema que as árvores atribuem ao meio onde se encontram. Elabora modelos para o impacto que as árvores têm nas cidades e ajuda a desenvolver esquemas de plantações mais eficazes e eficientes.

5. O Município de Almada como caso de estudo (aplicação do iTREE ECO).

No âmbito desta dissertação foram selecionados 3 casos de estudo no Município de Almada, tendo em conta a densidade da estrutura arbórea. A localidade foi definida de acordo com a proximidade e de modo a facilitar a recolha de dados. Desta forma, as três áreas apresentam dimensões idênticas e estrutura arbórea diferenciada. A dimensão destes espaços varia sensivelmente entre 6 e 8 hectares. Assim sendo, será possível a comparação entre duas áreas com 6 hectares, correspondendo às de menor e maior presença arbórea, enquanto uma área (com 8 hectares) servirá apenas como demonstração. Essa última área contém a maior biodiversidade e encontra-se como um exemplo a seguir em contexto urbano. Foram medidas 600 árvores diferentes, divididas pelas 3 áreas.

A primeira área a ser analisada foi a Quinta do Janeiro (Q.J.), na União de Freguesias do Laranjeiro e Feijó, Almada. Constitui a área com menor presença de estrutura arbórea, das 3 em estudo, sendo aquela onde a estratégia de intervenção constituirá um maior desafio. No total, foram medidas e registadas 81 árvores em 6 hectares. As espécies com presença predominante são a *Celtis australis*, *Hibiscus syriacus*, *Tipuana tipu* e *Acer*. Foram ainda identificadas 7 outras espécies em menor número. Na sua maioria, os indivíduos consistem em árvores jovens e em fase de desenvolvimento, na sua maioria. Segundo o software “iTree Eco”, esta estrutura arbórea tem a capacidade de sequestrar aproximadamente 434 quilos de carbono e consequentemente libertar cerca de 1 tonelada de oxigénio por ano. Além disso, a estrutura arbórea local armazena cerca de 157 toneladas de carbono.



Figura 1 - Quinta do Janeiro, Almada. Área de estudo com menor presença arbórea, delimitada a vermelho.
Fonte: Google Maps.

A segunda área estudada foi o território junto ao Complexo Desportivo de Almada (C.D.A.), na mesma União de Freguesias (Figura 2). Em termos de dimensão, contém cerca de 8 hectares e 210 árvores. A estrutura arbórea nesta área é caracterizada por uma maior biodiversidade em nível de maturidade e extensão em relação à primeira área estudada, tendo sido identificadas 11 espécies de árvores distintas. Aquelas mais comuns e em maior número são *Pinus pinea*, *Tilia platyphyllos*, *Cupressus sempervirens*, *Platanus x Hispanica* e *Tipuana tipu*. Aqui podemos encontrar espécies que já atingiram a sua maturação, combinadas com outras que se encontram em crescimento. Segundo o software utilizado, esta estrutura sequestra aproximadamente 1 tonelada e meia de carbono e produz 4 toneladas de oxigénio por ano, encontrando-se armazenado cerca de 630 toneladas de carbono.



Figura 2 - Complexo Multidesportivo de Almada. Área de estudo como exemplo de urbanismo sustentável, delimitada a vermelho. Fonte: Google Maps.

A terceira área estudada consistiu numa pequena fração da Herdade da Aroeira, localizada no extremo sul do Município de Almada na União de Freguesias da Charneca da Caparica e Sobreda e apresenta uma área com cerca de 6 hectares. Esta área contém 309 espécies na sua estrutura arbórea, sendo a esmagadora maioria *Pinus pinaster* (foram identificados apenas 4 exemplares de *Acacia longifolia*). Praticamente, todas as espécies que constituem esta amostra se encontram em fase final de crescimento, consistindo em árvores com dimensões consideráveis. O “iTree Eco” assumiu que esta estrutura arbórea tem a capacidade para sequestrar 2 toneladas de carbono e libertar 4

toneladas e meia de oxigénio por ano. Na própria estrutura estarão armazenadas cerca de mil toneladas de carbono.

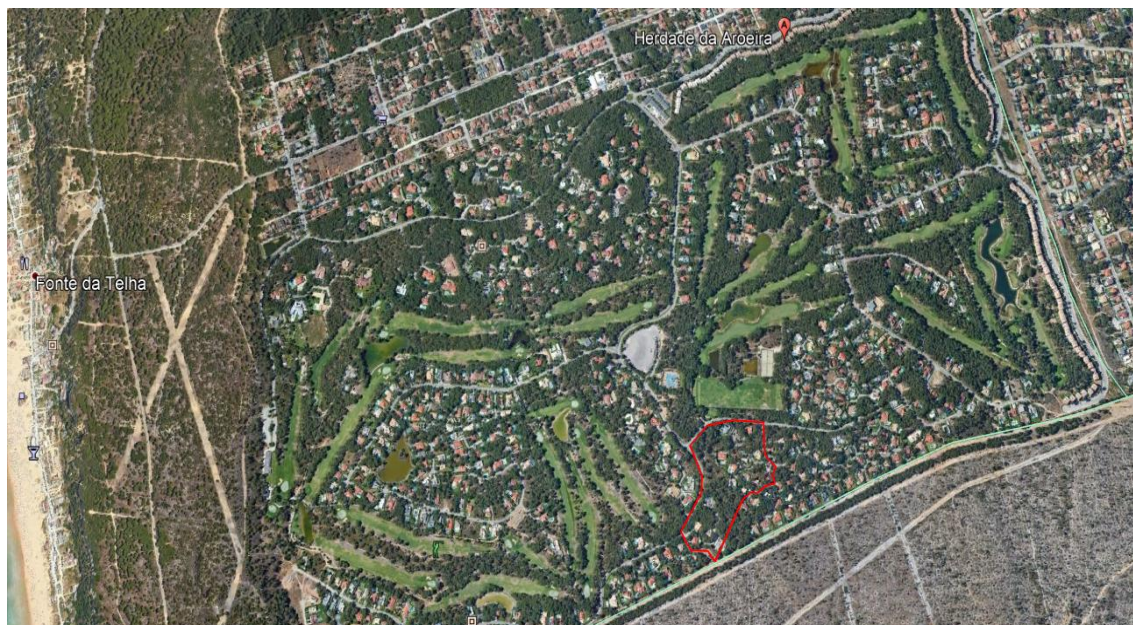


Figura 3 - Herdade da Aroeira. Área de estudo com maior peso em estrutura arbórea, delimitada a vermelho.
Fonte: Google Maps.

Na tabela 1 estão apresentados os dados obtidos para as 3 áreas de estudo.

Tabela 1 - Áreas de estudo e respetivos dados adquiridos em trabalho de campo. Fonte: Própria.

Áreas	Q.J.	C.D.A.	H.A.
Nº de Árvores	81	210	309
Hectares	6	8	6
C. Sequestrado/ano	434 kg	1,5 t	2 t
O. Libertado/ano	1 t	4 t	4,5 t
C. Armazenado	157 t	630 t	1000 t

Com isto, podemos inferir facilmente que a quantidade e longevidade das árvores na estrutura arbórea tem um papel determinante na quantidade de oxigénio libertado, carbono sequestrado e armazenado.

Além do referido, encontrámos outro pormenor que tem influência no fenómeno de fotossíntese e consequentemente impacto no sequestro de carbono e libertação de oxigénio: o DBH (diameter at breast high – diâmetro à altura do peito). Basicamente,

este fator pode determinar diretamente a idade das árvores e estimar quantidades armazenadas de carbono na sua estrutura.

Na tabela 2, resumo alguns dos resultados quantitativos.

Tabela 2 - Áreas de estudo e respetivos dados adquiridos em trabalho de campo. Fonte: Própria.

Áreas	Q.J.	C.D.A.	H.A.
Nº de Árvores/hectare	13,5	26,25	51,5
C. Sequestrado por ano/hectare	72,33 kg	187,5 kg	333,33 kg
O. Libertado por ano/hectare	166,67 kg	500 kg	750 kg
C. Armazenado/hectare	26,17 t	78,75 t	166,67 t

Observámos que a área escolhida com maior presença em número de árvores, tal como seria espectável, é também aquela que apresenta exemplares com DBH de maiores dimensões. Assim sendo e de ordem decrescente, na H.A. (Figura 6) a estrutura arbórea apresenta DBH maiores que 107 centímetros na sua esmagadora maioria, a estrutura do C.D.A. (Figura 5) tem valores maiores que 70 centímetros e a Q.J. (Figura 4) detém valores maiores que 15 centímetros. Tanto nas duas primeiras a classe principal é aquela que se situa acima dos 121,9 centímetros. Todavia, na H.A. esta presença é dominante comparativamente ao C.D.A., que demonstra espécies mais diversificadas quanto a tamanho e idades. A Q.J. tem na sua maioria uma estrutura arbórea em desenvolvimento, pelo que os valores adquiridos foram bastante mais reduzidos do que as anteriores.

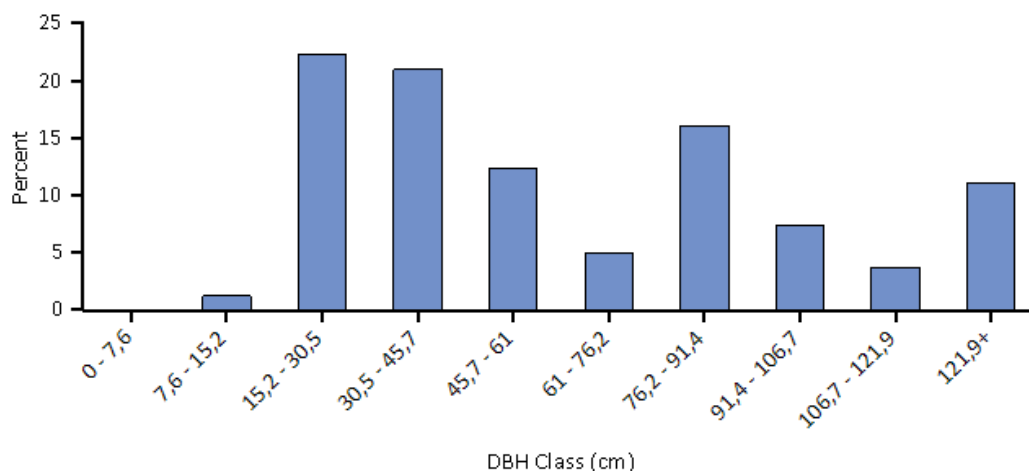


Figura 4 – Diâmetro das árvores à altura do peito em Quinta do Janeiro. Fonte: iTree Eco.

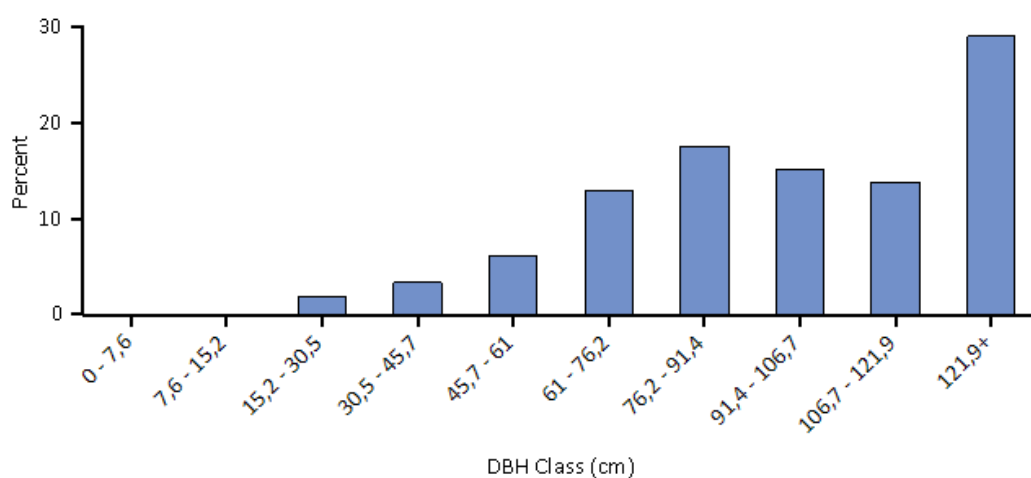


Figura 5 - Diâmetro das árvores à altura do peito em Complexo Desportivo de Almada. Fonte: iTree Eco.

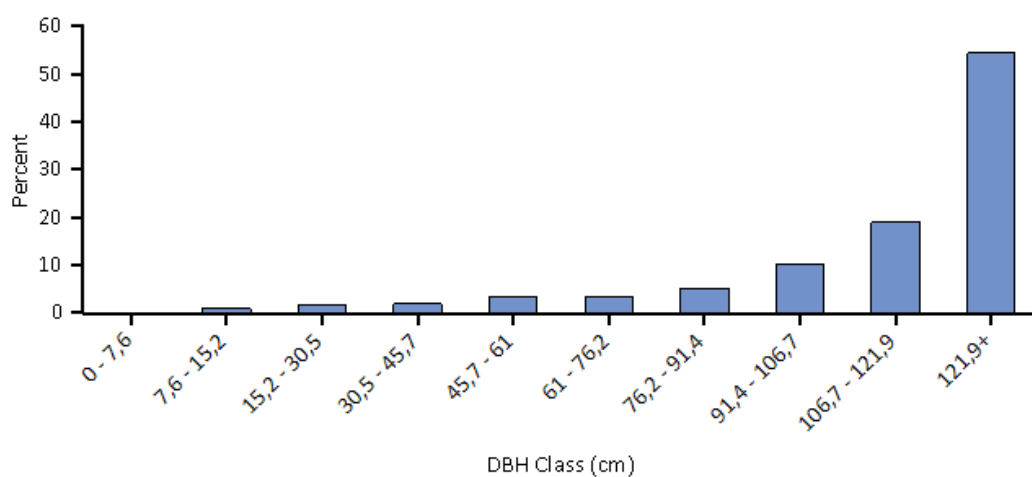


Figura 6 - Diâmetro das árvores à altura do peito em Herdade da Aroeira. Fonte: iTree Eco.

A produção ou libertação de oxigénio é muito importante nos contextos urbanos e no geral. Acontece somente quando há a presença de radiação solar, o que leva as plantas a utilizarem as suas folhas para efetuarem a fotossíntese para produção interna de hidratos de carbono ou açúcar. Desse modo, durante a noite não há libertação de oxigénio nem desmantelamento de dióxido de carbono.

Cada espécie desempenha esse papel de uma forma específica, sendo que existem espécies mais adequadas para adotar em meios urbanos. Neste caso em particular, as árvores que têm maior influência no meio são aquelas que demonstram uma idade e maturidade mais avançada. Tendo em consideração que em três áreas distintas os resultados nesse sentido são iguais, podemos concluir a enorme importância na longevidade das árvores (especialmente num contexto de combate às alterações climáticas).

Quando uma estrutura arbórea demonstra maturidade os serviços de ecossistema multiplicam-se. Espécies de aves, pequenos mamíferos e insetos aproveitam as dimensões das árvores, usando-as como abrigo, alimento e locais de reprodução. As espécies arbóreas representam o início e fim de vida de uma enorme quantidade de biodiversidade, assim como estruturas predominantes na qualidade de vida ou mesmo de existência de outros seres vivos. A maioria das mesmas têm longevidades centenárias, que não conseguem atingir devido à má gestão ou exploração dos seres humanos. As árvores plantadas necessitam de se reproduzir de forma a tornarem-se mais resilientes.

A disseminação das sementes deve ser promovida, assim como a continuidade do seu desenvolvimento. Isto favorecerá todo o ambiente envolvente, quer seja urbano ou rural. Constitui um apoio indispensável à biodiversidade local e determinante para o bom funcionamento e desenvolvimento do ecossistema. Além do mencionado, a promoção de espaços destinados à presença e existência de insetos polinizadores (como o caso das abelhas) proporciona ganhos inigualáveis para a estrutura arbórea. Graças a eles, o processo reprodutivo das plantas é consagrado e isso faz com a sua qualidade de vida aumente consideravelmente. Esse incremento da qualidade de vida traduz-se em melhorias dos serviços ecológicos prestados, nomeadamente sequestro e armazenamento de carbono da atmosfera.

6. Resultados – Estratégia de ordenamento de base ecológica com recurso à estrutura arbórea com vista à otimização da capacitação urbana em termos de desmantelamento e armazenamento de dióxido de carbono (CO₂).

Foi efetuado um levantamento fotográfico com posterior análise de ruas tipo (representativas) das áreas em estudo, por forma a completar a análise quantitativa e a restante análise e facilitar a perceção dos modelos propostos, foi também aplicada a mesma ação em ruas de uma cidade na Alemanha (Stuttgart). Esta última representa um bom exemplo de urbanismo sustentável, nomeadamente no apoio à existência e permanência da estrutura arbórea.

Este capítulo consiste na exploração de ideias para a elaboração de uma estratégia de ação, tendo em conta a otimização dos serviços ecológicos da estrutura arbórea (nomeadamente sequestro e armazenamento de carbono), o incremento da funcionalidade prática das localidades (social, ambiental e económica) e a adaptação aos efeitos das alterações climáticas (inundações e vagas de calor, entre outras).

Para isso, foram subdivididos 3 pontos fulcrais:

- Apoio ao desenvolvimento da descendência das árvores;
- Permeabilidade dos solos;
- Suporte à existência de insetos polinizadores.

O desenvolvimento da prole é essencial para uma floresta ou parque urbano sustentável e resiliente, capaz de desempenhar as suas funções plenamente. Como já foi referido, a descendência arbórea nasce e cresce ligada em rede, logrando corpos mais densos e resistentes a pragas e fungos, apresentado uma resiliência superior a fatores climáticos (secas e tempestades, por exemplo), interage mais facilmente com o meio envolvente e as restantes espécies da sua família, entre outros. Todos estes fatores contribuem para que a manutenção dos espaços públicos seja reduzida ou praticamente inexistente. Isso constitui uma mais valia imensa em termos económicos, ambientais e sociais. A biodiversidade usufrui igualmente, podendo utilizar uma variedade superior de recursos, abrigos e espaços de reprodução. Desta forma, é do nosso interesse promover não só a reprodução dos elementos na estrutura arbórea, como também apoiar a sua longevidade.

A qualidade de vida imposta às árvores estará diretamente ligada à qualidade de vida de todos os seres vivos existentes na sua envolvência.

A permeabilidade dos solos é um ponto fundamental em aglomerações urbanas, caracterizadas por uma artificialização intensa e impermeável da paisagem e por mudanças estruturais nos ecossistemas presentes previamente. Essas mudanças podem ser sentidas na abundância e qualidade de água potável nos aquíferos e linhas de água de superfície e subterrâneas. A biodiversidade da fauna e flora sofre diretamente com este fator, seja no local ou na sua envolvência. Nos territórios onde a impermeabilização é aplicada, as consequências diretas traduzem-se no aumento de cheias ou inundações (através de um incremento na escorrência superficial e acumulação em zonas de cotas inferiores ou mais baixas), poluição das linhas de água (devido à lixiviação de substâncias tóxicas presentes nos meios urbanos para fora das redes de esgotos) e modificações no albedo (após a alteração das características e condições da superfície terrestre). A envolvência será afetada, em virtude da transformação, na disponibilidade dos recursos naturais presentes na área (recursos hídricos, minerais, biológicos, genéticos, entre outros).

Os insetos polinizadores são seres indispensáveis à vida no planeta. São responsáveis pela reprodução da maior parte das espécies vegetais e continuidade das mesmas. A vegetação constitui a base da cadeia trófica e a sua existência e presença nos territórios é insubstituível. Desta forma, é fulcral a preservação, conservação e fomento destes pequenos seres em todos os ecossistemas no planeta. Dependemos deles para a nossa sobrevivência e chegou o momento de demonstrar o nosso contributo para o seu bem-estar e qualidade de vida. Para que isso seja consumado, basta dedicarmos certas áreas para abrigos e locais de reprodução, assim como áreas dedicadas à sua alimentação. Os sítios onde estes podem habitar surgem como oportunidades para imensos artistas darem asas à sua imaginação e criatividade, enquanto os seus locais de alimentação constituem zonas esteticamente bastante agradáveis (sendo extensos campos com flores e outras espécies vegetais com pólen abundante durante todo o ano). A maioria destes insetos não são seres perigosos para as pessoas, pelo que podem perfeitamente coexistir no seio das nossas sociedades humanas e civilizações. Tendo em conta que as cidades correspondem a esses locais e contribuem em larga escala para a destruição dos seus habitats, a adoção de medidas que potenciem a sua existência e a reversão da situação precária que a humanidade levou estas espécies é praticamente imperativa.

Assim sendo, seguem um conjunto de imagens que constituem uma estratégia de ação para determinadas ruas nas áreas de estudo. Naturalmente, a área que irá sentir uma atenção maior será aquela onde a estrutura arbórea é mais diminuta, seguindo daquela com dimensões médias e terminando com a área onde a sua presença é dominante.

Optámos por definir como exemplo prático a cidade Stuttgart, na Alemanha, nomeadamente o local onde se encontra a Universidade de Stuttgart: Pfaffenwaldring. Consiste numa área provida de floresta protegida, onde se praticam as mais diversas atividades. Em redor da universidade encontramos floresta de elevada biodiversidade de flora e fauna, sendo os exemplares centenários de *Fagus sylvatica* e *Quercus robur* a paisagem predominante. Além disso, existem zonas de convívio e lazer, percursos pedonais e cicláveis para as restantes partes da cidade, zonas de churrasco, circuitos fitness, parques infantis, entre várias outras. Toda a envolvência da universidade corresponde a reserva natural protegida por lei.

Primeiramente, apresentamos documentação fotográfica para **promover o apoio ao desenvolvimento e continuidade da descendência das árvores.**



Figura 8— Pfaffenwaldring, Stuttgart. Demonstra harmonia e continuidade para as espécies vegetais. Fonte: Própria.

Como podemos observar, o troço da rua Maria Lamas (Figura 7) dedicou canteiros para posicionar as árvores e mantém um relvado aparado durante todo o ano. Os canteiros representam um género de coleiras para os troncos. Embora o relvado seja permeável, quase todo o solo na envolvência destas árvores não promove a infiltração de água. Este fator obriga a regas mais frequentes e com recurso a maiores volumes água. Além disso, o relvado não permite a existência de outras espécies da flora no local, devido às ações de corte permanente.

Por outro lado, Pfaffenwaldring (Figura 8) fomenta a biodiversidade através de uma maior presença arbórea e existência de outras espécies secundárias. Isto não só alimenta o solo com mais matéria orgânica durante as estações do ano, como também apresenta mais abrigo para aves, insetos e pequenos mamíferos.



Figura 9 – Cruzamento entre as Ruas General Humberto Delgado e Dom Dinis, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.



Figura 10– Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.

No cruzamento entre as ruas General Humberto Delgado e Dom Dinis (Figura 9), o solo encontra-se impermeabilizado e inutilizado. A divisória nem sequer é local de passagem, pelo que praticamente ninguém se desloca até ou sobre a mesma. Ao retirar a

calçada e fomentar a renaturalização do solo, a espécie de *Pinus pinea* tem hipóteses de desenvolver a sua descendência sem constrangimentos.

Em Pfaffenwaldring (Figura 10) é permitida a acumulação da folhagem que vai caindo junto às árvores. Este facto garante a proteção e nutrição do solo, assim como o desenvolvimento de um subcoberto e da própria descendência. Tudo isto estimula o aparecimento, estabelecimento e reprodução de uma grande variedade de insetos importantes para o ecossistema, aves que controlam pragas e espalham sementes e pequenos mamíferos que contribuem em igual medida para todo o meio.



Figura 12 – Rua Meloas, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.



Figura 11 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.

Na rua Meloas (Figura 12) encontramos um cenário relativamente comum: rua inteira sem possibilidade de infiltração de água e sem espaço algum para a presença de um subcoberto de apoio (plantas aromáticas, por exemplo) ou para a reprodução das jovens árvores.

Na imagem subsequente (Figura 11), podemos observar um ordenamento do espaço urbano em harmonia com a natureza. O chão do estacionamento automóvel é permeável, a espécie arbórea usufrui de duas faixas de infiltração hídrica e área suficiente para poder depositar as suas folhas e sementes. Além do mencionado, na superfície verde do lado oposto do estacionamento encontramos uma enorme variedade de flores, o que representa uma mais-valia para os insetos polinizadores.



Figura 14 – Alameda de Guerra Junqueiro, Complexo Desportivo de Almada. Fonte: Própria.



Figura 13 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.

A sequência de imagens seguinte diz respeito ao Complexo Desportivo de Almada. Embora esta área seja um bom exemplo de um urbanismo mais sustentável, ainda carece de alguns locais aptos para o crescimento de novas gerações arbóreas. Assim sendo, começamos por analisar um exemplar de *Pinus pinea* na Alameda de Guerra Junqueiro (Figura 14): existe espaço suficiente para o aparecimento e permanência de um subcoberto, que desempenha serviços ecológicos de proteção, nutrição e manutenção do solo. Todavia, o solo encontra-se bastante pobre e degradado. A causa mais provável deve-se às ações de corte e aparo intensivas (suposta manutenção do espaço), sem cuidados particulares ou seleção (em termos de que espécies cortar ou não e porquê). Em geral, podemos deduzir a falta de formação técnica por parte dos responsáveis por este tipo de trabalhos.

No exemplo em Pfaffenwaldring (Figura 13) verificamos que as pessoas recolheram e depositaram a folhagem diretamente no solo, perto do coberto arbóreo. O solo é cuidado, sendo proeminente a manutenção das folhas e ramagens perto ou mesmo no local onde caem. Isto revela-se como proteção e nutrição do mesmo, promovendo o crescimento das novas e pequenas árvores.



Figura 15 – Rua dos Castanheiros, Complexo Desportivo de Almada. Fonte: Própria.

Nestas últimas duas imagens iremos analisar o potencial que a rua dos Castanheiros tem para permitir que ao estrato arbóreo presente seja proporcionado um ambiente o mais natural possível.

A figura correspondente à própria rua (Figura 15) demonstra uma artificialização e impermeabilização intensa, podendo comprometer o normal desenvolvimento das raízes e impossibilitando o nascimento da prole das espécies. A estrutura arbórea encontra-se praticamente sufocada pelos canteiros que servem de base e curiosamente o único local onde pode ocorrer infiltração. O próprio solo está num estado muito seco e compactado,



Figura 16 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.

dificultando em larga medida a adição de nutrientes ou mesmo água. Devido a estes fatores, a manutenção destas árvores torna-se dispendiosa em termos de recursos naturais e humanos.

A figura seguinte (Figura 16) apresenta exemplos bastante simples e práticos de como fazer: a faixa de rodagem é impermeabilizada, enquanto a sua envolvência permite o armazenamento de água no solo (através do tipo de pavimento utilizado, onde se deixa uma proporção que permite o desenvolvimento de vegetação). Além do referido, está presente uma área adjacente à estrutura arbórea que permite a acumulação de matéria orgânica. Por conseguinte, estas árvores têm possibilidade de se desenvolver e usufruir de uma vida relativamente normal (de excelência, quando comparada com a rua em estudo).

Seguidamente, iremos analisar o **potencial de permeabilidade** que as áreas de estudo apresentam, procedendo ao mesmo método de comparação de fotografias dos dois locais distintos.



Figura 17 - Cruzamento entre as Ruas General Humberto Delgado e Dom Dinis, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.



Figura 18 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Carvalho-Alvarinho rodeado de uma área bastante permeável, o que facilita a sua busca por água e nutrientes e contribui para a sua qualidade de vida. Fonte: Própria.

Utilizamos novamente o cruzamento entre as ruas General Humberto Delgado e Dom Dinis (Figura 17) como exemplo. O território é caracterizado por um conjunto de moradias, faixa de rodagem e áreas pedonais estreitas (tudo impermeabilizado), o separador central não apresenta nenhuma função ecológica. Não constitui local de passagem, pelo que os cidadãos não frequentam o espaço. Não promove a biodiversidade, uma vez que todo o solo está coberto por calçada. Não ajuda a espécie de *Pinus pinea* a subsistir, na medida em que não ocorre infiltração de qualquer tipo de

água, não são adicionados nutrientes ou matéria orgânica, não existe subcoberto e o tronco encontra-se sufocado pelo canteiro que claramente não tem dimensões adequadas.

Em Pfaffenwaldring (Figura 18) a situação revela-se totalmente diferente: o canteiro da espécie *Quercus robur* usufrui de um “canteiro” do tamanho do espaço disponível, consequentemente há uma boa infiltração de recursos hídricos e orgânicos, a biodiversidade é apoiada com e pelo o subcoberto presente, o tronco desfruta de uma área maior para se desenvolver e todo o ambiente adjacente encontra-se em maior harmonia com a natureza e os seus serviços ecológicos inerentes.



Figura 20 – Rua Rainha Santa Isabel, Quinta do Janeiro. Solo totalmente impermeabilizado contribui em grande medida para a escorrência superficial e alagamento das zonas com cotas inferiores. Fonte: Própria.



Figura 19 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Alternativa prática e viável para os passeios e estacionamento. Fonte: Própria.

O próximo exemplo encontra-se na rua Rainha Santa Isabel (Figura 20), Quinta do Janeiro. O foco predominante será no tipo de pavimento no estacionamento automóvel. A fotografia é a imagem perfeita de uma área urbana sem um único espaço verde e de elevada impermeabilidade. Toda a escorrência superficial será encaminhada para a rede de esgotos e águas residuais. Caso o caudal exceda a capacidade da rede ou encontre obstáculos que impeçam a normal drenagem (folhas caídas nas sarjetas, beatas de cigarro, plásticos, entre outros), a ocorrência de cheias ou inundações nas zonas de cotas mais baixas é evidente.

De modo a reduzir a escorrência e promover a infiltração, em Pfaffenwaldring (Figura 19) optou-se por um pavimento permeável que permite a existência de pequenas gramíneas. A afluência de veículos sobre as mesmas impede o seu crescimento excessivo e as suas raízes mantêm os sedimentos superficiais importantes.



Figura 21 – Rua Meloas, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.



Figura 22 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Alternativas simples e eficazes para passeios e estacionamento. Fonte: Própria.

A rua Meloas na Quinta do Janeiro é um exemplo da ausência de princípios que sustentam um urbanismo sustentável (Figura 21). Os espaços pedonais, os passeios, são estreitos, privilegiando-se claramente o estacionamento automóvel. Não há um único espaço verde, sendo que as espécies vegetais presentes neste troço foram transplantadas recentemente e estão cercadas por um ambiente estéril e pelos seus próprios canteiros.

Toda a escorrência superficial vai descer ao longo da rua e acumular-se no conjunto de sarjetas existentes.

A área em análise na figura 22 revela uma maior harmonia com a natureza. Os residentes têm a oportunidade de circular com segurança, uma vez que a circulação automóvel não é permitida. Os estacionamento estão preparados para absorver a água da precipitação, promovendo o solo e as espécies de plantas na envolvência. No geral, as residências estão resguardadas de ruído e poluição (inerentes às dinâmicas rodoviárias), os habitantes podem circular com segurança, os passeios nas imediações são agradáveis e relaxantes, a temperatura é mais estável (as estruturas arbórea e arbustiva libertam água para a atmosfera no verão e constituem abrigos para o inverno), lençóis freáticos e aquíferos mais abundantes, estímulo à utilização de mobilidade suave

(consequentemente à atividade física e combate ao sedentarismo), entre várias outras. Uma simples mudança no ordenamento do território pode ser determinante na qualidade de vida das populações. Cada vez mais se torna fulcral o retorno da humanidade aos fatores naturais, fazendo uso inteligente das forças intrínsecas do planeta em que habitamos. Basta observar as dinâmicas naturais dos territórios antes de grandes construções para projetar cidades sustentáveis.



Figura 23 – Rua General Humberto Delgado, Quinta do Janeiro (sentido norte). Fonte: Própria.



Figura 24 – Rua General Humberto Delgado, Quinta do Janeiro (sentido sul). Fonte: Própria.

A rua General Humberto Delgado (Figuras 23 e 24) é extensa, delimitada por edifícios na parte oriental e um passeio pedonal na parte ocidental. Excluindo os pequenos espaços verdes das propriedades privadas, este troço não apresenta zonas de infiltração ou recolha das águas pluviais. Novamente, toda a escorrência superficial irá saturar os sumidouros urbanos e a rede de saneamento urbana. Uma simples alteração nos pavimentos pedonais e de estacionamento automóvel seria vantajoso em termos económicos (manutenção da rede) e ambientais (maior disponibilidade de recursos hídricos no solo).



Figura 25 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.

Em Pfaffenwaldring, em Stuttgart (Figura 25), encontramos soluções viáveis. Os estacionamento têm uma estrutura permeável e dotada de estrutura arbórea e arbustiva, promotoras de permeabilidade, enriquecedoras do solo, promotoras da biodiversidade, da fauna e flora, da qualidade do ar, reduzindo o ruído urbano, entre outras. A faixa de rodagem tem limite de velocidade máximo de 30km/h, sendo portanto multifuncional: ocorre a circulação de veículos ligeiros, pesados, velocípedes e peões. A envolvimento direta é segura e convidativa, tanto para seres humanos como para aves, insetos e pequenos mamíferos. Cada espécie desempenha um serviço ecológico fundamental para o ecossistema. Ao protegermos e preservarmos os seres autóctones garantimos a continuidade e resiliência dos ecossistemas.



Figura 27 – Rua Dom Dinis, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.



Figura 26 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.

O troço referente à rua Dom Dinis (Figura 27), encontra-se totalmente impermeabilizado. A espécie presente de *Pinus pinea* não tem uma fonte direta de infiltração de água, sendo obrigada a procurá-la diretamente nos lençóis freáticos ou eventuais aquíferos existentes, provocando problemas nos pisos, canalizações e edifícios. As próprias reservas de água subterrâneas estão em dificuldades, na medida em que não ocorre nova adição de recursos hídricos no solo. Isto revela-se bastante problemático, não só para as comunidades de fauna e flora, como também para a humanidade. Os seres humanos desviaram e colocaram barragens nos rios, pelo que dependem em grande medida dos recursos hídricos do subsolo para as mais variadas dinâmicas inerentes à sua existência. O facto de as cidades ocuparem extensas áreas (alterando o uso do solo) e serem predominantemente impermeabilizadas faz com que aumentem as áreas vulneráveis a inundações e cheias. O troço em estudo revela o mínimo (ou nenhum) aproveitamento das águas pluviais, promovendo exclusivamente a escurrência superficial.

Como podemos observar, em Pfaffenwauldring (Figura 26), o solo não foi pavimentado. Isso fomenta a biodiversidade e garante a infiltração da precipitação, assegurando a continuidade da estrutura arbórea e a qualidade do solo. Os estacionamento de veículos, locais de convivência e lazer, espaços verdes e outros espaços característicos das cidades podem e devem promover a permeabilidade do solo. Em países como Portugal, onde os recursos hídricos por vezes são escassos mesmo ocorrendo abundância de precipitação em certos meses do ano, devem ser adotadas políticas e infraestruturas de captação e armazenamento das águas pluviais. Com essa água surge uma grande diversidade de funções e aproveitamentos (regas de jardins e hortas urbanas, autoclismos públicos e privados, limpezas de exteriores, automóveis, entre outros).



Figura 29 – Rua Sete Chaves, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.



Figura 28 – Stuttgart, Deutschland. Fonte: Própria.

Na rua Sete Chaves (Figura 29), as árvores não têm espaço para se desenvolverem naturalmente e a área envolvente não disponibiliza nenhum apoio à captação e

armazenamento de água (seja diretamente no solo ou através de equipamentos humanos). A calçada portuguesa utilizada encontra-se misturada em betão, sendo que o solo está totalmente impermeabilizado.

Em Stuttgart, na Alemanha (Figura 28), o pavimento é constituído por materiais idênticos à calçada portuguesa, contudo não se encontram integrados em betão ou outra substância que impermeabilize o solo. O resultado é um pavimento que permite a mobilidade (semelhante à da rua Sete Chaves) e a infiltração de água no solo. Na verdade, o pavimento encontra-se em condições mais adequadas em termos de nivelamento e qualidade dos materiais. Além do mencionado, conseguimos observar a presença de uma estrutura arbórea e arbustiva, garantindo a permeabilidade, mitigação de inundações, promoção da biodiversidade e qualidade atmosférica, entre outras.



Figura 30— Rua João de Deus, Quinta do Janeiro. Novamente, a estrutura arbórea existe num espaço pouco adequado, estacionamento cimentado e impermeável. Fonte: Própria.



Figura 31 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Estacionamento permeabilizado, estacionamento de bicicletas igualmente contemplado e estrutura arbórea com mais espaço e recursos. Fonte: Própria.

A próxima rua a analisar denomina-se João de Deus (Figura 30). O enfoque predominante centra-se nos estacionamentos. A estrutura arbórea, novamente, encontra-se sufocada pelos canteiros, enquanto a envolvência está completamente impermeabilizada. Toda a precipitação será encaminhada para as sarjetas e distribuída pela rede de saneamento urbana.

Voltando a Pfaffenwaldring, Alemanha (Figura 31), os estacionamentos não são totalmente cimentados (sendo permeáveis), as árvores dispõem de mais espaço para se desenvolverem, a precipitação é absorvida pelo solo, a mobilidade suave é fomentada através de estacionamento próprio e não existem desnivelamentos (o que proporciona melhor mobilidade aos utentes).

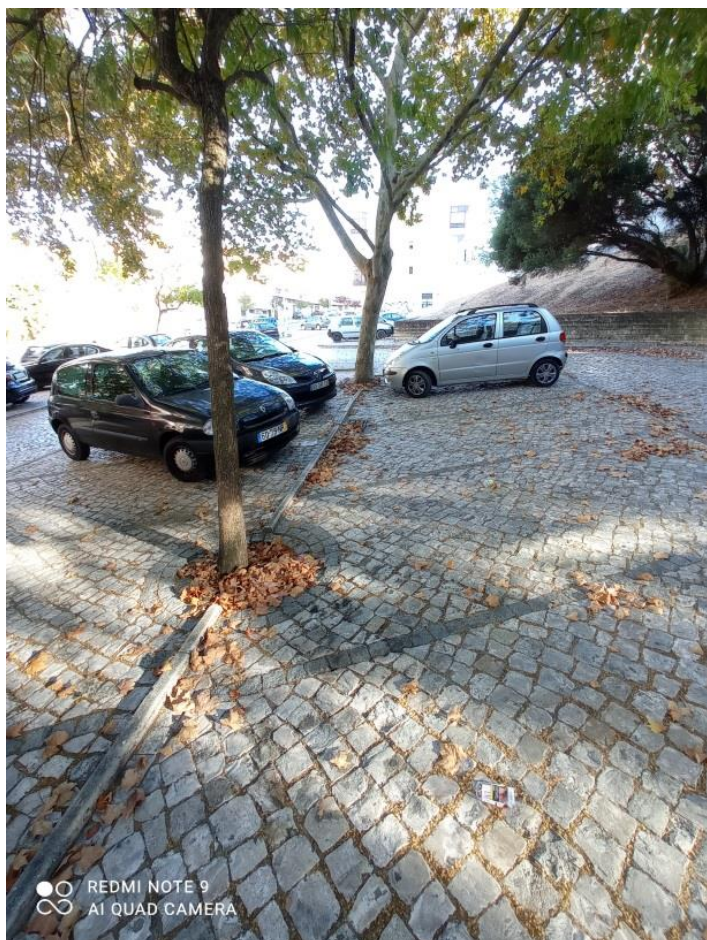


Figura 35 – Rua dos Castanheiros, Complexo Desportivo de Almada.
Fonte: Própria.



Figura 34 – Rua dos Castanheiros, Complexo Desportivo de Almada.
Fonte: Própria.

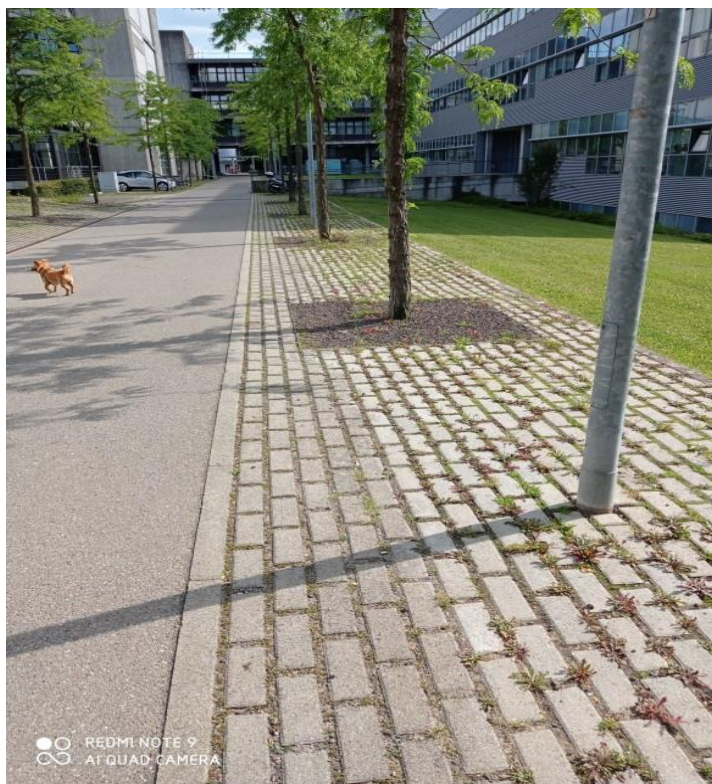


Figura 32 – Pfaffenwaldring, Stuttgart.. Fonte: Própria.



Figura 33 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.

O Complexo Multidesportivo de Almada constitui um bom exemplo de biodiversidade urbana em termos de estrutura arbórea. No entanto, existem determinados troços e áreas que não se encontram em conformidade com o urbanismo sustentável. A rua dos Castanheiros é um bom exemplo disso (Figuras 34 e 35). Na parte apresentada nas figuras, podemos verificar que o solo está mal aproveitado: Trata-se de um local relativamente extenso, unicamente utilizado para estacionamento de veículos, completamente impermeabilizado. A folhagem das árvores (nutrientes e proteção do solo) acumula-se até que os serviços públicos as retirem e procedam à sua queima ou lançamento para aterros, existem nivelamentos que dificultam a mobilidade pedonal e de recurso a rodas pequenas (cadeiras de rodas, trotinetes, skate, entre outros), não existe estrutura arbustiva (plantas aromáticas, por exemplo) e a precipitação é diretamente direcionada para escorrência superficial.

Na universidade de Stuttgart, Pfaffenwaldring (Figuras 32 e 33), todo o ordenamento do território é feito em comunhão com a natureza envolvente. Embora a faixa de rodagem seja impermeável, os estacionamentos absorvem parte das águas pluviais que são drenadas para o relvado adjacente (mesmo não sendo o ideal, corresponde a uma zona de drenagem e não satura a rede de esgotos e saneamento urbano). A estrutura arbórea usufrui de mais espaço para existir e tem acesso facilitado aos recursos hídricos, não havendo a necessidade de regas regulares. A estrutura arbustiva desempenha a função social de delimitação de espaços, enquanto fornece ao ecossistema serviços ecológicos de abrigo e comida para aves e insetos. Além disso, fixa as camadas sedimentares do solo, alimenta-as com a própria folhagem, tem potencial para se unir em rede com as árvores em redor e partilhar nutrientes, entre várias outras coisas. Em termos de mobilidade, é facilitado o acesso a todas as áreas através da ausência de passeios ou lances elevados. Este fator também beneficia os utilizadores de velocípedes que evitam a paragem dos seus veículos para subir passeios ou eventuais danos a longo prazo nos pneus e amortecedores.

O próximo conjunto de imagens diz respeito à **existência e desenvolvimento de insetos polinizadores** nas aglomerações urbanas. Esta amostra foca-se especificamente em abelhas, sendo elas dos principais agentes ativos na disseminação do pólen das plantas. Além disso, as mesmas produzem mel, que pode ser aproveitado em termos económicos, uma vez bem gerido.



Figura 36 – Praceta Infância, Quinta do Janeiro. Mais uma vez, a estrutura arbórea não se encontra num local adequado para desempenhar as suas funções naturais. Fonte: Própria.

Na Praceta Infância na Quinta do Janeiro (Figura 36) é evidente a elevada impermeabilização e a ausência de calhas adequadas para as árvores, que permitam a infiltração das águas pluviais (os próprios canteiros são demasiado pequenos para as bases dos troncos e alguns até se encontram obstruídos por entulho) e não existe subcoberto arbustivo. Não é visível qualquer equipamento de recreio ou lazer (bancos de jardim, circuitos fitness, entre outros).

A zona central tem a função de rotunda e não possui nenhuma função ecológica. Com uma área de dimensão considerável seria possível a implementação de diversos projetos, como por exemplo um pequeno jardim com estrutura arbustiva, percursos e locais de relaxamento; um circuito fitness com equipamento especializado para todas as gerações; pequenas estruturas para desportos (ping-pong, minigolfe, entre outros); santuários de abelhas ou outros insetos polinizadores; parques infantis; abrigos e locais de reprodução para aves; entre outros. Em suma, todo este local está muito mal aproveitado, pelo que seria pertinente a revitalização, reabilitação e renovação do mesmo.



Figura 38 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.



Figura 37 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Pormenor dos canteiros apresentados previamente. Fonte: Própria.

Estas últimas três figuras (Figuras 37, 38 e 39) são referentes ao local escolhido como exemplo (Pfaffenwaldring), mais precisamente junto à entrada e saída do metropolitano da cidade Stuttgart. Podemos ver que os canteiros dedicados à estrutura arbórea e à decoração urbana têm dimensões apreciáveis e são providos de subcoberto. As espécies escolhidas para isso foram exemplares de plantas aromáticas e

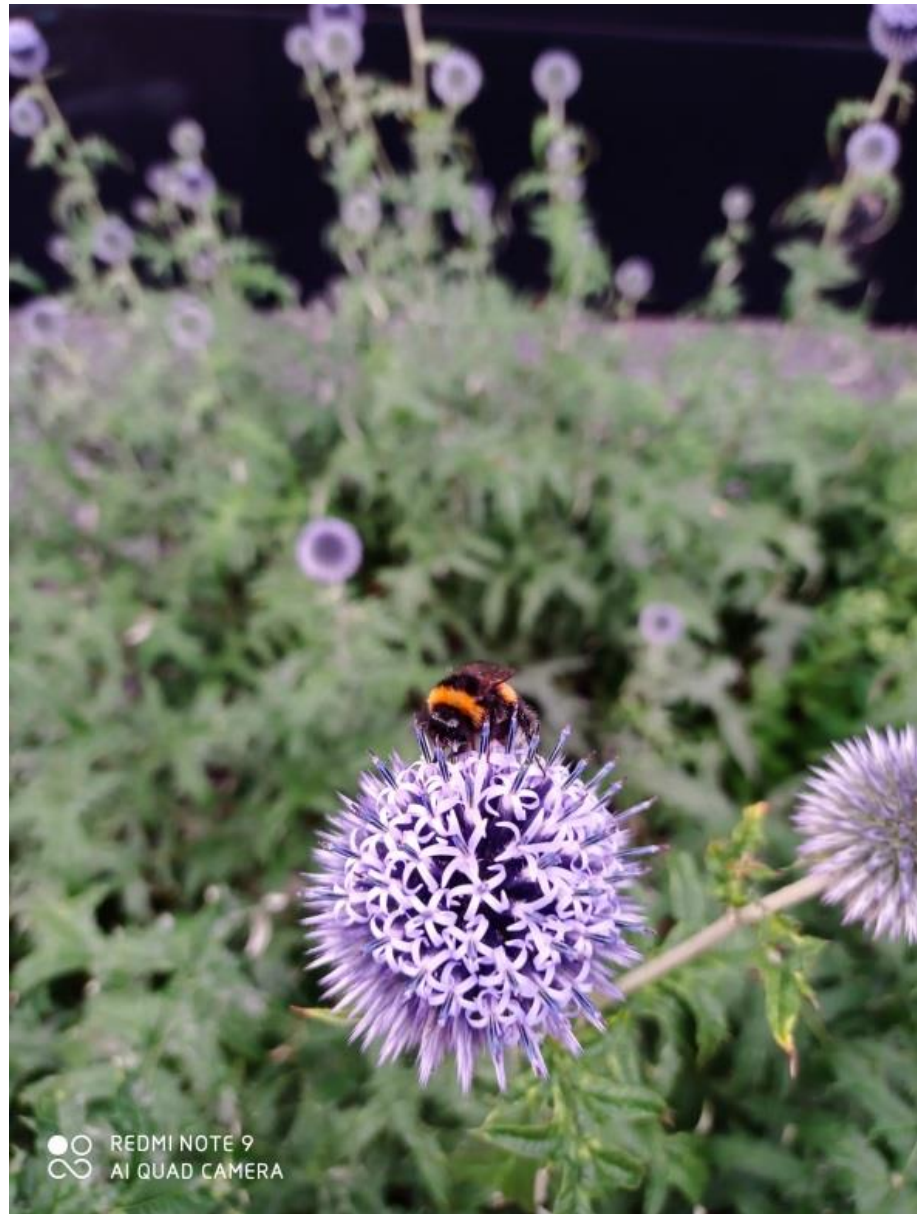


Figura 39 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.

dotadas de flores com pólen abundante. Essas plantas disponibilizam mais-valias, como é o exemplo do apoio aos insetos polinizadores. Além disso, as espécies aromáticas e com flor atraem a atenção dos insetos em geral (muitas vezes de pragas nocivas para a estrutura arbórea), constituindo uma camada protetora para as espécies mais novas ou sensíveis a ataques. São também uma importante cobertura para o solo, garantindo a sua nutrição, manutenção dos sedimentos superficiais mais finos e de humidade. Ao fornecer sombra, este subcoberto garante a permanência de água durante mais horas no solo e ajuda as restantes espécies presentes a não sofrerem de secas. Para terminar, as suas raízes misturaram-se com as restantes através de uma rede micorrízica e permitem a troca de água e nutrientes entre todas as plantas.



Figura 41 – Rua Meloas, Quinta do Janeiro. Fonte: Própria.



Figura 40 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Exemplo como canteiros podem servir de barreira física entre os passeios e a rodovia. Fonte: Própria.

O próximo conjunto de figuras (Figuras 40 e 41) dará uma especial atenção à separação entre os circuitos pedonais urbanos e a faixa de rodagem. A rua Meloas (Figura 41) já foi analisada previamente, sendo um exemplo de urbanismo pouco ecológico. No entanto, as separatórias presentes (semelhantes a estacionamentos de bicicletas) poderiam ser substituídas por canteiros em toda a sua extensão. Esses canteiros seriam aproveitados para plantar espécies aromáticas ou que disponibilizassem flores em abundância para apoiar os insetos. Os insetos desempenham funções de polinizadores e de base da cadeia trófica. Inúmeras espécies de aves dependem direta ou indiretamente de insetos para a sua existência. Assim sendo, podemos afirmar que os polinizadores são fundamentais para a presença e continuidade da flora e da fauna.

Em Stuttgart (Figura 40) foi adotada essa estratégia, como podemos verificar na fotografia de Pfaffenwaldring. Esteticamente, os canteiros com flores oferecem ruas mais verdes, com canteiros marcados por diversas cores e formatos das florações. Além do referido, os canteiros servem de barreiras físicas entre as estradas e os passeios, fornecendo segurança aos cidadãos (principalmente àqueles com animais de estimação ou com crianças a seu cuidado). Em suma, a adoção deste tipo de ordenamento do território revela-se como prática, eficaz, vantajosa e não necessita de muito espaço útil para ser aplicado.

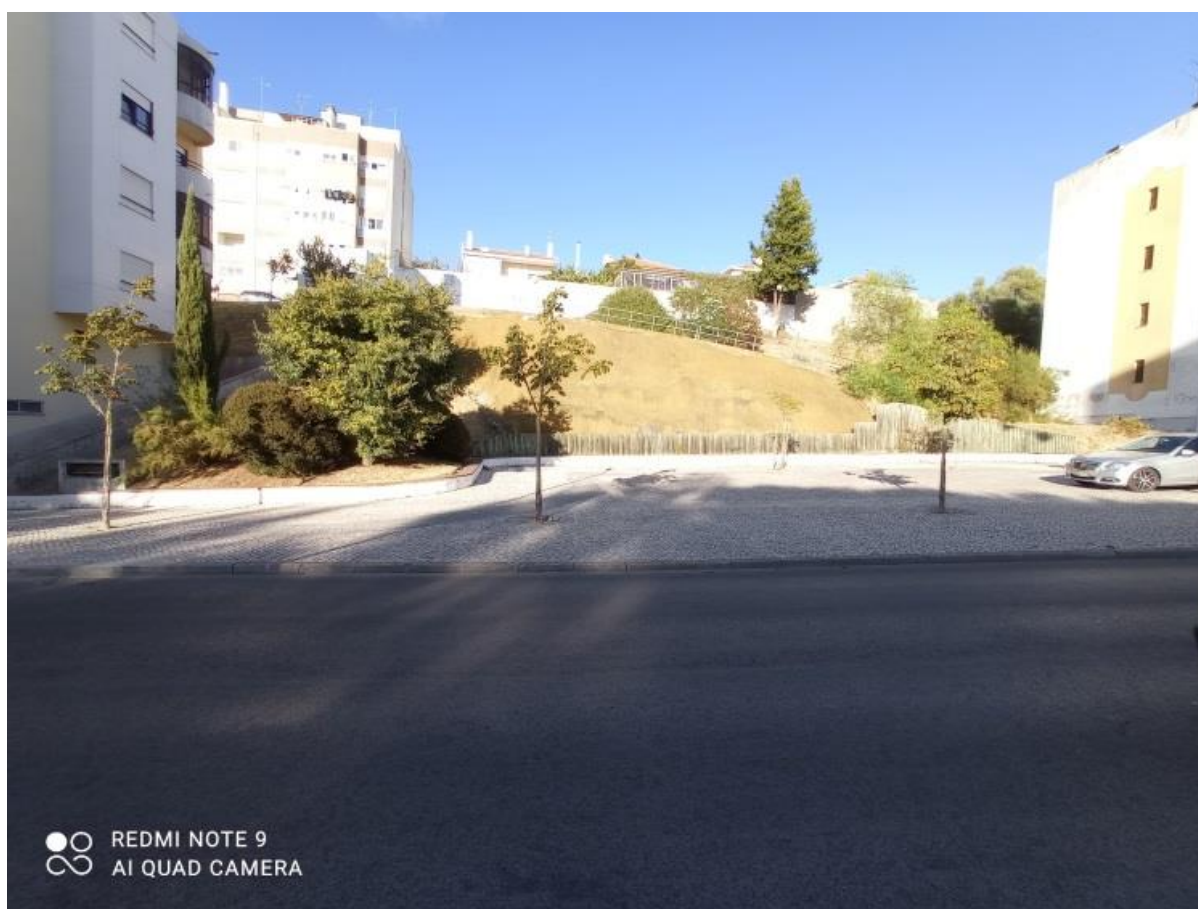


Figura 42 – Rua dos Castanheiros, Complexo Desportivo de Almada. Fonte: Própria.

No que se refere aos canteiros da estrutura arbórea e analisando a Rua dos Castanheiros (Figura 42), constata-se que os mesmos são pequenos, o solo não é alimentado e encontra-se bastante compactado, não permitindo a infiltração. Por conseguinte, não existe subcoberto, a folhagem das árvores não protege nem nutre o solo e a precipitação tem muitas dificuldades em infiltrar-se. Na imagem podemos observar uma vertente sem construção, desprovido de vegetação. Graças à ausência de cobertura verde, toda a água que seja vertida naquele lugar será acumulada nas cotas mais baixas através de escorrência superficial. O facto de não existir raízes de plantas na encosta faz com que os sedimentos não sejam fixados no local e a água tenha imensa dificuldade em infiltrar-se no terreno. A aplicação de uma estrutura arbustiva, arbórea ou herbácea autóctone seria a solução para este problema e iria garantir uma melhor gestão do território. Aquela área a funcionar devidamente constituía um apoio essencial para as árvores que se encontram nos canteiros.



Figura 44 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.



Figura 43 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.



Figura 45 – Pfaffenwaldring, Stuttgart. Fonte: Própria.

Estas figuras de Pfaffenwaldring (Figuras 43, 44 e 45) demonstram como podemos ter árvores em ambiente urbano, promotoras de uma qualidade de vida. Os canteiros dispõem de maiores dimensões para o desenvolvimento dos troncos e das raízes, além de que existe um subcoberto herbáceo dedicado aos insetos polinizadores. Este subcoberto protege o solo do vento e do calor excessivo do sol, adiciona nutrientes à terra, partilha os mesmos com a árvore, ajuda a fixar a camada sedimentar (onde as raízes têm maior facilidade em instalar-se e a água a infiltrar-se) e disponibiliza importantes fontes de pólen para os insetos polinizadores do local (bastante escasso

nas cidades portuguesas).



Figura 47 – Herdade da Aroeira. Exemplar de Pinheiro-Bravo em destaque. Fonte: Própria.



Figura 46 – Herdade da Aroeira. Exemplar de Acácia em destaque. Fonte: Própria.

As Figuras 46 e 47 são referentes à Herdade da Aroeira, que consiste na área de estudo com maior presença de estrutura arbórea e menor densidade habitacional. Não obstante, esta área é aquela que corre o maior risco de perda de vegetação, na medida em que os proprietários que adquirem novos lotes não respeitam a legislação e orientações em vigor e abatem a maioria das árvores para construir moradias de grandes dimensões. Em seguida, será apresentado um conjunto de fotografias com ideias a implementar para apoiar os insetos polinizadores e outras a documentar as obras de construção.

Basicamente, a Herdade da Aroeira constitui um condomínio de grandes dimensões, dedicada à residência de luxo. A vegetação é predominantemente exemplares antigos de *Pinus pinaster*, sendo que podem ser observadas esporadicamente espécies de acácias e outras pertencentes à estrutura arbustiva. A paisagem é característica de um pinhal intercalado por campos de golfe, estradas asfaltadas, moradias com piscina e um centro

comercial. Em termos de uso do solo a situação torna-se um pouco confusa. Por um lado, o pinhal constitui uma cobertura verde muito extensa, com um subcoberto rico e muito biodiverso, mas à medida que se constrói compromete-se a sustentabilidade do local.

Em geral, nota-se a falta de cuidado em termos ambientais por parte dos residentes. Praticamente toda a ação nesse sentido prejudica bastante mais a situação do que melhora, enquanto o modo de construção disperso pressupõe maiores rotas e consumos para desempenhar qualquer assistência ou a simples recolha de resíduos. Se consideramos os princípios do urbanismo sustentável, a Herdade da Aroeira é um espaço urbano e turístico pouco sustentável.



Figura 48 – Pfaffenwäldring, Stuttgart. Exemplo de superfície verde, onde a existência e permanência de flores. Fonte: Própria.



Figura 49 – Pfaffenwäldring, Stuttgart. Pormenor de superfície verde em comunhão com o meio ambiente. Fonte: Própria.

O conjunto de figuras (Figuras 48 e 49) que se segue mostra uma cobertura verde a florir e a servir de alimento a insetos. Isto acontece quando a equipa de manutenção dos espaços conhece as espécies presentes e efetua as dinâmicas de corte gestão no momento certo. A floração nas plantas não ocorre durante todo o ano, sendo específica de determinadas semanas. Caso os relvados sejam aparados sem cuidados relativos a este pormenor, os mesmos acabam por não disponibilizar flores (pólen) para o meio. Em Pfaffenwaldring (Figuras 50 e 51) assistimos a uma enorme variedade de flores e insetos diferentes em toda a paisagem.

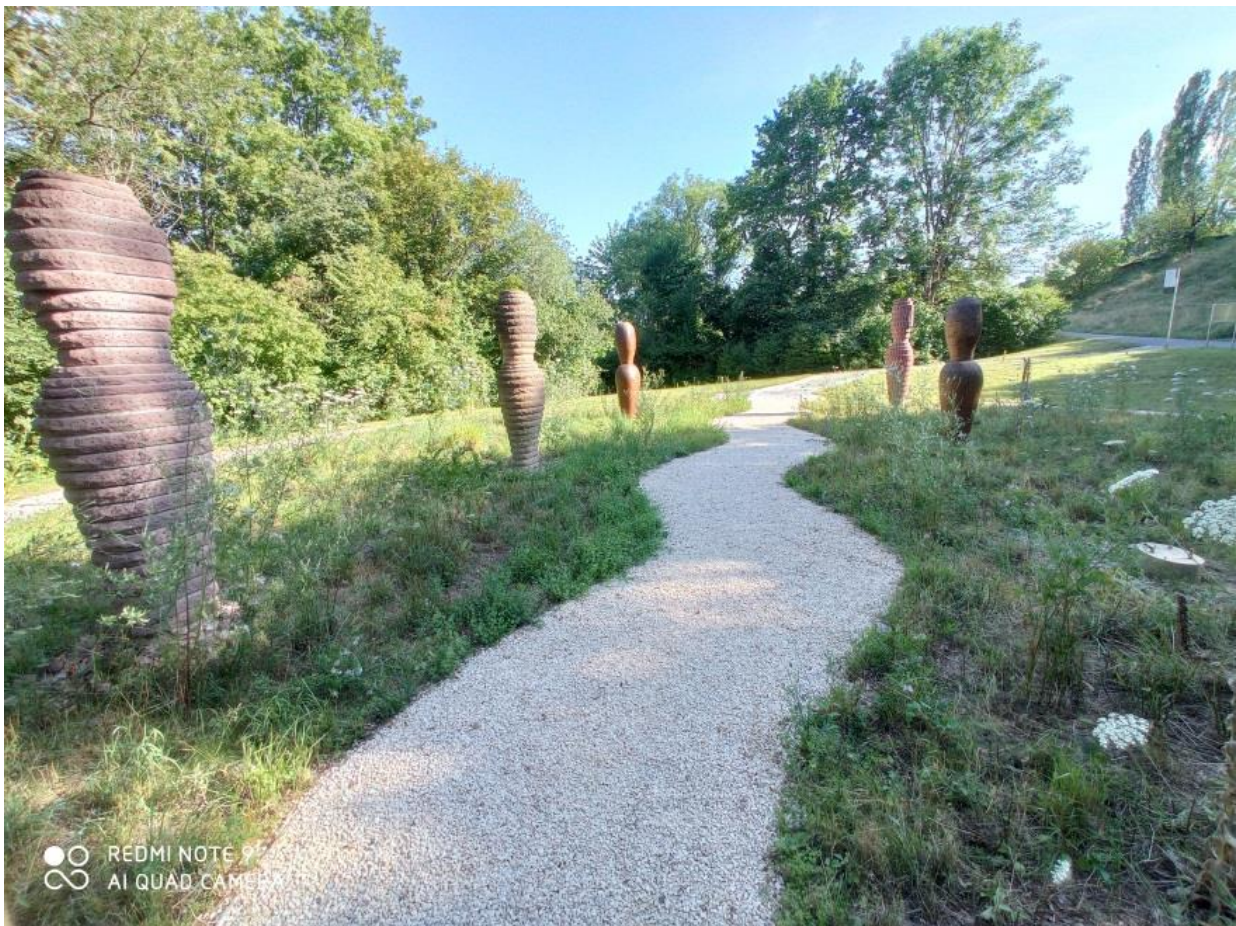


Figura 50 – Stuttgart, Deutschland. Esculturas dentro de uma área verde provida de espécies vegetais com pólen abundante. Fonte: Própria.



Figura 51 – Stuttgart, Deutschland. Esculturas que servem de colmeia – apoio aos insetos polinizadores. Fonte: Própria.

Uma vez que a Herdade da Aroeira dispõem de imenso espaço útil, propomos a aplicação de abrigos e locais de alimentação para os polinizadores, nomeadamente abelhas. As fotografias de Stuttgart mostram colmeias trabalhadas artisticamente, formando uma paisagem biodiversa e agradável para quem efetua passeios e abrigos para enxames. Além disso, surge a oportunidade de dinamizar os artistas regionais, através de concursos públicos ou mesmo voluntariado.

Espaços privados com dimensões tão significativas como este devem ser geridos de uma forma sustentável e não apenas com uma perspetiva económica. Existem uma grande quantidade e diversidade de seres vivos dependentes das dinâmicas ecológicas, ocorrentes neste lugar em particular. Com a construção de obstáculos e barreiras (moradias, vedações, estradas, desflorestação, entre outras) às movimentações dos mesmos (migrações, procura por alimento, reprodução, abrigo) corremos o risco de não corresponder com as suas necessidades básicas. Isso faz com que o ecossistema entre em rutura e se perca a biodiversidade que continha previamente. A floresta de *Pinus*

pinaster está a decair alarmantemente e é necessária uma reestruturação das políticas praticadas no local.



Figura 52 - Lote "virgem" na Herdade da Aroeira. Fonte: Própria.



Figura 53 - Herdade da Aroeira. Contraste entre lote vendido e por vender. Fonte: Própria.



Figura 54 - Herdade da Aroeira. Novo exemplo da má gestão dos proprietários. Fonte: Própria.

No conjunto de figuras em cima (Figuras 52, 53 e 54) podemos confirmar o abuso que tem vindo a ocorrer ao longo dos anos. Os lotes são adquiridos com uma estrutura arbórea antiga e consolidada, imediatamente abatida para dar lugar a empreendimentos luxuosos (muitas vezes sem noção de estética e integração visual no território).



Figura 55 - Herdade da Aroeira. Fonte: Própria.



Figura 56 - Herdade da Aroeira. Fonte: Própria.



Figura 58 - Herdade da Aroeira. Fonte: Própria.



Figura 57 - Herdade da Aroeira. "Ilha" de vegetação, cercada por modos de vida insustentável. Fonte: Própria.

As últimas quatro imagens demonstradas (Figuras 55, 56, 57 e 58) consistem em três moradias de grandes dimensões e um lote não utilizado na Herdade da Aroeira. Aqui podemos verificar a génese dos lotes (com presença arbórea), as obras de construção (abate de praticamente todas as árvores) e o resultado final (vivendas desintegradas do território, com nenhuma ou presença arbórea diminuta).

O tipo de ordenamento territorial praticado nesta Herdade deixa reflexão. Graças à capacidade monetária dos responsáveis, as indicações públicas e as próprias leis são ignoradas com relativa impunidade. As pessoas não valorizam os serviços das árvores e procedem à sua destruição sem a mínima preocupação. Limpam os terrenos e plantam palmeiras ou árvores mal ordenadas e sem cuidados especiais. Se não forem tomadas medidas para conservar a Aroeira, a mesma vai deixar de prestar os serviços de ecossistema. Das três áreas é aquela que representa um maior risco. A área de estudo (dentro da Herdade da Aroeira) não contém muitas construções, existem outras zonas onde a presença arbórea é quase inexistente.



Figura 59 - Herdade da Aroeira. Dimensões desapropriadas para a rodovia e estacionamento. Fonte: Própria.

Como complemento, apresentamos a paisagem de um troço onde se encontram estacionamento para veículos privados e uma faixa de rodagem com dimensões significativas (Figura 59). Mais uma vez, o tamanho das construções e o espaço dedicado aos veículos motorizados não se adequa com o contexto. Trata-se de um condomínio privado, onde apenas os residentes, visitantes e pessoal da manutenção circulam. Não faz o menor sentido disponibilizar uma estrada tão grande para ter acesso aos locais. Mais se parece com uma rua movimentada numa cidade. No entanto, corresponde apenas a um condomínio privado a poucos membros da sociedade. É importante lembrar que para dar lugar a construções deste teor foram levadas a cabo medidas intensivas de desflorestação.

Para finalizar, apresentamos 3 imagens referentes a medidas a adotar no geral, não correspondendo a nenhuma rua ou local das áreas em estudo em particular (Figuras 60, 61 e 62).



Figura 60 - Stuttgart, Deutschland. Caminho pedonal e ciclovia a partilhar a mesma estrutura. Corredor verde rodeado de biodiversidade, onde o caminho é adaptado para o crescimento das árvores e respetivas raízes. Fonte: Própria.



Figura 62 - Stuttgart, Deutschland. Circuito pedonal e ciclovía segregada das rodovias adjacentes. Exemplo de aproveitamento do espaço público de uma forma sustentável. Fonte: Própria.



Figura 61 - Pfaffenwaldring, Stuttgart. Área de reserva natural dentro da cidade, nas imediações da Universidade de Stuttgart e de zona residencial. Fonte: Própria.

7. Conclusões.

Após a análise dos territórios de estudo e a comparação com exemplos de uma cidade alemã na vanguarda da sustentabilidade, podemos facilmente inferir os benefícios possíveis de alcançar com a adoção de práticas ambientalmente sustentáveis, economicamente viáveis e socialmente desejáveis.

Este projeto vem demonstrar, simplificadamente, a importância que a estrutura arbórea tem para a vida, dentro e fora das cidades. As árvores são a solução para o aquecimento global e as ferramentas para redirecionar o carbono em excesso da atmosfera novamente para o solo. A reflorestação da superfície terrestre é inevitável e constitui a fórmula para reverter os efeitos nefastos que as atividades humanas transferiram para a atmosfera e a hidrosfera. O carbono contribui para a base da constituição da maioria dos seres vivos, revela-se bastante útil nos solos e para as plantas. Contudo, a sua presença em excesso nos oceanos traduz-se em acidificação das águas (formando lugares inóspitos para a biodiversidade), enquanto que na atmosfera aumenta o efeito de estufa e consequentemente eleva as temperaturas médias do planeta (constituindo graves efeitos negativos para a biodiversidade, principalmente na base da cadeia alimentar).

A estratégia demonstrada foca-se em três pontos fundamentais para o bom funcionamento das aglomerações urbanas: desenvolvimento da prole das espécies arbóreas, garantindo uma continuidade das mesmas com qualidade, resiliência e funcionalidade; promoção da permeabilidade dos solos, para fomentar o enriquecimento dos solos com água e nutrientes, mitigar a ocorrência de cheias e inundações (através da infiltração e do escoamento inteligente da precipitação), incrementar o espaço natural e útil das cidades e proceder à captação e aproveitamento das águas da chuva; suporte à existência e permanência de insetos polinizadores nos meios urbanos, como agentes ativos e predominantes para o normal funcionamento dos ecossistemas, seres essenciais para a sobrevivência da flora e relevantes para a cadeia trófica.

Os cidadãos necessitam de locais de convívio e lazer, na medida em que as dinâmicas inerentes às metrópoles não contribuem para a sua união social. Devido a grandes distâncias, ausência de estrutura e tempo útil, os indivíduos que habitam as cidades vivem no anonimato. Este cenário está diretamente ligado a uma série de problemas psicológicos e físicos, que podem ser evitados através de um conjunto de decisões informadas e baseadas na natureza. Os espaços verdes urbanos entram neste contexto,

proporcionando locais perto da essência de cada um (meio natural). Esses espaços não escolhem classes nem gerações, sendo locais adequados para o convívio e lazer social (essencial para a formação de um sentimento de pertença e combate à solidão galopante das metrópoles).

Os corredores verdes contribuem para o desenvolvimento de canais de ventilação dos poluentes urbanos, rotas de migração e alimento para alguns elementos da fauna, circuitos de movimentos pendulares sustentáveis para os cidadãos (mobilidade suave) e paisagens esteticamente mais adequadas.

A humanidade deve compreender que está intimamente conectada com o meio natural que a rodeia, não o oposto. Tudo se encontra ligado e todas as ações têm consequências ambientais, sejam elas positivas ou negativas. A inteligência atribuída ao ser humano tem de ser aproveitada de uma forma mais inteligente.

8. Bibliografia.

Arboriculture & Urban Forestry (July 2020). *Ecosystem Service-Based Sensitivity Analyses of i-Tree Eco*. Por: J. Lin, C. N. Kroll e D. J. Nowak. Pag. 287–306.

Benini, S. M. (2015). *Infraestrutura Verde como Prática Sustentável para Subsidiar a Elaboração de Planos de Drenagem Urbana: Estudo de Caso da Cidade de Tupã/SP*. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. 220 pp.

Cormier, N. S., Pellegrino, P. R. M. (2008). *Infra-Estrutura Verde: Uma Estratégia Paisagística para a Água Urbana*. Paisagem Ambiente: ensaios – n. 25 – São Paulo – p. 125-142.

Ferreira, J. C. 2010. *Estrutura Ecológica e Corredores Verdes - estratégias territoriais para um futuro urbano sustentável*.

Ferreira, J. C.; Machado, j. R. M. 2010. *Infra-Estruturas Verdes para um Futuro Urbano Sustentável. O contributo da Estrutura Ecológica e dos Corredores Verdes*.

Ferreira, J.C., et al. 2019. *Estrutura Ecológica Municipal de Setúbal-Uma Infraestrutura Verde para um ordenamento do território de base ecológica*.

Gagliano, Monica, et al.: «Towards understanding plant bioacoustics», in: *Trends in plant science*, Vol. 954, pp. 1-3.

Harmuth, Frank, et al.: *Der sachische Wald im Dienst der Allgemeinheit*, Staatsbetrieb Sachsenforst, 2003.

Herzog, C.P. e Rosa, L. Z. (2010). *Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e Resiliência para a Paisagem Urbana*. Revista Labverde. Pag. 92-115.

Herzog, C. (2013). *Cidades Para Todos: (re)aprendendo a conviver com a Natureza*. 1ª Edição, MAUAD Editora. Rio de Janeiro.

Holzer, S. (2012). *Desert or Paradise, Restoring Endangered Landscapes using Water Management, including Lake and Pond Construction*. 1ª Edição em Inglês, Permanent Publications. Hampshire.

Lee, Jee-Yon e Lee, Duk-Chul: «*Cardiac and pulmonary benefits of forest walking versus city walking in elderly woman: A randomised, controlled, open-label trial*», in: *European Journal of Integrative Medicine* 6 (2014).

Martin, N. A. (2011). *A 100% Tree Inventory Using i-Tree Eco Protocol: A Case Study at Auburn University, Alabama*. Tese de Mestrado em Ciência. Universidade de Auburn, Auburn, Alabama. 110 pp.

Meneguetti, K. S. (2007). *De Cidade-Jardim a Cidade Sustentável: Potencialidades para uma Estrutura Ecológica Urbana em Maringá – PR*. Tese de Doutorado em Paisagem e Ambiente. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 205 pp.

Mihatsch, A.: «*Neue Studie: Baume sind die besten Kohlendioxidspeicher*», in: *Pressemitteilung* 008/2014, Universidade de Leipzig.

National Geographic (Julho 2021). *Tesouros no Lixo: A Sombra que Divide*. Pag. 24-37.

Pinheiro, C. I. F. A. (2012). *Contributo da Estrutura Ecológica para a Sustentabilidade Urbana. O Caso de Guimarães*. Tese de Mestrado em Geografia – Especialização em Planeamento e Gestão do Território. Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho, Braga. 215 pp.

Soares, A. L., Portela-Pereira, E., Azambuja, S. T. (2019). *Ecologias: Para um Reforço da Estrutura Ecológica Urbana*. Ruínas e Terrenos Vagos: Explorações, Reflexões e Especulações. Pag. 32-35.

Sustainability, MDPI (2020). *Assessing the Ecosystem Services of Various Types of Urban Green Spaces Based on i-Tree Eco*. Por: P. Song, G. Kim, A. Mayer, R. He e G. Tian. Basel, Switzerland.

Vasconcellos, A. A. (2015). *Infraestrutura Verde Aplicada ao Planeamento da Ocupação Humana*, 1ª edição, Editora Appris Ltda. Curitiba – PR.

Von Haller, A.: *Lebenswichtig aber unerkannt*, Verlag Boden und Gesundheit, Langenburg, 1980

Wohlleben, P. (2016). Trad. Henriques, J. *A Vida Secreta das Árvores, O que sentem, como comunicam – a descoberta de um mundo misterioso*. 1ª Edição, Pergaminho. Lisboa.

XII Colóquio Ibérico de Geografia (2010). Estrutura Ecológica Urbana: Sistema Multifuncional de Desenvolvimento Urbano. Por: Quintas, A. V. E Curado, M. J. Porto, Portugal. 19 pp.

9. Outras Fontes

https://jb.utad.pt/especie/Arbutus_unedo (1). Consultado em novembro de 2020.

https://jb.utad.pt/especie/Laurus_nobilis (2). Consultado em outubro de 2020.

https://jb.utad.pt/especie/Quercus_faginea_subesp_faginea (3). Consultado em outubro de 2020.

https://jb.utad.pt/especie/Quercus_suber (4). Consultado em outubro de 2020.

<https://participacao.parlamento.pt/initiatives/1163> (5). Consultado em junho de 2020.

<https://tribodaestrela.wordpress.com/2014/02/09/especie-do-mes-o-teixo-a-arvore-da-vida-e-da-morte/> (6). Consultado em junho de 2020.

<https://www.apcor.pt/montado/sobreiro/> (7). Consultado em setembro de 2020.

<http://www.arbolapp.es/> (8). Consultado em maio de 2020.

<http://www.florestar.net/carvalho-cerquinho/carvalho-cerquinho.html> (9). Consultado em setembro de 2020.

<http://www.florestar.net/loureiro/loureiro.html> (10). Consultado em outubro de 2020.

<http://www.florestar.net/medronheiro/medronheiro.html> (11). Consultado em novembro de 2020.

<https://www.florestar.net/sobreiro/sobreiro.html> (12). Consultado em setembro de 2020.

https://jb.utad.pt/especie/Rosmarinus_officinalis_var_officinalis (13). Consultado em novembro de 2020.

<https://florestas.pt/conhecer/eucalipto-um-nome-para-centenas-de-especies-florestais/> (14). Consultado em Janeiro de 2022.