



Matilde Roma Nascimento

Licenciada em Ciências da Engenharia do Ambiente

Conectividade das áreas verdes na cidade de Lisboa para a fauna

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais

Orientador: Prof. Doutora Maria Teresa Calvão
Rodrigues, Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Manuel Fernandes Rodrigues
Arguente: Prof. Doutor José Carlos Ribeiro Ferreira
Vogal: Prof. Doutora Maria Teresa Calvão Rodrigues



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Junho de 2018



Matilde Roma Nascimento

Licenciada em Ciências da Engenharia do Ambiente

Conectividade das áreas verdes na cidade de Lisboa para a fauna

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais

Orientadora: Prof. Doutora Maria Teresa Calvão
Rodrigues, Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Manuel Fernandes Rodrigues
Arguente: Prof. Doutor José Carlos Ribeiro Ferreira
Vogal: Prof. Doutora Maria Teresa Calvão Rodrigues



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Junho de 2018

Conectividade das áreas verdes na cidade de Lisboa para a fauna

© Matilde Roma Nascimento
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Dedico esta Dissertação
à minha mãe *Amélia Roma*
e à minha avó *Mercês Roma (In memoriam)*
por todo o amor, força e dedicação que me foram dados.

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de expressar a minha sincera gratidão à Professora Maria Teresa Calvão (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa) pela orientação, apoio, incentivo e disponibilidade demonstrados que foram decisivos para a conclusão desta dissertação.

À Câmara Municipal de Lisboa, em especial ao Eng. Fernando Louro pela partilha de dados e conhecimentos indispensáveis para a realização deste estudo.

Agradeço igualmente à CGI Portugal por ter fornecido dados LiDAR da área de estudo.

Aos meus amigos e colegas, pela motivação e amizade que me concederam ao longo da realização deste percurso académico.

Agradeço também ao meu grande amigo Renato Monteiro, pelo apoio incondicional, pela paciência e por todos os momentos alegres que vivemos ao longo deste percurso.

Ao meu namorado, Douglas Carreira, por todo o incentivo e companheirismo demonstrado em todo o caminho que já percorremos juntos. Obrigada por sempre acreditares nas minhas capacidades e por todo o amor e dedicação.

Um especial agradecimento à mãe Amélia Roma por me ter apoiado, não só financeiramente, mas também pela educação que me deu e pelos sacrifícios que fez e continua a fazer para me proporcionar uma vida melhor. De forma sincera, muito obrigada.

Resumo

Devido ao grande aumento da população mundial nos últimos anos e, conseqüentemente, a migração de pessoas do meio rural para os centros urbanos, as cidades têm aumentado de densidade e extensão, o que tem tido repercussões a nível da biodiversidade. Torna-se, por isso, cada vez mais importante, a conservação da biodiversidade nas cidades. A fragmentação dos espaços verdes urbanos constitui um dos principais problemas na diminuição de espécies, devido ao isolamento dos habitats e separação das populações. A fragmentação que se verifica nas áreas urbanas é tida como uma das maiores ameaças à biodiversidade nas cidades, afetando a estrutura e a conectividade da paisagem urbana. A fragmentação é causada pela mudança do uso do solo, como a limpeza da vegetação natural para agricultura ou a construção de estradas, que divide habitats anteriormente contínuos.

No âmbito do tema geral da biodiversidade e conectividade nas cidades, pretende-se com esta dissertação a elaboração de um estudo sobre a conectividade das áreas verdes na cidade de Lisboa. Para tal foi aplicado o Indicador 2 do Índice de Biodiversidade Urbana (*CBI - City Biodiversity Index*). Este indicador tem como objetivo constituir uma ferramenta de avaliação e monitorização do progresso da condição da biodiversidade em Lisboa, cujo resultado pudesse ser interpretado pelos tomadores de decisões. Através desta metodologia é também possível avaliar a influência de barreiras como as estradas e a rede ferroviária na conectividade das áreas verdes.

Este documento vem, assim, salientar a importância do estudo da conectividade e o reconhecimento de que existe uma grande diminuição no valor da conectividade quando se considera a influência de barreiras como estradas/ruas na mesma. É igualmente útil para identificar opções para aumentar a conectividade das áreas naturais dentro das cidades e constituir uma base de dados na conservação da biodiversidade. Portanto é recomendada a continuação dos estudos deste tema junto das entidades de ordenamento dos espaços verdes.

As aves, especialmente os passeriformes, são sensíveis ao isolamento que o edificado proporciona, pois não conseguem, no geral transpor barreiras superiores a 8 m de altura. Este facto pode ter implicações na diversidade das comunidades de aves no meio urbano. Desta forma foi também realizado um estudo das tendências dos corredores aéreos para os passeriformes na cidade de Lisboa, com base em no método da superfície de menor custo.

Palavras-chave: Biodiversidade, Conectividade, Fragmentação, CBI, least-cost model, fauna.

Abstract

Due to the large increase in the world population in recent years and consequently the migration of people from rural to urban areas, cities have increased in density and extension, which has had repercussions on biodiversity. It is therefore increasingly important to conserve biodiversity in cities. The fragmentation of urban green areas is one of the main problems in species reduction, due to the isolation of habitats and the separation of populations. Fragmentation in urban areas is one of the greatest threats to biodiversity in cities, affecting the structure and connectivity of the urban landscape. Fragmentation is caused by land-use change, such as clearing the natural vegetation for agriculture or building roads, which divides previously continuous habitats.

Within the general theme of biodiversity and connectivity in cities, this dissertation intends to prepare a study on the connectivity of green areas in the city of Lisbon. For this purpose, the indicator 2 from the Urban Biodiversity Index (CBI) was applied. This indicator aims to be a tool for assessing and monitoring the progress of the biodiversity condition in Lisbon, the outcome of which could be interpreted by decision makers. Through this methodology it is also possible to evaluate the influence of barriers such as roads and the rail network in the connectivity of green areas.

This paper therefore emphasizes the importance of the study of connectivity and the recognition that there is a great decrease in the value of connectivity when considering the influence of barriers such as roads/streets in it. It is also useful in identifying options for increasing the connectivity of natural areas within cities and is a database on biodiversity conservation. Therefore, it is recommended that studies of this theme be continued with the green space management entities.

The birds, especially the passerines, are sensitive to the isolation that the building provides, since they can not, in general, transpose barriers over 8m in height. This may have implications for the diversity of bird communities in urban settings. In this way a study of the trends of the aerial corridors for the passerines in the city of Lisbon was also carried out, based on the least-cost model.

Key-words: Biodiversity, Connectivity, Fragmentation, CBI, Least-cost model, Fauna

Índice

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento e Descrição do Problema	1
1.2. Âmbito e Objetivos.....	3
1.3. Organização e Estrutura da Dissertação	3
2. Revisão de Literatura	5
2.1. Biodiversidade em áreas urbanas.....	5
2.1.1. Conceito de biodiversidade.....	5
2.1.2. Enquadramento Legislativo	8
2.1.3. Espaços Verdes Urbanos	8
2.1.3.1. Conceito de espaço verde urbano e tipologias	8
2.1.3.2. Funções dos Espaços Verdes Urbanos.....	9
2.1.4. Serviços Prestados pelos ecossistemas	11
2.2. Conectividade e Fragmentação.....	14
2.3. Indicadores de Biodiversidade.....	16
2.3.1. Indicadores existentes.....	16
2.3.2. Indicadores de Condição: City Biodiversity Index (CBI).....	19
2.3.3. CBI: Indicador 2 – Medidas de Conectividade.....	20
3. Caracterização da área de estudo.....	22
3.1. O Território de Lisboa	22
3.1.1. Localização e Caracterização Geográfica	22
3.1.2. Caracterização ecológica do Território.....	23
3.1.3. Flora.....	25
3.1.4. Fauna	26
4. Metodologia	27
4.1. Metodologia para o cálculo da conectividade ao nível do solo	27
4.1.1. Recolha e Análise de Informação	27
4.1.2. Análise e Tratamento de dados.....	29
4.2. Metodologia para estudo da conectividade para as aves.....	34
4.2.1. Recolha e Análise de Informação	34
4.2.2. Análise e Tratamento de dados.....	35
5. Apresentação e Discussão dos Resultados	36
5.1. Influência das barreiras nas áreas verdes	36
5.2. Conectividade ao nível do solo.....	39
5.3. Conectividade para as aves	43
6. Considerações Finais	51
6.1. Principais Conclusões.....	51
6.2. Dificuldades e limitações do estudo	52
6.3. Desenvolvimentos futuros e recomendações	52
8. Referências Bibliográficas.....	55

8.1. Referências Bibliográficas.....	55
8.2. Diplomas legais	58
8.3. Páginas da Internet	58
Anexos	60

Índice de Figuras

Figura 1- Esquema ilustrativo do conceito de biodiversidade. (Fonte: CML, 2015).	6
Figura 2- Gradiente da Biodiversidade Urbano-Rural. Fonte: McKinney, 2015).....	7
Figura 3- Espaços verdes urbanos e sustentabilidade da cidade (Fonte: Chiesura, 2004)	10
Figura 4- Serviços dos ecossistemas. (Adaptado de CML, 2015; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).....	13
Figura 5- Estrutura do Índice de Biodiversidade da Cidade (CBI). (Fonte: CBD, 2014)	20
Figura 6 - Divisão Administrativa do Município de Lisboa (Fonte: CML, 2015)	22
Figura 7 - Áreas Protegidas na Área Metropolitana de Lisboa. (Fonte: CML, 2015).....	23
Figura 8 - Classificação das áreas verdes pela sua área	25
Figura 9 - Representação das áreas verdes, rede viária e rede ferroviária da área de estudo	28
Figura 10 - Representação da Altitude da área de estudo. Dados Lidar.....	29
Figura 11- Representação do edificado de Lisboa pelo número de pisos	34
Figura 12 - Representação da influência das barreiras nas áreas verdes e respetivo buffer.....	37
Figura 13- Caminhos aéreos possíveis a parti da fonte do Parque da Bela Vista	44
Figura 14- Caminhos aéreos possíveis a partir da fonte do Jardim do Campo Grande.....	45
Figura 15- Caminhos possíveis a partir da fonte do Jardim do Passeio dos Heróis do Mar (Expo)	46
Figura 16- Caminhos aéreos possíveis a partir da fonte do Jardim Botânico	47
Figura 17- Caminhos possíveis a partir da fonte do Parque Florestal de Monsanto	48
Figura 18- Caminhos aéreos possíveis a partir da fonte do Parque Botânico do Monteiro-Mor	49
Figura 19- Caminhos aéreos possíveis a partir do Parque da Quinta das Conchas	50

Índice de tabelas

Tabela 1- Síntese de funções desempenhadas pelos espaços verdes.....	10
Tabela 2 - Medidas biofísicas existentes e a sua aplicação na medição da biodiversidade e serviços ecológicos (Adaptado de: TEEB, 2012).....	16
Tabela 3 - Número de áreas verdes por percentagem	25
Tabela 4 - Indicadores do CBI para monitorizar a biodiversidade.....	30
Tabela 5 - Buffers aplicados aos elementos da paisagem para o Cenário 1.....	32
Tabela 6 - Buffers aplicados aos elementos da paisagem para o Cenário 2.....	33
Tabela 7 - Buffers aplicados aos elementos da paisagem para o Cenário 3.....	33
Tabela 8- Número de espaços verdes/ Percentagem	38
Tabela 9- Área dos espaços verdes/Percentagem.....	38
Tabela 10 - Resultados da conectividade para o Cenário 1	40
Tabela 11- Resultados da conectividade para o Cenário 2	41
Tabela 12- Resultados da conectividade para o Cenário 3	42

Lista de Abreviaturas, siglas e símbolos

CBI - *City Biodiversity Index*

CDB - Convenção sobre a Diversidade Biológica

CML - Câmara Municipal de Lisboa

CMS - Câmara Municipal de Setúbal

ONU - Organização das Nações Unidas

PDM – Plano Diretor Municipal

PROT-AML - Plano de Ordenamento Territorial da Área Metropolitana de Lisboa

1. Introdução

1.1. Enquadramento e Descrição do Problema

O aumento da população mundial, nos últimos anos, tem vindo a traduzir-se num aumento e numa ocupação mais acentuada das áreas urbanas. Atualmente, mais pessoas vivem em áreas urbanas do que em áreas rurais, com 54% da população mundial a viver em áreas urbanas. Prevê-se que, em 2050, este valor aumente para 66% (United Nations, 2014).

O processo de urbanização é cada vez mais visto como inevitável e irreversível, tornando-se evidente a necessidade de consolidar e afirmar políticas de sustentabilidade urbana, que promovam a integração dos espaços verdes e as estruturas urbanas (Gonçalves et al., 2016). A génese e evolução das cidades ocorrem de acordo com as estratégias de desenvolvimento urbano, mas também em paralelo com a relação do homem com os elementos naturais (Quintas, 2014). Neste contexto, é cada vez mais importante o restauro, preservação e melhoria da biodiversidade nas áreas urbanas (Savard et al., 2000).

O crescimento das áreas urbanas tem implicações importantes ao nível dos processos biofísicos e ecológicos nomeadamente um impacto direto na biodiversidade. Este impacto é complexo, uma vez que o processo de urbanização pode em alguns casos constituir uma ameaça enquanto que noutros pode contribuir para o aumento da biodiversidade (Kohsaka et al., 2013). De facto, o processo de urbanização está associado não só à destruição e modificação de habitats nativos mas também à criação de novos habitats como é o caso dos edifícios que podem constituir local de nidificação para aves de rapina mas que por outro lado podem ser obstáculos às aves migradoras. As cidades podem em alguns casos possuir uma grande variedade de habitats e espécies, sobretudo cidades com um clima temperado onde a diversidade de plantas vasculares e aves pode ser maior do que nas paisagens circundantes (Müller et al., 2013). Torna-se assim evidente a necessidade de garantir a preservação dos sistemas naturais nas áreas urbanas e contrariar a tendência de compactação natural do próprio desenvolvimento urbano que poderá levar à perda de diversidade.

Os espaços verdes do meio urbano desempenham um papel fundamental e contribuem com um conjunto significativo de serviços de ecossistemas dos quais os habitantes podem usufruir. Os espaços verdes moderam o impacto das consequências negativas das atividades humanas, absorvendo poluentes e purificando o ar, moderando os efeitos do ruído, compensando ou atenuando a ilha de calor urbano e contribuindo para economizar energia. Além disso, os

espaços verdes dão uma contribuição importante para a promoção da saúde no meio urbano, tendo sido associados a benefícios de saúde mental, à recuperação da fadiga e à redução do stress (Li et al., 2015).

Um dos principais fatores que pode limitar o interesse dos espaços verdes para a biodiversidade reside na sua fragmentação em parcelas isoladas e na ausência de continuidade (CML, 2015). A fragmentação dos espaços verdes e, conseqüentemente dos habitats, pode ser extrema nas cidades. As populações das espécies em ambientes urbanos são afetadas negativamente pela fragmentação de habitats, o que limita não só a dispersão, mas também a sobrevivência de comunidades, o que pode resultar na perda de diversidade genética e em taxas de extinção mais elevadas, em particular no caso de espécies com requisitos de habitat especializados (Deslauriers et al., 2017). Os fragmentos de vegetação podem ser de tal forma muito pequenos isolados que deixam de ter capacidade para suportar algumas espécies. Por exemplo, a abundância e distribuição de arbustos num espaço verde influencia a presença e a abundância de espécies de aves que nidificam em vegetação de porte arbustivo (Savard, Clergeau and Mennechez, 2000).

O desenvolvimento de corredores ecológicos é uma das estratégias mais eficazes para garantir um desenvolvimento urbano sustentável e conseqüentemente preservar a biodiversidade urbana. A implementação de corredores ecológicos inclui a proteção dos espaços verdes existentes, a criação de novas áreas e a restauração e manutenção de conectividade entre manchas de áreas verdes existentes (Nor et al., 2017). É neste sentido que o estudo da conectividade das áreas naturais surge como uma oportunidade na definição de uma abordagem metodológica que possa apoiar as decisões nos processos de planeamento de sistemas urbanos de espaços verdes.

O *City Biodiversity Index* (CBI), proposto pelo Ministro do Desenvolvimento Nacional em Singapura durante a 9ª COP, foi desenvolvido como uma ferramenta para avaliar e monitorizar o estado da biodiversidade nas cidades, cujos resultados pudessem ser interpretados pelos tomadores de decisões a fim de implementar medidas de gestão ambiental (Deslauriers et al., 2017). Embora existam outros índices de avaliação ambiental, como o *Environmental Sustainable Index* e o *Environmental Performance Index*, o CBI tornou-se o método mais adequado para estimar a evolução da conservação da biodiversidade nas cidades. Este índice propõe uma análise integrada para a melhor gestão ambiental dentro das cidades (Cardoso, 2011; Deslauriers et al., 2017).

1.2. Âmbito e Objetivos

A existência de espaços verdes no concelho de Lisboa e a sua gestão sustentável é cada vez mais uma preocupação das entidades responsáveis pelo planeamento e ordenamento do território, atendendo não só à qualidade de vida da população mas também à conservação da biodiversidade em meio urbano. Torna-se por isso importante analisar a existência e a conexão dos espaços verdes em Lisboa, de modo a criar indicadores que demonstrem a distribuição das áreas verdes na cidade.

Desta forma, a presente dissertação tem dois objetivos principais. Como primeiro objetivo tentou-se perceber de que modo as barreiras físicas influenciam a conectividade ao nível do solo, das áreas verdes na cidade de Lisboa, através da utilização do Indicador 2 do CBI. Pretende-se também perceber de que forma este método pode ser aplicado no aumento da conectividade.

Como segundo objetivo pretende-se perceber as tendências de corredores aéreos e conectividade entre áreas verdes, para as aves, através da utilização do método da superfície de menor custo (least-cost model). Esta análise explora os números e padrões dos corredores necessários para conectar os espaços verdes urbanos como parte de uma estratégia geral de conservação das aves.

1.3. Organização e Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos. A organização dos capítulos é a seguinte:

- Capítulo 1: Breve introdução ao tema e descrição do âmbito e objetivos da dissertação;
- Capítulo 2: É efetuada a contextualização do tema, onde se aborda mais detalhadamente a biodiversidade em áreas urbanas, a conectividade e fragmentação e indicadores de Biodiversidade.
- Capítulo 3: Diz respeito às metodologias adotadas, onde é apresentada uma caracterização da área de estudo bem como a metodologia utilizada para calcular a conectividade ao nível do solo e a conectividade para as aves;
- Capítulo 4: São apresentados os resultados relativos à conectividade ao nível do solo perante três cenários diferentes, assim como os resultados da conectividade para as aves. É também realizada a discussão destes mesmos resultados.
- Capítulo 5: São apresentadas as principais conclusões, as limitações do estudo e os desenvolvimentos e recomendações para trabalhos futuros.

2. Revisão de Literatura

2.1. Biodiversidade em áreas urbanas

2.1.1. Conceito de biodiversidade

O conceito de diversidade biológica ou biodiversidade foi utilizado pela primeira vez em 1968 pelo cientista Raymond F. Dasmann no seu livro “A Different Kind of Country”. No entanto, este conceito só foi amplamente adotado depois de mais de uma década, entrando em uso comum na ciência e política ambiental na década de 1980 (Savard et al, 2000).

A biodiversidade consiste na variedade de formas de vida, em todos os níveis organizacionais, classificada tanto por critérios de evolução (filogenéticos) como ecológicos (funcionais) (Colwell, 2009). De acordo com a Convenção da ONU sobre a Diversidade Biológica (CDB), em 1992, e transposto em Portugal pelo Decreto n.º 21/93, de 21 de junho, a definição mais aceite de biodiversidade é a seguinte: “a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, incluindo, entre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas”.

A biodiversidade é usualmente considerada em três vertentes: diversidade genética, diversidade de espécies e diversidade de ecossistemas e é usada para descrever o número e a variedade dos organismos vivos. Numa perspetiva global, este termo pode ser considerado como sinónimo de "Vida na Terra", resultado de mais de 3 mil milhões de anos de evolução (ICNF, s.d.). A variação genética é uma forte promotora da biodiversidade (Colwell, 2009). O número exato de espécies atualmente existentes é desconhecido e até à data foram identificadas cerca de 1,7 milhões, mas as estimativas apontam para um mínimo de 5 milhões e um máximo de 100 milhões (ICNF, s.d.).

Espécies que não possuem variação genética substancial são consideradas mais vulneráveis à extinção, devido a mudanças naturais ou causadas pelo homem, no seu ambiente (Colwell, 2009).

Em 1972, Whittaker descreveu três termos para medir a biodiversidade em diferentes escalas espaciais: diversidade alfa (α -diversity), diversidade beta (β -diversity) e diversidade gama (γ -diversity). A diversidade alfa refere-se à diversidade dentro de uma determinada área ou ecossistema e é geralmente expressa pelo número de espécies (ou seja, riqueza de espécies) nessa

área ou ecossistema. A diversidade beta está relacionada com a mudança na diversidade de espécies entre esses ecossistemas, comparando o número total de espécies que são únicas para cada um dos ecossistemas. A diversidade gama é uma medida da diversidade global para os diferentes ecossistemas dentro de uma determinada área. As amostras gama são geralmente amostras alfa combinadas de várias comunidades, ou listas de espécies (Whittaker, 1972).

No entanto, para além da composição dos ecossistemas, que inclui os diversos ecossistemas, as espécies e os genes (Figura 1), a biodiversidade pode ainda incluir a estrutura e as funções (os processos ecológicos e evolutivos, incluindo os fluxos genéticos, os distúrbios e os ciclos dos nutrientes) (CML, 2015).

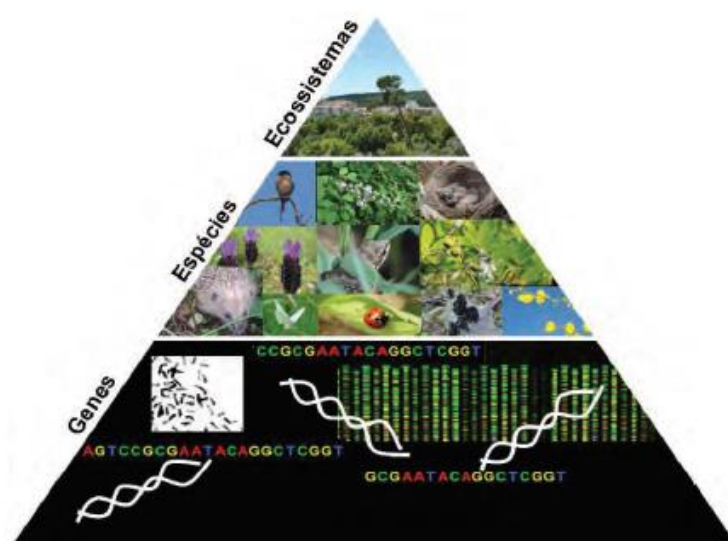


Figura 1- Esquema ilustrativo do conceito de biodiversidade. (Fonte: CML, 2015).

O primeiro passo para uma gestão mais eficiente dos ambientes urbanos reside na compreensão mais completa da interação entre a paisagem e os fatores locais que afetam a biodiversidade urbana. É cada vez mais necessária a implementação de corredores verdes para estimular a dispersão da fauna e flora em áreas urbanas e preservar ou melhorar a biodiversidade urbana (Angold *et al.*, 2006).

Uma melhor compreensão dos padrões de biodiversidade urbana requer um vasto conhecimento prévio sobre o funcionamento e a interação de fatores ambientais e sociais. Entender, avaliar e melhorar a biodiversidade urbana é deveras importante, tanto na perspectiva da conservação como na perspectiva social (Kowarik, 2011). O Homem depende da biodiversidade para a sua própria sobrevivência, dado que pelo menos 40% da economia mundial e 80% das necessidades dos povos dependem dos recursos biológicos. Para além disso, quanto maior for a

biodiversidade, maior é a oportunidade para descobertas no âmbito da medicina, da alimentação, do desenvolvimento económico, e de serem encontradas respostas adaptativas às alterações ambientais (ICNF, s.d.).

Em ambientes urbanos, a fragmentação é considerada como uma das maiores ameaças à biodiversidade, afetando dramaticamente a estrutura e a conectividade das paisagens (Vergnes et al., 2012). A crescente fragmentação dos habitats naturais, causados por distúrbios humanos tem tendência para reduzir a riqueza de espécies nos centros urbanos. Existe, no entanto, muitas variáveis que podem afetar a taxa e a consistência da perda de espécies ao longo do gradiente rural-urbano (Figura 2), de modo que os estudos prévios são cruciais para medir os impactos urbanos (Mckinney, 2015).

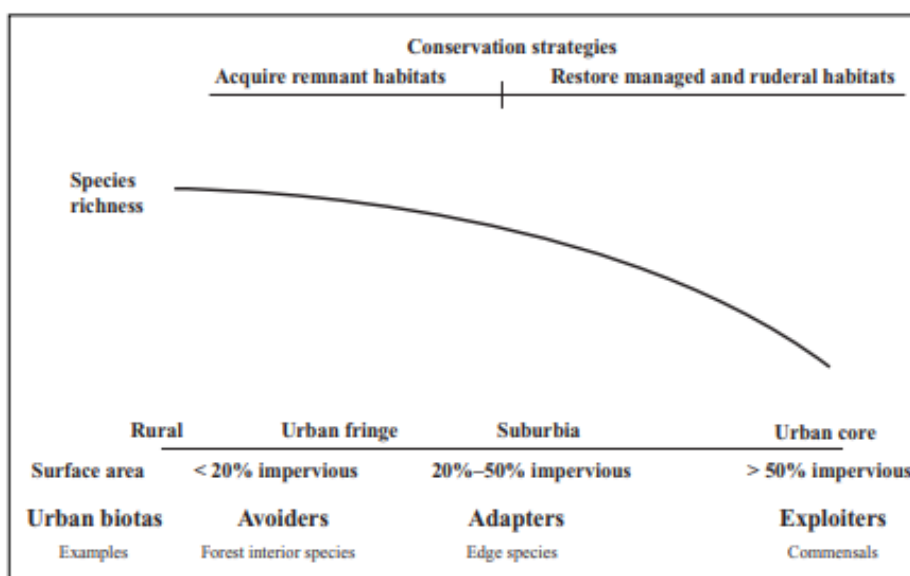


Figura 2- Gradiente da Biodiversidade Urbano-Rural. (Fonte: McKinney, 2015)

O número de espécies nos centros urbanos é reduzido para menos de metade do encontrado nas áreas rurais, mais naturais, no extremo oposto do gradiente. Aves e espécies móveis parecem ser mais sensíveis às variações da estrutura da vegetação dentro das florestas, desde o meio rural até o centro da cidade (Figura 2), o que pode afetar sua capacidade de manutenção entre manchas de espaços verdes. Grande parte da redução da riqueza da biodiversidade é causada pela perda de vegetação. Assim, o número de espécies, como aves e insetos, tende a encontrar –se correlacionado com o número de plantas de uma determinada área (Mckinney, 2015).

2.1.2. Enquadramento Legislativo

Na Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, também designada como Cimeira do Rio, realizada em 1992, foram aprovadas diversas convenções na área do Ambiente, uma das quais sobre a Diversidade Biológica. Foi adotada a “Agenda XXI – um plano de ação global, nacional e local para alcançar o desenvolvimento sustentável no século XXI” (CML, 2015). A Convenção sobre a Diversidade Biológica foi inspirada pelo crescente compromisso da comunidade mundial para com o desenvolvimento sustentável, representando um importante avanço na conservação da diversidade biológica, no uso sustentável dos seus componentes e na repartição justa e equitativa dos benefícios decorrentes do uso dos seus recursos genéticos (CBD, s.d.).

A consciência da importância da biodiversidade levou Portugal a ratificar esta Convenção através do Decreto nº 21/93, de 21 de junho, tendo entrado em vigor a 21 de março de 1994.

Um dos projetos estratégicos mais importantes no que diz respeito à Biodiversidade iniciou-se em 2010, Ano Internacional da Biodiversidade, quando foi estabelecido um Protocolo de Cooperação entre a CML, a Lisboa E-Nova e o Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas, com o objetivo de aumentar o potencial de biodiversidade de Lisboa em 20%, até 2020. Inscrito no quadro das orientações estabelecidas na Carta Estratégica de Lisboa 2010/2014 e no Plano Verde Municipal, o Projeto Biodiversidade Lisboa 2020, enquadra-se ainda nas premissas internacionais da Convenção sobre Diversidade Biológica e do mecanismo adotado por ocasião da 10ª Conferência das Partes da CDB, o Plano de Ação para as Cidades, Autoridades Locais e Biodiversidade - 2011/2020 (CML, s.d.^a).

2.1.3. Espaços Verdes Urbanos

2.1.3.1. Conceito de espaço verde urbano e tipologias

Segundo o Plano Diretor Municipal de Lisboa em vigor, os espaços verdes são definidos como “espaços que integram a estrutura ecológica integrada e cujas características naturais, culturais, paisagísticas e urbanísticas devem ser preservadas e valorizadas, a fim de assegurar um conjunto de funções de equilíbrio ecológico no meio urbano e o apoio a atividades de recreio e lazer da população”. Os espaços verdes existentes nas cidades são então considerados não só como áreas seminaturais, parques urbanos e jardins, como também as restantes áreas livres do edificado, revestidas de vegetação, existentes nos meios urbanos, que proporcionam importantes benefícios ambientais (Jim & Chen, 2003; Kabisch & Haase, 2013).

Quanto maiores e mais complexas forem as cidades, maior é também a sua dependência relativamente às áreas circundantes e vulnerabilidade em relação às mudanças à sua volta. A perda de valores naturais e históricos, em função de uma urbanização descontrolada, é uma preocupação crescente. No sentido de minimizar esses desequilíbrios tem vindo a ser desenvolvido um novo conceito de paisagem urbana onde se propõe uma maior interdependência entre os sistemas naturais e construídos, funcionando como garante da preservação das qualidades biofísicas do território (Alho, 2005). Os Espaços Verdes Urbanos são os grandes responsáveis pela biodiversidade nas cidades, devido à relação direta com o nível de naturalização em espaço edificado, sendo este o maior indicador de sustentabilidade do sistema urbano (CMS, s.d.).

A integração de espaços verdes nos centros urbanos tem assumido cada vez mais um papel fundamental nos processos de planeamento, já que os residentes de zonas urbanas contam com os jardins, bosques, parques e outros espaços verdes para as suas atividades de recreio bem como para o fornecimento de outros serviços ecológicos (Kabisch *et al.*, 2016).

É frequente os espaços verdes urbanos encontrarem-se isolados e desarticulados dos usos da envolvente devido à vasta extensão de edifícios e estradas que os separam, o que, conseqüentemente, limita não só a dispersão de muitas espécies, mas também a formação de comunidades (Vergnes *et al.*, 2012). Através de corredores verdes urbanos é possível promover a continuidade e, conseqüentemente, a conexão, entre diversos espaços verdes, permitindo, assim, o incremento da biodiversidade e a continuidade das trocas genéticas (Rocha, 2011). Os espaços verdes na cidade devem ter qualidade suficiente em termos de dimensão, número, densidade e conectividade entre si para se obter uma maior funcionalidade para a biodiversidade (Sandström *et al.*, 2006), apesar de que espaços verdes com características diferentes desempenham funções distintas, visto que neles se podem exercer diferentes atividades, de acordo com a sua dimensão e acessibilidade (Alho, 2005)

Para que todo o potencial ecológico, social e económico da estrutura verde de uma cidade seja cumprido, é fundamental a coexistência de espaços distintos. É, por esta razão, extremamente importante estabelecer tipologias que possibilitem contabilizar as zonas verdes através de pontos de vista diferentes, para uma determinada freguesia, ou mesmo cidade, a fim de ser possível realizar uma melhor planificação e gestão dos espaços verdes urbanos (Alho, 2005).

2.1.3.2. Funções dos Espaços Verdes Urbanos

Os espaços verdes proporcionam para as cidades diversos serviços ecológicos, como a mitigação dos efeitos da ilha de calor ou a redução de poluentes na atmosfera, aumentando, desta forma, a qualidade de vida dos residentes dos centros urbanos. Ao mesmo tempo, os espaços podem fornecer habitats valiosos para diversos animais e plantas, organismos que, de outra forma, seriam incapazes de sobreviver nas cidades (Azmy *et al.*, 2016). Atualmente, os benefícios que

os espaços verdes urbanos proporcionam às cidades podem agrupar-se, de acordo com as funções que desempenham, em três domínios (Figura 3): ambiental, social e económico (Chiesura, 2004; Fonseca, et al., 2010; Sá, 2013). A figura 3 representa as ligações entre os espaços verdes urbanos e a sustentabilidade da cidade.

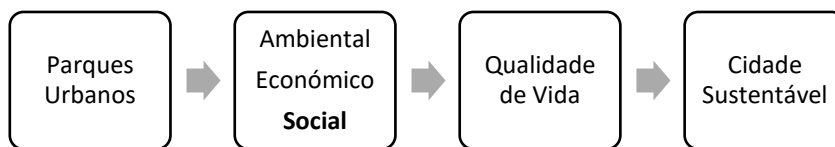


Figura 3- Espaços verdes urbanos e sustentabilidade da cidade (Adaptado de: Chiesura, 2004)

Cada vez mais, os espaços verdes urbanos são vistos como parte integrante das cidades. Com este reconhecimento, é fundamental para os decisores identificarem e compreenderem a estrutura as interações, as funções e os benefícios, assim como a configuração espacial destes espaços (James *et al.*, 2009). Encontra-se apresentado na tabela 1, uma síntese das funções desempenhadas pelos espaços verdes em cada um dos domínios: Ambiental, Social e Económico.

Tabela 1- Síntese de funções desempenhadas pelos espaços verdes

Ambientais:
- Equilíbrio ecológico da região: contribui para o controlo do escoamento hídrico e atmosférico (CMS, s.d.; Fonseca et al., 2010)
-Melhoria do conforto bioclimático: a vegetação controla a temperatura do ar, reduzindo a sua amplitude, aumenta a humidade relativa, fixa e adsorve poeiras; consome CO ₂ e produz oxigénio durante o dia (CMS, s.d.; Fonseca et al., 2010; Alho, 2005)
- Redução do nível de ruído na cidade: funcionam como barreira acústica (Fonseca et al., 2010)
- Redução da velocidade do vento: funcionam como barreira e atrito (Fonseca et al., 2010)
- Diversificação da fauna e flora, proporcionando habitats (Fonseca et al., 2010; Alho, 2005)
Sociais
- Proporcionam áreas de lazer: desenvolvimento de atividades físicas e recreativas e socialização (Fonseca et al., 2010; Sá, 2013)

- Qualidade do espaço urbano: constitui um elemento fundamental na composição urbana, oferecendo material de cor, textura, movimento e perfume, contrastando com os materiais inertes (CMS, s.d.)
- Constituem referências espaciais, ajudando a população a orientar-se no espaço do tecido urbano, bem como referências temporais, permitindo acompanhar o ritmo da natureza e a sequência das estações (Alho, 2005)
- Recreio e lazer da população urbana: os espaços verdes, em geral, facultam o contacto com os fenómenos naturais, contribuindo, assim, para o equilíbrio psicofisiológico dos cidadãos (CMS, s.d.).
- Criação de áreas frescas, como refúgio da população, em situações de ondas de calor (Fonseca et al., 2010)

Económicos

- Melhoria da eficiência energética (Fonseca et al., 2010)
- Oferecem emprego direto a todos os que trabalham na sua criação, exploração e manutenção (Alho, 2005)
- Melhoria dos níveis de saúde dos residentes nas cidades (Fonseca et al., 2010)
- Interesse estético aumenta a atratividade das cidades contribuindo para a sua promoção enquanto destino turístico e atração de investimento (Fonseca et al., 2010; Sá, 2013)

A grande complexidade de interações, funções usos e benefícios que os espaços verdes possuem, leva a que o seu planeamento e gestão sejam vistos de um modo cada vez mais integrado na cidade, através de abordagens multidisciplinares (Alho, 2005).

2.1.4. Serviços Prestados pelos ecossistemas

As cidades e centros urbanos dependem da biodiversidade e dos serviços prestados pelos ecossistemas, não só para sustentarem as condições de vida, saúde, segurança e relações sociais, mas também contribuem para outros aspetos importantes para o conforto dos habitantes e ainda para resolver alguns dos desafios ambientais mais prementes e mais preocupantes na atualidade, como a mitigação e adaptação às alterações climáticas, a segurança alimentar e gestão dos recursos hídricos. Embora haja um aumento do reconhecimento que a biodiversidade e os serviços prestados pelos ecossistemas podem contribuir para melhorar a qualidade de vida nas cidades, os

seus valores não são totalmente tomados em consideração nos processos de gestão ambiental (Elmqvist *et al.*, 2013).

Apesar da biodiversidade não ser considerada um serviço ecológico, a sua salvaguarda possui um papel significativo no fornecimento de serviços que surgem naturalmente da interação entre os organismos vivos e o ambiente que os rodeia (Mooney, 2014). Estes serviços são essenciais para o bem-estar das populações. No entanto, existem poucos estudos que relacionam mudanças na biodiversidade e, conseqüentemente, no funcionamento do ecossistema, com mudanças no bem-estar das populações (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

Os serviços prestados pelos ecossistemas, designados por serviços ecológicos, são definidos como bens, serviços e benefícios de natureza material ou imaterial, que as pessoas recebem dos ecossistemas, ou como contribuições diretas ou indiretas para o desenvolvimento humano (Mooney 2014; Elmqvist, 2014). Ou seja, são os benefícios que se obtêm dos ecossistemas, quer sejam naturais quer sejam naturalizados ou seminaturais (CML, 2015). A disponibilidade de serviços ecológicos nas cidades depende diretamente quer da quantidade quer da qualidade da Infraestrutura Verde Urbana (Elmqvist T., 2013)

Neste sentido, com base nos relatórios *Millennium Ecosystem Assessment* (2005), foram identificados diferentes tipos de serviços ecológicos, agrupados em quatro categorias diferentes - serviços de fornecimento, de regulação, de habitat e culturais – que se encontram identificados na Figura 4. Pode-se retirar da Figura 4 que a biodiversidade é tanto uma resposta afetada por fatores de mudança global como um fator que modifica os processos e serviços ecológicos e o bem estar humano.

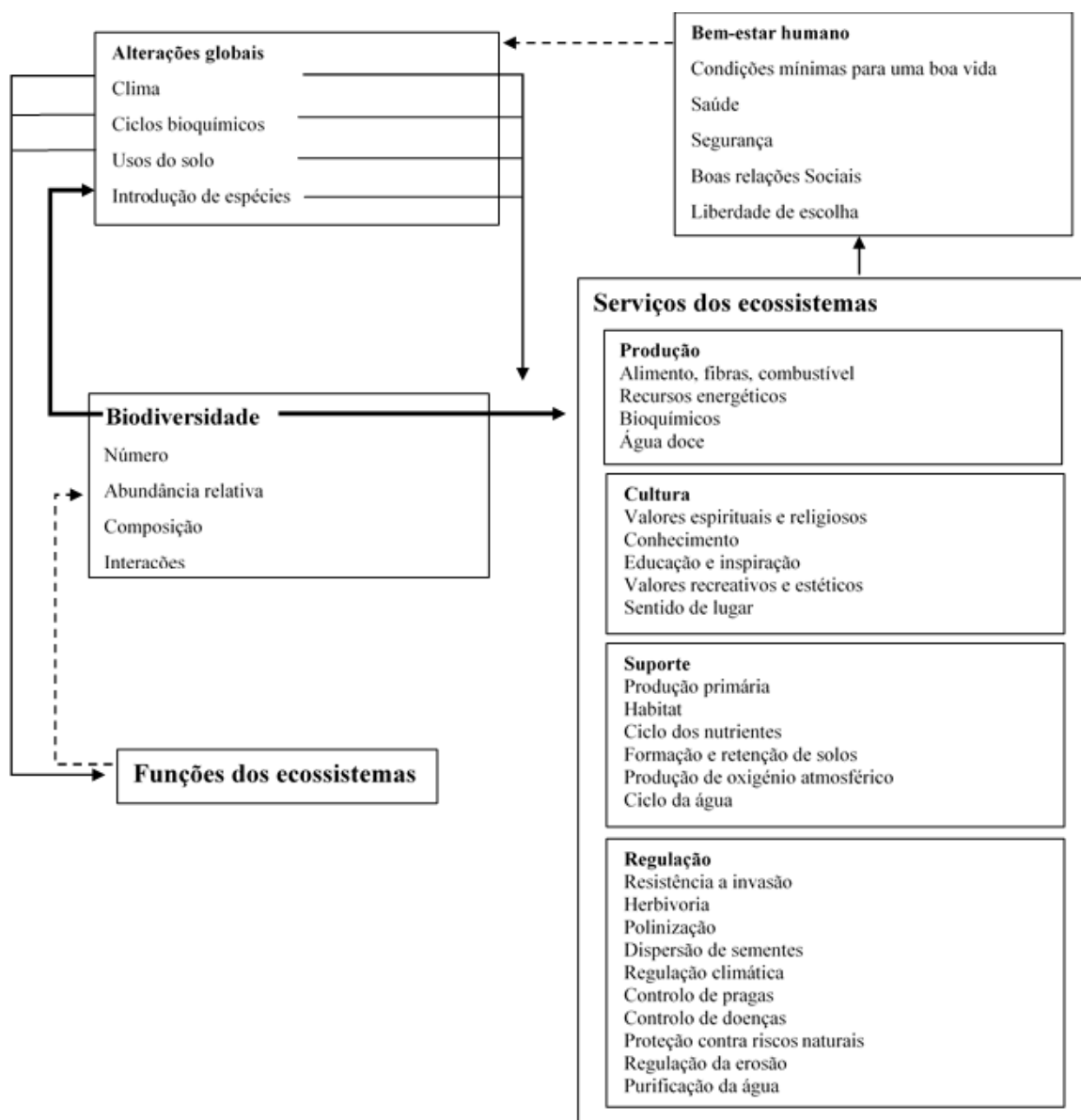


Figura 4- Serviços dos ecossistemas. (Adaptado de CML, 2015; Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

O estudo da importância dos Serviços dos Ecossistemas pode ser feito de várias formas: a prestação de bens e de alguns serviços, potencialmente avaliados em termos do retorno financeiro (TEEB, 2012), e um variado número de outros serviços de difícil compreensão mas cuja importância sobre a qualidade de vida das populações é bem definida. Além disso, as áreas urbanas são dependentes dos serviços produzidos em habitats semiurbanos, rurais e naturais envolventes ou não, e a qualidade do bem-estar e de vida da população urbana é direta e indiretamente influenciada pelo estado da biodiversidade no interior e nas proximidades dos limites da cidade (CML, 2015).

Em 2011, a Comissão Europeia adotou uma nova estratégia para travar ou minimizar as perdas de biodiversidade e melhorar o estado dos ecossistemas e respetivos serviços, habitats e espécies nativas da UE, até ao ano de 2020. A estratégia consiste em seis metas gerais que enfocam os principais impulsionadores da perda da biodiversidade (CE, 2011):

1. Implementação total da legislação europeia sobre aves e habitats;
2. Melhoria da proteção e restauro de ecossistemas e respetivos serviços naturais, e uma maior utilização de infraestruturas verdes;
3. Aumentar a contribuição da agricultura e silvicultura na biodiversidade;
4. Assegurar a utilização sustentável das reservas de peixe e atividades piscatórias;
5. Controlo mais rigoroso das espécies exóticas;
6. Uma maior contribuição da UE para enfrentar a crise global da biodiversidade.

2.2. Conectividade e Fragmentação

A expansão dos centros urbanos bem como o crescimento da sua população e respetivas atividades entram em conflito com os habitats naturais, causando a sua fragmentação e perda de biodiversidade. A fragmentação que se verifica nas áreas urbanas é dada como uma das maiores ameaças à biodiversidade, afetando dramaticamente a estrutura e a conectividade das paisagens (Vergnes *et al.* 2012). Este problema levou a um rápido desenvolvimento de ferramentas para medir e avaliar a fragmentação dos habitats naturais e os seus efeitos nas populações. A conectividade é definida como o grau em que a paisagem facilita ou impede o movimento de organismos e matéria entre fragmentos de espaços verdes. A conectividade é fundamental para a conservação da biodiversidade, pois determina a possibilidade de troca de genes e indivíduos entre populações de plantas e animais (Herrera *et al.*, 2017). A conectividade entre áreas naturais ou seminaturais nas cidades mantém os vínculos e trocas genéticas entre populações de espécies e sustenta o funcionamento do ecossistema diretamente através de conexões fixas (TEEB, 2012). Independentemente da dimensão dos espaços verdes, um dos principais fatores que pode limitar o seu interesse para a biodiversidade reside na sua fragmentação em parcelas isoladas e na ausência de continuidade (CML, 2015). A falta de conectividade pode-se traduzir numa diminuição na riqueza e abundância de espécies e perda de diversidade, que podem prejudicar o funcionamento das populações e persistência de espécies em paisagens fragmentadas. A conectividade depende também das habilidades de movimento do organismo em questão, da distribuição espacial do habitat e da permeabilidade da matriz da paisagem através da qual o movimento pode acontecer. Em paisagens fragmentadas, os esforços de conservação geralmente encontram-se centrados na preservação de grandes manchas de habitat remanescentes que estão

intactas e bem conectadas. Grandes manchas podem acumular mais espécies, conservar espécies com grande tamanho populacional e fornecer habitat de alta qualidade. Comparativamente, pequenos fragmentos de habitats só podem suportar pequenas populações, que tendem a ser mais vulneráveis à extinção (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Por esta razão, têm recebido muito menos atenção em iniciativas de conservação, mesmo quando podem desempenhar um papel significativo na conservação da vegetação remanescente, sendo um valioso complemento para grandes manchas e na manutenção da conectividade nas paisagens (Herrera et al., 2017).

A fragmentação é causada por perturbações naturais (como incêndios ou ventos) ou pela mudança do uso da terra e perda de habitat, como a limpeza da vegetação natural para agricultura ou a construção de estradas, que divide os habitats anteriormente contínuos. Espécies especializadas em habitats específicos e aquelas cujas capacidades de dispersão são fracas sentem mais fortemente os efeitos causados pela fragmentação do que espécies generalistas com boa capacidade de dispersão (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

À medida que os espaços verdes se tornam cada vez mais fragmentados, as manchas remanescentes tornam-se mais numerosas, porém com tamanho inferior. O habitat natural perdido é então substituído por quatro tipos de habitats alterados que se tornam progressivamente mais comuns nos núcleos urbanos. Os quatro tipos de habitat de substituição encontram-se descritos de seguida, em ordem crescente de habitabilidade para a maioria das espécies nativas e proporção decrescente de cobertura para o núcleo urbano (Mckinney, 2015):

1. Habitat construído: edifícios e superfícies vedadas, tais como estradas
2. Vegetação controlada: residencial, comercial e outros espaços verdes mantidos regularmente
3. Vegetação Ruderal: lotes vazios, terras agrícolas abandonadas e outros espaços verdes livres, mas não geridos
4. Vegetação remanescente natural: ilhas remanescentes de vegetação original (geralmente sujeitas a invasão substancial de plantas não nativas).

Os corredores verdes tornam-se um fator indispensável a um correto ordenamento do território pois contribuem para a limitação da fragmentação existente nos meios urbanos atuais, promovem a biodiversidade e a preservação dos ecossistemas (Vergnes *et al.* 2012).

2.3. Indicadores de Biodiversidade

2.3.1. Indicadores existentes

Apesar da existência de muitas ferramentas e fontes de dados, a biodiversidade continua a ser difícil de quantificar com precisão (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Uma vez que é impossível medir todos os aspectos da biodiversidade, são frequentemente utilizados indicadores. Estes contribuem para sintetizar conjuntos de dados científicos complexos de uma forma simples e clara. Do mesmo modo, os indicadores de biodiversidade proporcionam uma ferramenta rápida e fácil para realçar mensagens importantes e apresentar tendências gerais sobre o estado da biodiversidade. São também um elemento fundamental do processo de decisão política (CE, 2010).

Os indicadores de biodiversidade estão disponíveis para avaliar todos os diferentes níveis da hierarquia da biodiversidade (genes, espécies, ecossistemas), assim como para medir vários atributos em cada nível, nomeadamente diversidade, quantidade, condição e pressão. Essas quatro categorias de atributos encontram-se descritas na Tabela 2. (TEEB, 2012):

Tabela 2 - Medidas biofísicas existentes e a sua aplicação na medição da biodiversidade e serviços ecológicos (Adaptado de: TEEB, 2012)

Categoria	Exemplos	Aplicação
Medidas de Diversidade	<ul style="list-style-type: none">• Diversidade, riqueza e endemismo das espécies• Diversidade-Beta (rotatividade de espécies)• Diversidade filogenética• Diversidade genética• Diversidade funcional	<p>Para a Biodiversidade: Estas medidas são usadas para identificar áreas de alto valor ecológico e prioridade de conservação a nível global.</p> <p>Para os serviços ecológicos: Não são facilmente ligados a um serviço específico prestado pelos ecossistemas, com exceção das medidas propostas de diversidade funcional. No entanto, estudos demonstram a importância das espécies e diversidade genética na promoção de um ecossistema resiliente em todos os serviços ecológicos.</p>

		<p>Para avaliação: Não é facilmente avaliado devido ao seu papel geral em vez de um papel mais específico no fornecimento de benefícios.</p>
<p>Medidas de Quantidade</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Extensão e distribuição geográfica das espécies e ecossistemas • Abundância e tamanho das populações • Biomassa/Produtividade Primária 	<p>Para a biodiversidade: medida descritiva de biodiversidade utilizada nos estudos de base e descrições; a existência de dados a diferentes escalas temporais pode levar à quantificação de indicadores de estado, tendências da biodiversidade e definição de protocolos de priorização e avaliação de riscos.</p> <p>Para os serviços ecológicos: Medidas de estado e tendências dos ecossistemas e espécies têm ligações diretas com os serviços de produção. São também ligados a serviços culturais, devido ao valor social e cultural que os ecossistemas e as espécies possuem. Podem ser também usados na medição de serviços de regulação que dependem da biomassa ou de um habitat/cobertura vegetal específica.</p>
<p>Medidas de Condição</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Espécies/ecossistemas ameaçados • Índice da lista vermelha • Conectividade/fragmentação dos ecossistemas • Degradação do ecossistema • Integridade trófica 	<p>Para a Biodiversidade: Estas medidas são usadas para avaliar e indicar o estado e as tendências da biodiversidade dos ecossistemas.</p> <p>Para serviços ecológicos: ao fornecer uma indicação do estado e tendência do</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças nos regimes de perturbação • Medidas de integridade/abundância populacional (Mean Species Abundance-MAS; Biodiversity Intactness Index-BII; Natural Capital Index-NCI) 	<p>ecossistemas e seus serviços, estes indicadores raramente estão ligados a mudanças de possível quantificação. No entanto, são indicadores bastante úteis de sustentabilidade. Existem ligações demonstráveis.</p>
Medidas de Pressão	<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças na cobertura dos solos • Alterações climáticas e eutrofização (avaliação do nível de nutrientes) • Indicadores da Pegada Ecológica • Espécies invasoras alienígenas 	<p>Para a biodiversidade: são medidas de pressões ou ameaças enfrentadas pela biodiversidade. Estes indicadores não medem o estado e as tendências de biodiversidade, mas são uma indicação do tamanho e tendências das pressões sobre a biodiversidade.</p> <p>Para serviços ecológicos: quando ligados a espécies específicas (por exemplo, peixes) ou ecossistemas (por exemplo, zonas húmidas) que fornecem ou suportam os ecossistemas, estes indicadores são úteis ao nível dos serviços prestados pelos ecossistemas. São também utilizados para indicar a sustentabilidade de um ecossistema no uso e fornecimento de um serviço.</p>

Pode-se observar a partir da Tabela 2 que existe um grande número de indicadores disponíveis a diferentes escalas geográficas para avaliar a biodiversidade e os serviços prestados pelos ecossistemas. A maioria dos indicadores existentes é desenvolvida e aplicada em contextos específicos, resultando em bons indicadores de biodiversidade e importantes progressos no desenvolvimento de indicadores de serviços ecológicos, mas existe uma falta atual de medidas e

indicadores que abranjam vários contextos e mostrem relações claras entre componentes da biodiversidade e os serviços ou benefícios que eles fornecem para as pessoas (TEEB, 2012).

Os indicadores de biodiversidade são também uma componente fundamental do processo de elaboração de políticas, na medida em que proporcionam um mecanismo de feedback muito importante para determinar se as políticas e ações da UE estão a surtir o efeito desejado (CE, 2010).

2.3.2. Indicadores de Condição: *City Biodiversity Index (CBI)*

Indicadores de condição refletem as mudanças na condição ou qualidade da biodiversidade e dos ecossistemas, refletindo a degradação de componentes da biodiversidade do nível da população ao nível do ecossistema. Estes indicadores concentram-se menos na quantidade de espécies ou ecossistemas e mais na qualidade ou integridade do elemento que está a ser avaliado. Exemplos destes indicadores incluem espécies e ecossistemas em risco de extinção, níveis de nutrientes e condição dos solos, grau de fragmentação de um ecossistema, mudanças no nível trófico, medidas de integridade populacional e alteração de regimes de perturbação (TEEB, 2012).

Em 2010 a CBD aprovou um índice de biodiversidade para as cidades, o Índice de Biodiversidade Urbana (CBI - *City Biodiversity Index*). O CBI tem como objetivo constituir um indicador internacional de avaliação e monitorização do progresso das cidades, cujo resultado pudesse ser interpretado pelos tomadores de decisões (CBD, 2014). Assim, o CBI tem como principais objetivos, para além de servir como uma ferramenta de autoavaliação das cidades, ajudar os governos nacionais e autoridades locais na criação de pontos de referência nos esforços de conservação da biodiversidade no contexto urbano; auxiliar na avaliação dos progressos na redução da taxa de perda de biodiversidade em ecossistemas urbanos; ajudar a medir a “pegada ecológica” das cidades; servir como material para o desenvolvimento de diretrizes para a elaboração de planos Diretores das cidades e ações em prol da manutenção da biodiversidade; e tornar as cidades conscientes das importantes lacunas de informação sobre a sua biodiversidade (CML, 2015).

Para além do estabelecimento de um perfil da cidade, esta matriz desenvolve um conjunto de índices destinados a avaliar o desempenho das cidades em três vertentes:

- A biodiversidade nativa da cidade;
- Os serviços ambientais prestados pela biodiversidade na cidade;
- A governança e gestão da biodiversidade na cidade.

Concretamente, os indicadores incluídos atualmente na Matriz de Singapura e a sua estrutura são os seguintes (Figura 5).

SINGAPORE INDEX ON CITIES' BIODIVERSITY			
PART I – Profile of the City	<u>Location</u> and size (geographical coordinates (latitudes and longitudes); climate (temperate or tropical); rainfall/precipitation (range and average); including maps or satellite images where city boundaries are clearly defined)		
	<u>Physical features of the city</u> (geography, altitude, area of impermeable surfaces, information on brownfield sites, etc.)		
	<u>Demographics</u> (including total population and population density; the population of the region could also be included if appropriate, and for the purpose of placing it in the regional context)		
	<u>Economic parameters</u> (Gross Domestic Product (GDP), Gross National Product (GNP), per capita income, key economic activities, drivers and pressures on biodiversity)		
	<u>Biodiversity features</u> (ecosystems within the city, species within the city, quantitative data on populations of key species of local importance, relevant qualitative biodiversity data)		
	<u>Administration of biodiversity</u> (relevant information includes agencies and departments responsible for biodiversity; how natural areas are protected (through national parks, nature reserves, forest reserves, secured areas, parks, etc.)		
<u>Links</u> to relevant websites including the city's website, environmental or biodiversity themed websites, websites of agencies responsible for managing biodiversity			
PART II – Indicators	Core Components	Indicators	Maximum Score
	Native Biodiversity in the City	1. Proportion of Natural Areas in the City	4 points
		2. Connectivity Measures	4 points
		3. Native Biodiversity in Built Up Areas (Bird Species)	4 points
		4. Change in Number of Vascular Plant Species	4 points
		5. Change in Number of Bird Species	4 points
		6. Change in Number of Butterfly Species	4 points
		7. Change in Number of Species (any other taxonomic group selected by the city)	4 points
		8. Change in Number of Species (any other taxonomic group selected by the city)	4 points
		9. Proportion of Protected Natural Areas	4 points
		10. Proportion of Invasive Alien Species	4 points
	Ecosystem Services provided by Biodiversity	11. Regulation of Quantity of Water	4 points
		12. Climate Regulation: Carbon Storage and Cooling Effect of Vegetation	4 points
		13. Recreation and Education: Area of Parks with Natural Areas	4 points
		14. Recreation and Education: Number of Formal Education Visits per Child Below 16 Years to Parks with Natural Areas per Year	4 points
	Governance and Management of Biodiversity	15. Budget Allocated to Biodiversity	4 points
		16. Number of Biodiversity Projects Implemented by the City Annually	4 points
		17. Existence of Local Biodiversity Strategy and Action Plan	4 points
		18. Institutional Capacity: Number of Biodiversity Related Functions	4 points
		19. Institutional Capacity: Number of City or Local Government Agencies Involved in Inter-agency Co-operation Pertaining to Biodiversity Matters	4 points
		20. Participation and Partnership: Existence of Formal or Informal Public Consultation Process	4 points
		21. Participation and Partnership: Number of Agencies/Private Companies/NGOs/Academic Institutions/International Organisations with which the City is Partnering in Biodiversity Activities, Projects and Programmes	4 points
		22. Education and Awareness: Is Biodiversity or Nature Awareness Included in the School Curriculum	4 points
23. Education and Awareness: Number of Outreach or Public Awareness Events Held in the City per Year		4 points	
Native Biodiversity in the City (Sub-total for indicators 1-10)		40 points	
Ecosystem Services provided by Biodiversity (Sub-total for indicators 11-14)		16 points	
Governance and Management of Biodiversity (Sub-total for indicators 15-23)		36 points	
Maximum Total:		92 points	

Figura 5- Estrutura do Índice de Biodiversidade da Cidade (CBI). (Fonte: CBD, 2014)

2.3.3. CBI: Indicador 2 – Medidas de Conectividade

Como já foi referido anteriormente, a fragmentação das áreas verdes é uma das principais ameaças à sustentabilidade da biodiversidade nas cidades. Por isso, o Indicador 2 foi selecionado como um indicador para traçar as possíveis tendências futuras. Este indicador estima o grau de conectividade das áreas verdes da cidade. Reconhece-se que a fragmentação das áreas verdes afeta

diferentes espécies de forma diferente, ou seja, uma estrada pode não ser uma barreira para as aves mas pode ser um fator importante na dispersão de mamíferos entre as áreas verdes presentes na cidade ou área urbana (CBD, 2014).

O tamanho efetivo da malha (m_{eff}) é uma métrica utilizada para medir a conectividade, sendo baseada na probabilidade de dois pontos escolhidos aleatoriamente numa região encontrarem-se conectados. Quanto mais barreiras existirem na paisagem, menor a probabilidade de os dois pontos estarem conectados e menor o tamanho efetivo da malha. Também pode ser interpretado como a capacidade de dois animais da mesma espécie - colocados aleatoriamente numa região – encontrarem. A unidade de m_{eff} refere-se à área (por exemplo, ha ou km^2). O valor de m_{eff} é entre zero (inteiramente fragmentado) e o tamanho da região a ser estudada (não fragmentada) (Jaeger *et al.*, 2008). Este indicador serve também como uma oportunidade de avaliar o efeito de barreiras na medição da conectividade. Utilizando o m_{eff} , considera-se que duas manchas de áreas verdes encontram-se conectadas se estiverem localizadas a 100 m ou menos uma da outra sem barreiras entre elas (Deslauriers *et al.*, 2017).

3. Caracterização da área de estudo

3.1. O Território de Lisboa

3.1.1. Localização e Caracterização Geográfica

Os espaços verdes alvo do presente estudo localizam-se no Concelho de Lisboa. Lisboa, capital de Portugal, é o centro da Área Metropolitana de Lisboa, uma associação de 18 municípios. O concelho era constituído por 53 freguesias, no entanto, a Reforma Administrativa implementada em Lisboa pela Lei nº 56/2012 de 8 de novembro veio reduzir o número para 24, a partir da aglutinação de freguesias existentes e a criação de uma nova freguesia no Parque das Nações, como se pode observar pela figura 6.

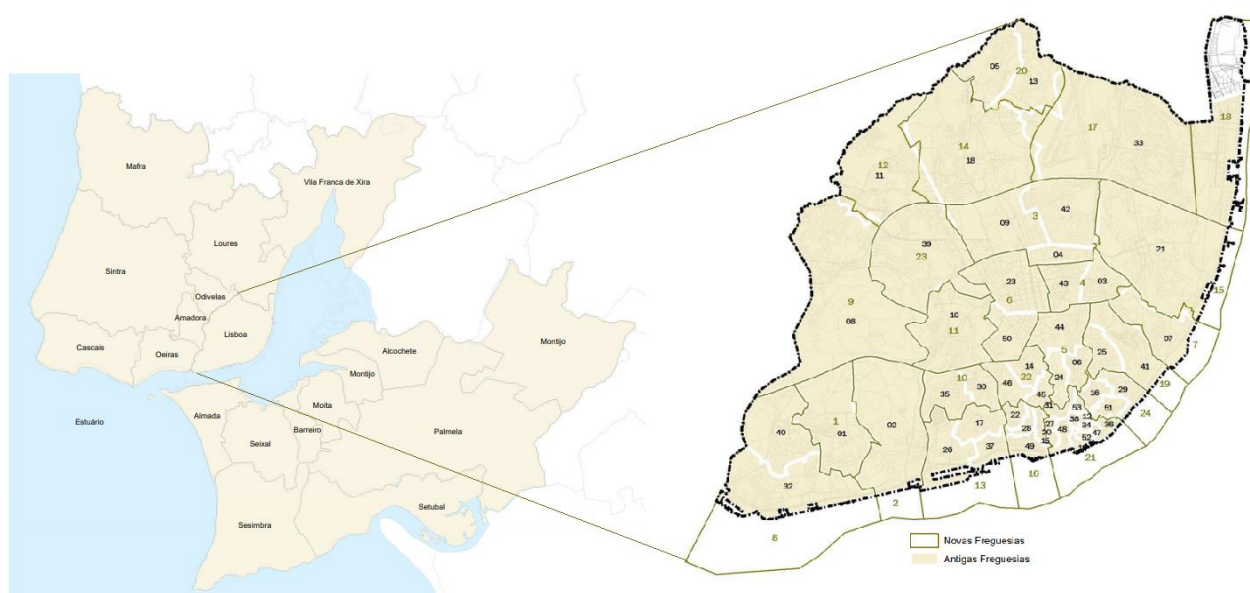


Figura 6 - Divisão Administrativa do Município de Lisboa (Fonte: CML, 2015)

A cidade faz limite fronteiriço a norte com os Municípios de Odivelas e Loures, a este e sudeste com o estuário do Tejo, a oeste com Oeiras e noroeste com a Amadora (CML, 2015). O concelho de Lisboa tem uma área total de 100,05 km² (DGT, 2018), onde residem aproximadamente 547 733 habitantes (INE, 2011).

3.1.2. Caracterização ecológica do Território

O Plano de Ordenamento Territorial da Área Metropolitana de Lisboa (PROT-AML) estabelece uma estrutura ecológica hierarquizada onde o conceito de “corredores estruturantes”, constitui a base de um *continuum naturale*. Esta rede é suportada a nível nacional por grandes áreas (Figura 7) incluídas na Rede Nacional de Áreas Protegidas e na Rede Natura 2000. A estrutura é complementada com a proteção das linhas de água e áreas envolventes (CML, 2015).

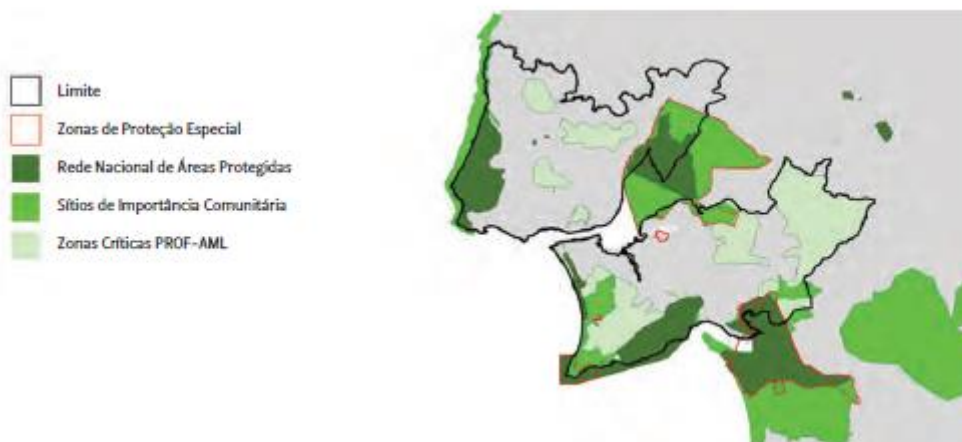


Figura 7 - Áreas Protegidas na Área Metropolitana de Lisboa. (Fonte: CML, 2015)

Para o caso do concelho de Lisboa, os eixos ribeirinhos são particularmente importantes, um ao longo da margem direita do Tejo e outro ao longo do litoral desde Cascais, um terceiro eixo associado ao vale da Ribeira de Odivelas e às encostas do Parque da Várzea e das Costeiras e ainda um quarto eixo, pouco definido, associado às áreas ainda livres nos concelhos da Amadora, Odivelas e Oeiras. A Estrutura Ecológica visa assegurar a continuidade e complementaridade das áreas naturais no território urbano, a sustentabilidade ecológica e física do meio, as funções dos sistemas biológicos, a biodiversidade, o controlo dos escoamentos hídricos e circulação do vento, o conforto bioclimático e a valorização do património paisagístico (CML,2015).

Na atual revisão do Plano Diretor Municipal (PDM), é proposto um conjunto de categorias de espaços verdes, que se baseiam em critérios diferentes. A estrutura ecológica municipal é constituída pela estrutura ecológica fundamental e pela estrutura ecológica integrada. A estrutura ecológica fundamental define uma estratégia de valorização e salvaguarda dos sistemas naturais fundamentais que, em articulação com a rede ecológica definida à escala metropolitana, estabelece as matrizes do sistema de corredores estruturantes, do sistema húmido

e do sistema de transição fluvial estuarino e encontra-se assinalada na Planta da estrutura ecológica municipal.

O sistema de corredores estruturantes é constituído por:

- Parque de Monsanto;
- Arco Ribeirinho;
- Arco Periférico;
- Arco Interior;
- Corredor Verde Oriental (Vales da Zona Oriental);
- Corredor Verde de Monsanto;
- Corredor do Vale de Alcântara;
- Corredor da Alta de Lisboa;
- Corredor de Telheiras.

A estrutura ecológica integrada decorre da estrutura ecológica fundamental e inclui os espaços verdes e os logradouros verdes permeáveis a preservar identificados na Planta da Estrutura Ecológica Municipal e na Planta de Qualificação do Espaço Urbano, e ainda os espaços verdes de enquadramento, as áreas edificadas e os eixos arborizados assinalados na Planta da Estrutura Ecológica Municipal (CML, 2012).

Em relação aos espaços verdes consolidados, são espaços que integram a Estrutura Ecológica Municipal integrada, e que se subdividem nas seguintes subcategorias:

- Espaços verdes de recreio e produção;
- Espaços verdes de proteção e conservação;
- Espaços verdes de enquadramento a infraestruturas viárias;
- Espaços ribeirinhos.

Para o presente de estudo foi considerada uma área total de 9561,54 ha. As áreas verdes, representadas na figura 8, apresentam uma área de 2883,20 ha, representando cerca de 30,15% da área de estudo.

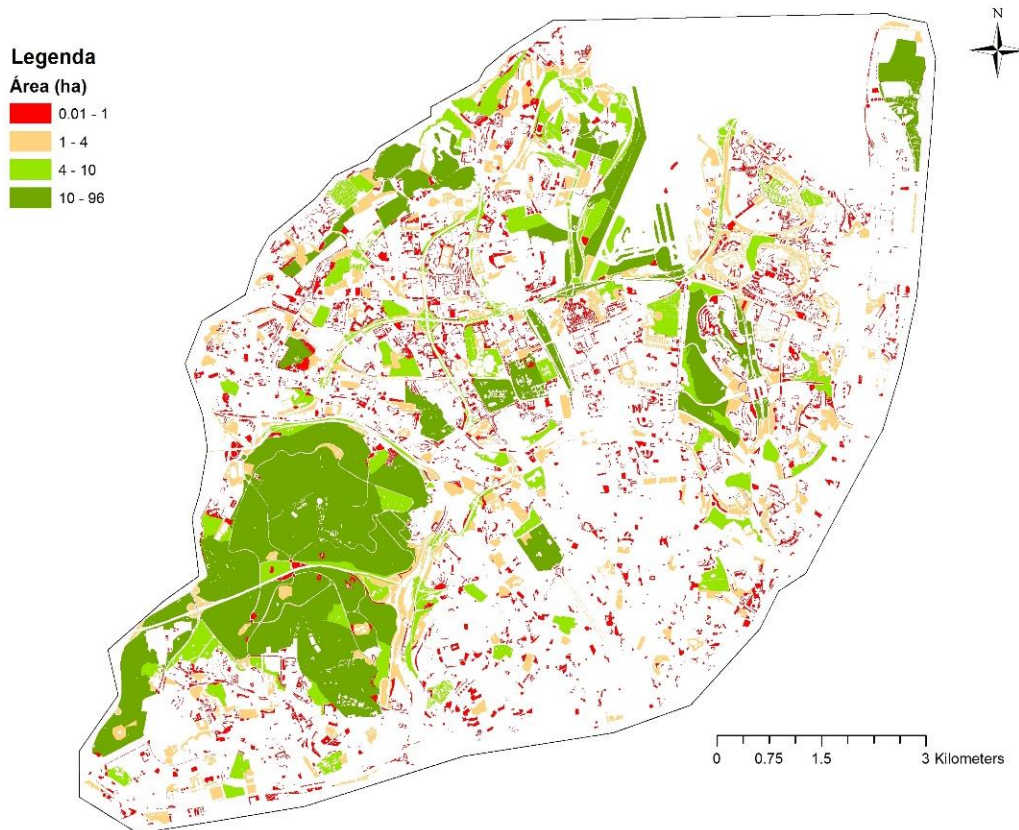


Figura 8 - Classificação das áreas verdes pela sua área. Fonte: CML, 2016

Pode-se observar pela tabela 3, que existem 3050 manchas de espaços verdes na área de estudo. Apesar de os espaços verdes superiores a 10 ha possuírem uma maior área, cerca de 86% dos espaços verdes possuem uma área inferior a 1ha.

Tabela 3 - Número de áreas verdes por percentagem

0 – 1 ha	1 – 4 ha	4 – 10 ha	10 – 96 ha	Total
2629	277	89	55	3050
86,20%	9,08%	2,92%	1,80%	100%

3.1.3. Flora

A vegetação natural em Lisboa encontra-se representada nas matas, matos e prados. Nos olivais, hortas, pomares e nas quintas de recreio encontram-se as espécies representativas da flora cultural. O clima da região e a abundância de água permite que muitas espécies exóticas que existem em avenidas, jardins públicos e quintas tradicionais possam ser consideradas

características da cidade. Os jardins botânicos, para além do interesse científico e histórico, dão, por sua vez, uma ideia das potencialidades ecológicas da região (CML, 2015).

Em Lisboa existem mais de 400 mil árvores pertencentes a mais de 100 espécies diferentes e centenas de espécies de arbustos e herbáceas. Todo este património vegetal desempenha um papel extremamente importante na manutenção da qualidade do ar e funciona como habitat da fauna (em especial aves e insetos) sendo, por isso, um elemento crucial no equilíbrio ecológico da Cidade (CML, s.d.^b).

3.1.4. Fauna

Em Lisboa encontram-se animais pertencentes a vários grupos faunísticos: quer vertebrados (aves, mamíferos, répteis, anfíbios e peixes); quer invertebrados (insetos, aracnídeos, vermes). Encontram-se por toda a cidade embora alguns só habitem em locais específicos como o Parque Florestal de Monsanto e outras matas (Mata de Alvalade, Mata do Vale do Silêncio, Mata do Vale Fundão, Mata da Madre Deus) ou no estuário do Rio Tejo. O grupo com maior representatividade em Lisboa é o das aves. O mais numeroso é o dos invertebrados. As aves mais comuns em zonas edificadas são a andorinha, coruja-das-torres, estorninho-malhado, pardal-comum e o pombo-das-rochas. Em zonas florestais, como Monsanto e outras matas, há o chapim-preto, chapim-real, estorninho-preto, gaio, mocho-galego, perdiz e tentilhão-comum. Nos parques, jardins e baldios predominam a alvéola-branca, carriça, chamariz, melro-preto, periquito-de-colar, pintassilgo e pisco-de-peito-ruivo. Junto às margens do rio Tejo, as espécies mais comuns são a andorinha-do-mar-anã, corvo-marinho-de-faces-brancas, gaivota-argêntea, garajau, guincho-comum, pato-real, gaivina-preta, pilrito-sanderlingo, garça-real e a cegonha. (CML, s.d.^c)

4. Metodologia

4.1. Metodologia para o cálculo da conectividade ao nível do solo

4.1.1. Recolha e Análise de Informação

Para esta metodologia foram utilizados dados da localização espacial dos Espaços Verdes, Rede Viária e Rede Ferroviária de Lisboa que foram obtidos gratuitamente através do portal de dados abertos de Lisboa em <http://dados.cm-lisboa.pt/>. O portal disponibiliza conjuntos de dados sobre a cidade produzidos pela Câmara Municipal de Lisboa e pelas entidades parceiras do programa Lisboa Aberta. Os dados estão em formato vectorial de linhas/polígonos (shapefile).

A shapefile da distribuição das áreas verdes contém informação referente a: Espaços Verdes de Recreio e Produção, Espaços Verdes de Proteção e Conservação, Espaços Verdes de Enquadramento a Infraestruturas e os Espaços Verdes Ribeirinhos (consolidados e a consolidar).

A shapefile da Rede Viária está à escala de 1:20 000 e abrange a Rede Viária e a Rede Rodoviária Nacional do nível estruturante (1º nível), distribuição principal (2º nível), segundo a classificação contida no PDM Lisboa (2012). A shapefile da Rede Ferroviária abrange a Linha de Cascais, Linha de Cintura, Concordância de Xabregas, Linha do Sul, Linha da Matinha, Concordância de Sete Rios, Linha do Norte e Linha de Sintra. As shapefile acima referidas encontram-se representadas na figura 9.

Estes conjuntos de dados foram analisados com recurso ao ArcMap 10.4.1 (ESRI).



Figura 9 - Representação das áreas verdes, rede viária e rede ferroviária da área de estudo. Fonte: CML, 2016

Na figura 10 encontra-se representado um mapa da altitude da cidade de Lisboa - dados LiDAR sob a forma de uma grelha de 1 m de resolução planimétrica, obtidos em 2002 e fornecidos

pela empresa CGTI Portugal. Lisboa apresenta uma altitude máxima na Serra de Monsanto (cerca de 282 metros de altitude).

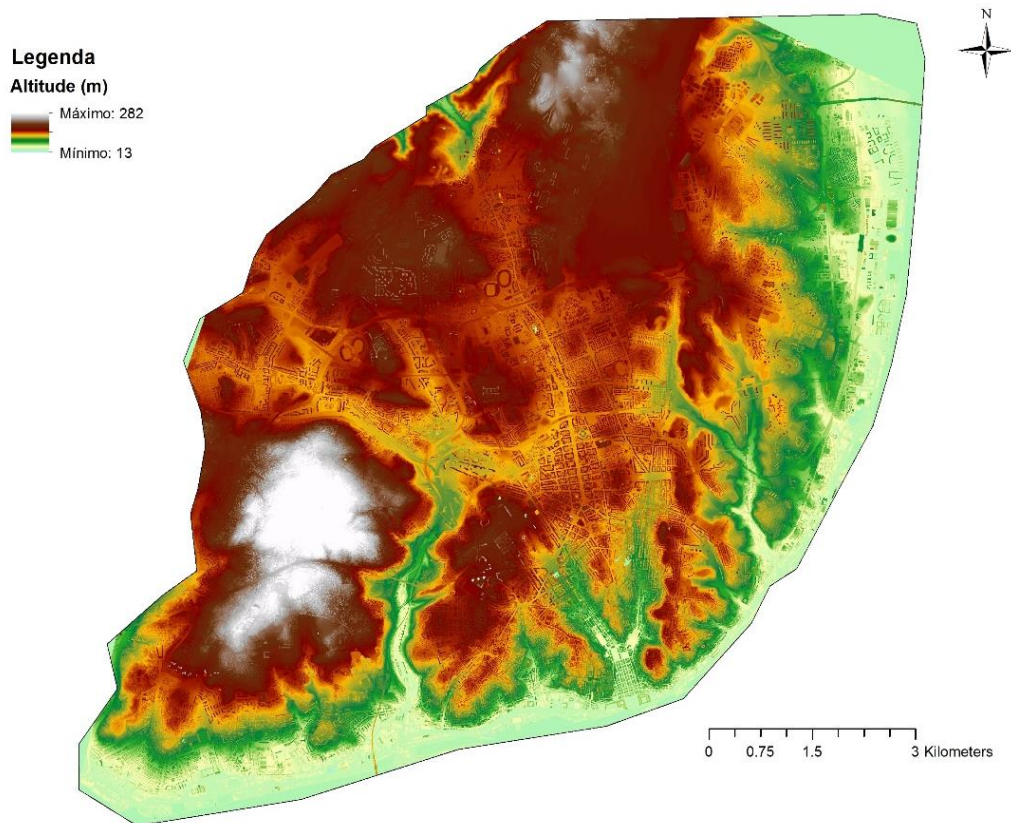


Figura 10 - Representação da Altitude da área de estudo. Dados Lidar. Fonte: CGI, 2002

4.1.2. Análise e Tratamento de dados

Como já foi referido anteriormente, a fragmentação dos espaços verdes é uma das principais ameaças à sustentabilidade da biodiversidade nas cidades. Por isso, a conectividade foi selecionada como um indicador para medir a fragmentação das áreas verdes.

A metodologia utilizada foi baseada na adaptação do User's Manual on the Singapore Index on Cities' Biodiversity (mais conhecido como City Biodiversity Index, CBI), que consiste na avaliação de 23 indicadores (tabela 4) como forma de avaliar o estado da biodiversidade nas cidades.

Tabela 4 - Indicadores do CBI para monitorizar a biodiversidade

Componente	Indicador
Biodiversidade Nativa nas Cidades	1 – Proporção de áreas naturais na cidade
	2 – Medias de conectividade ou rede ecológica para reduzir a fragmentação
	3 – Biodiversidade Natural em áreas edificadas (espécies de aves)
	4-8 – Variação numérica das espécies nativas
	9 – Proporção de áreas naturais protegidas
	10 – Proporção de espécies exóticas invasoras
Serviços dos Ecossistemas prestados pela biodiversidade na cidade	11 – Regulação da quantidade de água – proporção da área permeável
	12 – Regulação climática – sumidouro de carbono e efeito climático da vegetação
	13–14 – Serviços de recreio e educacional
Governança e Gestão da biodiversidade na cidade	15 – Orçamento atribuído à biodiversidade
	16 - Número de projetos relativos à biodiversidade implementados anualmente
	17 - Regulamentos e política – existência de estratégias locais de biodiversidade e planos de ação
	18–19 – Capacidade Institucional
	20–21 – Participação e parceiros
	22–23 – Educação e sensibilização

Para o presente trabalho foram calculados os valores para o Indicador 2, representado a negrito na tabela 4. Este indicador estima o grau de conectividade das áreas verdes. É considerado

um dos indicadores mais difíceis de aferir pois a tipologia de conexão varia de acordo com os elementos biológicos, ou seja, enquanto que no caso dos animais alados (insetos, aves, morcegos) a conexão pode limitar-se à existência de manchas de espaços com vegetação situados a pequenas distâncias, condicionados à inexistência de obstáculos físicos significativos, para os animais terrestres e muitas plantas é necessário haver continuidades físicas bem definidas (CML, 2015).

O indicador 2 foi calculado com base no tamanho efetivo da malha (effective mesh size - m_{eff}), que se baseia na probabilidade de dois pontos escolhidos aleatoriamente numa determinada área ou região se encontrarem conectados. Pode também ser interpretado como a probabilidade de dois animais, colocados em locais diferentes, poderem encontrar-se sem ter que atravessar uma barreira como estradas, ferrovias ou áreas edificadas. O valor final da conectividade é interpretado como o tamanho esperado da área que é acessível ao iniciar-se um movimento num ponto escolhido aleatoriamente dentro da área de estudo, sem encontrar uma barreira física. Quanto as barreiras existirem na área de estudo, menor a probabilidade de dois pontos se encontrarem conectados, diminuindo assim o valor de m_{eff} (Moser *et al.*, 2007).

Para o estudo em questão foi escolhido o m_{eff} como medida de quantificar a conectividade pois este método agrega as informações sobre a fragmentação da paisagem em um único valor que pode ser facilmente obtido e interpretado. Torna-se, por isso, adequado para comparar a conectividade/fragmentação de regiões com áreas diferentes (Jaeger *et al.*, 2008).

O Indicador, expresso em unidades de área, é dado pela seguinte fórmula:

$$\text{Indicador 2} = \frac{1}{A_{total}} (AG1^2 + AG2^2 + AG3^2 + \dots + AGn^2)$$

em que:

- A_{total} = área total de todas as manchas de áreas verdes
- n = número de grupos de manchas de áreas naturais conectadas
- $AG_1, AG_2, AG_3 \dots AG_n$ = tamanho de cada grupo de manchas de áreas verdes conectadas

Segundo a metodologia do CBI, consideram-se como conectadas as manchas localizadas a menos de 100 m umas das outras. O Indicador 2 é calculado como a soma da conectividade dentro de cada grupo de manchas (Intra-patchconnectivity) e a conectividade entre cada grupo de manchas (Inter-patchconnectivity):

$$\text{Conectividade total de } AG_1 = \text{Intra-patchconnectivity} + \text{Inter-patchconnectivity}$$

A conectividade dentro das manchas é dada pela fórmula:

$$\text{Intra-patchconnectivity} = (A_{G1.P1}^2 + A_{G1.P2}^2 + A_{G1.P3}^2) / A_{\text{total}}$$

A conectividade entre manchas é dada pela fórmula:

$$\text{Inter-patchconnectivity} = [(2A_{G1.P1} \cdot A_{G1.P2}) + (2A_{G1.P1} \cdot A_{G1.P3}) + (2A_{G1.P2} \cdot A_{G1.P3})] / A_{\text{total}}$$

Onde A_{G1} consiste num grupo de três manchas: P1, P2 e P3.

Para o cálculo deste indicador foram considerados todos os fragmentos verdes com área superior a 100 m², assumindo-se que todas estas zonas possuem boa qualidade ecológica, embora não existam estudos específicos que o comprovem.

No presente estudo optou-se por avaliar três diferentes tipos de ligação entre manchas:

- áreas verdes sem barreiras
- áreas verdes considerando as estradas principais como barreiras
- áreas verdes considerando as estradas principais e a rede ferroviária como barreiras.

O presente estudo permite, assim, verificar o grau de influência das barreiras na conectividade do meio urbano.

Para o Cenário 1 foi apenas utilizada a cartografia dos Espaços Verdes, estabelecendo sobre elas um buffer de 10 m (tabela 5) ou seja, considera-se que ao nível do solo a ligação entre manchas se processa a distâncias máximas de 20 m. Apenas para este caso e, como medida de comparação com outros casos de estudo, optou-se por utilizar buffers de 10 m em vez de 50 m, adaptando a metodologia utilizada pela Estratégia para 2020: Biodiversidade na cidade de Lisboa. Assim, todas as manchas separadas por distâncias inferiores ao buffer foram consideradas conectadas.

Tabela 5 - Buffers aplicados aos elementos da paisagem para o Cenário 1

	Características	Tamanho do Buffer
Conectores	Áreas Verdes	10 m

Para o Cenário 2 foi utilizada a cartografia dos Espaços Verdes e a Rede Viária. Optou-se por se considerar apenas o Nível Estruturante (1º Nível) e a Distribuição Principal (2º Nível) como sistema de barreiras devido à sua maior influência como elementos de fragmentação. Para este cenário foi estabelecido um buffer de 50m em torno dos espaços verdes e um buffer de 7m em torno das estradas principais (tabela 6).

Tabela 6 - Buffers aplicados aos elementos da paisagem para o Cenário 2

Características		Tamanho do Buffer
Conectores	Áreas Verdes	50 m
Barreiras	Estradas Principais (Nível estruturante e distribuição principal)	7 m

Para o Cenário 3 foi estudada a influência da Rede Ferroviária como sistema de barreiras, para além da Rede Viária. Para tal, estabeleceu-se um buffer de 1 m (Tabela 7).

Tabela 7 - Buffers aplicados aos elementos da paisagem para o Cenário 3

Características		Tamanho do Buffer
Conectores	Áreas Verdes	50 m
Barreiras	Estradas Principais (Nível estruturante e distribuição principal)	7 m
	Rede Ferroviária	1 m

A metodologia realizada em ArcGis assim como os passos para realizar os cálculos em excel foram baseados na metodologia utilizada por Deslauriers *et al.*, (2017) e encontra-se demonstrada no Anexo A e B.

4.2. Metodologia para estudo da conectividade para as aves

4.2.1. Recolha e Análise de Informação

Para a metodologia da conectividade para as aves foram utilizadas a shapefile dos espaços verdes referida anteriormente e uma shapefile do número de pisos da cidade de Lisboa, fornecida pela CML. Esta encontra-se representada na figura 11.

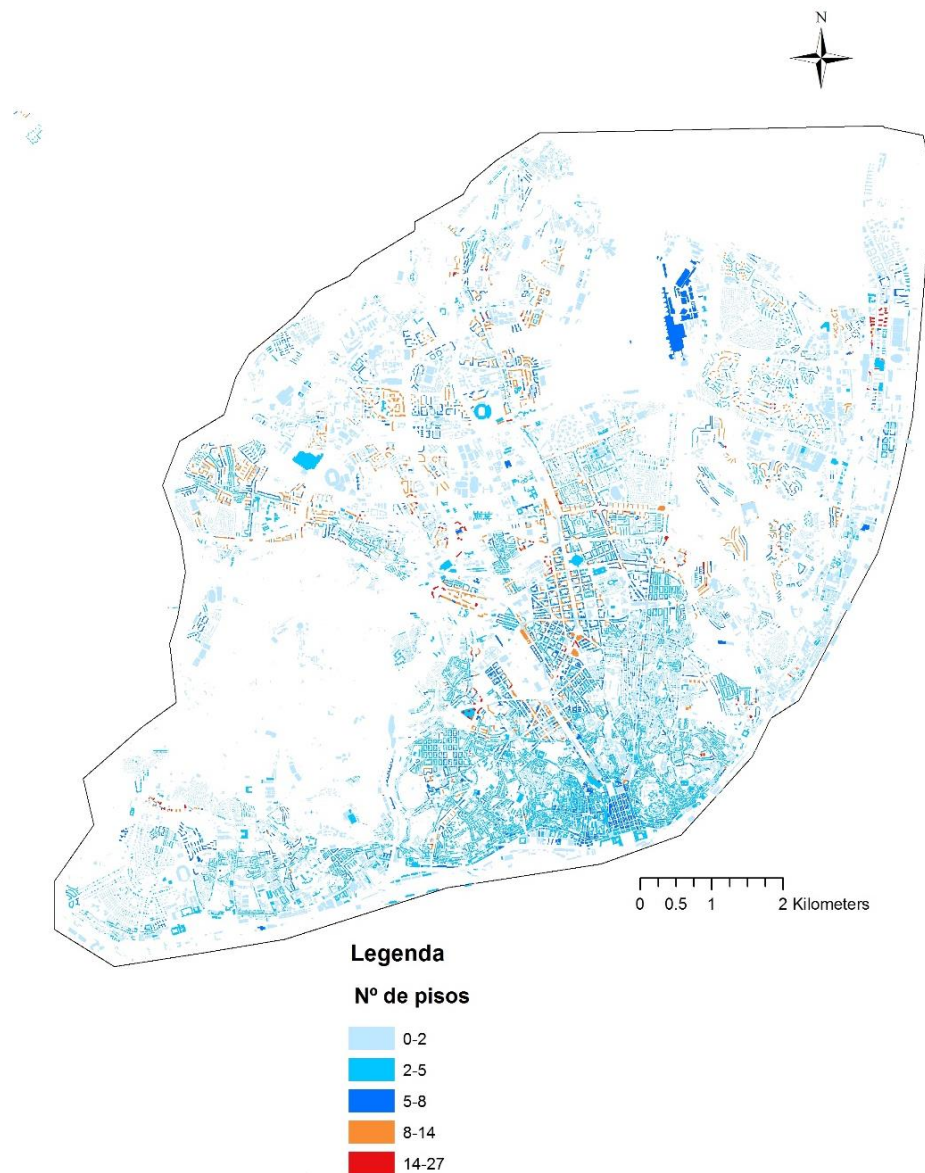


Figura 11- Representação do edificado de Lisboa pelo número de pisos

4.2.2. Análise e Tratamento de dados

A metodologia de análise da conectividade para as aves baseou-se no método da superfície de menor custo (least-cost model). Este método envolve duas ferramentas: Cost Distance e Cost Path.

A primeira (Cost Distance) calcula uma superfície de custo acumulada (Accumulative Cost Surface) e uma direção (Backlink Direction) com base numa zona de origem e a superfície de custo. A segunda ferramenta calcula o caminho entre o local de destino e o local de origem.

A superfície de menor custo foi criada com base na altura dos edifícios. A altura foi calculada a partir da shapefile do número de pisos, utilizando a relação: 3 metros/piso.

Foram selecionados apenas os edifícios com altura superior a 8 m pois considera-se que estes condicionam o movimento de um grande número de aves de Lisboa, os passeriformes (informação fornecida pelo especialista Eng^o Fernando Louro da CML). Esta shapefile foi convertida em formato raster e como a ferramenta Cost Distance não funciona no caso de rasters com valores de zero, foi atribuído o valor de 0.001 m à zona remanescente de Lisboa.

Esta superfície de custo foi utilizada para calcular o custo relativo da movimentação das aves entre algumas zonas verdes da cidade e as restantes (com área superior a 4 ha). Para a utilização do método Least Cost Model houve necessidade de criar pontos para cada área verde (pois o método funciona melhor com pontos em comparação com polígonos), tendo-se determinado o centroide para cada área verde.

Foram identificados 2 tipos de áreas verdes com área superior a 4 ha:

- espaços verdes considerados fontes/origem, apenas 7 pontos (Bela Vista, Campo Grande, Jardim Botânico da Universidade de Lisboa, Jardim do Passeio dos Heróis do mar – Expo, Parque Florestal de Monsanto, Parque Botânico do Monteiro Mor, e o Parque da Quinta das Conchas e dos Lilases. Estes espaços foram escolhidos pelas suas dimensões e diversidade mas também por forma a que se encontrassem distribuídos de uma forma uniforme na cidade.
- todos os espaços (destino) menos o que funciona como fonte, um total de 188 pontos

Dado o elevado número de combinações entre locais, foi usado o Model Builder do ArcGis. O resultado consiste numa série de linhas que indicam o melhor trajeto das aves entre os espaços verdes da cidade, utilizando o menor esforço, visto não terem de ultrapassar os edifícios com altura superior a 8m, quando se deslocam de um local para outro.

Esta metodologia, assim como o tamanho mínimo dos espaços verdes (4 ha) foram baseados na metodologia utilizada por Teng *et al.* (2011).

5. Apresentação e Discussão dos Resultados

5.1. Influência das barreiras nas áreas verdes

Os espaços verdes foram divididos em quatro grupos distintos: espaços verdes com área entre 1 ha e 4 ha (representados a bege), espaços verdes com área entre 4 ha e 10 ha (representados a verde claro) e espaços verdes com área entre 10 ha e 96 ha (representados a verde escuro) (Figura 12).

Na figura 12 encontram-se ainda representada a rede viária na zona do aeroporto de Lisboa, onde se encontram estradas principais como a 2ª circular. Estradas estas que apresentam um grande movimento de automóveis durante todo o dia.

Pode-se observar pela figura 12, a influência que as barreiras, neste caso as estradas, têm nas áreas verdes. Para o cálculo da conectividade foram consideradas barreiras as estradas principais da rede viária e a rede ferroviária, com buffers de 7 m e 1 m, respetivamente. Na figura encontram-se representadas as estradas adjacentes aos espaços verdes. Com a aplicação do buffer, pode-se observar uma separação de áreas verdes que, sem a existência da estrada, estariam conectadas. Esta separação levou, para além da separação das áreas verdes, à diminuição da área das mesmas, o que pode influenciar a dispersão de espécies entre essas áreas.



Figura 12 - Representação da influência das barreiras nas áreas verdes e respetivo buffer

A área de estudo total é cerca de 9561,54 ha e a área dos espaços verdes estudados é de 2883,20 ha, o que representa cerca de 30,15% da área total. Pelas tabelas 8 e 9 , verifica-se que o número de espaços de pequena dimensão aumentou pela pulverização dos espaços de maiores dimensões, atingindo sobretudo a classe de 4-10ha e em menor proporção a de 10-96ha.

Tabela 8- Número de espaços verdes/ Percentagem

	Áreas Verdes		Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
0 – 1 ha	2629	86,20	3526	89,24	3384	88,82	3412	88,88
1 – 4 ha	277	9,08	282	7,14	290	7,61	292	7,41
4 – 10 ha	89	2,92	91	2,30	83	2,18	82	2,14
10 – 96 ha	55	1,80	52	1,32	53	1,39	53	1,38
total	3050	100	3951	100	3810	100	3839	100

Tabela 9- Área dos espaços verdes/Percentagem

	Áreas Verdes		Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
0 – 1 ha	491,82	17,06	515,23	17,87	535,83	18,79	540,18	18,94
1 – 4 ha	541,53	18,78	545,76	18,93	546,65	19,17	549,47	19,27
4 – 10 ha	544,53	18,89	559,44	19,40	494,46	17,34	487,05	17,08
10 – 96 ha	1305,31	45,27	1262,76	43,80	1274,90	44,70	1274,82	44,71
total	2883,20	100	2883,20	100	2851,83	100	2851,52	100

5.2. Conectividade ao nível do solo

O valor da conectividade para o 1^a cenário de estudo indica o nível máximo possível de conectividade entre áreas naturais, se todas as barreiras (estradas e rede ferroviária) forem desconsideradas. Pode-se verificar pela Tabela 10 que a conectividade entre cada grupo de manchas conectadas tem um valor de 18,49 ha e que o valor da conectividade entre os grupos de manchas de espaços verdes é de 1264,55 ha, obtendo-se assim uma conectividade total de 1283,04 ha, correspondendo a 13,42% da área de estudo e cerca de 44,50% em relação à área total dos espaços verdes considerados. Este valor pode ser interpretado como o tamanho esperado da área que é acessível, ao se iniciar um movimento num ponto escolhido aleatoriamente dentro da área de estudo.

Os valores de conectividade obtidos foram comparados com os valores da conectividade de três casos de estudo diferentes, realizados respectivamente no município de Barcelona, na cidade de Tallinn e na cidade de Montreal. Apesar das características das cidades serem diferentes, isto permite-nos perceber quais as características que têm mais influência sobre o valor da conectividade, ou seja se a conectividade é maior quando há uma maior área de espaços verdes ou se são as barreiras físicas que têm uma maior influência sobre este valor. A análise dos valores de cada uma destas cidades encontra-se descrita para o Cenário 1 e o Cenário 3.

No estudo da conectividade realizado no município de Barcelona no projeto EO4CBI, foram considerados 4 cenários, sendo que no 3^o cenário não foram consideradas barreiras nem conectores para o cálculo da conectividade. A área total das áreas naturais neste estudo é cerca de 1621,7 ha e o valor da conectividade total para o 3^o cenário é de 982,6 ha, correspondendo assim a 60,59% em relação à área total dos espaços verdes. Ou seja, apesar de Lisboa ter um maior valor de conectividade em relação ao município de Barcelona, a sua relação com a área total de áreas verdes é inferior.

Ainda do mesmo projeto, foi realizado o estudo do indicador 2 na cidade de Tallinn e para o mesmo cenário obteve-se uma conectividade total de 827,9 ha para uma área de 4999,5 ha de espaços naturais, correspondendo a 16,60% em relação à área total dos espaços verdes.

No estudo realizado por Deslauriers et al. (2017) na cidade de Montreal, foi obtido um valor de 773,3 ha de conectividade para um cenário sem barreiras e sem conectores. O valor total das áreas naturais nesta cidade é cerca de 4950,1 ha. Ou seja, o valor da conectividade corresponde apenas a 15,62% do valor das áreas naturais, fazendo assim a cidade de Montreal entre as 4 cidades aquela que possui menor conectividade quando não são consideradas barreiras.

Tabela 10 - Resultados da conectividade para o Cenário 1

Cenário 1	
	Todas as áreas verdes >100m ² , sem barreiras
Conectividade total (ha)	1283,04
Conectividade dentro de cada grupo (ha)	18,49
Conectividade entre cada grupo (ha)	1264,55
Área total de espaços verdes (ha)	2883,20
Número de manchas de espaços verdes	3951
Menor mancha (ha)	4,33 x 10 ⁻⁹
Maior mancha (ha)	95,27
Tamanho médio das manchas (ha)	0,73

Apresenta-se na tabela 11 os resultados da conectividade para o Cenário 2. O valor da conectividade dentro de cada grupo de manchas de áreas verdes é de 18,55 ha, enquanto que entre cada grupo a conectividade é de 250,69 ha. O total da conectividade é de 269,23 ha, ou seja representa aproximadamente 2,82% em relação ao tamanho da área de estudo e 9,44% em relação à área total dos espaços verdes, revelando uma grande diminuição da conectividade em relação ao cenário 1. Esta diminuição é esperada, devido à presença de barreiras (estradas principais). Os resultados tornam evidente que as barreiras são uma das principais causas para a diminuição da conectividade.

Tabela 11- Resultados da conectividade para o Cenário 2

Cenário 2	
	Todas as áreas verdes >100m ² , com barreiras: rede viária
Conectividade total (ha)	269,23
Conectividade dentro de cada grupo (ha)	18,55
Conectividade entre cada grupo (ha)	250,69
Área total de espaços verdes (ha)	2851,83
Número de manchas de espaços verdes	3810
Menor mancha (ha)	4,33 x 10 ⁻⁹
Maior mancha (ha)	95,27
Tamanho médio das manchas (ha)	0,75

Na tabela 12 são apresentados os valores da conectividade para o Cenário 3. O valor da conectividade dentro de cada grupo de espaços verdes é de 18,53 ha e o valor da conectividade entre cada grupo de espaços verdes é de 242,54 ha, obtendo assim um valor total de 261,07 ha. Este valor corresponde a cerca de 9,16% em relação à área dos espaços verdes e cerca de 2,73% em relação ao tamanho da área de estudo. Pode-se observar que, devido à influência da rede ferroviária como barreira, existe uma diminuição do valor da conectividade em relação ao Cenário 2. No entanto, esta diminuição é mínima, o que indica que a rede ferroviária tem menos influência sobre o valor da conectividade do que as estradas principais.

No Cenário 1 do estudo da conectividade realizado no município de Barcelona no projeto EO4CBI, foram consideradas como barreiras as estradas principais e grandes áreas de edificado. A área total das áreas naturais neste estudo é cerca de 1621,7 ha e o valor da conectividade total para o cenário 1 é de 292,5 ha, correspondendo assim a 18,04% em relação à área total dos espaços verdes. Pode-se então concluir que as barreiras têm uma grande influência na conectividade na cidade de Lisboa.

Ainda do mesmo projeto, foi realizado o estudo do indicador 2 na cidade de Tallinn e para o mesmo cenário este obteve uma conectividade total de 280,1 ha para uma área de 4999,5 ha de espaços naturais, correspondendo a 5,60% em relação à área total dos espaços verdes. Para este caso foram consideradas como barreiras as estradas principais, áreas de grande edificado e

grandes canais. Apesar do valor da área total de espaços verdes na cidade de Tallinn ser cerca de três vezes superior ao valor referente ao Município de Barcelona (4999,5 ha em Barcelona e 1621,7 ha em Tallinn), a cidade de Tallinn apresenta uma conectividade de 280,1 ha, valor inferior ao valor do município de Barcelona. Isto indica que uma cidade possuir uma maior área total de espaços verdes não implica que esta possua um maior valor de conectividade. No entanto, a existência de barreiras e a distribuição espacial dos espaços verdes na paisagem têm um impacto direto no valor da conectividade.

No estudo realizado por Deslauriers et al. (2017) na cidade de Montreal, foi obtido um valor de 581,7 ha de conectividade para um cenário com barreiras e sem conectores. O valor total das áreas naturais nesta cidade é cerca de 4946,5 ha. Ou seja, o valor da conectividade corresponde apenas a 11,76% do valor das áreas naturais.

Comparando a cidade de Tallinn e a cidade de Montreal, que têm uma dimensão de áreas naturais mais semelhantes, pode-se verificar que a cidade de Montreal tem um valor de conectividade bastante superior ao valor da cidade de Tallinn, o que pode indicar que esta sofre uma maior influência no valor da conectividade quando são consideradas barreiras.

Tabela 12- Resultados da conectividade para o Cenário 3

Cenário 3	
	Todas as áreas verdes >100m ² , com barreiras: rede viária e rede ferroviária
Conectividade total (ha)	261,07
Conectividade dentro de cada grupo (ha)	18,53
Conectividade entre cada grupo (ha)	242,54
Área total de espaços verdes (ha)	2851,52
Número de manchas de espaços verdes	3839
Menor mancha (ha)	4,33 x 10 ⁻⁹
Maior mancha (ha)	95,27
Tamanho médio das manchas (ha)	0,74

Os resultados para o Indicador 2 do CBI indicam, para o Cenário 1, uma conectividade total de 13,42% em relação à área total do município. A influência das estradas principais diminui este valor para 2,82% enquanto que a influência das estradas e da rede ferroviária, como barreiras, diminui para 2,73%. Para o cálculo da conectividade nos três cenários de estudo foram considerados diferentes níveis de influência para cada barreira.

O valor da conectividade para o Cenário 2 e Cenário 3 pode ser interpretado como o tamanho esperado da área que é acessível ao iniciar-se um movimento num ponto escolhido aleatoriamente dentro da área de estudo, sem se encontrar uma barreira física que, neste caso, são as estradas principais e a rede ferroviária.

5.3. Conectividade para as aves

Os mapas representados nas figuras 13 a 19 mostram os caminhos mais prováveis para as aves dentro da cidade e que satisfazem as necessidades de altitude de voo das aves. Foram gerados 2604 caminhos possíveis entre os 7 locais de origem e os 188 locais remanescentes. Os caminhos encontram-se mais intensamente distribuídos em torno do Parque Florestal de Monsanto, na zona central e na zona do Alto do Lumiar. Pode-se também observar nos caminhos uma tendência de afastamento das áreas edificadas com edifícios de maior altura. Esta rede de corredores aéreos permite que as aves se movam de diferentes locais ao longo de corredores com o menor esforço possível.

Comparando estas redes de corredores aéreos com os corredores verdes a nível do solo, a complexidade estrutural diminui, ou seja a distribuição dos corredores térreos são mais uniformes perante a distribuição dos espaços verdes e o edificado na cidade.

Este tipo de estudo permite identificar potenciais corredores verdes para a fauna, assim como perceber em que zonas se deve dar continuidade a corredores já existentes de modo a maximizar os benefícios para a biodiversidade, neste caso para as aves. A realização deste estudo permite, um planeamento prévio antes da construção de qualquer infraestrutura ou conector entre espaços verdes, ou seja, a partir da ferramenta Arcgis é possível prever os benefícios que a expansão ou construção de uma nova infraestrutura, poderá trazer á conectividade e consequentemente à biodiversidade. Os corredores representados nas figuras demonstram as tendências de voo das aves, ou seja poderá ser também utilizado para o estudo da distribuição das aves na cidade, o que poderá ajudar a gerir as populações de aves na cidade de Lisboa.

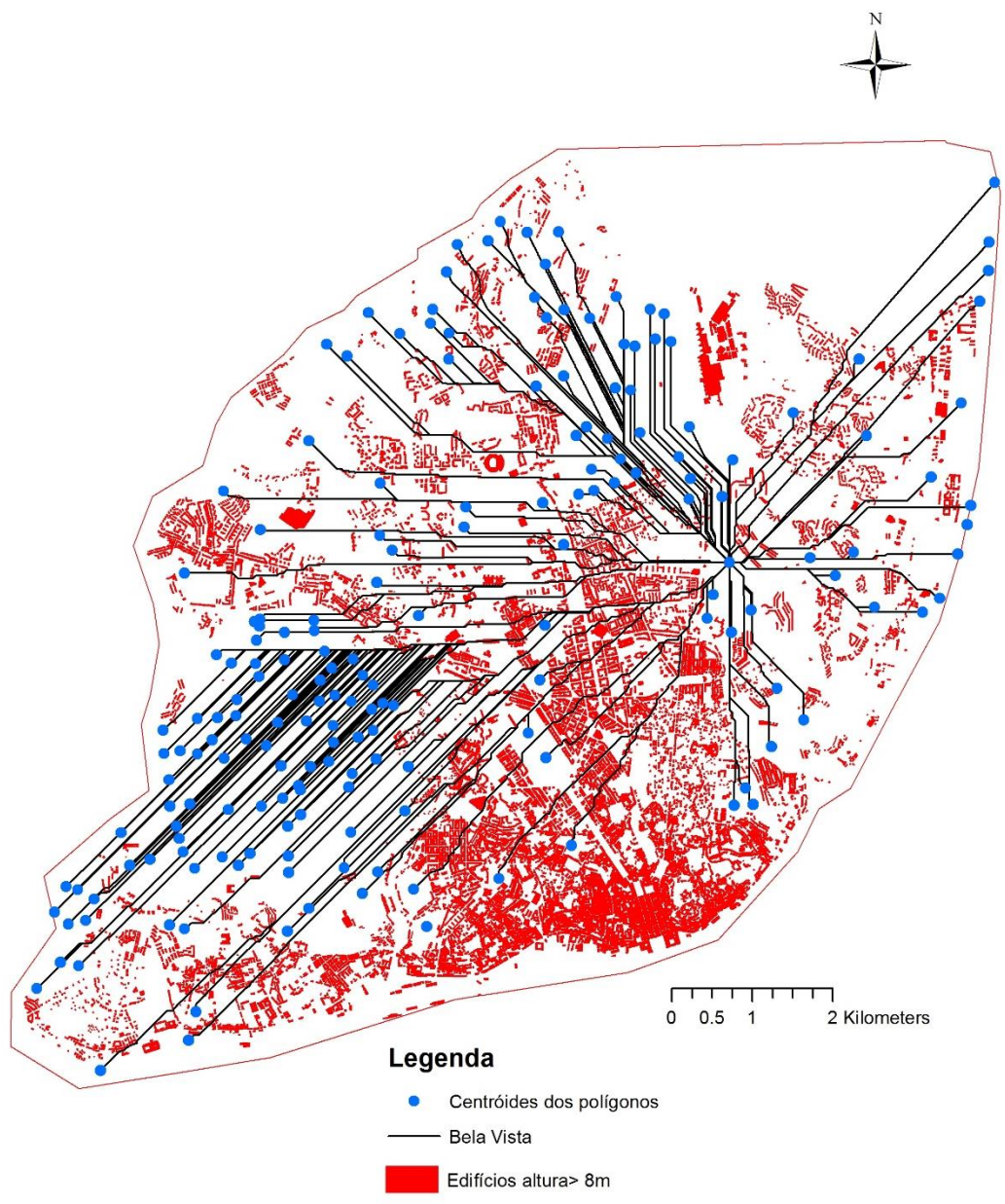


Figura 13- Caminhos aéreos possíveis a parti da fonte do Parque da Bela Vista

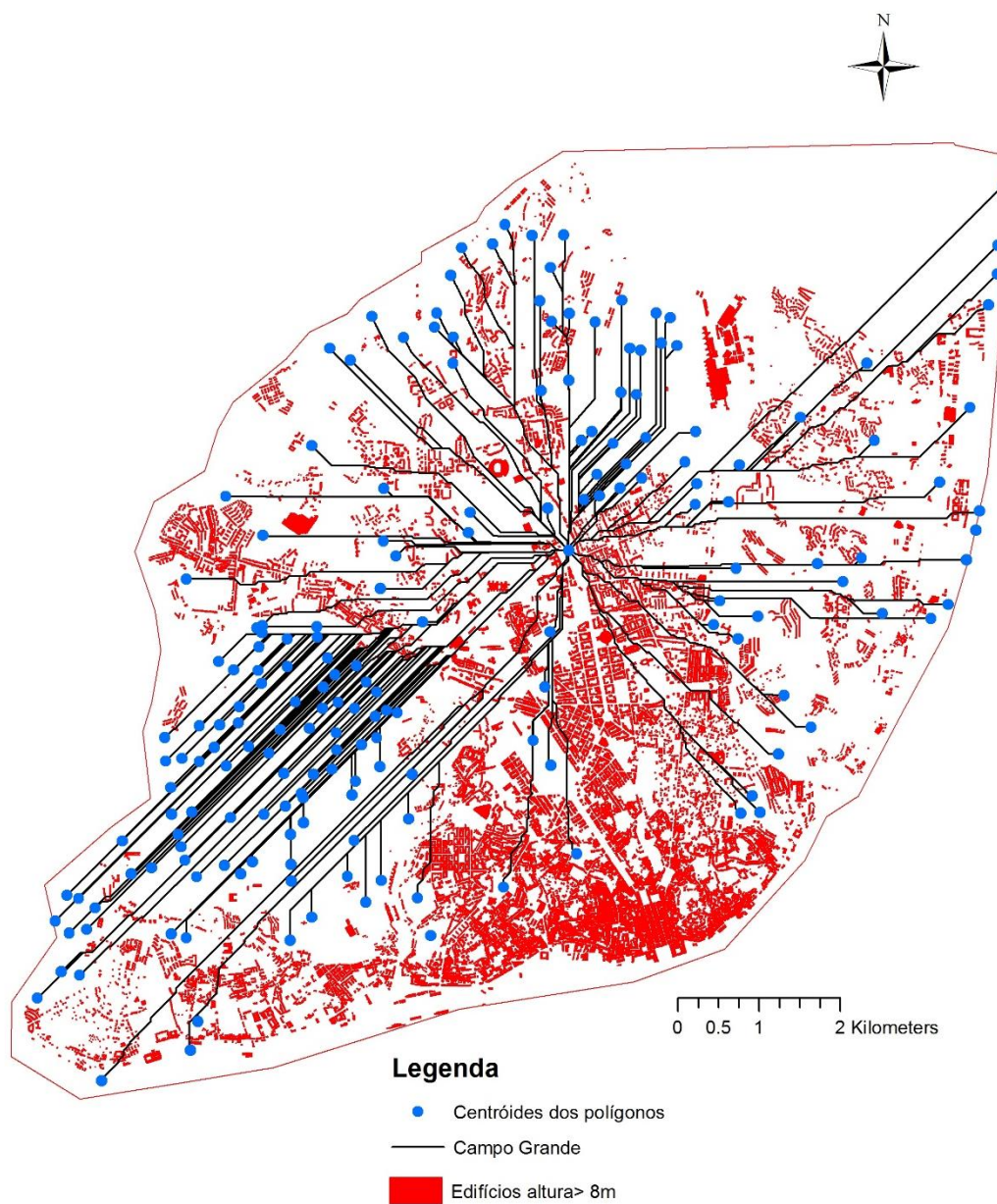


Figura 14- Caminhos aéreos possíveis a partir da fonte do Jardim do Campo Grande

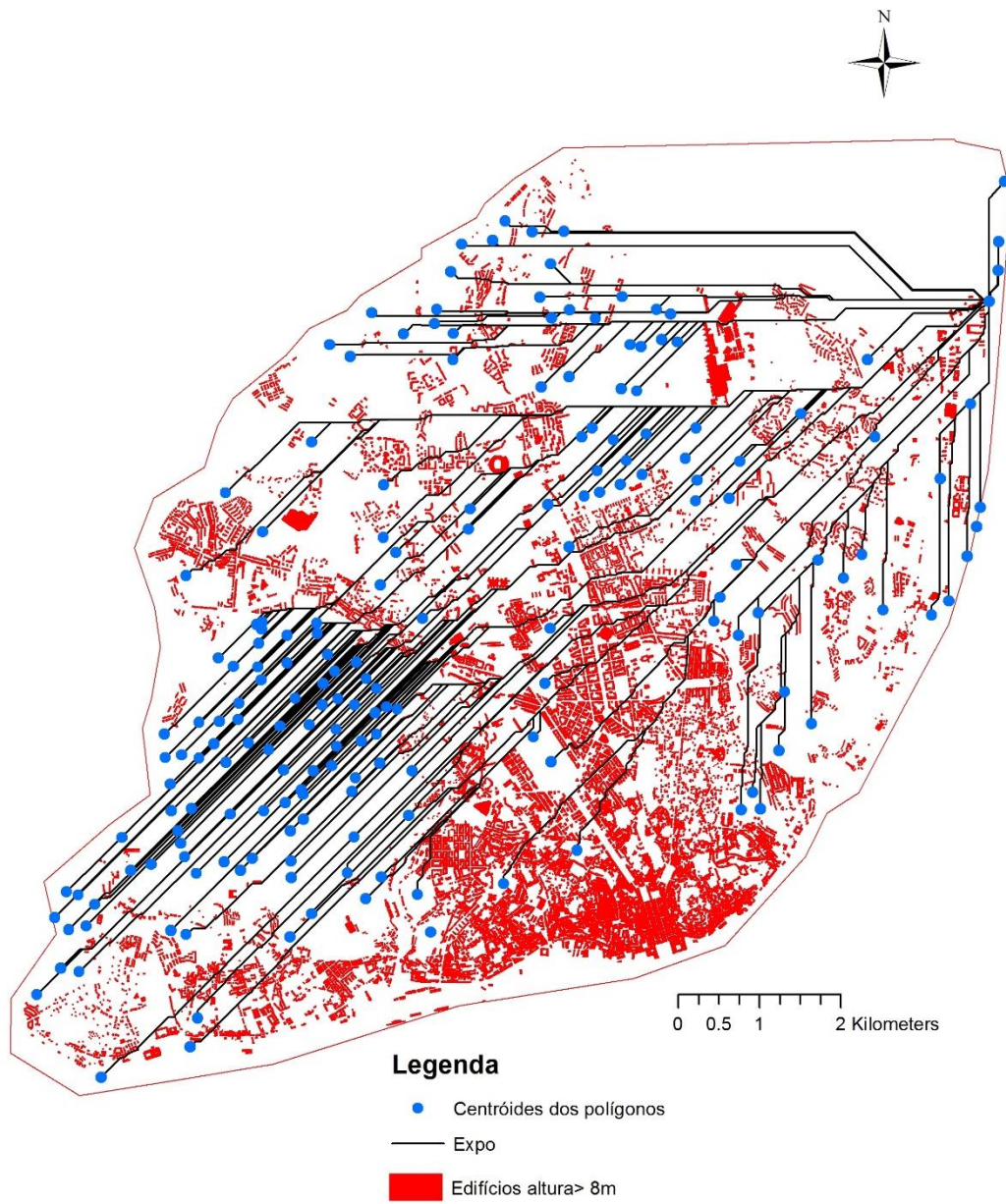


Figura 15- Caminhos possíveis a partir da fonte do Jardim do Passeio dos Heróis do Mar (Expo)

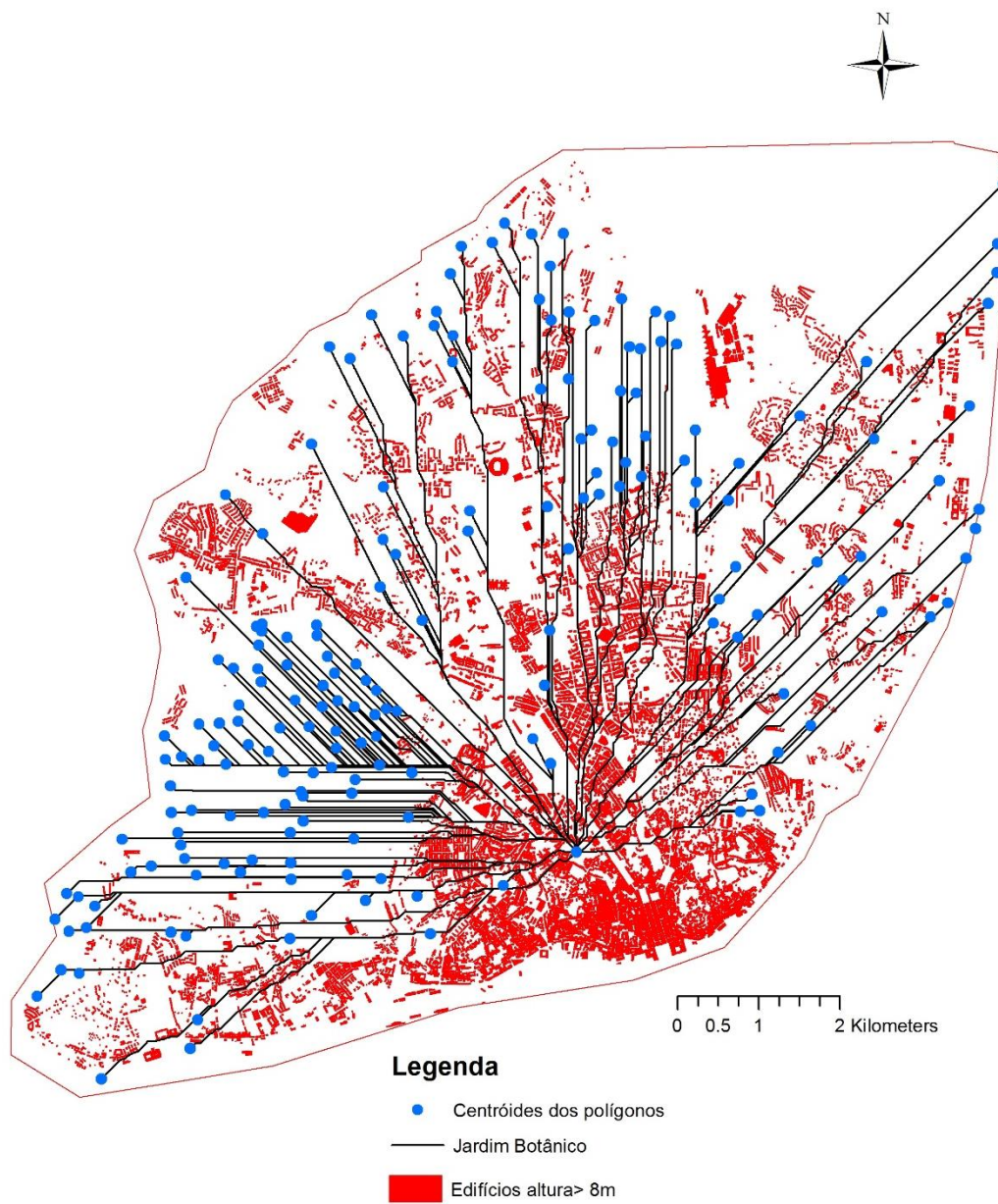


Figura 16- Caminhos aéreos possíveis a partir da fonte do Jardim Botânico

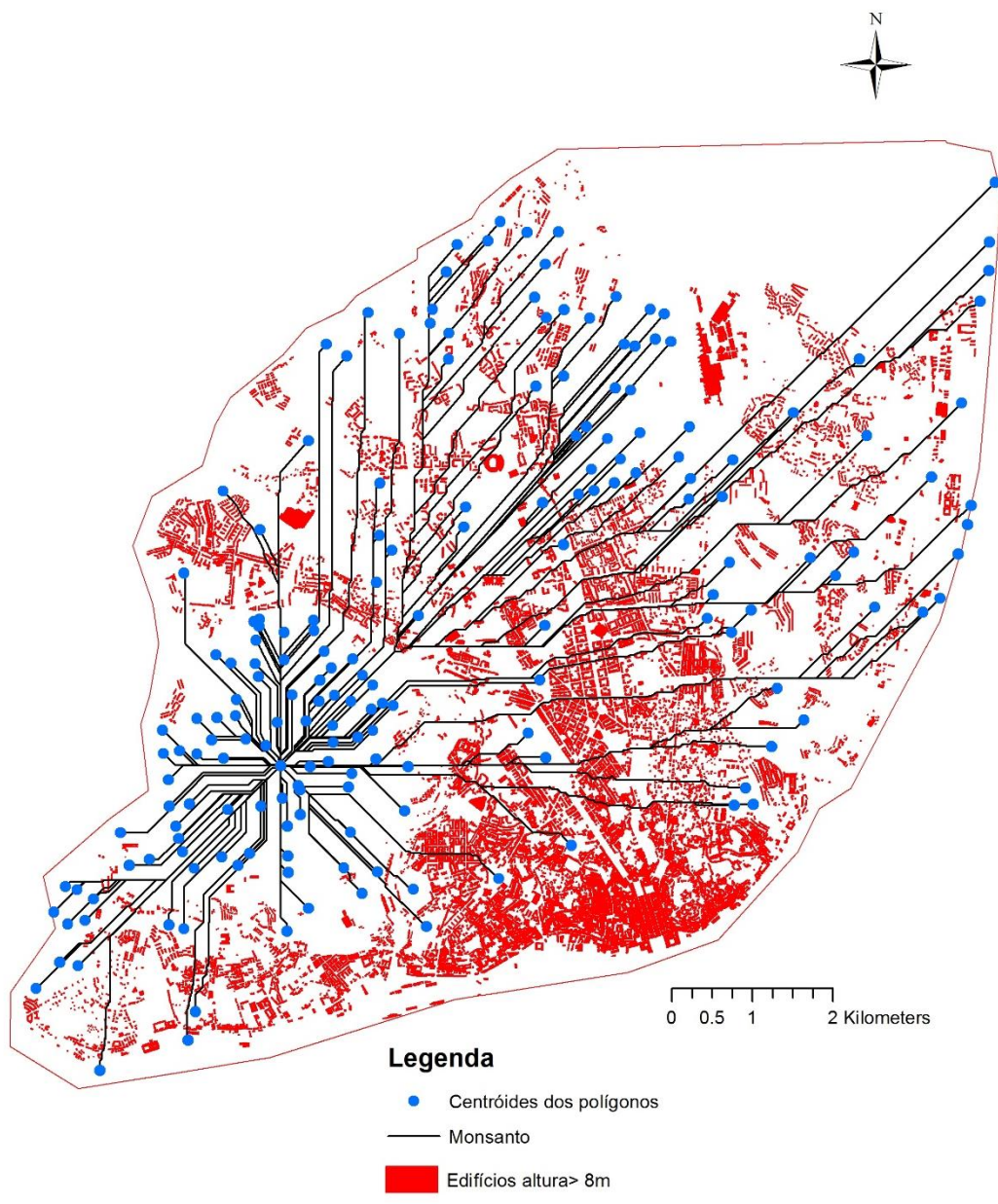


Figura 17- Caminhos possíveis a partir da fonte do Parque Florestal de Monsanto

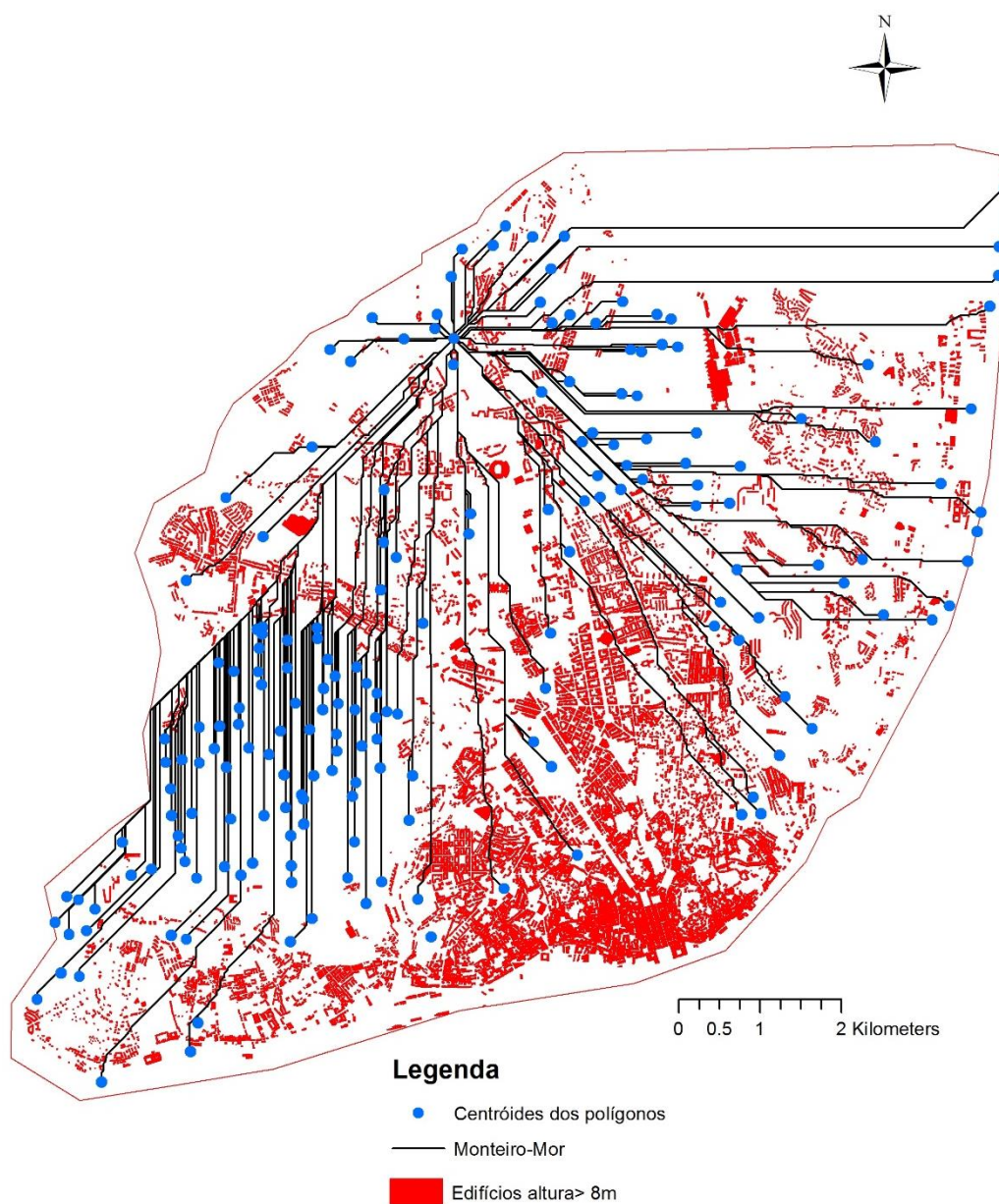


Figura 18- Caminhos aéreos possíveis a partir da fonte do Parque Botânico do Monteiro-Mor

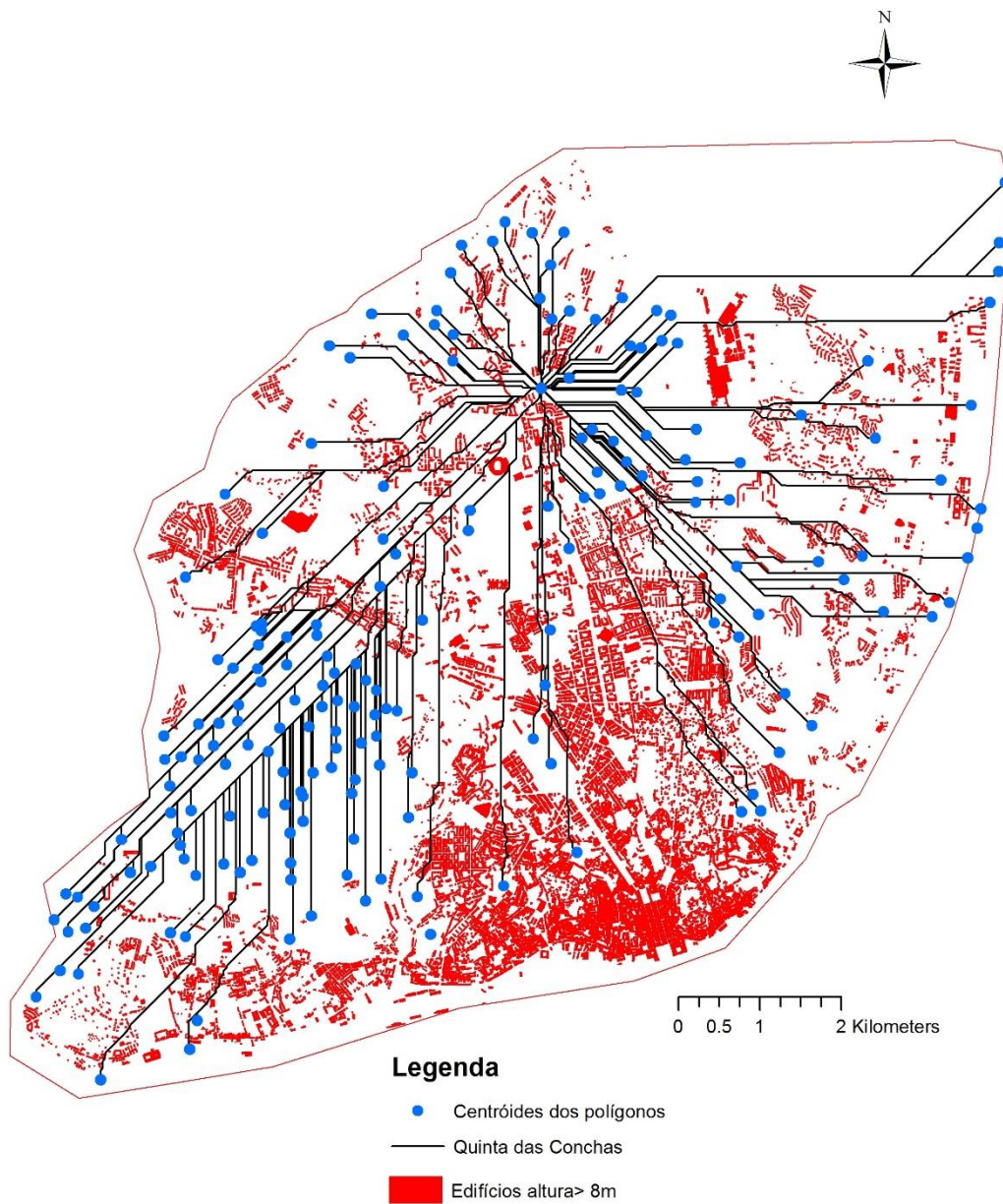


Figura 19- Caminhos aéreos possíveis a partir do Parque da Quinta das Conchas

6. Considerações Finais

6.1. Principais Conclusões

Os resultados obtidos indicam que as barreiras físicas são uma das principais causas da fragmentação da paisagem natural na cidade de Lisboa. O valor da conectividade entre as áreas verdes diminui bastante quando são consideradas as estradas e a rede ferroviária. A comparação entre o caso de estudo 2 e 3 revela que a rede ferroviária tem uma contribuição mínima na diminuição da conectividade em relação à rede viária. Por esta razão, recomenda-se procurar maneiras de mitigar o efeito de barreiras das grandes vias e considerar a rede ferroviária como possível conector das áreas naturais.

O grau de fragmentação das áreas verdes nas cidades é um importante indicador da biodiversidade e sustentabilidade. Este indicador é especialmente importante nas tomadas de decisão relativas ao planeamento urbano, pois tem a capacidade de revelar quão fortes são as tendências atuais e futuras das áreas verdes nas cidades. O estudo do atual estado e das tendências da conectividade e, conseqüentemente, da biodiversidade, representa uma parte importante da compreensão se uma área urbana está a desenvolver-se segundo uma trajetória sustentável. Este indicador pode também ser utilizado para prever mudanças ocorridas pela adição, remoção ou modificação de áreas verdes em ambiente urbano.

A dispersão da fauna terrestre é dificultada devido à baixa conectividade ao nível do solo entre as áreas verdes na cidade de Lisboa. O bloqueio causado pelo tráfego intenso nas principais vias que ligam as grandes áreas verdes limita os deslocamentos da fauna que fica, assim, cada vez mais restrita, o que pode ter efeitos negativos a nível da viabilidade das populações.

Apesar da existência de grandes áreas verdes na cidade de Lisboa, a sua distribuição pelo território tem conseqüências para a fauna devido à falta, muitas vezes, de ligações seguras. Assim, uma melhoria importante será o aumento da conectividade e da garantia da continuidade física entre essas zonas verdes através do melhoramento dos grandes corredores estruturantes e da ligação de áreas atualmente isoladas (CML, 2012).

Apesar de ter sido fornecida uma imagem Lidar de grande resolução (1 m) com valores de altitude, acabou por não ser usada pois a movimentação das aves no interior da cidade depende não tanto da altitude absoluta mas sim do diferencial de altitude entre o solo e o edificado.

6.2. Dificuldades e limitações do estudo

Para o cálculo do indicador 2 do CBI, é da responsabilidade de quem realiza o estudo, determinar quais as barreiras que devem ser consideradas. Esta decisão vai depender da área onde ocorre o estudo e do conhecimento mais preciso sobre os tipos de barreiras que podem inibir o movimento das espécies em estudo. Embora exista alguma flexibilidade na identificação de barreiras e conectores, isto não significa que sua identificação seja arbitrária. Seria importante existir uma base de dados para a escolha das barreiras e conectores a ter em conta e a sua respetiva influência para a fauna e para a flora. Como os resultados dependem dos dados existentes e da identificação dos diferentes tipos de espaços verdes, barreiras e conectores, uma futura análise de sensibilidade seria útil para determinar a força dessa dependência. No entanto, por ser um indicador mais simples, torna-se ideal para ser aplicado com facilidade em diferentes tipos de áreas. Portanto, a opção de integrar os diferentes tipos de barreiras e conectores em estudos da conectividade, utilizando o Indicador 2 do CBI, deve ser mantida.

O CBI recomenda uma distância de 100 m na designação das áreas verdes conectadas. No entanto, esta distância, altamente generalizada, pode ser inadequada para avaliar a conectividade em alguns contextos e, portanto, pode ser alterada para atender aos requisitos de pesquisa ou monitorização (por exemplo, para estudos específicos de espécies, para as quais as distâncias de dispersão são conhecidas).

Para o estudo da conectividade para as aves, a shapefile do edificado continha muitos polígonos com o valor do número de pisos igual a zero. Não houve tempo de corrigir esta situação, mas no futuro pode ser melhorada.

6.3. Desenvolvimentos futuros e recomendações

Um dos principais objetivos de melhorar a conectividade em Lisboa será manter ou mesmo melhorar a biodiversidade na cidade. Para tal, seria importante considerar os requisitos dos habitats de espécies relevantes e como cada um deles se pode movimentar em áreas urbanas e como áreas verdes diferentes podem complementar-se em termos de função de habitat.

A fragmentação da paisagem devido às infraestruturas de transporte pode ser evitada ou mitigada através da implementação de medidas específicas que reduzam os efeitos de barreira das estradas e ferrovias. Os ecossistemas adjacentes às estradas podem ser considerados áreas subvalorizadas pelas funções ecológicas que fornecem, no entanto se forem considerados para a conectividade das áreas verdes, podem promover a dispersão de aves, servindo como paragem de

voo, habitat e alimento, assim como aumentar a diversidade de flora na cidade. Como já foi referido, as estradas são um grande fator na diminuição da conectividade, por isso seria importante a existência de mais estudos sobre os benefícios/prejuízos dos ecossistemas ao longo das grandes vias e estabelecer metodologias aplicáveis para melhorar este tipo de ecossistemas. No que diz respeito a medidas específicas, podem ser utilizadas vias artificiais (por exemplo, pontes e túneis para a fauna) e outras medidas para reduzir os efeitos de barreiras. Tais medidas podem reduzir as taxas de mortalidade e permitir que algumas espécies atravessem estradas e ferrovias que, de outra forma, não seriam capazes. No entanto, passagens artificiais precisam ser bem projetadas, localizadas em posições apropriadas (de acordo com estudos científicos de necessidades de conectividade) e monitorizadas para que possam apoiar o movimento de espécies dentro de paisagens fragmentadas. Apesar de algumas das observações mencionadas e outras evidências de que pontes e túneis direcionados para a fauna são usados ativamente por muitas das espécies para as quais foram projetados, a verdade é que não houve uma quantificação exata da sua eficácia na melhoria da conectividade. Seria, portanto, vantajoso em projetos futuros sobre a cidade de Lisboa, mais estudos para esclarecer e melhorar a eficácia das passagens artificiais na mitigação dos impactos de fragmentação das estradas e ferrovias.

É importante a criação de novas pontes de conexão entre as áreas para aumentar a complexidade da vegetação, o que pode ser feito através do planeamento urbano e paisagístico. Os projetos de plantio de árvores, requalificação e otimização das áreas verdes, através de programas de melhoria da qualidade do ar e da implementação e manutenção dos corredores verdes, contemplam a necessidade de criação de zonas integradas nas áreas de proteção.

Seria também importante considerar-se as áreas verdes privadas, áreas protegidas e áreas de património cultural na contribuição para o aumento da conectividade. Por exemplo, construções antigas, pelo seu valor cultural, podem funcionar como locais de descanso e/ou de nidificação para algumas espécies, como morcegos. Desenvolver e implementar medidas financeiras eficazes e inovadoras para o estabelecimento de áreas de restauração e criação de estruturas de conexão, onde estas são necessárias para apoiar as áreas protegidas pode ser outra medida a ter em consideração. A identificação, através da informação de satélite, de áreas onde é necessário melhorar a conectividade para restauro de ecossistemas também poderá ser uma técnica a ser utilizada no futuro.

8. Referências Bibliográficas

8.1. Referências Bibliográficas

- Alho (2005) 'Critérios e indicadores para espaços verdes urbanos : Aplicação do modelo URGE a espaços verdes em Portugal, Lisboa', 1-122.
- Angold, P. G., Sadler, J.P., Hill, M.O., Pullin, A, Rushton, S., Austin, K., Small, E, Wood, B., Wadsworth, R., Sanderson, R. & Thompson, K. (2006) 'Biodiversity in urban habitat patches', *Science of the Total Environment*, 360: 196–204.
- Azmy, M. M., Hosaka, T. & Numata, S. (2016) 'Responses of four hornet species to levels of urban greenness in Nagoya city, Japan: Implications for ecosystem disservices of urban green spaces', *Urban Forestry and Urban Greening*, 18: 117–125.
- Cardoso, M.C. (2011) '*Biodiversidade urbana: seleção e caracterização de indicadores para Lisboa*'. Tese de Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental. Faculdade de Ciências - Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Chiesura, A. (2004) 'The role of urban parks for the sustainable city', *Landscape and Urban Planning*, 68: 129–138.
- Comissão Europeia (2010) 'Monitorizar o impacto da política de biodiversidade da UE'. União Europeia. 1–52.
- Comissão Europeia (2011) 'The EU Biodiversity Strategy to 2020'. European Union. doi: 10.2779/39229
- Colwell, R. K. (2009) 'Biodiversity: concepts, patterns, and measurement', 257-263 in *The Princeton guide to ecology*, Levin, S. A. (editor). Princeton University Press.
- Câmara Municipal de Lisboa, (2015) 'Biodiversidade na cidade de Lisboa. Uma estratégia para 2020'. Câmara de Lisboa. Lisboa.
- Câmara Municipal de Lisboa, (2015) 'Relatório do estado do ordenamento do território'. Câmara Municipal de Lisboa. Volume 1. Departamento de Planeamento.
- Câmara Municipal de Lisboa, (2012) 'Plano diretor municipal de Lisboa'. Câmara Municipal de Lisboa. Lisboa

- Deslauriers, M. R., Asgary, A., Nazarnia, N. & Jaeger, J.A.G. (2017) 'Implementing the connectivity of natural areas in cities as an indicator in the City Biodiversity Index (CBI)', *Ecological Indicators*. doi: 10.1016/j.ecolind.2017.02.028.
- EO4CBI, (s.d.). Earth observation in support of the City Biodiversity Index. European Space Agency (ESA). DUE Innovator programme.
- Direção Geral do Território (2018). Carta administrativa oficial de Portugal - CAOP 2017. Ministério do Ambiente - Direção-Geral do Território.
- Fonseca, F., Gonçalves, A. & Rodrigues, O. (2010) 'Comportamentos e percepções sobre os espaços verdes da cidade de Bragança', *Finisterra*, XLV(89), 119–139.
- Gonçalves, A. & Carvalho, A.M. (2016). Diversidade de elementos na estrutura verde urbana. Reflexão sobre a cidade de Bragança (Portugal), *Gaia Scientia*, 10: 60–74.
- Herrera, L. P., Sabatino, M.C., Jaimes, F.R., & Saura, S. (2017) 'Landscape connectivity and the role of small habitat patches as stepping stones: an assessment of the grassland biome in South America', *Biodiversity and Conservation*, 26: 3465–3479.
- Instituto Nacional de Estatística (2011). Censos 2011 Resultados definitivos - Região Lisboa. Lisboa
- Jaeger, J. A. G., Bertiller, R., Schwick, C., Muller, K., Steinmeier, C., Ewald, K.C. & Ghazoul, J. (2008) 'Implementing landscape fragmentation as an indicator in the Swiss monitoring system of sustainable development (Monet)', *Journal of Environmental Management*, 88: 737–751.
- James, P., Tzoulas, K., Adams, M.D., Barber, A., Box, J., Breuste, J., Elmqvist, T., Frith, M., Gordon, C., Greening, K.L., Handley, J., Haworth, S., Kazmierczak, A.E., Johnston, M., Korpela, K., Moretti, M., Niemela, J., Pauleit, S., Roe, M.H., Sadler, J.P. & Thompson, C.W. (2009) 'Towards an integrated understanding of green space in the European built environment', *Urban Forestry and Urban Greening*, 8: 65–75.
- Jim, C. Y. & Chen, S. S. (2003) 'Comprehensive greenspace planning based on landscape ecology principles in compact Nanjing city, China', *Landscape and Urban Planning*, 65: 95–116.
- Kabisch, N. *et al.* (2016) 'Urban green space availability in European cities', *Ecological Indicators*, 70: 586–596.
- Kabisch, N. & Haase, D. (2013) 'Green spaces of European cities revisited for 1990-2006',

Landscape and Urban Planning, 110: 113–122.

- Kowarik, I. (2011) ‘Novel urban ecosystems , biodiversity , and conservation’, *Environmental Pollution*, 159: 1974–1983.
- Li, H., Chen, W. & He, W. (2015) ‘Planning of green space ecological network in urban areas : an example of nanchang , China’, *Int J Environ Res Public Health*, 12:12889-12904.
- Mckinney, M. L. (2015) ‘Urbanization, biodiversity, and conservation’, *BioScience*, 52: 883-890.
- Millenium Ecosystem Assessment (2010) ‘Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis’, World Resources Institute, Washington, DC., doi: 10.1057/9780230625600.
- Müller, N., Ignatieva, M., Nilon, C.H., Werner, P., & Zipperer, W.C. (2013) Patterns and trends in urban biodiversity and landscape design. In: *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment*. Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I., Parnell, S., Schewenius, M., Sendstad, M., Seto, K.C. & Wilkinson, C. Chap. 10. Springer Open. doi: 10.1007/978-94-007-7088-1_33.
- Nor, A.N.M., Corstanje, R., Harris, J.A., Grafius, D.R. & Siriwardena, G.M. (2017) ‘Ecological connectivity networks in rapidly expanding cities’, *Heliyon*, 3, e00325.
- Mooney, P. (2014) ‘A systematic approach to incorporating multiple ecosystem services in landscape planning and design’, *Landscape Journal*, 33: 141–171.
- Moser, B., Jaeger, J.A.G., Tasser, E. & Eiselt, B. (2007) ‘Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem’, *Landscape Ecology*, 22: 447–459.
- Quintas, A. V (2014) ‘Génes e evolução dos modelos de estrutura verde urbana na estratégia de desenvolvimento das cidades’, 153–167.
- Reyers, B. (coordinating lead author). (2012) Measuring biophysical quantities and the use of indicators’, in ‘*The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, Kumar, P. (editor). Routledge. doi: 10.4324/9781849775489.
- Rocha, M. E. R. R. (2011) ‘Rede de corredores verdes urbanos: uma proposta para a cidade de Braga’. Dissertação de Mestrado Engenharia Urbana. Escola de Engenharia. Universidade do Minho. Minho.

- Sá, J. F. F. (2013) 'Espaços verdes em meio urbano: uma abordagem metodológica com base em serviços de ecossistema'. Dissertação de Mestrado em Urbanismo e Ordenamento do Território. Instituto Superior Técnico. Lisboa.
- Sandström, U. G., Angelstam, P. & Khakee, A. (2006) 'Urban comprehensive planning - Identifying barriers for the maintenance of functional habitat networks', *Landscape and Urban Planning*, 75: 43–57.
- Savard, J.-P. L., Clergeau, P. & Mennechez, G. (2000) 'Biodiversity concepts and urban ecosystems', *Landscape and Urban Planning*, 48: 131–142.
- Teng, M., Wu, C., Zhou, Z., Lord, E. & Zheng, Z. (2011) 'Multipurpose greenway planning for changing cities: A framework integrating priorities and a least-cost path model', *Landscape and Urban Planning*, 103: 1–14.
- United Nations (2014) *World Urbanization Prospects, Undesa*. doi: 10.4054/DemRes.2005.12.9.
- Vergnes, A., Viol, I. L. & Clergeau, P. (2012) 'Green corridors in urban landscapes affect the arthropod communities of domestic gardens', *Biological Conservation*, 145: 171–178.
- Whittaker, A. R. H. (2015) 'Evolution and measurement of species diversity'. International association for plant taxonomy (IAPT), 213–251.

8.2. Diplomas legais

Decreto n.º 21/93 de 21 de junho. Diário da República, 1ª série-A. N.º143 – 21 de Junho de 1993. Ministério dos Negócios Estrangeiros.

8.3. Páginas da Internet

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, s.d. *Convenção sobre a Diversidade Biológica*. [Online] Disponível em: http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/ei/cbd/CBD#_CDB1 [Acedido em 10 de Abril, 2018].



Convention on Biological Diversity, s.d.. Convention on Biological Diversity. [Online] Disponível em: <https://www.cbd.int/history/> [Acedido em 1 de Abril, 2018]

Câmara Municipal de Lisboa, s.d.^a Biodiversidade. [Online] Disponível em: <http://www.cm-lisboa.pt/viver/ambiente/biodiversidade> [Acedido em 3 de Maio, 2018]

Câmara Municipal de Lisboa, s.d.^b Flora da Cidade. [Online] Disponível em: <http://www.cm-lisboa.pt/viver/ambiente/biodiversidade/flora-da-cidade> [Acedido em 10 de Março, 2018]

Câmara Municipal de Lisboa, s.d.^c Fauna da Cidade. [Online] Disponível em: <http://www.cm-lisboa.pt/viver/ambiente/biodiversidade/fauna-da-cidade> [Acedido em 10 de Março, 2018]

Câmara Municipal de Setúbal, s.d. Espaços Verdes Urbanos. [Online] Disponível em: http://www.malmada.pt/portal/page/portal/AMBIENTE/MUNICIPIO_VERDE/?amb=0&actualmenu=4823981&ambiente_mun_verde=13592823&cboui=13592823 [Acedido em 20 de Março, 2018]

Anexo A: Passos para calcular o m_{eff} no ArcGIS. Fonte: Deslauriers et al, 2017

Steps	Purpose	Function
1	Choose a suitable buffer width based on the threshold distance between connected patches (e.g., 50 m buffer for natural areas)	Geoprocessing; Buffer <ul style="list-style-type: none"> ▪ Input: natural areas
2	Dissolve buffers	Geoprocessing; Dissolve <ul style="list-style-type: none"> ▪ Input: step 1
3	Choose suitable buffer distances for each fragmenting geometry (e.g., 7.5 m for major roads; others may include railroads or modified waterways)	Geoprocessing; Buffer <ul style="list-style-type: none"> ▪ Input: major roads and highways
4	Create a single fragmenting geometry that separates natural areas	Geoprocessing; Merge <ul style="list-style-type: none"> ▪ Input: step 3
5	Dissolve the previously merged fragmenting geometry	Geoprocessing; Dissolve <ul style="list-style-type: none"> • Input: step 4
6	Erase fragmenting geometries from natural areas	Toolbox; Data Analysis; Overlays; Erase <ul style="list-style-type: none"> ▪ Input: step 2 ▪ Erase feature: step 5
7	Identify patches that have remained connected	Toolbox; Data Management Tools; Features; Multipart to Singlepart <ul style="list-style-type: none"> ▪ Input: step 6
8	Create a new ID for patches that have remained connected	In the layer created in step 7: Open Attribute Table; Options; Add Field; name 'field_id'; right click on field_id heading; Field Calculator; enter [FID]+1
9	Intersect initial layer of natural areas with connected patches	Geoprocessing; Intersect <ul style="list-style-type: none"> ▪ Natural areas (unbuffered) and step 8
10	Export attribute table from newly created layer into MS Excel	