

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



**DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DE ABELHAS (HYMENOPTERA:
APOIDEA) NUM ESPAÇO VERDE URBANIZADO EM LISBOA: A TAPADA
DA AJUDA**

Mafalda Nunes de Carvalho Carvajal Rocha

Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental

Dissertação orientada por:

Prof. Doutora Elisabete Figueiredo (Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas, Secção de Proteção de Plantas – Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa)

Prof. Doutora Maria Teresa Rebelo (Departamento de Biologia Animal – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)

Versão Definitiva

2017

“If we and the rest of the back-boned animals were to disappear overnight, the rest of the world would get on pretty well. But if [the invertebrates] were to disappear, the land's ecosystems would collapse. (...) These small creatures are within a few inches of our feet, wherever we go on land – but often, they're disregarded. We would do very well to remember them.”

David Attenborough

Agradecimentos

- às Professoras Doutoradas Elisabete Figueiredo e Teresa Rebelo, por toda a orientação, ajuda e disponibilidade durante este último ano;
- ao laboratório do ISA pela disponibilidade do material na captura e identificação de abelhas, e à Mestre Vera Zina que me ajudou sempre que precisei;
- à Doutora Elsa Silva, que além de se mostrar sempre disponível, reveu alguns dos termos técnicos e conceitos utilizados no presente trabalho;
- à Engenheira Teresa Vasconcelos, pela disponibilidade e ajuda na identificação de espécies vegetais presentes na Tapada da Ajuda, e Engenheira Anabela Matos, que sempre se disponibilizou para qualquer questão relacionada com as intervenções efetuadas na Tapada da Ajuda;
- ao professor Doutor Francisco Abreu, por ter providenciado os dados meteorológicos da Tapada da Ajuda;
- à professora Doutora Filomena Magalhães, pelas palavras encorajadoras e pelo esclarecimento de questões relacionadas com a estatística, durante este último ano;
- às Mestres Andreia Penado e Catarina Reis, que me auxiliaram na identificação algumas espécies abelhas e esclareceram diversas questões relacionadas com abelhas;
- ao David Baldock por ter identificado grande parte das espécies de abelhas capturadas durante o presente estudo, e aos especialistas restantes; Thomas Wood, que ainda me auxiliou na identificação das características ecológicas das espécies, Erwin Scheuchl, Michael Kuhlmann, Jan Smit, Stephan Risch, Gerard Le Goffe e Alain Pauly;
- aos meus amigos e colegas de mestrado, por toda a amizade, apoio e solidariedade no decorrer do último ano de dissertação;
- ao Afonso, Frederico e Nuno que, mesmo sem grande experiência, me ajudaram a capturar algumas abelhas; e uma vez mais ao Afonso que também foi responsável por algumas das fotos dos locais de amostragem;
- à minha mãe e à minha irmã, pelo ambiente familiar estável e pelo apoio emocional incondicional;
- ao meu pai, que apesar de não ter presenciado esta etapa da minha vida académica, sempre partilhou a minha paixão pelos animais e pelo meio ambiente;
- aos meus amigos de quatro patas: Margot, Miu, Peaches, Kika, Indie e Hope, que mesmo sem o querer, tornaram cada dia sempre mais positivo e alegre;
- e por fim, um agradecimento especial às abelhas sacrificadas neste estudo, que tal como tantos outros seres vivos, foram sacrificadas em nome da Ciência, e sem o seu contributo nunca poderíamos saber tanto sobre o mundo que nos rodeia.

Resumo

A polinização por parte de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) é um serviço de ecossistema de extrema importância para o mundo vivo. Contudo, múltiplas fontes antropogénicas aliadas ao forte desconhecimento sobre a diversidade e hábitos de abelhas silvestres, têm ameaçado estes polinizadores nas últimas décadas. Pretendeu-se com este trabalho aprofundar o conhecimento relativo à diversidade de abelhas silvestres em Portugal, identificando as respetivas características ecológicas num espaço verde urbanizado (Tapada da Ajuda), localizado em Lisboa, amostrando cinco locais distintos: talhão de Herbáceas do Almotivo, Hortas da Terra Grande, Jardim do Pavilhão de Exposições, Pomar de citrinos e Reserva Botânica. Adicionalmente, pretendeu-se perceber de que forma as intervenções efetuadas nestes locais puderam condicionar a diversidade de abelhas de um ponto de vista sazonal, sugerindo no fim, medidas de gestão que visem o melhoramento dos serviços dos ecossistemas prestados pelos polinizadores neste espaço verde. Foram capturados 867 exemplares, englobando cinco famílias, 21 géneros e 66 espécies, das quais oito são consideradas raras em Portugal. As espécies mais frequentes foram *Apis mellifera* L., *Xylocopa violacea* (L.) e *Bombus terrestris* L. A maioria das espécies capturadas nidificavam em cavidades, eram solitárias e generalistas florais. A Reserva Botânica, apresentou o maior número de espécies de abelha identificadas (44), enquanto que o Pomar de citrinos teve a menor diversidade (apenas cinco espécies). A riqueza florística foi o fator que mais aparentou influenciar o número de espécies de abelhas nestes locais. Em termos gerais, a intervenção humana foi benéfica para a diversidade de abelhas nas Hortas da Terra Grande, enquanto que no Jardim do Pavilhão de Exposições e no Pomar de citrinos, foi prejudicial. Foi sugerida a realização de novos estudos, o aumento da diversidade florística e espécies vegetais nativas, a criação de locais de nidificação para abelhas e a sensibilização do público em geral. Os dados obtidos demonstraram que a Tapada da Ajuda pode albergar uma grande diversidade de abelhas silvestres mesmo estando localizada no maior centro urbano do país.

Palavras-chave: abelhas, Apoidea, diversidade, características ecológicas, urbanização.

Abstract

Bee (Hymenoptera: Apoidea) pollination is an ecosystem service of the utmost importance to the living world. However, multiple anthropogenic sources allied to the strong unawareness of the diversity and habits of wild bees, have been threatening these pollinators in the last decades. The main goal of this work was to deepen the knowledge regarding wild bee diversity in Portugal, identifying their ecological characteristics in an urbanized green space (Tapada da Ajuda), located in Lisbon, by sampling five distinct sites: Almotivo's Herbaceous plants, Terra Grande's Community Garden, Pavilhão de Exposições' public Garden, Citrus orchard and the Botanical Reserve. In addition, it was intended to understand how interventions at these sites can condition bee diversity from a seasonal point of view, suggesting in the end, management measures aimed at improving ecosystem services provided by pollinators in this green space. In all, 867 specimens were collected, comprising five families, 21 genera and 66 species, of which eight are considered rare in Portugal. The most frequent species were *Apis mellifera* L., *Xylocopa violacea* (L.) and *Bombus terrestris* L. Most of the captured species were cavity nesters, solitary and floral generalists. The Botanical Reserve presented the largest number of bee species identified (44 species), while the citrus orchard had the lowest diversity, registering only 5 species. Floral richness was the factor that most likely influenced the number of bee species collected at these sites. In general, human intervention was beneficial to the diversity of bees in Terra Grande's community garden, while in the public garden around Pavilhão de Exposições and in the citrus orchard it had a negative impact. It was suggested to carry out new studies, to increase floral diversity and native plant species, to create nesting structures and to raise awareness among the public in general. The data obtained showed that Tapada da Ajuda can host a great diversity of wild bees, even though it's located in the largest urban center of the country.

Key-words: bees, Apoidea, diversity, ecological characteristics, urbanization.

Índice

Agradecimentos.....	III
Resumo.....	IV
Abstract.....	V
Lista de tabelas.....	VII
Lista de figuras.....	VIII
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento teórico.....	1
1.2. Estado da arte.....	3
1.2.1. Diversidade de abelhas em Portugal.....	3
1.2.2. Diversidade e abundância de abelhas em centros urbanos.....	4
1.2.3. Tendências na composição das comunidades de abelhas em habitats urbanos.....	4
1.2.4. Gestão de espaços urbanizados em benefício de abelhas.....	8
1.3. Objetivos.....	10
2. Material e métodos.....	11
2.1. Área de estudo.....	11
2.1.1. Caracterização dos locais experimentais.....	15
2.2. Técnica de amostragem.....	16
2.3. Período de amostragem.....	17
2.4. Identificação taxonómica dos exemplares e respetivas características ecológicas.....	18
2.5. Análise estatística e tratamento de dados.....	19
3. Resultados.....	21
3.1. Famílias, géneros e espécies de abelhas identificadas.....	21
3.2. Distribuição das espécies e géneros de abelhas.....	29
3.3. Características ecológicas das espécies e exemplares capturados.....	32
3.4. Índices de diversidade.....	37
3.5. Estimativas da riqueza específica.....	38
3.6. Interações abelha-planta.....	41
3.7. Sazonalidade.....	43
4. Discussão.....	45
4.1. Diversidade e abundância de abelhas.....	45
4.2. Características ecológicas das espécies capturadas.....	47
4.3. Gestão dos locais de amostragem.....	48
4.4. Medidas a implementar para aumentar abundância e diversidade de abelhas.....	50
5. Conclusão.....	52
6. Referências bibliográficas.....	53
7. ANEXOS.....	61

Lista de tabelas

Tabela 1 - Percentagens de espécies e exemplares de abelhas encontrados em função dos diferentes grupos taxonómicos e ecológicos: (a) Jardins comunitários (hortas comunitárias) na cidade de Nova Iorque; (b) Diferentes jardins e outras áreas verdes na cidade de Poznan, Polónia; (c) Espaços verdes na cidade de Lyon, França. Legenda: % IND = % de indivíduos capturados, % ESP = % de espécies capturadas (tabela adaptada de Matteson <i>et al.</i> 2008).....	7
Tabela 2 – Caracterização das parcelas de amostragem da Tapada da Ajuda. A riqueza florística e percentagem de espécies nativas referem-se à vegetação em floração observada durante os períodos de amostragem preliminar e principal. Dados relativos a área e classe de ocupação do solo obtidas através de Coutinho 2014.	15
Tabela 3 - Sumarização da intervenção humana nos locais de amostragem da Tapada da Ajuda	16
Tabela 4 - Quadro dos períodos de amostragem para o presente estudo (2015 - 2016).....	18
Tabela 5 – Espécies de abelhas e respetivos número de indivíduos capturados no período de amostragem preliminar entre setembro e novembro.....	21
Tabela 6 – Famílias e géneros de abelhas amostradas no período principal de amostragem (março 2016 – julho 2016), e respetivos números de indivíduos, nos cinco locais onde foram capturadas na Tapada da Ajuda	22
Tabela 7 - Espécies de abelhas amostradas no período principal de amostragem (março 2016 – julho 2016), e respetivos números de indivíduos, em função dos cinco locais onde foram capturadas na Tapada da Ajuda, e número de dias em que foram coletadas	23
Tabela 7 (continuação) - Espécies de abelhas amostradas no período principal de amostragem (março 2016 – julho 2016), e respetivos números de indivíduos, nos cinco locais estudados na Tapada da Ajuda, e número de datas de amostragem em que foram coletadas.....	23
Tabela 7 (continuação) - Espécies de abelhas amostradas no período principal de amostragem (março 2016 – julho 2016), e respetivos números de indivíduos, nos cinco locais estudados na Tapada da Ajuda, e número de datas de amostragem em que foram coletadas.....	235
Tabela 8 – Exemplares de abelhas capturados durante o período de amostragem principal (março 2016 – julho 2016) nos cinco locais da Tapada da Ajuda, para as quais não foi possível a identificação específica nem separação em morfoespécies	25
Tabela 9 – Características ecológicas das espécies de abelhas capturadas na Tapada da Ajuda durante o período de amostragem principal (março-julho)	33
Tabela 10 – Estimativa da riqueza específica de abelhas nos cinco locais amostrados da Tapada da Ajuda, consoante os três estimadores utilizados. Cálculo de <i>Percentage of true richness</i> , $PTR = (S_{est} / S_{obs}) * 100$ para cada um dos estimadores de riqueza	39
Tabela 11 - Registo de interações abelha-flor observadas durante o período principal de amostragem: [Classe 1] : ≤ 10 observações ; [Classe 2] : 11-20 observações ; [Classe 3] : 21-30 observações ; [Classe 4] : ≥ 31 observações. Legenda dos locais de amostragem: herbáceas (He), horta (Ho), jardim (Ja), pomar de citrinos (Po) e reserva (Re).....	41
Tabela 12 - Registo de interações abelha-flor observadas durante o período de amostragem preliminar: [Classe 1] : ≤ 10 observações ; [Classe 2] : 11-20 observações ; [Classe 3] : 21-30 observações ; [Classe 4] : ≥ 31 observações	42
Tabela 13 – Sazonalidade dos géneros e espécies capturados nos locais amostrados da Tapada da Ajuda nos períodos de amostragem preliminar e principal (não se realizaram observações entre dezembro e fevereiro)	43

Lista de figuras

Fig. 1 – Distribuição geográfica da riqueza específica de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) estimada na Europa, baseada nas 1965 espécies identificadas (adaptado de Nieto <i>et al.</i> 2014)	1
Fig. 2 – (A) Mapa da Tapada da Ajuda com a localização das cinco parcelas de amostragem localizadas na Tapada da Ajuda, Lisboa: (1) Pomar de citrinos, (2) Hortas (Terra Grande), (3) Jardins do Pavilhão de Exposições, (4) Herbáceas da Terra do Almotivo, (5) Reserva Botânica D. António Xavier Pereira Coutinho, (A) Posto Apícola (Mapa adaptado do ISA, 2015) (B) Vista satélite da Tapada da Ajuda, delimitada a azul (Google Maps, 2016)	11
Fig. 3 - Hortas comunitárias, que albergam cerca de 50 talhões, com talhões ativos (A) e, por isso, sujeitos a diversas técnicas antropogénicas, e talhões abandonados (B), onde a vegetação espontânea principalmente cresce naturalmente. (Fotos de Afonso Ferreira).....	12
Fig. 4 - Talhão de Herbáceas do Almotivo na Tapada da Ajuda, com extensão de vegetação espontânea que se estende por várias dezenas de metros (Foto de Afonso Ferreira).....	13
Fig. 5 – Jardim do Pavilhão de Exposições na Tapada da Ajuda (Foto da autora).	13
Fig. 6 - Reserva Botânica D. António Xavier Pereira Coutinho localizada na Tapada da Ajuda, com ampla gama de espécies vegetais rasteiras e arbustivas (Foto da autora)	14
Fig. 7 - Pomar de citrinos da Tapada da Ajuda, composto por laranjeiras, tangerineiras e limoeiros, com entrelinha de vegetação espontânea, nas proximidades da área urbanizada exterior à Tapada da Ajuda (Foto da autora)	14
Fig. 8 – Exemplos de cada género de abelha identificado: (A) <i>Andrena similis</i> (fêmea); (B) <i>Anthidium manicatum</i> (fêmea); (C) <i>Heriades crenulatus</i> (macho); (D) <i>Anthophora plumipes</i> (fêmea) (E) <i>Apis mellifera</i> (obreira - fêmea); (F) <i>Melecta albifrons</i> (macho); (G) <i>Bombus terrestris</i> (obreira - fêmea); (H) <i>Eucera codinai</i> (macho); (I) <i>Halictus scabiosae</i> (fêmea) (Fotos da autora).	26
Fig. 8 (continuação) – Exemplos de cada género de abelha identificado: (A) <i>Andrena similis</i> (fêmea); (B) <i>Anthidium manicatum</i> (fêmea); (C) <i>Heriades crenulatus</i> (macho); (D) <i>Anthophora plumipes</i> (fêmea) (E) <i>Apis mellifera</i> (obreira - fêmea); (F) <i>Melecta albifrons</i> (macho); (G) <i>Bombus terrestris</i> (obreira - fêmea); (H) <i>Eucera codinai</i> (macho); (I) <i>Halictus scabiosae</i> (fêmea) (Fotos da autora).	267
Fig. 8 (continuação) Exemplos de cada género de abelha identificado: (S) <i>Megachile centuncularis</i> (fêmea); (T) <i>Rhodanthidium sticticum</i> (macho); (U) <i>Amegilla albigena</i> (macho); (V) <i>Colletes succinctus</i> (macho) (Fotos da autora).	268
Fig. 9 - Número de géneros e espécies de abelhas identificadas por família na Tapada da Ajuda.	29
Fig. 10 - Número de espécies (S = 66) de abelhas identificadas por género na Tapada da Ajuda.....	30
Fig. 11 – Distribuição das frequências relativas (%) das 66 espécies capturadas por data de amostragem.	31
Fig. 12 – (A) <i>Osmia</i> sp, abelhas que nidificam maioritariamente em cavidades, emergindo de uma cavidade artificial situada numa vedação de madeira degradada (Herbáceas do Almotivo). (Foto da autora); (B) <i>Osmia bicornis</i> (fêmea), espécie generalista, visitando flor de <i>Hedysarum coronarium</i> . (Foto da autoria de Afonso Ferreira).	34
Fig. 13 – Proporção no que se refere às características ecológicas das abelhas identificadas, por percentagem de espécies e indivíduos capturados (S = 57, N _{com Apis} = 844, N _{sem Apis} = 452): (A) hábitos de nidificação - substrato de abelhas que nidificam em cavidades não foi discriminado; (B) especificidade de pólen - a categoria polilética (generalista) engloba abelhas solitárias e também abelhas sociais e parasitas que são generalistas obrigatórios (Giles & Ascher 2006); (C) sociabilidade das abelhas, que foram categorizadas como solitárias, sociais, cleptoparasíticas ou desconhecido, quando o atributo não era conhecido.	35

Fig. 14 – Proporção dos exemplares e espécies capturados nas cinco parcelas de amostragem da Tapada da Ajuda: Herbáceas do Almotivo, Hortas da Terra Grande, Jardim do Pavilhão de Exposições, Pomar de citrinos e Reserva Botânica no que se refere às suas características ecológicas: (A) proporção do nº de exemplares capturados nas cinco parcelas de amostragem em função dos seus hábitos de nidificação; (B) proporção do nº de espécies capturadas em função dos seus hábitos de nidificação; (C) proporção do nº de exemplares capturados em função da especificidade de pólen; (D) proporção do nº de espécies capturadas em função da especificidade de pólen.....	36
Fig. 14 (continuação) – Proporção dos exemplares e espécies capturados nas cinco parcelas de amostragem da Tapada da Ajuda: Herbáceas do Almotivo, Horta (Terra Grande), Jardim do Pavilhão de Exposições, Pomar de citrinos e Reserva Botânica: no que se refere às suas características ecológicas (cont.): (E) proporção do nº de exemplares capturados em função da sua sociabilidade; (F) proporção do nº de espécies capturadas nas em função da sua sociabilidade.	37
Fig. 15 – Valores médios dos índices de diversidade, Shannon, Simpson e equitabilidade ($S = 66$) por local de amostragem na Tapada da Ajuda.....	38
Fig. 16 – Curva de acumulação de espécies reflectindo a riqueza específica de abelhas em função de dados presença-ausência de espécie. As circunferências verdes representam os valores observados, e a curva azul a linha de tendência logaritmica.	39
Fig. 17 - Curva de acumulação de espécies, reflectindo a riqueza específica de abelhas em função de dados presença-ausência de espécie, de acordo com os estimadores utilizados: Chao 1, Chao 2, Jackknife 1.....	40
Fig. 18 - Número de espécies de abelhas capturadas em cada um dos locais amostrados na Tapada da Ajuda: Herbáceas do Almotivo (quadrado verde), Hortas da Terra Grande (azul escuro), Jardim do Pavilhão de Exposições (triângulo azul claro), Pomar de citrinos (círculo amarelo), Reserva Botânica (círculo roxo) ao longo do período de amostragem principal (março-julho)..	44
Fig. 19 – Abundância de abelhas capturadas em cada um dos locais amostrados na Tapada da Ajuda: Herbáceas do Almotivo (quadrado verde), Hortas da Terra Grande (azul escuro), Jardim do Pavilhão de Exposições (triângulo azul claro), Pomar de citrinos (círculo amarelo), Reserva Botânica (círculo roxo) ao longo do período de amostragem principal (março-julho)..	44

1. Introdução

1.1. Enquadramento teórico

A polinização biótica é um dos serviços de ecossistema mais importantes existentes no mundo vivo. Ao nível dos habitats dominados pelo Homem, é de extrema importância, já que 35% da produção mundial de plantas de cultivo, depende da polinização animal (Klein *et al.* 2007, Potts *et al.* 2006, Winfree *et al.* 2011). O sucesso da polinização e da produção de sementes e frutos não é geralmente dependente de uma única espécie polinizadora altamente especializada, mas sim, de uma comunidade diversificada de polinizadores (Brittain *et al.* 2013, Fontaine *et al.* 2006, Gómez *et al.* 2007, Hajjar *et al.* 2008, Klein *et al.* 2003, Steffan-Dewenter & Westphal 2008). As abelhas (Hymenoptera: Apoidea) são os polinizadores primários da maioria dos produtos agrícolas que requerem polinização biótica (Klein *et al.* 2007) e são reconhecidamente o táxon mais importante (Breeze *et al.* 2011, Michener 2007, Potts *et al.* 2006). Estima-se que cerca de 80% dos serviços de polinização agrícolas globais sejam atribuídas à abelha-do-mel, *Apis mellifera* Linnaeus 1758 (Carreck & Williams 1998), ainda que estudos mais recentes sugiram que os serviços prestados pela polinização de abelhas silvestres representem uma percentagem ainda maior do que se pensava inicialmente (Breeze *et al.* 2011, Garibaldi *et al.* 2013, Michener 2007, Winfree *et al.* 2008).

Existem cerca de 20000 espécies de abelhas em todo o mundo (Ascher & Pickering 2014, Danforth *et al.* 2013, Michener *et al.* 2007). A Europa, apesar de representar apenas 7% dos habitats terrestres globais, alberga 10% dessa diversidade (1965 espécies em 2014), sendo que mais de 20% das espécies são endémicas, com o Mediterrâneo a apresentar a maior diversidade (Fig. 1) (Nieto *et al.* 2014).

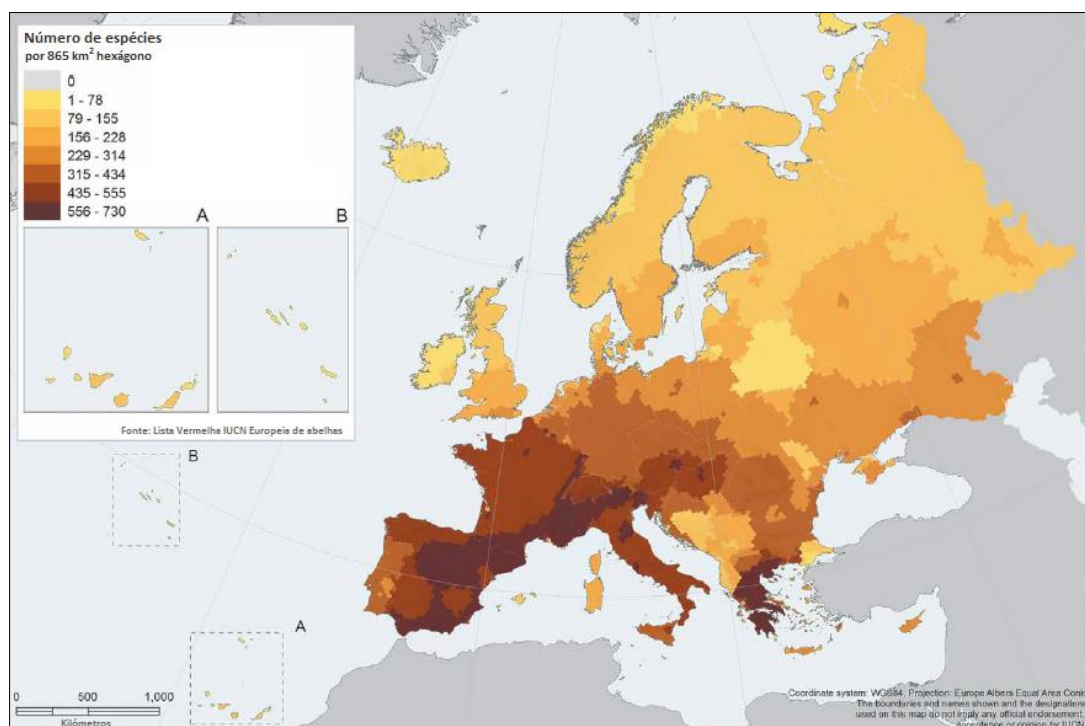


Fig. 1 – Distribuição geográfica da riqueza específica de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) estimada na Europa, baseada nas 1965 espécies identificadas (adaptado de Nieto *et al.* 2014).

A paisagem mediterrânica é um dos centros mundiais de especiação de abelhas e suporta algumas das mais diversas comunidades planta-polinizador, incluindo uma grande variedade de comunidades florais

de polinizadores e serviços de polinização (Michener 1979, Nielsen *et al.* 2011, Potts *et al.* 2006). Este padrão pode ser explicado pelo balanço energia/água mais favorável nas áreas do Mediterrâneo, que resultam numa elevada diversidade florística (Patiny *et al.* 2009) e pelo papel destas áreas como potencial refúgio durante as glaciações do Quaternário (revisto por Nieto *et al.* 2014).

As espécies de abelhas são de uma forma geral categorizadas em função das suas características ecológicas, tais como a preferência floral, sociabilidade e substrato do ninho (Banaszak-Cibicka & Żmihorski 2012, Fetridge *et al.* 2008, Matteson *et al.* 2008). O tipo de substrato em que nidificam pode ser muito variado: solo, cavidades (madeira, caules de plantas, muros, conchas de caracol, etc..) e colmeias. As espécies cleptoparasíticas, também designadas ‘*cuckoo bees*’, nidificam nos ninhos de outras abelhas já provisionados com pólen (Ascher & Pickering 2014). A especialização floral depende do espectro de flores de onde as fêmeas recolhem pólen para a sua descendência. Espécies como *A. mellifera* recolhem pólen de uma grande variedade de famílias e géneros de plantas e, são por isso, consideradas generalistas (ou poliléticas). Outras espécies são especialistas (ou oligoléticas), recolhendo pólen apenas de um único táxon de plantas (Michener 2007). Relativamente à sua sociabilidade, as abelhas são frequentemente definidas como sendo sociais, solitárias ou parasitas, mas alguns autores têm vindo a expandir o termo ‘social’, categorizando-o de acordo com as relações entre fêmeas e descendência, e proximidade dos ninhos (Michener 2007).

É globalmente reconhecido que as abelhas e os serviços prestados por estes insetos estão sob crescente pressão por múltiplas fontes antropogénicas (Arca *et al.* 2014, Ellis *et al.* 2010, Goulson *et al.* 2015, Kremen & Ricketts, 2000, Potts *et al.* 2006, Potts *et al.* 2010). A nível europeu, Nieto *et al.* (2014) destacam a expansão e intensificação agrícola, alterações climáticas, criação de gado, produtos fitofarmacêuticos, desenvolvimento comercial e residencial, como principais ameaças para as abelhas silvestres. Já no Mediterrâneo, a desmatção excessiva, sobrepastoreio e deterioração do solo, resultantes das más práticas de gestão florestal, o turismo costeiro e os fogos florestais, representam uma ameaça considerável à entomofauna nativa (Quartau & Mathias 2010, Nieto *et al.* 2014). Inclusivamente, o efeito combinado de alguns destes fatores pode ser ainda mais prejudicial que a soma destes fatores negativos isolados (Gill *et al.* 2012, Sih *et al.* 2004). A competição por alimento com a abelha-do-mel *A. mellifera* (invasora ou não) pode também ameaçar muitas comunidades de espécies silvestres (Herbertsson *et al.* 2016, Thomson 2004, Walther-Hellwig *et al.* 2006).

Grande parte da informação existente relativa ao declínio das abelhas é proveniente das perdas de colónias de abelha-do-mel (Engelsdorp *et al.* 2008, Potts *et al.* 2010). No que se refere a abelhas silvestres, a maior parte dos dados disponíveis são relativos a abelhões (*Bombus* spp.) (Goulson *et al.* 2008, Gixti *et al.* 2009, Inoue *et al.* 2008, Matsumura *et al.* 2004, Schmid-Hempel *et al.* 2013, Westphal *et al.* 2003, Williams *et al.* 2010), indicando que as suas populações têm diminuído por toda a Europa do Norte e Central (Goulson *et al.* 2008, Kosior *et al.* 2007). De acordo com a Lista Vermelha Europeia de Abelhas ou ‘*European Red List of Bees*’ das quase 2000 espécies de abelhas identificadas na Europa, 9% estão ameaçadas de extinção. Contudo, para 57% não se possui dados suficientes para avaliar o risco de extinção (*Data Deficient*) (Nieto *et al.* 2014). O mesmo estudo sublinhou que os países mediterrânicos têm sofrido grandes transformações no uso dos terrenos nas últimas décadas e apresentam, além disso, um elevado número de espécies com estatuto de *Data Deficient*.

As urbanizações são sucessões de habitats regularmente modificados e perturbados nas quais as comunidades precisam de se adaptar às alterações impostas pela atividade humana (Sattler *et al.* 2010). Estes ambientes representam para as abelhas uma mudança na disponibilidade de locais de nidificação, assim como na qualidade e acessibilidade a plantas alimentícias, expondo muitas vezes os indivíduos a pressões antropogénicas, tais como tráfego pedestre e poluentes (Ahrné *et al.* 2009, Frankie *et al.* 2005,

McKinney 2008, Ricketts *et al.* 2008). Os espaços verdes que ainda subsistem nas cidades (Smith *et al.* 2006) estão muitas vezes fisicamente distantes uns dos outros e isolados por uma rede hostil composta por edifícios e ruas (Gibb & Hochuli 2002). Ainda assim, nos últimos anos tem-se vindo a comprovar que muitos fatores bióticos e abióticos presentes nas cidades e restantes habitats urbanizados podem ter um impacto positivo na diversidade e abundância de abelhas (Ahrné *et al.* 2009, Banaszak-Cibicka 2013, Frankie *et al.* 2005, Potts *et al.* 2005, Smith *et al.* 2006).

O efeito de níveis moderados de urbanização (e.g. áreas suburbanas) pode, contrariamente ao esperado, criar um impacto positivo na riqueza específica de abelhas (Frankie *et al.* 2005, Winfree *et al.* 2007). Jardins urbanos e jardins comunitários (ou hortas comunitárias) podem potenciar a abundância de muitas espécies de abelhas (Ahrné *et al.* 2009, Cane *et al.* 2006, Fetridge *et al.* 2008, Frankie *et al.* 2005, Goddard *et al.* 2010, Matteson *et al.* 2008, Samnegård *et al.* 2011). Estes locais fornecem frequentemente uma produção contínua de néctar e pólen, de que as abelhas se alimentam, que não se encontram em mais nenhum outro local (Fussell & Corbet 1992, Osborne *et al.* 2008), e habitats adequados para nidificação, ideais para abelhas que nidificam em cavidades e colmeias (Fetridge *et al.* 2008, Matteson *et al.* 2008).

1.2. Estado da arte

1.2.1. Diversidade de abelhas em Portugal

Em Portugal verifica-se uma carência de estudos relacionados com abelhas silvestres, sendo que no âmbito do presente estudo - abundância e diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em centros urbanos - não existem trabalhos portugueses publicados. A última publicação relativa à diversidade de abelhas presentes em todo território português data de 1960 e contava com apenas 143 espécies (Diniz 1960).

Existe atualmente uma lista provisória (Baldock *et al.* por publicar) de todas as espécies identificadas no continente português até ao presente que já registou 663 espécies de abelhas. Nos últimos 15 anos tem havido um aumento considerável na recolha de abelhas para registo em Portugal, com especial incidência no Algarve, que já acrescentou cerca de 350 espécies à atual lista, mas onde o norte ainda se encontra subestimado. Por outro lado, Nieto *et al.* (2014) tinham estimado para Portugal, entre 315 e 434 espécies de abelhas (Fig. 1), das quais 11-25 espécies seriam endémicas, 1-3 ameaçadas e para 92-137 não se conhece o estado de conservação (*Data Deficient*).

Dos trabalhos mais recentes em Portugal, destaca-se Reis *et al.* (2013) que estudaram a diversidade de insectos polinizadores em pomares de pereira e paisagem circundante na região Oeste (2012-2013), tendo registado cerca de 70 espécies de abelhas de 16 géneros diferentes, ainda que apenas 14 espécies tivessem sido observadas a visitar flores de pereira. As espécies *A. mellifera* e *Bombus terrestris* Linnaeus, 1758 representaram 64% do número de visitas a flores desta pomóidea. Também Pinto (2015) estudou a biodiversidade de abelhas que nidificam no solo, nos arredores de pomares de pereira, e totalizou 10 espécies de abelhas de 8 géneros diferentes. Andreia Valente (com. pes., 2016) que estuda presentemente a biodiversidade de abelhas nativas num sistema agrosilvopastoril, em Évora, já identificou 41 espécies, de 12 géneros diferentes resultantes de 179 espécimes capturados, incluindo uma espécie rara e dois primeiros registos em Portugal confirmados. No norte do país foi recentemente conduzido um estudo de dois anos (2014-2015) que visa a comparação da abundância e diversidade de abelhas em locais com diferentes estágios de abandono de terras previamente exploradas por agricultores. Resultados preliminares apontam para mais de 162 espécies de abelhas identificadas, com

diversos primeiros registos confirmados em Portugal, resultantes de 2715 exemplares capturados (Andreia Penado, com. pes., 2016).

1.2.2. Diversidade e abundância de abelhas em centros urbanos

Diversos estudos nos últimos anos demonstraram que mesmo um habitat urbanizado, como são as cidades que possuem uma elevada densidade populacional, podem suportar uma grande variedade e abundância de abelhas silvestres. Destaca-se um estudo realizado em Berlim, Alemanha, onde foram identificadas 262 espécies de abelhas, dentro dos limites da cidade, durante 5 anos utilizando apenas a rede entomológica (revisto por Fortel *et al.* 2014), quase metade de todas as espécies conhecidas na Alemanha (Leonhardt *et al.* 2013). Andersson (2007) comparou a diversidade e abundância de abelhões (*Bombus* spp.) em hortas comunitárias, parques urbanos e cemitérios de Estocolmo, a cidade mais densamente populosa da Suécia, amostrando um total de 755 exemplares de 14 espécies diferentes, com as hortas urbanas a representarem mais do dobro da abundância total de abelhões e a registarem 4 espécies apenas aí presentes. Fortel *et al.* (2014) identificaram 291 espécies e capturaram 12872 exemplares em diversos espaços verdes na cidade de Lyon, França, cerca de 30% das espécies conhecidas no país. Tommasi *et al.* (2004) utilizaram exclusivamente a rede entomológica para amostrar a biodiversidade de abelhas em diversos espaços verdes de Vancouver, Canadá, tais como hortas comunitárias, jardins botânicos, áreas urbanas silvestres, canteiros e quintais. Este estudo teve a duração de apenas um ano e identificou 52 espécies, cerca de 7% das espécies de abelhas conhecidas no Canadá (mais de 800) (McIntyre *et al.* 2008).

No que se refere a jardins, Fetridge *et al.* (2008), durante o estudo de dois anos em jardins residenciais, a norte da cidade de Nova Iorque, capturaram 1651 espécimes pertencentes a 110 espécies. Em Berkley, Califórnia, 74 espécies de abelhas nativas foram recolhidas de jardins (revisto por McFrederick & LeBuhn 2006), que, à semelhança de Portugal, tem um clima mediterrânico. Também num único jardim privado de Leicester, Reino Unido, foram documentadas 51 espécies de abelha em mais de 10 anos (revisto por Matteson *et al.* 2008). David Baldock (com. pes., 2016) identificou um total de 148 espécies num único jardim, ao longo de 18 anos, no Reino Unido. McFrederick & LeBuhn (2006) referem que num clima mediterrânico, os jardins podem providenciar recursos nos verões secos que de outra maneira seriam escassos e/ou dispersos em zonas mais naturalizadas.

Num estudo em pomares de macieiras realizado perto de Nova Iorque, que durou 6 anos, Russo *et al.* (2015) capturaram um total de 11219 exemplares pertencentes a 104 espécies de abelhas. Apesar da maior parte das espécies de abelhas capturadas pertencerem à família Halictidae (41 espécies), foi a família Andrenidae que registou o maior número de exemplares capturados (48% de todos indivíduos amostrados), e a espécie mais abundante nos pomares foi a abelha-do-mel, *A. mellifera*, representando 35% da amostra global. No que se refere a pomares de citrinos, a maior parte dos exemplares observados a visitar flores de laranjeira, tangerineira e limoeiro eram abelhas-do-mel, *A. mellifera*, embora outras espécies de abelhas sociais (não presentes na Europa) também tivessem sido frequentes (Malerbo-Souza *et al.* 2003, Nascimento *et al.* 2011).

1.2.3. Tendências na composição das comunidades de abelhas em habitats urbanos

Os estudos realizados nas últimas décadas têm demonstrado que a urbanização não afeta as comunidades de abelhas de igual forma. As respostas a estes ambientes dependem geralmente dos seus traços ecológicos, tais como dimensões corporais, características alimentares e de nidificação e são muitas vezes variáveis entre espécies, dentro dos grupos funcionais (Banaszak-Cibicka *et al.* 2012, Williams *et*

al. 2010). Potts *et al.* (2005) referem também que a qualidade de um habitat utilizado pelas comunidades de abelhas é determinada pelas suas exigências alimentícias e requisitos de nidificação das abelhas.

De acordo com alguns autores, as abelhas solitárias, por comparação com espécies sociais, são especialmente sensíveis à intensificação agrícola, redução do habitat e ao crescente isolamento, e dentro deste grupo de abelhas, as espécies especializadas (quer em termos de locais de nidificação, quer em termos de plantas alimentícias) e parasíticas são as mais vulneráveis (Feon *et al.* 2010, Steffan-Dewenter *et al.* 2006). As abelhas solitárias têm habitualmente exigências florais mais restritas do que as abelhas sociais (Michener 2007) e poderão, por essa razão, ter maior dificuldade em encontrar alimento em áreas cuja vegetação nativa foi removida e substituída por vegetação exótica ou estruturas antropogénicas resultantes da urbanização, tornando-se por isso mais vulneráveis que espécies generalistas (poliléticas) (Cane 2005, Cane *et al.* 2006, Frankie *et al.* 2005, Frankie *et al.* 2009). Já espécies cleptoparasíticas, porque dependem diretamente das suas espécies hospedeiras para se reproduzir, não podem colonizar um habitat em que estas não se encontrem presentes ou não se encontrem presentes em números estáveis (Cane 2005). Por terem um papel estabilizador nas comunidades de abelhas são o primeiro grupo a responder a perturbações de habitat e, por isso, podem ser consideradas um bom indicador do estado geral das comunidades de abelhas (Sheffield *et al.* 2013).

A dimensão das abelhas pode também ter um papel significativo, pois espécies sociais de tamanho considerável, como os abelhões, conseguem voar distâncias mais longas para encontrar alimento do que espécies mais pequenas (Gathmann & Tscharntke 2002, Greenleaf *et al.* 2007, Klein *et al.* 2008, Holzschuh *et al.* 2008). Abelhas de pequenas dimensões, do género *Lasioglossum*, por exemplo, não dispersam mais de 600 m para se alimentar (Jenkins & Carman 2016, Zurbuchen *et al.*, 2010). Consequentemente, os recursos florísticos e de nidificação das abelhas mais pequenas terão que estar em maior proximidade do que para outras espécies maiores (Feon *et al.* 2010).

Por outro lado, as tendências referidas anteriormente contrastam com os estudos de Winfree *et al.* (2009), Williams *et al.* (2010) e Ricketts *et al.* (2008) que verificaram que as espécies sociais foram mais afetadas por pesticidas e mobilização do solo em zonas agrícolas e fragmentação de habitat, do que espécies solitárias; e o tamanho corporal não teve grande influência nas respostas das abelhas à perturbação dos habitats.

De uma forma geral, abelhas que nidificam no solo são escassas em ambientes urbanos (Antonini & Martins 2003, Fetridge *et al.* 2008, revisto por Matteson *et al.* 2008), assim como espécies de abelhas pertencentes às famílias Andrenidae e Colletidae (Antonini & Martins 2003, Fetridge *et al.* 2008, Matteson *et al.* 2008), o que seria de esperar visto que espécies destas famílias nidificam habitualmente no solo (BWARS 2016). As frequentes alterações na composição e estrutura da vegetação e a superfície dos solos através da sua compactação, pavimentação e impermeabilização, fazem com que as abelhas que nidificam no solo deixem de ter locais disponíveis para se reproduzirem (revisto por Potts *et al.* 2005). A manta morta ('*mulch*'), que muitos jardineiros e agricultores utilizam em jardins para aumentar a humidade e fertilidade do solo e limitar o crescimento de ervas daninhas, também impede o acesso das abelhas ao solo nu (Quistberg *et al.* 2016). Por outro lado, verifica-se muitas vezes uma maior diversidade espécies de abelhas que nidificam em cavidades em áreas urbanas e fragmentadas, por comparação com áreas mais naturais (Cane 2005, Cane *et al.* 2006, Matteson *et al.* 2008, Zhanette *et al.* 2005). Estas áreas frequentemente intervencionadas podem fornecer diversos substratos adequados para a nidificação de abelhas, tais como cercas de madeira, troncos de madeira cortada, paredes de terra e pedra multi-niveladas e arbustos densos (Cane 2006).

Ao contrário do que foi observado noutros estudos, Banaszak-Cibicka *et al.* (2012) e Fortel *et al.* (2014), ambos em cidades europeias, observaram uma elevada abundância e diversidade de abelhas que nidificam no solo e uma baixa diversidade e abundância de abelhas que nidificam em cavidades. Espécies da família Andrenidae foram as mais diversas e abundantes, o que também contrasta com o que foi verificado por outros autores em habitats urbanizados. Banaszak-Cibicka *et al.* (2012) referem que espécies que iniciam a sua atividade mais tarde (no ano), espécies mais pequenas e espécies sociais, foram mais abundantes no centro da cidade do que espécies que iniciam a sua atividade mais cedo, espécies maiores e espécies solitárias.

A Tabela 1 sumariza três estudos recentes que abordaram a composição das comunidades de abelhas em diferentes centros urbanos, em termos de especificidade de flora, hábitos de nidificação e sociabilidade e, ainda, na proporção das famílias capturadas.

Tabela 1 - Percentagens de espécies e exemplares de abelhas encontrados em função dos diferentes grupos taxonômicos e ecológicos: **(a)** Jardins comunitários (hortas comunitárias) na cidade de Nova Iorque; **(b)** Diferentes jardins e outras áreas verdes na cidade de Poznan, Polónia; **(c)** Espaços verdes na cidade de Lyon, França. Legenda: % IND = % de indivíduos capturados, % ESP = % de espécies capturadas (tabela adaptada de Matteson *et al.* 2008)

GRUPO TAXONÓMICO E ECOLÓGICO	(a) Matteson <i>et al.</i> 2008 ¹		(b) Banaszak-Cibicka & Żmihorski 2012 ²		(c) Fortel <i>et al.</i> 2014 ³	
	% IND (N = 1145)	% ESP (N = 54)	% IND (N = 2495)	% ESP (N = 104)	% IND (N = 12872)	% ESP (N = 291)
FAMÍLIA						
Colletidae	26	11	5,4	10,6	4,7	10
Halictidae	26	32	18	22	50,9	26,5
Andrenidae	0,8	5,6	38,1	26	18,4	24
Megachilidae	17	22	6,3	19	7,1	18,4
Apidae	31	30	31	21,2	18,4	20,3
Militidae	0	0	1,5	1	0,6	1
ESPECIFICIDADE PÓLEN ^a						
Oligolética	3,5	11	11	14,4	-	-
Polilética	97	89	89	86	-	-
SOCIABILIDADE						
Solitária	50	56	56	65	33	52
Parasítica	2,6	5,6	0,92	12,5	2,9	17
Eusocial / Social	39	35	43	22,1	56	18
Subsocial	7,9	3,7	-	-	-	-
HÁBITOS DE NIDIFICAÇÃO ^b						
Cavidades	46	33	9,4	22,8	11,6	24,4
Colmeia ^c	19	11	27,6	11,9	-	-
Madeira	1,6	1,9	-	-	-	-
Medula dos caules	7,0	1,9	-	-	-	-
Solo	25	44	63	65,4	82,7	55
Madeira apodrecida	1,2	7,4	-	-	-	-

¹ período de amostragem = 4 anos ; ² período de amostragem = 3 anos ; ³ período de amostragem = 2 anos;

^a espécies parasitas foram contabilizadas como poliléticas;

^b espécies parasitas foram contabilizadas de acordo com o substrato do hospedeiro, excetuando estudo de Fortel *et al.* (2013); tracejado (-) significa que o atributo ecológico não foi considerado no estudo;

^c estudos de Matteson *et al.* (2008) e Banaszak-Cibicka & Żmihorski (2012) caracterizaram como hábito de nidificação de *Bombus* spp. colmeia (*hive*).

1.2.4. Gestão de espaços urbanizados em benefício de abelhas

Face a todos os estudos que têm vindo a ser realizados nas últimas décadas, tornou-se uma preocupação crescente a procura de medidas com o intuito de preservar as populações de abelhas e conseqüentemente, os seus serviços de ecossistema. Goulson *et al.* (2015) afirmam que estas medidas se prendem essencialmente com:

- aumento da abundância, diversidade e continuidade das comunidades florais;
- disponibilização de locais para nidificação;
- redução da exposição a pesticidas;
- prevenção da introdução de abelhas não nativas,
- prevenção de parasitas e patogénios;
- desenvolvimento de programas de monitorização.

O aumento da diversidade florística em locais perturbados é referido por muitos autores como sendo a forma mais prática de aumentar a diversidade de polinizadores (Goulson 2015, Smith *et al.* 2006). Contudo, nem todas as plantas atraem a mesma diversidade e abundância de abelhas. Frankie *et al.* (2005) e Smith *et al.* (2006) verificaram, em jardins, que as plantas nativas foram substancialmente mais atrativas do que plantas exóticas para abelhas nativas e abelha-do-mel (também ela exótica nos locais estudados). Da mesma forma, o número de plantas atrativas para as abelhas (*bee friendly plants*) num determinado local também contribui para a diversidade e abundância de abelhas nativas no mesmo local (Jenkins *et al.* 2016). A cor das flores também tem sido um aspeto estudado nos últimos anos no que se refere a sua atratividade para os polinizadores. As abelhas aparentam ter uma preferência por flores azuis e roxas, embora este fator de seleção não seja suficiente para se estabelecer e manter uma associação planta-abelha estreita apenas com base na cor das flores (Reverté *et al.* 2016).

A instalação de ninhos artificiais (também designados hotéis de abelhas), além de servirem para estudar as comunidades de abelhas solitárias, nomeadamente a sua diversidade, distribuição, interações tróficas (parasitismo) e preferências de nidificação e florais (Graham *et al.* 2014, Krewenka *et al.* 2011, Reis *et al.* 2013, Tschardt *et al.* 1998), podem potenciar as populações de abelhas aumentando a disponibilidade de locais de nidificação para abelhas que nidificam em cavidades pré-existentes. Alguns cientistas utilizam ainda substâncias pegajosas nas estruturas que ligam os suportes ao chão ou árvores, para impedir predadores rastejantes (e.g. formigas) de entrarem nestes ninhos (Graham J. 2015). Gregory & Wright (2005) sabendo que o habitat de espécies que nidificam no solo tinha vindo a diminuir, criaram fragmentos de solo nu (3m x 5m com uma profundidade de 30 cm) rodeado por habitat nativo em Oxfordshire, Reino Unido, de forma a atrair abelhas (e vespas) que nidificam no solo. Neste estudo verificou-se que 46 espécies de abelhas colonizaram estes locais, incluindo 14 espécies cleptoparasíticas e 4 espécies que habitualmente nidificam em cavidades tais como *Osmia bicornis* (Linnaeus, 1758) e *Megachile ligniseca* (Kirby, 1802). Segundo Potts *et al.* (2005), diversas medidas de gestão do território, conservacionistas e agroambientais, têm sido impostas de modo a aumentar e melhorar a disponibilidade floral para as abelhas, mas pouco se tem feito ao nível dos seus recursos de nidificação, que são igualmente fundamentais.

Hernandez *et al.* (2009) referem que a criação e gestão de espaços verdes em zonas urbanas pode depender da tipologia do espaço-alvo. Por exemplo, as hortas comunitárias e jardins botânicos podem ser ideais para o desenvolvimento de habitats de abelhas, se as organizações que as gerem estiverem interessadas na conservação destes polinizadores. A criação de parques públicos nas cidades, além de serem atrativos para o público em geral, podem oferecer habitats adicionais para as comunidades de abelhas. Os jardins privados, por outro lado, não são dependentes do planeamento urbano da cidade e

podem por isso ser criados e geridos como o proprietário desejar, criando uma oportunidade única de proporcionar recursos alimentares e de nidificação para diferentes espécies de abelha.

As coberturas verdes (popularmente designados telhados verdes) são espaços compostos por vegetação e solo situados no topo de edificações. Têm, por isso, a particularidade de não ser necessário sacrificar espaço adicional para a sua implementação. Tais estruturas podem ser geridas de forma mais intensiva se forem destinados a parques e jardins ornamentais e requerem manutenção regular. Por outro lado, as coberturas verdes extensivas são compostas por vegetação mais natural, ainda que possam ser semeados com espécies locais, e requerem pouca ou nenhuma manutenção (Kadas 2006). Os benefícios que estes telhados naturais têm na biodiversidade residente em espaços urbanos ainda são pouco compreendidos. Contudo, alguns estudos demonstraram recentemente o papel potencial que podem representar para muitas espécies de abelhas (Colla *et al.* 2009, Kadas 2006, Tonietto *et al.* 2011). Colla *et al.* (2009) estudaram a diversidade e abundância de abelhas em telhados verdes durante 3 anos e verificaram uma composição das comunidades de abelhas semelhante à dos locais urbanos ao nível do solo. De notar que a cobertura verde semeada com uma mistura de vegetação silvestre e gramíneas alpinas apresentou também, mais espécies e indivíduos, comparativamente com o telhado apenas composto por vegetação espontânea. No estudo de Tonietto *et al.* (2011) a maior parte das abelhas capturadas (mais de 70%) em coberturas verdes nidificavam no solo, embora não tenha sido possível determinar se as abelhas se encontravam nos telhados para se alimentar ou para nidificar. À semelhança do estudo de Colla *et al.* (2009), a composição das comunidades nestas coberturas foi semelhante à dos locais urbanos ao nível do solo.

Os relvados (*amenity grasslands*) das zonas urbanas e suburbanas, distribuídos por jardins e parques recreativos, são geralmente locais intervencionados muito pobres em flores e com baixa biodiversidade entomológica, mas podem tornar-se locais altamente atrativos e de grande importância para os polinizadores, através da simples sementeira de flores silvestres. Num estudo que decorreu em Brighton, Reino Unido, os autores semearam diversos relvados com mistura de flores silvestres e constataram um aumento de 50 vezes nas populações de abelhões no 1º ano após a sementeira, que quase duplicou no 2º ano (Blackmore & Goulson 2014).

A monitorização e divulgação podem ter também um papel fundamental na conservação de abelhas silvestres e, conseqüentemente, na gestão dos seus habitats. Obter a maior informação possível sobre os parâmetros populacionais e das comunidades das abelhas é crucial na seleção de medidas de gestão a adotar (Williams *et al.* 2001). Enquanto em Portugal há quase um total desconhecimento relativo à diversidade e identificação de abelhas silvestres, no Reino Unido existe uma ampla gama de plataformas, grupos e associações que recolhem e partilham informação sobre a diversidade e conservação de abelhas britânicas, e procuram envolver o público em geral: A BWARS (Bees, Wasps & Ants Recording Society) é uma sociedade que regista oficialmente todas as espécies de abelhas presentes no país e é anualmente palco de reuniões sobre temas relacionados com abelhas; a Bumblebee Conservation Trust (BBCT), organização gerida inteiramente por doações, visa a criação e gestão de habitats para abelhões e procura ainda a sensibilização do público; a Buglife dedica-se a conservação de todos os insetos no Reino Unido, e gere um número considerável de projetos relacionados com abelhas e outros polinizadores (Falk & Lewington 2015).

Em Guelph, Canadá, foi construído um parque (Pollinator Park) no lugar de uma antiga lixeira, exclusivamente com o propósito de promover e proteger os polinizadores e os seus habitats. Um dos projetos mais ambiciosos desta associação é a sementeira de um total de 45 ha para servir de habitat a polinizadores, mediante os fundos que forem recolhidos no futuro. Os principais objetivos deste parque são: (1) a sensibilização do público, de forma a promover o estudo das interações de polinização dentro

de habitats; (2) o envolvimento da comunidade através de atividades relacionadas com polinização, (3) a defesa de políticas e práticas que reflitam a importância da polinização, (4) e o aumento da área de paisagens naturalizadas e o uso de plantas e sementes nativas locais, em zonas públicas e privadas (Pollination Guelph 2016).

1.3. Objetivos

O presente trabalho teve como objetivos:

- 1) realizar o levantamento da biodiversidade e a identificação das respetivas características ecológicas, de himenópteros Apoidea, polinizadores, em cinco locais da Tapada da Ajuda em Lisboa: Pomar de citrinos, Hortas da Terra Grande, Reserva Botânica D. António Xavier Pereira Coutinho, talhão de Herbáceas do Almotivo e Jardim do Pavilhão de Exposições;
- 2) perceber de que forma a gestão dos diferentes locais de amostragem pode condicionar a diversidade e abundância de abelhas, ao longo dos meses em que se realizaram amostragens;
- 3) apresentar propostas de medidas de gestão que visem o melhoramento dos serviços dos ecossistemas prestados pelos polinizadores nos referidos habitats e que favoreçam a abundância e diversidade destes insectos.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

A Tapada da Ajuda, local do presente estudo (Fig.2A), é um Parque Botânico com cerca de 100 ha, localizada na cidade de Lisboa em Portugal, nas proximidades do Parque Florestal de Monsanto (Fig. 2B). Neste espaço verde, destaca-se a Reserva Botânica D. António Xavier Pereira Coutinho, onde estão representadas as espécies características do clima da zona, mas também jardins, arboretos diversos, viveiros florestais, terrenos de cultura (pomares, vinhas, prados, culturas hortícolas) e diversas espécies domésticas e silvestres características. (ISA 2015). Existe ainda desde 1932, um Posto Apícola atualmente com cerca de 50 colmeias, que possuem entre 20000 e 40000 abelhas-do-mel (*A. mellifera*) cada (Joana Godinho, com. pes., 2016).

A escolha da Tapada da Ajuda como local do estudo foi motivada por se situar na cidade de Lisboa, o maior centro urbano de Portugal e por albergar diversas tipologias de espaços no seu interior e por consequência diferentes espécies vegetais. A questão logística também teve peso na decisão, devido à sua proximidade com o edifício do ISA (e com o Laboratório de Entomologia) e fácil acesso.

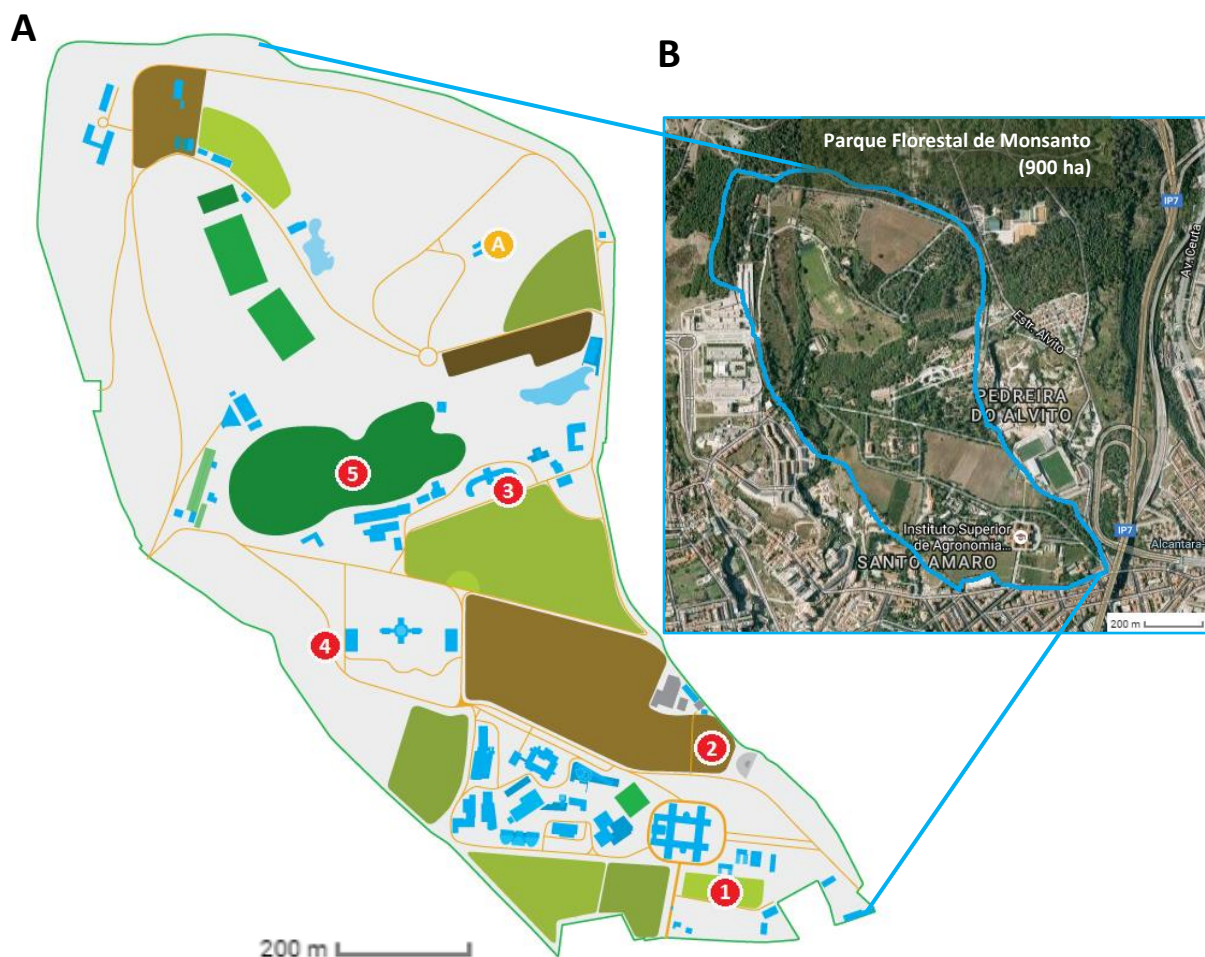


Fig. 2 – (A) Mapa da Tapada da Ajuda com a localização das cinco parcelas de amostragem localizadas na Tapada da Ajuda, Lisboa: (1) Pomar de citrinos, (2) Hortas (Terra Grande), (3) Jardins do Pavilhão de Exposições, (4) Herbáceas do Almotivo, (5) Reserva Botânica D. António Xavier Pereira Coutinho; (A) Posto Apícola (Mapa adaptado de ISA, 2015) (B) Vista satélite da Tapada da Ajuda, delimitada a azul (Google Maps, 2016)

Os locais escolhidos foram as hortas comunitárias da Terra Grande (Hortas), que albergam cerca de 50 talhões (Fig. 3), um talhão de Herbáceas localizado no Almotivo, composta por vegetação espontânea (Fig. 4), o Jardim do Pavilhão de Exposições (Fig. 5), a Reserva Botânica que apresenta interferência mínima (Fig. 6) e Pomar de citrinos (Fig.7).



Fig. 3 - Hortas comunitárias da Terra Grande, que albergam cerca de 50 talhões, com talhões ativos (A) e, por isso, sujeitos a diversas técnicas antropogênicas, e talhões abandonados (B), onde a vegetação espontânea principalmente cresce naturalmente. (Fotos de Afonso Ferreira).



Fig. 4 - Talhão de Herbáceas do Almotivo na Tapada da Ajuda, com extensão de vegetação espontânea que se estende por várias dezenas de metros (Foto de Afonso Ferreira).



Fig. 5 – Jardim do Pavilhão de Exposições na Tapada da Ajuda (Foto da autora).



Fig. 6 - Reserva Botânica D. António Xavier Pereira Coutinho localizada na Tapada da Ajuda, com ampla gama de espécies vegetais rasteiras e arbustivas (Foto da autora)



Fig. 7 - Pomar de citrinos da Tapada da Ajuda, composto por laranjeiras, tangerineiras e limoeiros, com entrelinha de vegetação espontânea, nas proximidades da área urbanizada exterior à Tapada da Ajuda (Foto da autora).

2.1.1. Caracterização dos locais experimentais

Os cinco locais amostrados na Tapada da Ajuda divergiram não apenas na sua área total, plantas em floração durante a amostragem e percentagem de flores nativas (Tabela 2; Anexo I), mas também no tipo de intervenção que foram sujeitos (Tabela 3). A identificação das espécies vegetais em floração nos locais de amostragem e da sua naturalidade (autóctone vs. exótica), foi efetuada pela Eng^a Teresa Vasconcelos (ISA/ULisboa), recorrendo também à plataforma Flora-On: Flora de Portugal Interativa (2014).

De todos os locais amostrados, a Reserva Botânica é o que sofre menor interferência humana, não sendo regada nem cortada a vegetação em nenhuma época do ano, mas é esporadicamente alvo de retirada supervisionada de plantas invasoras. O talhão de Herbáceas do Almotivo é composto exclusivamente por vegetação espontânea, não sendo regado em nenhuma época do ano e a vegetação cortada, apenas, no final de junho, quando já toda se encontra seca, para posterior alimentação dos garranos do ISA. Relativamente às Hortas comunitárias da Terra Grande, apenas os talhões ativos são de alguma forma intervencionados pelos hortelões, através do combate à vegetação espontânea, rega com recurso a mangueira e cultivo de plantas hortícolas, aromáticas, medicinais e ornamentais. Já o jardim amostrado junto ao Pavilhão de Exposições sofreu cortes ou podas de contenção pontuais em meados de outubro de 2015; o arbusto de *Lantana camara* L. foi totalmente podado; mais tarde em novembro; o arbusto *Rosmarinus officinalis* L. também sofreu uma poda de contenção, por encobrir a separação de madeira que delimitava o arbusto da gravilha. A rega neste local é efetuada com recurso a aspersores, rega gota-a-gota e mangueira. Por fim, a intervenção no Pomar de citrinos passou, essencialmente, por manter a zona no seu interior livre de plantas infestantes que pudessem competir por água e nutrientes com as árvores do Pomar. Adicionalmente, foi efectuado um corte do enrelvamento natural para diminuir competição pela água com os citrinos; este corte poderá ter retirado flores que poderiam ter competido com as flores das árvores de fruto (Tabela 3).

Tabela 2 – Caracterização das parcelas de amostragem da Tapada da Ajuda. A riqueza florística e percentagem de espécies nativas referem-se à vegetação em floração observada durante os períodos de amostragem preliminar e principal. Dados relativos a área do local de amostragem e classe de ocupação do solo na Tapada da Ajuda, obtidas através de Coutinho (2014).

Locais	Área (ha)	Classe de ocupação do solo	Intervenção humana	Rega	Riqueza florística (aprox.)	% Espécies nativas
Herbáceas	2,596	Espaço agrícola	Sim	Não	13	76 - 90 %
Horta	0,579	Espaço agrícola	Sim	Sim	34	76 - 90 %
Jardim	1,057	Espaço ajardinado	Sim	Sim	11	26 - 50 %
Pomar de citrinos	0,239	Espaço agrícola	Sim	Não	3	≤ 20 %
Reserva	4,543	Espaço florestal	Sim ¹	Não	65	≥ 91 %

¹ muito esporádica e apenas para retirada de plantas invasoras (e.g. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.).

Tabela 3 - Sumarização da intervenção humana nos locais de amostragem da Tapada da Ajuda

Local	Intervenção humana
Herbáceas	<ul style="list-style-type: none">▪ Corte de toda a vegetação do local em finais de junho de 2016
Hortas	<ul style="list-style-type: none">▪ Corte dos talhões abandonados (não ativos) entre maio-junho de 2016▪ Cultivo de plantas hortícolas, aromáticas, medicinais e ornamentais▪ Produtos fitofarmacêuticos utilizados não são controlados e dependem de cada hortelão▪ Rega esporádica por cada hortelão nos talhões ativos com recurso a mangueira
Jardim	<ul style="list-style-type: none">▪ Corte total do arbusto de <i>Lantana camara</i> L. em outubro de 2015▪ Poda de contenção de <i>Rosmarinus officinalis</i> L. (70-80 % do arbusto) em novembro de 2015▪ Rega com recurso a aspersores, gota-a-gota e mangueira
Pomar de citrinos	<ul style="list-style-type: none">▪ Corte periódico de vegetação na entrelinha das árvores de fruto▪ Aplicação de herbicida anti gramíneas fluazifope-P-butilo em novembro de 2016▪ Armadilhas para captura em massa da mosca-do-mediterrâneo <i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann, 1824)
Reserva	<ul style="list-style-type: none">▪ Retirada de invasoras (programada)

2.2. Técnica de amostragem

O método escolhido para captura dos exemplares foi definido à partida e consistiu na realização de batimentos usando a rede entomológica (30 cm de diâmetro e 60 cm comprimento da rede). Optou-se pelo uso deste método ativo de amostragem, em detrimento de armadilhas de pratos coloridos ou *pan traps*, um método passivo, por diversas razões. Deu-se preferência à recolha dos exemplares secos, pois não se alteram as cores dos indivíduos, nem são danificadas as estruturas que têm importância taxonómica. O líquido de retenção das armadilhas pode facilitar a ocorrência de fungos cujas hifas deterioram patas e antenas das abelhas, dificultando uma vez mais a sua identificação. Muitos exemplares podem, ainda, ser perdidos ao serem levados das armadilhas por aves insetívoras e mesmo devido à chuva, originando uma subestimativa dos verdadeiros valores. Além disso, alguns dos locais em que foi feita recolha (Hortas da Terra Grande e Jardim do Pavilhão de Exposições) têm habitualmente acesso ao público e seria difícil informá-lo de forma a não interferir com a colheita. O uso de rede assegura assim que não existem estas perturbações.

Segundo Roulston *et al.* (2007), o uso intensivo de rede entomológica (várias horas de amostragem) é mais produtivo no sentido em que captura mais abelhas, mais espécies e espécies únicas (exclusivas ao método) do que as *pan traps*.

Cada amostragem durou 16 minutos por local (Roulston *et al.* 2007). Devido à variação dos locais amostrados (área total e disposição das espécies vegetais nos locais), foram definidos dois sub-métodos de amostragem que consistiram no uso de transetos e '*flower patch*'. No que se refere ao primeiro método, a autora foi percorrendo, a partir de um qualquer ponto no local, um transeto 15m x 3m para a frente e para trás, capturando quaisquer abelhas pousadas na vegetação, no solo, em estruturas diversas como cercas e troncos caídos, ou em voo, em cada um dos lados do transeto, durante 8 min. Para o

método *flower patch* foram escolhidos os canteiros de flores (*patches*) 3m x 3m mais atrativos de cada local, que foram examinados durante um total de 8 min, capturando todos os exemplares observados (Tommasi 2004). Depois de capturados na rede, cada exemplar foi transferido para um recipiente de plástico devidamente identificado, com a data e local da captura. Devido às dimensões reduzidas de algumas abelhas (e.g. *Lasioglossum* spp. e *Hylaeus* spp.) e a uma maior facilitação na sua captura foi utilizada uma técnica adicional de amostragem para estas abelhas que consistiu apenas na captura direta dos exemplares quando se encontravam pousados, utilizando os próprios recipientes de plástico em que seriam transportados. Espécies de abelha que pudessem ser facilmente identificadas no local, tais como *A. mellifera* e *Xylocopa violacea* Linnaeus, 1758, foram contabilizadas e libertadas de seguida (Tommasi 2004, Roulston *et al.* 2007). A maior parte das abelhas (>95%) abandonou a área após ter sido capturadas e libertadas; as que voltaram à vegetação foram propositadamente evitadas, por isso a recaptura de um exemplar na mesma área de amostragem foi minimizada (McFrederick 2006).

Os recipientes de plásticos contendo os exemplares foram transportados, posteriormente, para o Laboratório de Entomologia e colocados no interior do frigorífico a 6°C e durante 10-15 minutos. Por fim, os exemplares letárgicos foram colocados em câmara de morte (frasco de vidro com gesso no fundo) contendo algumas gotas de etanoato de etilo (conhecido por acetato de etilo), entre 1-18 h. Todos os exemplares foram preparados a seco, e em alfinete, para uma maior facilidade na sua identificação taxonómica.

As amostragens foram realizadas uma a duas vezes por semana, no período da manhã, entre as 10:00-12:00, e da tarde, no período 14:00-16:00, em dias que: apresentavam temperaturas médias superiores a 15°C, céu pouco nublado a limpo e ausência de chuva (Roulston *et al.* 2007, Tommasi 2004). O vento não foi tido em consideração no presente estudo. A primavera de 2016 foi caracterizada por um elevado número de dias de chuva ininterruptos, acompanhados de temperaturas mínimas abaixo do ideal para a atividade de abelhas (< 15°C) (Anexo II), o que condicionou a realização de amostragens na parte da manhã entre março e maio.

2.3. Período de amostragem

Entre setembro e novembro de 2015, foi definido um período de amostragem preliminar no único local com espécies vegetais em floração: o jardim do Pavilhão de Exposições (*R. officinalis* e *L. camara*). Esta amostragem teve como objetivos: a aprendizagem na captura de abelhas com recurso à rede entomológica, na preparação e identificação de exemplares e, ainda, registo de espécies e géneros de abelhas ainda em atividade, numa época em que os recursos alimentícios já eram escassos. Durante o inverno (dezembro a fevereiro) não foram realizadas quaisquer amostragens (Tabela 4). O período de amostragem principal decorreu entre março e julho de 2016, nos cinco habitats previamente indicados com uma ou mais espécies vegetais em floração.

Porque a área de estudo consistiu num espaço com cerca de 100 ha, que conseqüentemente determinou proximidade de muitos locais entre si, não foi possível a realização de replicados no presente trabalho. Por outro lado, devido ao curto espaço temporal existente para a realização do trabalho (< 1 ano), e o facto do trabalho de campo, com uma metodologia de captura ativa, ter sido realizado essencialmente por uma única pessoa, não haveria condições para realizar amostragens em diversos jardins, diversos talhões de herbáceas ou diversas hortas. Assim, a autora amostrou sempre os mesmos locais, mas em diferentes dias.

Tabela 4 - Quadro dos períodos de amostragem para o presente estudo (2015 - 2016)

	PERÍODO DE AMOSTRAGEM PRELIMINAR (2015)			INVERNO			PERÍODO DE AMOSTRAGEM PRINCIPAL (2016)				
	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.
Reserva	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
Herbáceas	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
Jardim	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X
Pomar de citrinos	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X
Hortas	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X

(-) ausência de amostragens (x) amostragens realizadas

2.4. Identificação taxonómica dos exemplares e respetivas características ecológicas

A identificação específica foi realizada entre outubro de 2015 e julho de 2016, recorrendo à lupa binocular, no Laboratório de Entomologia do Instituto Superior de Agronomia, em Lisboa.

Utilizou-se numa primeira fase, a chave de identificação ao nível do género (Collins, por publicar), com o auxílio de uma coleção de referência providenciada pelo ISA e numa fase mais tardia, o guia de campo, ‘Field Guide to the Bees of Great Britain and Ireland’ de Falk & Lewington (2015). A mesma coleção de referência do ISA foi utilizada para também identificar sempre que possível os exemplares até à espécie. Quando tal não foi possível, os exemplares foram agrupados em morfoespécies e enviados para Inglaterra de forma a serem identificados por David Baldock, que também corrigiu algumas das identificações efetuadas, previamente, ao nível do género. Para alguns espécimes Baldock, por sua vez, recorreu a outros especialistas europeus, nomeadamente: Thomas Wood, Erwin Scheuchl, Michael Kuhlmann, Jan Smit, Stephan Risch, Gerard Le Goffe e Alain Pauly, quando ele próprio não conseguiu proceder à identificação específica.

A informação relativa às características ecológicas de cada espécie foi compilada através de comunicação pessoal de Thomas Wood e recorrendo também aos portais Discoverlife (Ascher & Pickering, 2014) e Bees, Wasps & Ants Recording Society (BWARS 2016), tendo seguido como base o formato de Giles & Ascher (2006). Para cada espécie foram determinados os hábitos de nidificação (cavidade, colmeia ou solo), comportamento social (solitária, social ou parasítica) e especificidade floral (generalista ou especialista). Dada a elevada heterogeneidade no tipo de cavidades utilizadas por abelhas solitárias (e.g. madeira viva, madeira morta ou apodrecida, galhos, caules, paredes de tijolo, escarpas de argila, muros de pedra, conchas de caracol) e o facto de muitas abelhas poderem ser mais específicas ou generalistas na escolha destes locais, a tipologia de cavidade não foi tida em conta no presente estudo (Thomas Wood, com. pes., 2016).

Devido ao desconhecimento, na altura da redação desta dissertação, do nome da espécie (aguarda identificação por taxonomista), espécies capturadas em que não foi possível esta identificação, foram categorizadas como morfoespécies (e.g. *Lasioglossum* A). Estas morfoespécies não foram considerados na análise de características ecológicas por se desconhcerem os seus hábitos.

2.5. Análise estatística e tratamento de dados

As espécies identificadas nos diferentes locais de amostragem, assim como os exemplares não especificamente identificados até à data, foram tabeladas em folha de cálculo Excel. Foi definido o número de espécies e géneros de abelhas por família, e o número de espécies por género, e calculada a frequência relativa das espécies capturadas na Tapada da Ajuda em função dos dias de amostragem. Procedeu-se à determinação dos índices de diversidade e riqueza específica (S em que S = n° de espécies) de cada local de amostragem.

Para estimar a diversidade foram utilizados os seguintes índices: índice de Simpson (2.5.1.), índice de Shannon (2.5.2.) e índice de equitabilidade (2.5.3.) (Krebs 1989, Rasmussen 2009). O índice de Simpson dá-nos a probabilidade de dois indivíduos retirados ao acaso de uma amostra pertencerem à mesma espécie, sendo que D varia entre 0 e 1, e aumenta com a diminuição da diversidade. O índice de diversidade de Simpson é, geralmente, expresso pelo seu inverso (1/D) ou (1-D), tendo sido o último considerada neste estudo. O valor de índice de Shannon (H') aumenta com o número de espécies na comunidade, e atribui igual peso a espécies raras e espécies abundantes. Por fim, o índice da equitabilidade foi calculado a partir do índice de Shannon, e testa quão homogéneo ou uniforme a comunidade é numericamente, em cada um dos cinco locais amostrados. Se todas as espécies da comunidade tiverem a mesma abundância haverá uma equitabilidade máxima (max) (Krebs 1989).

2.5.1. Índice de Simspson: $D = \sum p_i^2$ $p_i = \frac{n'_i}{N}$

2.5.2. Índice de Shannon: $H' = -\sum p_i \ln(p_i)$ $p_i = \frac{n'_i}{N}$

2.5.3. Índice de equitabilidade: $J = \frac{H'}{H'_{\max}}$ $H'_{\max} = \ln(S)$

Pretendeu-se numa primeira fase comparar os índices acima referidos entre locais utilizando uma análise de variância (ANOVA), tal como recomendado por Magurran (2004). Contudo, tal não foi possível, pois não foram realizados replicados no presente trabalho, conseqüentemente, não estariam reunidos todos os pressupostos do teste. Como tal, optou-se pelo uso do teste Wilcoxon para amostras pareadas e teste de Friedman, para comparar os índices de Shannon e Simpson entre locais de amostragem, após verificar os seus pressupostos, recorrendo ao programa IBM SPSS (versão 20.0). Foi ainda aplicada a correção de Bonferroni (2.5.4) ao teste de Wilcoxon.

2.5.4. Correção de Bonferroni: $\alpha' = \frac{\alpha}{N}$ N = n° de pares
usando $\alpha = 0,05$

Foi elaborada uma curva de acumulação de espécies com base em dados presença-ausência de espécies ao longo das datas de amostragem, de forma a obter uma estimativa da representatividade da amostra.

Procedeu-se ainda à estimativa da riqueza de espécies de abelhas na Tapada da Ajuda, recorrendo ao programa EstimateS (Versão 9.1). O programa escolhe uma amostra aleatória, gere uma estimativa de riqueza com base na amostra selecionada, e vai utilizando este processo sucessivamente para todas as amostras. Em seguida, foram introduzidas matrizes, contendo os dados relativos à abundância das espécies presentes, que foram processadas aleatoriamente 100 vezes. Desta forma o efeito da ordem da amostra é removido e a média das casualizações é calculada, produzindo assim uma curva de acumulação de espécies (Colwell 2016). De acordo com estudos prévios sobre a diversidade e abundância de abelhas (Fetridge *et al.* 2008, Gostinski *et al.* 2016, Russo *et al.* 2015, Spengler *et al.* 2011), foram escolhidos os seguintes três estimadores de riqueza específica: Chao 1, Chao 2 e Jackknife 1 (Colwell 2016). Estes estimadores visam a redução do efeito de subamostragem (*undersampling*) que inevitavelmente influencia o número de espécies observadas (S_{obs}). O programa introduz, assim, uma extrapolação a partir da amostra de referência para a riqueza esperada.

A precisão dos estimadores foi medida através da percentagem da verdadeira riqueza (*Percentage of True Richness*) ou PTR [%] dada pela razão $(S_{est} / S_{tobs}) * 100$. Quanto mais perto de 100% o valor de PTR estiver, mais preciso é o estimador. A Percentagem de Verdadeira Riqueza ficará acima de 100 % se o estimador sobrestimar e abaixo de 100% se o estimador subestimar a S_{obs} (Brose 2002).

O registo de interações abelha-planta não foi inicialmente considerado como um dos objetivos para o presente estudo. No entanto, decidiu-se registar as interações em que determinada espécie de abelha apenas visitou uma determinada espécie de planta ou quando uma espécie de abelha (ou género) foi observada a visitar por diversas vezes uma dada espécie vegetal.

3. Resultados

3.1. Famílias, géneros e espécies de abelhas identificadas

Durante o período de amostragem preliminar (setembro-novembro) foram capturadas sete espécies de abelhas e 126 indivíduos, pertencentes às famílias Apidae, Colletidae e Megachilidae, que não foram consideradas estatisticamente (Tabela 5). Foi identificada ainda uma espécie de abelha detetada apenas na amostragem de outono, *Colletes succinctus* (Linnaeus, 1758). Este género foi também apenas identificado no mesmo período.

Relativamente ao período de amostragem principal, foram capturados um total de 867 exemplares, referentes a cinco famílias, 21 géneros e 66 espécies - 57 espécies identificadas e nove morfoespécies (Fig. 8, Tabela 6, Tabela 7), que resultaram de 26 dias (aproximadamente 35 horas) de amostragem (Anexo III). Oito espécies ditas raras, isto é, com poucos registos oficiais em Portugal, foram ainda identificadas no presente estudo. Destas espécies ditas raras, cinco foram capturadas na Reserva Botânica, quatro nas Hortas comunitárias da Terra Grande, duas nas Herbáceas do Almotivo e apenas uma foi capturada no Pomar de citrinos e no Jardim do Pavilhão de Exposições. Foram ainda capturados 16 exemplares neste período para as quais não foi possível a identificação específica, nem a separação por morfoespécies (Tabela 8).

Adicionalmente, foi detetada uma espécie fora dos períodos de amostragem descritos anteriormente, *Anthidium florentinum* (Fabricius, 1775), em agosto de 2016, perto do Herbário do ISA, que também não foi considerada na análise estatística.

Tabela 5 – Espécies de abelhas e respetivos números de indivíduos capturados no período de amostragem preliminar entre setembro e novembro na Tapada da Ajuda.

ESPÉCIE	Nº DE INDIVÍDUOS
Apidae	
<i>Amegilla quadrifasciata</i> (de Villers, 1789)	4
<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	109
<i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758)	1
<i>Ceratina nigrolabiata</i> Friese, 1896	1
Colletidae	
<i>Colletes succinctus</i> (Linnaeus, 1758) ^a	2
Megachilidae	
<i>Anthidium manicatum</i> (Linnaeus, 1758)	6
<i>Megachile ericetorum</i> Lepeletier, 1841	3
Total de indivíduos	126

^a espécie de abelha, apenas capturada em novembro de 2015, num arbusto de *Maurocenia frangularia* Pers., perto do edifício principal do ISA.

Tabela 6 – Famílias e géneros de abelhas amostrados no período principal de amostragem (março 2016 – julho 2016) e respetivos números de indivíduos capturados, nos cinco locais estudados na Tapada da Ajuda.

GRUPO TAXONÓMICO	Nº DE INDIVÍDUOS					
	HERBÁCEAS	HORTA	JARDIM	POMAR	RESERVA	TOTAL
ANDRENIDAE						
<i>Andrena</i> Fabricius, 1775	1	3	1	1	21	27
<i>Panurginus</i> Nylander, 1846	0	0	0	0	1	1
<i>Panurgus</i> Panzer 1806	0	0	0	0	1	1
subtotal	1	3	1	1	23	29
APIDAE						
<i>Amegilla</i> Friese, 1897	0	8	0	0	0	8
<i>Anthophora</i> Latreille, 1803	3	0	13	0	1	17
<i>Apis</i> Linnaeus, 1758	60	101	37	123	71	392
<i>Bombus</i> Latreille, 1802	17	22	5	19	13	76
<i>Ceratina</i> Latreille, 1802	0	3	2	0	1	6
<i>Eucera</i> Scopoli 1770	3	4	42	0	4	55
<i>Melecta</i> Latreille, 1802	0	0	16	0	0	16
<i>Nomada</i> Scopoli, 1770	1	1	0	0	2	4
<i>Xylocopa</i> Latreille, 1802	9	4	8	7	10	38
subtotal	93	143	123	149	102	612
COLLETIDAE						
<i>Hylaeus</i> Fabricius, 1793	5	1	0	0	3	9
subtotal	5	1	0	0	3	9
HALICTIDAE						
<i>Halictus</i> Latreille, 1804	0	21	2	0	1	24
<i>Lasioglossum</i> Curtis, 1833	2	26	0	0	2	30
subtotal	2	47	2	0	3	54
MEGACHILIDAE						
<i>Anthidium</i> Fabricius, 1805	0	36	1	0	9	46
<i>Heriades</i> Spinola, 1808	0	3	0	0	0	3
<i>Hoplitis</i> Klug, 1807	0	5	0	0	9	14
<i>Megachile</i> Latreille, 1802	9	19	0	0	3	31
<i>Osmia</i> Panzer, 1806	10	11	0	0	11	34
<i>Rhodanthidium</i> Isensee, 1927	1	0	0	0	36	37
subtotal	20	74	1	0	68	163
Total de indivíduos (N)	123	268	127	150	199	867
Total de géneros	12	16	10	4	18	21

Tabela 7 - Espécies de abelhas amostradas no período principal de amostragem (março 2016 – julho 2016) e respectivos números de indivíduos, nos cinco locais estudados na Tapada da Ajuda, e número de datas de amostragem em que foram coletadas.

ESPÉCIE	Nº DE INDIVÍDUOS						Nº datas em que a espécie foi capturada
	HER	HOR	JAR	POM	RES	TOTAL	
Amegilla							
<i>Amegilla albigena</i> (Lepelletier, 1841)	0	7	0	0	0	7	3
<i>Amegilla quadrifasciata</i> (de Villers, 1789)	0	1	0	0	0	1	1
Andrena							
<i>Andrena aeneiventris</i> ^b Morawitz, 1872	0	0	0	1	1	2	2
<i>Andrena agilissima</i> (Scopoli, 1770)	0	3	0	0	1	4	3
<i>Andrena lagopus</i> Latreille, 1809	0	0	0	0	1	1	1
<i>Andrena propinqua</i> (Schenck, 1853)	0	0	0	0	2	2	2
<i>Andrena similis</i> Smith, 1849	0	0	0	0	2	2	2
<i>Andrena</i> A	0	0	0	0	4	4	4
<i>Andrena</i> B	0	0	0	0	1	1	1
<i>Andrena</i> C	0	0	0	0	3	3	3
<i>Andrena</i> D	0	0	0	0	3	3	3
<i>Andrena</i> E	0	0	0	0	1	1	1
<i>Andrena</i> F	1	0	1	0	2	4	4
Anthidium							
<i>Anthidium cingulatum</i> ^a Latreille, 1809	0	0	0	0	5	5	4
<i>Anthidium manicatum</i> (Linnaeus, 1758)	0	36	1	0	1	38	13
<i>Anthidium oblongatum</i> (Illiger, 1806)	0	0	0	0	3	3	3
Anthophora							
<i>Anthophora plumipes</i> (Pallas, 1772)	3	0	13	0	1	17	7
Apis							
<i>Apis mellifera</i> L.	60	101	37	123	71	392	24
Bombus							
<i>Bombus lucorum</i> (Fabricius, 1775)	0	0	1	0	0	1	1
<i>Bombus ruderatus</i> (Fabricius, 1775)	8	14	3	1	5	31	15
<i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758)	9	8	1	18	6	42	19
<i>Bombus vestalis</i> (Geoffroy, 1785)	0	0	0	0	2	2	2
Ceratina							
<i>Ceratina cucurbitina</i> (Rossi, 1792)	0	2	1	0	1	4	4
<i>Ceratina nigrolabiata</i> ^b Friese, 1896	0	1	1	0	0	2	2
Eucera							
<i>Eucera codinai</i> Dusmet e Alonso, 1926	2	0	30	0	1	33	7
<i>Eucera nigrilabris</i> Lepelletier 1841	2	4	0	0	0	6	6
<i>Eucera notata</i> Lepelletier, 1841	1	0	12	0	3	16	7
Halictus							
<i>Halictus fulvipes</i> (Klug, 1817)	0	2	0	0	0	2	1
<i>Halictus gemmeus</i> Dours, 1872	0	0	0	0	1	1	1
<i>Halictus crenicornis</i> / <i>quadripartitus</i> A ^c	0	0	1	0	0	1	1
<i>Halictus scabiosae</i> (Rossi, 1790)	0	19	1	0	0	20	6

Tabela 7 (continuação) - Espécies de abelhas amostradas no período principal de amostragem (março 2016 – julho 2016) e respectivos números de indivíduos, nos cinco locais estudados na Tapada da Ajuda, e número de datas de amostragem em que foram coletadas (cont).

ESPÉCIE (continuação)	Nº DE INDIVÍDUOS						Nº datas em que a espécie foi capturada
	HER	HOR	JAR	POM	RES	TOTAL	
Heriades							
<i>Heriades crenulatus</i> Nylander 1856	0	3	0	0	0	3	2
Hoplitis							
<i>Hoplitis adunca</i> (Panzer, 1798)	0	3	0	0	7	10	7
<i>Hoplitis benoisti</i> (Alfken, 1935)	0	2	0	0	2	4	4
Hylaeus							
<i>Hylaeus dilatatus</i> ^b (Kirby, 1802)	0	1	0	0	0	1	1
<i>Hylaeus pictipes</i> Nylander, 1852	5	0	0	0	3	8	6
Lasioglossum							
<i>Lasioglossum discum fertoni</i> (Vachal, 1895)	0	3	0	0	0	3	3
<i>Lasioglossum interruptum</i> (Panzer, 1798)	2	3	0	0	0	5	5
<i>Lasioglossum malachurum</i> (Kirby, 1802)	0	15	0	0	1	16	10
<i>Lasioglossum perclavipes</i> ^b (Blüthgen, 1934)	0	0	0	0	1	1	1
<i>Lasioglossum</i> A	0	5	0	0	0	5	4
Megachile							
<i>Megachile centuncularis</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	0	0	0	1	1
<i>Megachile ericetorum</i> ^a Lepeletier, 1841	1	5	0	0	2	8	5
<i>Megachile fertoni</i> ^b Pérez, 1895	0	1	0	0	0	1	1
<i>Megachile lagopoda</i> (Linnaeus, 1761)	0	1	0	0	0	1	1
<i>Megachile melanopyga</i> Costa, 1863	0	2	0	0	0	2	1
<i>Megachile pilidens</i> Alfken, 1924	0	0	0	0	1	1	1
<i>Megachile willughbiella</i> (Kirby, 1802)	8	9	0	0	0	17	8
Melecta							
<i>Melecta albifrons</i> (Forster, 1771)	0	0	16	0	0	16	6
Nomada							
<i>Nomada agrestis</i> Fabricius, 1787	1	0	0	0	0	1	1
<i>Nomada basalis</i> Herrich-Schäffer, 1839	0	1	0	0	0	1	1
<i>Nomada integra</i> Brullé, 1832	0	0	0	0	1	1	1
<i>Nomada</i> A	0	0	0	0	1	1	1
Osmia							
<i>Osmia aurulenta</i> (Panzer, 1799)	3	1	0	0	7	11	8
<i>Osmia bicornis</i> (Linnaeus, 1758)	2	0	0	0	0	2	2
<i>Osmia brevicornis</i> ^a (Fabricius, 1798)	1	0	0	0	1	2	2
<i>Osmia caerulescens</i> (Linnaeus, 1758)	0	8	0	0	0	8	5
<i>Osmia latreillei</i> (Spinola, 1806)	0	0	0	0	1	1	1
<i>Osmia niveata</i> (Fabricius, 1804)	4	1	0	0	1	6	5
<i>Osmia rufohirta</i> Latreille, 1811	0	0	0	0	1	1	1
<i>Osmia signata</i> Erichson, 1835	0	1	0	0	0	1	1
Panurginus							
<i>Panurginus albopilosus</i> (Lucas, 1849)	0	0	0	0	1	1	1

Tabela 7 (continuação) - Espécies de abelhas amostradas no período principal de amostragem (março 2016 – julho 2016) e respectivos números de indivíduos, nos cinco locais estudados na Tapada da Ajuda, e número de datas de amostragem em que foram coletadas (cont).

ESPÉCIE (continuação)	Nº DE INDIVÍDUOS						Nº datas em que a espécie foi capturada
	HER	HOR	JAR	POM	RES	TOTAL	
<i>Panurgus</i>							
<i>Panurgus calcaratus</i> (Scopoli 1763)	0	0	0	0	1	1	1
<i>Rhodanthidium</i>							
<i>Rhodanthidium septemdentatum</i> (Latreille, 1809)	0	0	0	0	9	9	7
<i>Rhodanthidium sticticum</i> (Fabricius, 1787)	1	0	0	0	27	28	15
<i>Xylocopa</i>							
<i>Xylocopa violacea</i> (Linnaeus, 1758)	9	4	8	7	10	38	19
Total de indivíduos (N)	123	268	127	150	199	867	-
Total de espécies (S)	19	32	15	5	44	66	-

^a espécie com muito poucos registos oficiais em Portugal continental (1-3 registos) (David Baldock, com. pes., 2016)

^b espécie com poucos registos oficiais em Portugal continental (4-7 registos) (David Baldock, com. pes., 2016)

^c não é possível a separação entre fêmeas *Halictus quadripartitus* e *H. crenicornis* (David Baldock, com. pes., 2016)

Tabela 8 – Exemplares de abelhas capturados durante o período de amostragem principal (março 2016 – julho 2016) nos cinco locais da Tapada da Ajuda, para as quais não foi possível a identificação específica nem separação em morfoespécies.

GÉNERO	Nº DE INDIVÍDUOS					
	HOR	HER	JAR	POM	RES	TOTAL
<i>Eucera</i>	0	5	0	0	0	5
<i>Lasioglossum</i>	6	0	0	0	2	8
<i>Osmia</i>	0	2	0	0	1	3
Total de indivíduos (N)	6	7	0	0	3	16



Fig. 8 – Exemplos de cada género de abelha identificado: (A) *Andrena similis* (fêmea); (B) *Anthidium manicatum* (fêmea); (C) *Heriades crenulatus* (macho); (D) *Anthophora plumipes* (fêmea) (E) *Apis mellifera* (obreira - fêmea); (F) *Melecta albifrons* (macho); (G) *Bombus terrestris* (obreira - fêmea); (H) *Eucera codinai* (macho); (I) *Halictus scabiosae* (fêmea) (Fotos da autora).

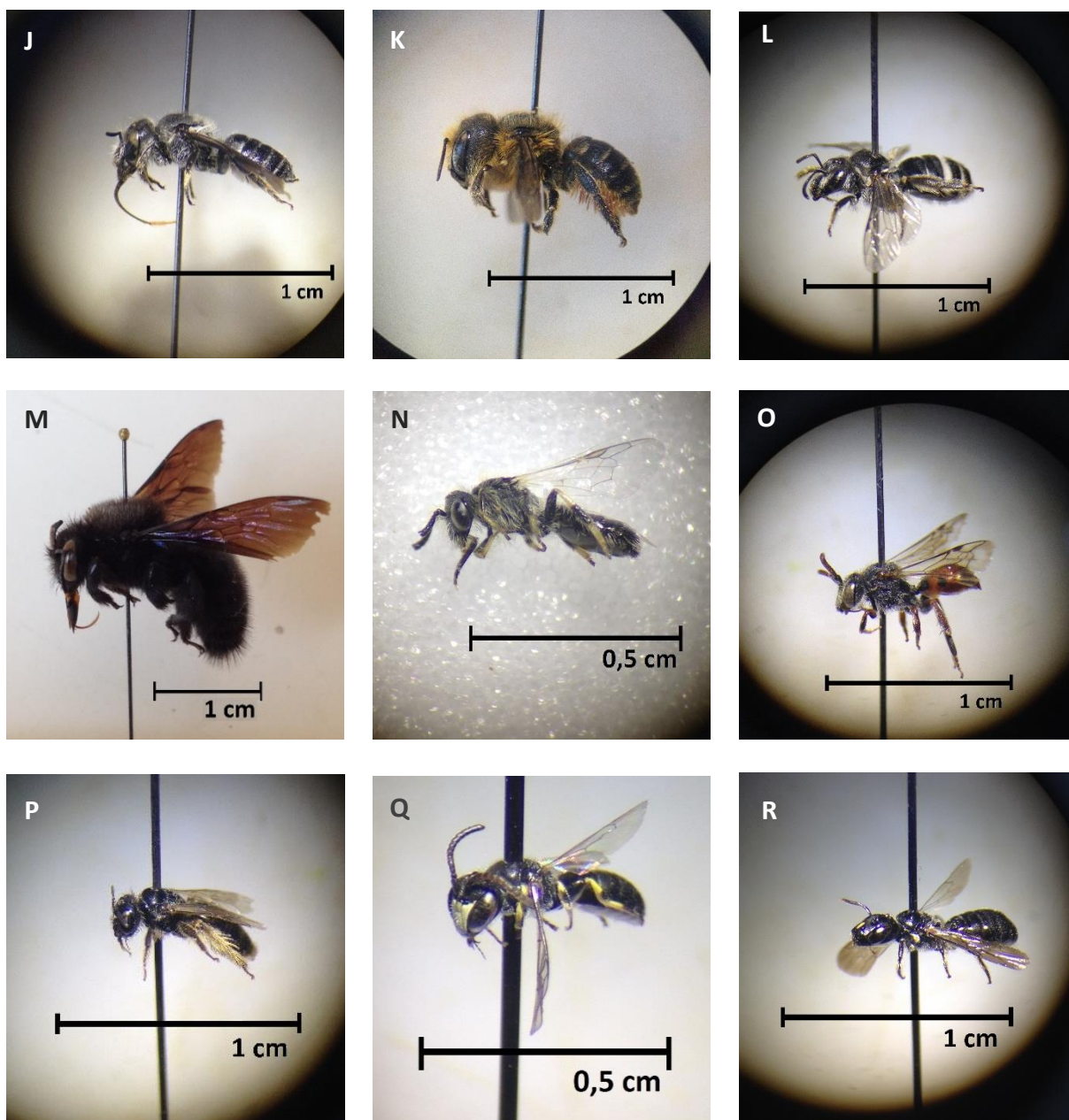


Fig. 8 (continuação) – Exemplares de cada género de abelha identificado: (J) *Hoplitis adunca* (fêmea); (K) *Osmia niveata* (fêmea); (L) *Lasioglossum discum fertoni* (fêmea); (M) *Xylocopa violacea* (fêmea); (N) *Panurginus albopilosus* (macho); (O) *Nomada integra* (macho); (P) *Panurgus calcaratus* (fêmea), (Q) *Hylaeus pictipes* (macho), (R) *Ceratina cucurbitina* (fêmea) (Fotos da autora)

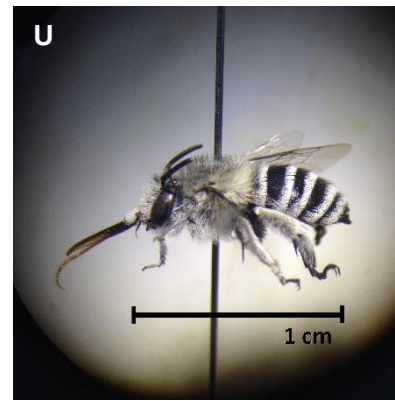


Fig. 8 (continuação) – Exemplos de cada gênero de abelha identificado: (S) *Megachile centuncularis* (fêmea); (T) *Rhodanthidium sticticum* (macho); (U) *Amegilla albigena* (macho); (V) *Colletes succinctus* (macho) (Fotos da autora)

3.2. Distribuição das espécies e gêneros de abelhas

As famílias Megachilidae e Apidae foram as famílias mais diversas, apresentando um total de 23 e 19 espécies capturadas respetivamente, seguidas das famílias Andrenidae com 13 espécies, Halictidae com nove espécies e Colletidae com duas espécies identificadas (Fig. 9). A família Apidae foi a que registou, no entanto, maior número de gêneros.

Relativamente ao número de espécies por género, o género *Andrena* foi o que apresentou maior riqueza específica, englobando 11 espécies, seguido do género *Osmia* com 6 espécies. Os géneros *Anthophora*, *Apis*, *Heriades*, *Panurginus*, *Panurgus*, *Melecta* e *Xylocopa* foram representados por apenas uma espécie (Fig. 10).

O local com maior diversidade de espécies foi a Reserva com 44 espécies capturadas, seguida das Hortas da Terra Grande com 32 espécies, das Herbáceas do Almotivo com 19, do Jardim do Pavilhão de Exposições com 15 e Pomar de citrinos com apenas 5 espécies de abelha identificadas.

A coleção foi caracterizada por um elevado número de espécies de ocorrência rara. Das 66 espécies referidas no presente estudo, 22 (33% das espécies capturadas) apresentaram apenas um indivíduo (*singletons*) e nove (14% das espécies capturadas) apresentaram dois indivíduos (*doubletons*) (Tabela 7, Fig. 11). Os géneros *Panurgus* e *Panurginus*, ambos pertencentes à família Andrenidae, foram também representados por apenas um exemplar. Vinte e quatro espécies foram coletadas apenas numa única data de amostragem (*uniques*) e oito foram capturadas em duas datas diferentes (*duplicates*) (Tabela 2).

No que se refere à frequência relativa das espécies capturadas, as espécies mais frequentes foram *Apis mellifera* (70,32%), *Xylocopa violacea* (55,67%) e *Bombus terrestris* (55,67%) (Fig.11).

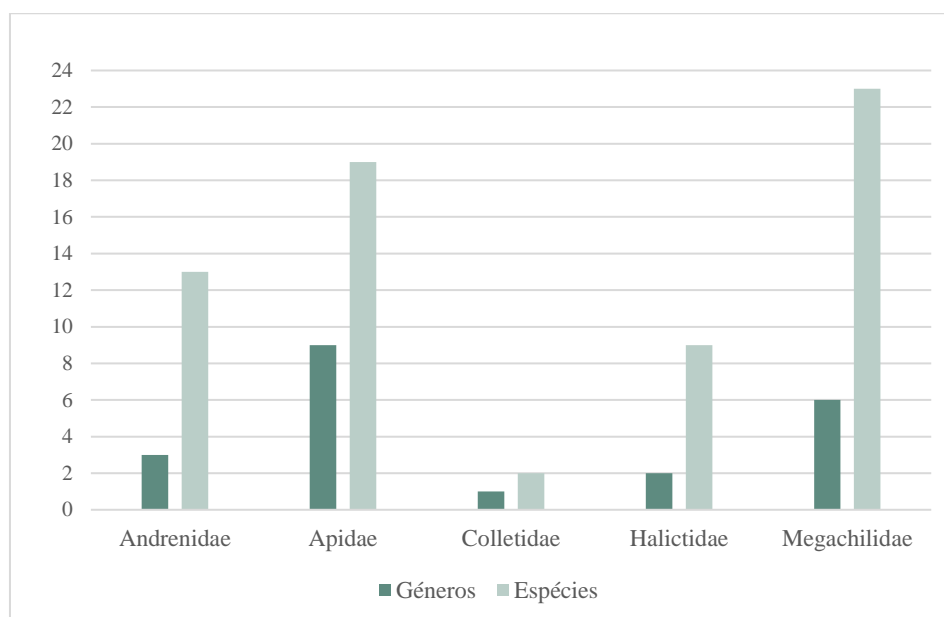


Fig. 9 - Número de gêneros e espécies de abelhas identificadas por família na Tapada da Ajuda.

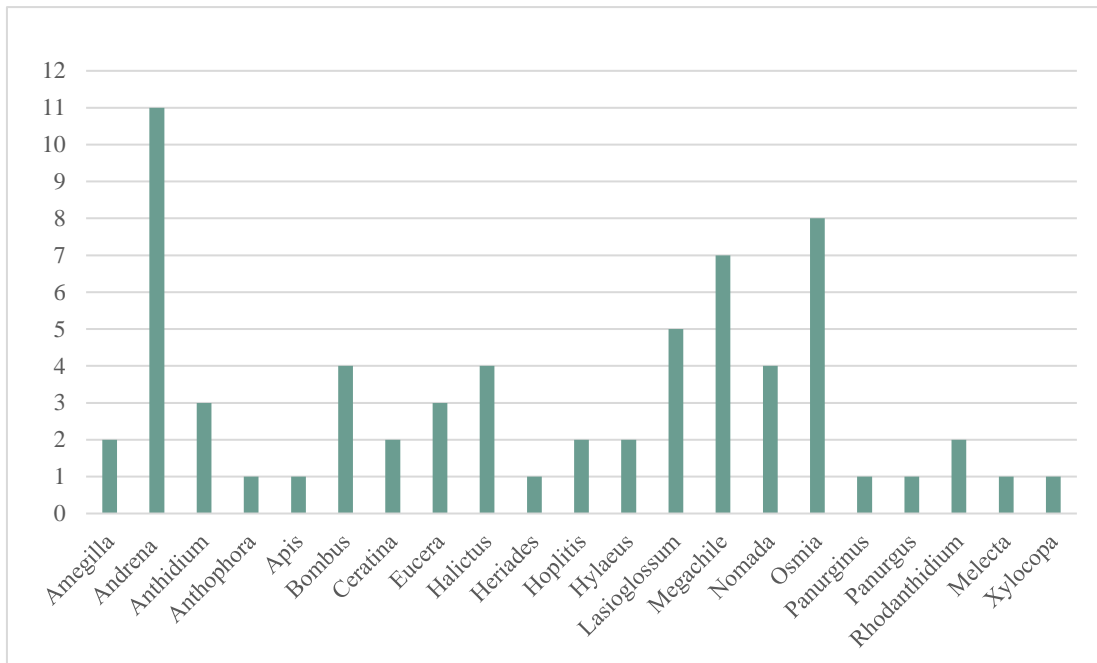


Fig. 10 - Número de espécies (S = 66) de abelhas identificadas por género na Tapada da Ajuda.

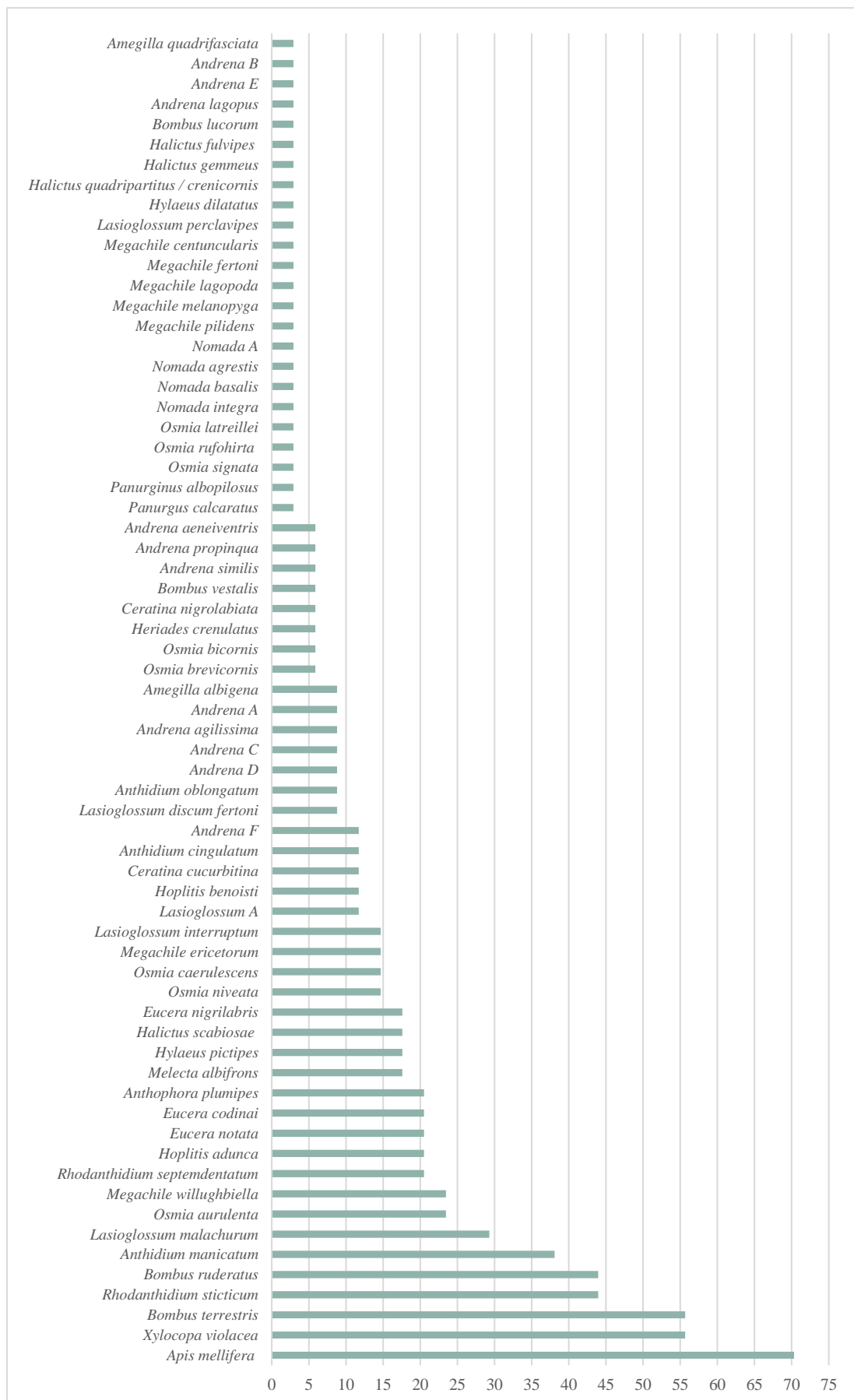


Fig. 11 – Distribuição das frequências relativas (%) das 66 espécies capturadas por data de amostragem.

3.3. Características ecológicas das espécies e exemplares capturados

Das 66 espécies de abelhas capturadas, nove espécies (morfoespécies) não foram consideradas nas características ecológicas por se desconhcerem os seus hábitos (Tabela 7). Assim a análise das propriedades ecológicas das abelhas considerou 57 espécies identificadas e respetivos 844 exemplares (Tabela 9).

A estratégia de nidificação adotada por grande parte das espécies identificadas foi a nidificação em cavidades (47% das espécies) e no solo (42% das espécies) (Fig. 12A). Espécies de abelhas que nidificam em colmeias representaram apenas 2% de todas as espécies identificadas, enquanto espécies parasitas, que utilizam o substrato do hospedeiro, englobaram 9% da riqueza específica. No que se refere às percentagens por indivíduos, 25% nidificam em cavidades, 26% no solo, 46% em colmeias e 3% utilizaram o substrato do hospedeiro como ninho. Não considerando *A. mellifera*, 48% dos indivíduos nidificaram no solo, outros 48% em cavidades e 5% utilizam o substrato do hospedeiro (Fig. 13A).

Das 57 espécies identificadas, 41 (72% das espécies) apresentaram uma dieta de pólen generalista, polilética, enquanto que 16 (24% das espécies) apresentaram uma dieta de pólen especialista, oligolética (Fig. 12B). Já na percentagem de indivíduos, 89% dos indivíduos apresentaram uma dieta generalista e 11% dos indivíduos eram especialistas. No entanto, quando *Apis* não foi tida em conta, 79% dos indivíduos apresentou uma dieta generalista e 21% eram especialistas (Fig. 13B).

Relativamente à estrutura social das espécies, a maior parte das espécies capturadas são solitárias (72%). As espécies *A. mellifera*, *B. terrestris*, *B. ruderatus*, *B. lucorum*, *Lasioglossum malachurum* e *Halictus scabiosae* foram as espécies identificadas como sociais, e representaram 12% da riqueza específica no presente estudo. As espécies cleptoparasíticas, *Nomada agrestis*, *N. basalis*, *N. integra*, *Bombus vestalis* e *Melecta albifrons*, representaram 9% do total de espécies capturadas, e 7% das espécies capturadas tiveram atributo social desconhecido. No que respeita à sua abundância, e tendo em conta *A. mellifera*, 36% dos indivíduos eram solitários, 60% sociais, 3% eram cleptoparasíticas e apenas 1% tiveram atributo desconhecido. Contudo, quando não considerando a espécie *A. mellifera*, 68% dos indivíduos eram solitários, 25% eram sociais, 5% eram cleptoparasíticas e 2% tinham atributo desconhecido (Fig. 13C).

Dentro das 16 espécies de abelhas especialistas capturadas na Tapada da Ajuda, sete espécies recolhem pólen exclusivamente de plantas da família Asteraceae, quatro de plantas da família Brassicaceae, três de plantas da família Fabaceae e duas de plantas do género *Echium* (Tabela 9).

No que se refere aos locais amostrados, as Hortas da Terra Grande apresentaram a maior percentagem de espécies que nidificam em cavidades, mas foi o Jardim do Pavilhão de Exposições que obteve maior proporção de espécies que nidificam no solo e cleptoparasíticas. Já o Pomar de citrinos apresentou a maior percentagem de espécies que nidificam em colmeias (Fig. 14B). Em termos de especificidade de pólen foi a Reserva Botânica que obteve maior percentagem de espécies especialistas, seguida das Hortas da Terra Grande e Herbáceas do Almotivo (Fig. 14D). Por fim, no que toca à sociabilidade das espécies de abelhas capturadas, a Reserva Botânica apresentou a maior proporção de espécies solitárias, seguida das Herbáceas do Almotivo, hortas da Terra Grande e Jardim do Pavilhão de Exposições (Fig. 14F).

Tabela 9 – Características ecológicas das espécies de abelhas capturadas na Tapada da Ajuda durante o período de amostragem principal (março-julho).

ESPÉCIE	CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS		
	ESPECIFICIDADE PÓLEN ¹	SOCIABILIDADE ²	HÁBITOS DE NIDIFICAÇÃO
ANDRENIDAE			
<i>Andrena aeneiventris</i>	Polilética	Solitária	solo
<i>Andrena agilissima</i>	(Brassicaceae) Oligolética	Solitária	solo
<i>Andrena lagopus</i>	(Brassicaceae) Oligolética	Solitária	solo
<i>Andrena propinqua</i>	Polilética	Solitária	solo
<i>Andrena similis</i>	(Fabaceae) Oligolética	Solitária	solo
<i>Panurginus albopilosus</i>	(Brassicaceae) Oligolética	Solitária	solo
<i>Panurgus calcaratus</i>	(Asteraceae) Oligolética	Solitária	solo
APIDAE			
<i>Amegilla albigena</i>	Polilética	Solitária	solo
<i>Amegilla quadrifasciata</i>	Polilética	Solitária	solo
<i>Anthophora plumipes</i>	Polilética	Solitária	solo
<i>Apis mellifera</i>	Polilética	Social	colmeia
<i>Bombus lucorum</i>	Polilética	Social	solo
<i>Bombus ruderatus</i>	Polilética	Social	solo
<i>Bombus terrestris</i>	Polilética	Social	solo
<i>Bombus vestalis</i>	[Polilética]	Cleptoparasítica	Substrato do hospedeiro
<i>Ceratina cucurbitina</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Ceratina nigrolabiata</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Eucera codinai</i>	(Fabaceae) Oligolética	Solitária	solo
<i>Eucera nigrilabris</i>	(Fabaceae) Oligolética	Solitária	solo
<i>Eucera notata</i>	(Asteraceae) Oligolética	Solitária	solo
<i>Melecta albifrons</i> ³	[Polilética]	Cleptoparasítica	Substrato do hospedeiro
<i>Nomada agrestis</i>	[Polilética]	Cleptoparasítica	Substrato do hospedeiro
<i>Nomada basalis</i>	[Polilética]	Cleptoparasítica	Substrato do hospedeiro
<i>Nomada integra</i>	[Polilética]	Cleptoparasítica	Substrato do hospedeiro
<i>Xylocopa violacea</i>	Polilética	Solitária	cavidades
COLLETIDAE			
<i>Hylaeus dilatatus</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Hylaeus pictipes</i>	Polilética	Solitária	cavidades
HALICTIDAE			
<i>Halictus fulvipes</i>	Polilética	-	solo
<i>Halictus gemmeus</i>	Polilética	-	solo
<i>Halictus scabiosae</i>	Polilética	Social	solo
<i>Lasioglossum discum fertoni</i>	(Asteraceae) Oligolética	-	solo
<i>Lasioglossum interruptum</i>	Polilética	Social	solo
<i>Lasioglossum malachurum</i>	Polilética	Social	solo
<i>Lasioglossum perclavipes</i>	Polilética	-	solo
MEGACHILIDAE			
<i>Anthidium cingulatum</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Anthidium manicatum</i>	Polilética	Solitária	cavidades

Tabela 9 (continuação) - Características ecológicas das espécies de abelhas capturadas na Tapada da Ajuda durante o período de amostragem principal (março-julho) (cont.).

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS			
ESPÉCIE (continuação)	ESPECIFICIDADE PÓLEN ¹	SOCIABILIDADE ²	HÁBITOS DE NIDIFICAÇÃO
MEGACHILIDAE			
<i>Anthidium oblongatum</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Heriades crenulatus</i>	(Asteraceae) Oligolética	Solitária	cavidades
<i>Hoplitis adunca</i>	(<i>Echium sp</i>) Oligolética	Solitária	cavidades
<i>Hoplitis benoisti</i>	(<i>Echium sp</i>) Oligolética	Solitária	cavidades
<i>Megachile centuncularis</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Megachile ericetorum</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Megachile fertoni</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Megachile lagopoda</i>	Polilética	Solitária	solo
<i>Megachile melanopyga</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Megachile pilidens</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Megachile willughbiella</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Osmia aurulenta</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Osmia bicornis</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Osmia brevicornis</i>	(Brassicaceae) Oligolética	Solitária	cavidades
<i>Osmia caeruleascens</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Osmia latreillei</i>	(Asteraceae) Oligolética	Solitária	cavidades
<i>Osmia niveata</i>	(Asteraceae) Oligolética	Solitária	cavidades
<i>Osmia rufohirta</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Osmia signata</i>	(Asteraceae) Oligolética	Solitária	cavidades
<i>Rhodanthidium septemdentatum</i>	Polilética	Solitária	cavidades
<i>Rhodanthidium sticticum</i>	Polilética	Solitária	cavidades

¹ [Polilética] indica espécie parasita obrigatoriamente polilética (Giles & Ascher 2006)

² (-) indica que atributo não é conhecido

³ Parasita de *Anthophora sp.*, com especial preferência por *A. plumipes* (Ascher & Pickering 2016)

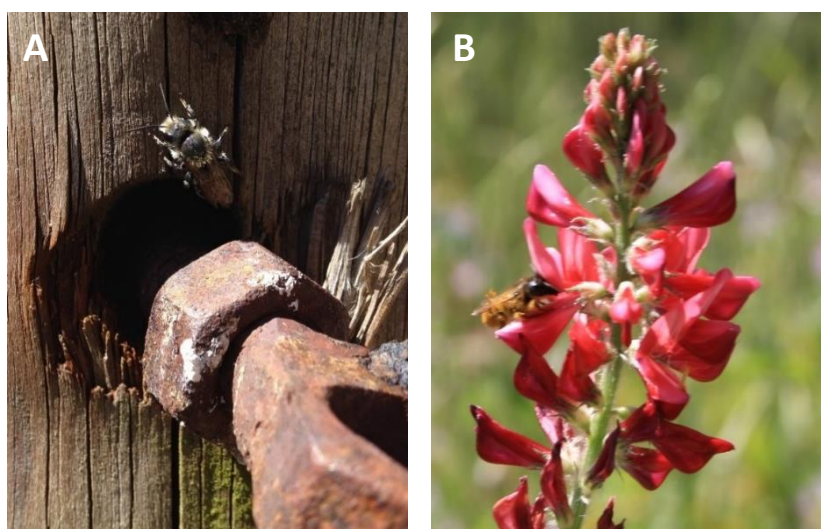


Fig. 12 – (A) *Osmia sp.*, abelhas que nidificam maioritariamente em cavidades, emergindo de uma cavidade artificial situada numa vedação de madeira degradada (Herbáceas do Almotivo). (Foto da autora); (B) *Osmia bicornis* (fêmea), espécie generalista, visitando flor de *Hedysarum coronarium* (Herbáceas do Almotivo). (Foto de Afonso Ferreira).



Fig. 13 – Proporção no que se refere às características ecológicas das abelhas identificadas, por percentagem de espécies e indivíduos capturados ($S = 57$, $N_{\text{com Apis}} = 844$, $N_{\text{sem Apis}} = 452$): **(A)** hábitos de nidificação - substrato de abelhas que nidificam em cavidades não foi discriminado; **(B)** especificidade de pólen - a categoria polilética (generalista) engloba abelhas solitárias e também abelhas sociais e parasitas que são generalistas obrigatórios (Giles & Ascher 2006); **(C)** sociabilidade das abelhas, que foram categorizadas como solitárias, sociais, cleptoparasíticas ou desconhecido, quando o atributo não era conhecido.



Fig. 14 – Proporção dos exemplares e espécies capturados nas cinco parcelas de amostragem da Tapada da Ajuda: herbáceas do Almotivo, hortas da Terra Grande, jardim do Pavilhão de Exposições, pomar de citrinos e Reserva Botânica no que se refere às suas características ecológicas: **(A)** proporção do n° de exemplares capturados nas cinco parcelas de amostragem em função dos seus hábitos de nidificação; **(B)** proporção do n° de espécies capturadas em função dos seus hábitos de nidificação; **(C)** proporção do n° de exemplares capturados em função da especificidade de pólen; **(D)** proporção do n° de espécies capturadas em função da especificidade de pólen.

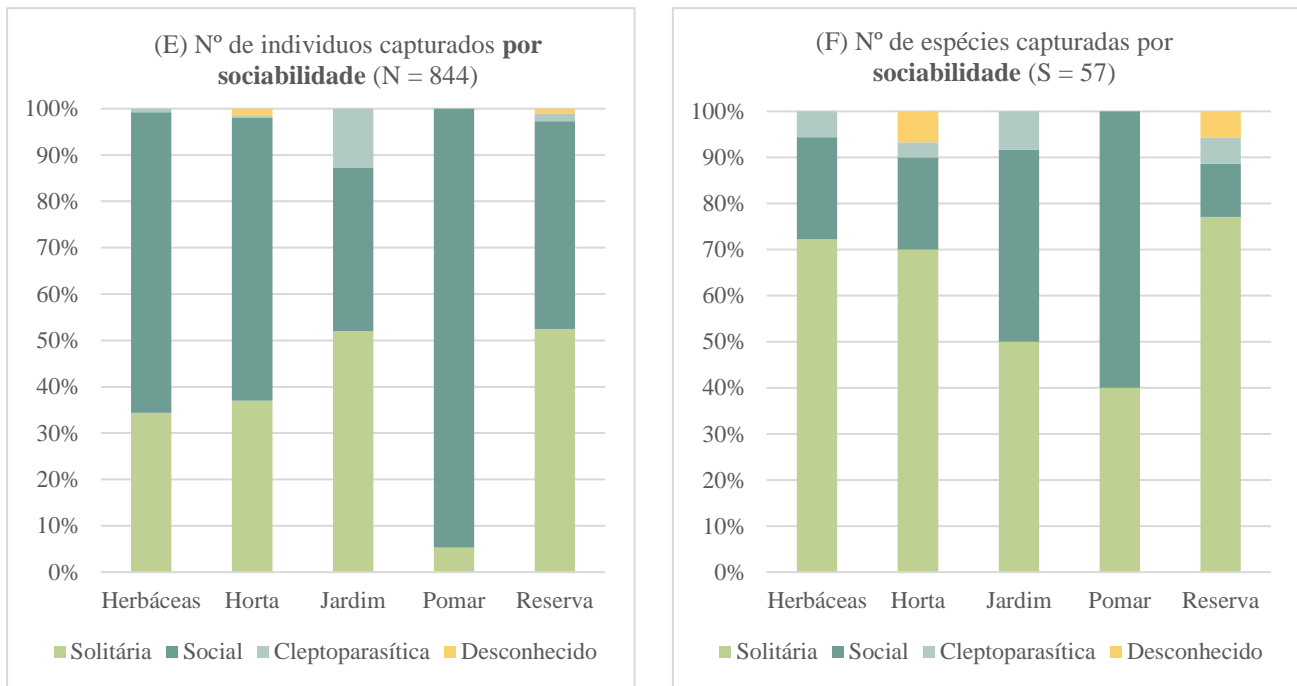


Fig. 14 (continuação) – Proporção dos exemplares e espécies capturados nas cinco parcelas de amostragem da Tapada da Ajuda: herbáceas do Almotivo, horta (Terra Grande), jardim do Pavilhão de Exposições, pomar de citrinos e Reserva Botânica: no que se refere às suas características ecológicas (cont.): **(E)** proporção do n° de exemplares capturados em função da sua sociabilidade; **(F)** proporção do n° de espécies capturadas nas em função da sua sociabilidade.

3.4. Índices de diversidade

Os valores médios dos índices de diversidade utilizados demonstram valores totais mais elevados na Reserva comparativamente com os outros locais amostrados da Tapada, nomeadamente Hortas da Terra Grande, Herbáceas do Almotivo, Jardim do Pavilhão de Exposições e Pomar de citrinos (Fig. 15). Registaram-se diferenças significativas no índice de Shannon entre Pomar de citrinos e Reserva Botânica (Teste Friedman: $T = -3,000$; $p = 0,027$; $n = 5$) e no índice de Simpson, também entre Pomar de citrinos e Reserva Botânica (Teste Friedman: $T = -2,900$; $p = 0,037$; $n = 5$). Não foram encontradas diferenças significativas nos locais amostrados utilizando o teste de Wilcoxon para amostras pareadas após a aplicação da correção de Benferroni (Anexo V).

O índice de equitabilidade utilizado apresentou os valores mais altos para a Reserva Botânica ($J = 0,83$) e Jardim do Pavilhão de Exposições ($J = 0,71$), enquanto que o Pomar de citrinos e as Hortas da Terra Grande tiveram os valores mais baixos ($J = 0,24$ e $J = 0,55$ respetivamente) (Anexo V).

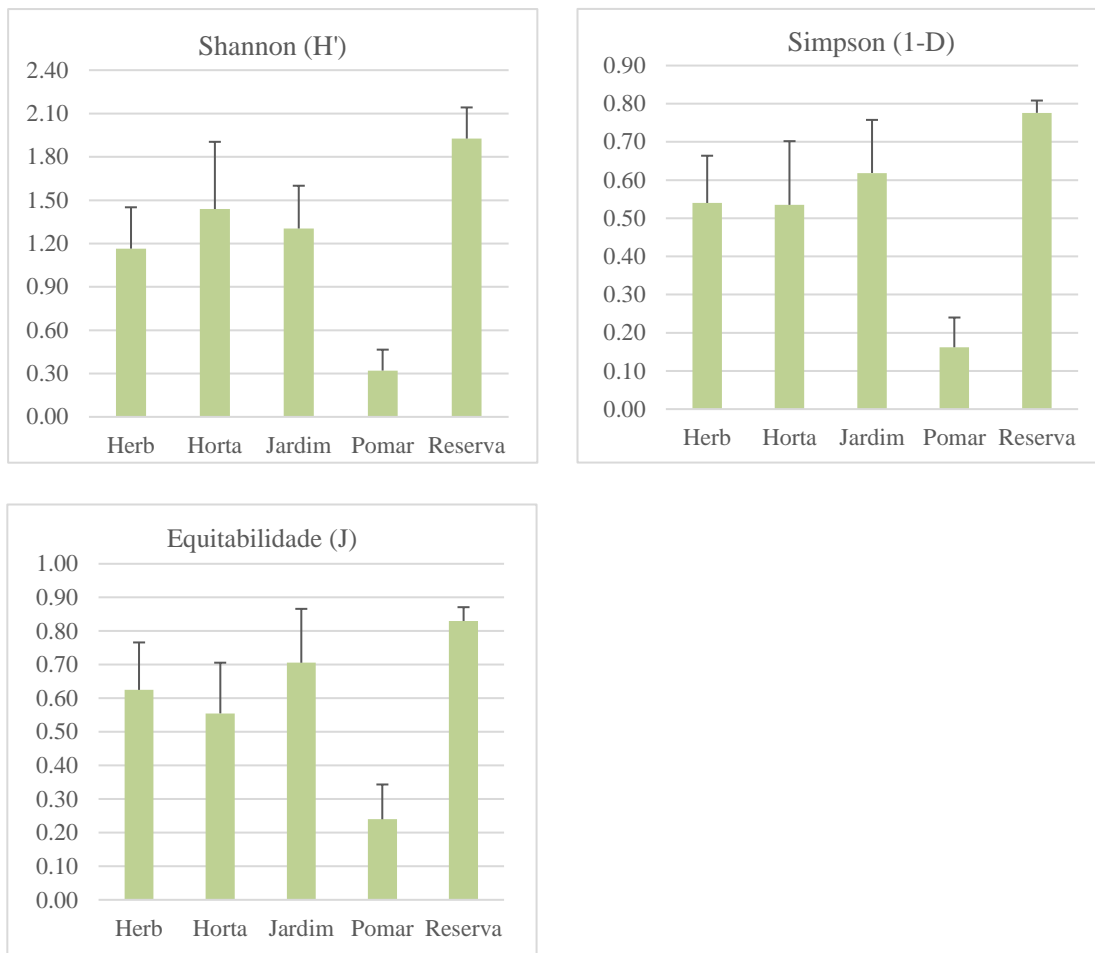


Fig. 15 – Valores médios dos índices de diversidade, Shannon, Simpson e equitabilidade ($S = 66$) por local de amostragem na Tapada da Ajuda.

3.5. Estimativas da riqueza específica

A curva de acumulação de espécies em função do esforço amostral (número de datas de amostragem), indica uma não-estabilização da riqueza específica de abelhas após 26 datas de amostragem. Isto sugere a existência de um maior número de espécies do que as 66 identificadas nos cinco locais amostrados da Tapada da Ajuda (Fig. 16, Anexo IV). Os estimadores de riqueza utilizados (Chao 1, Chao 2 e Jackknife 1) sugerem uma riqueza específica potencial entre 89 e 101, bastante acima do que foi observado no presente estudo (Fig. 17, Tabela 10, Anexo IV).

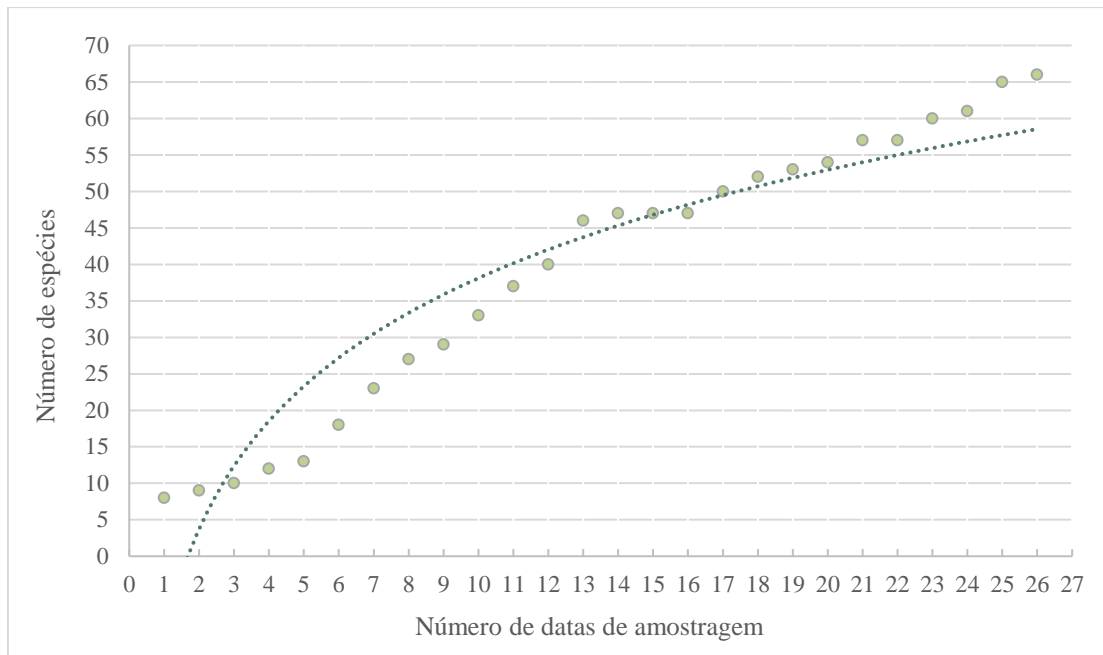


Fig. 16 – Curva de acumulação de espécies reflectindo a riqueza específica de abelhas em função de dados presença-ausência de espécie. As circunferências verdes representam os valores observados, e a curva azul a linha de tendência logarítmica.

Tabela 10 – Estimativa da riqueza específica de abelhas nos cinco locais amostrados da Tapada da Ajuda, consoante os três estimadores utilizados. Cálculo de *Percentage of true richness*, $PTR = (S_{est} / S_{obs}) * 100$ para cada um dos estimadores de riqueza.

Estimador de riqueza	Riqueza estimada	PTR (%)
Chao 1	93	141
Chao 2	101	153
Jackknife 1	89	135
Riqueza observada	66	100

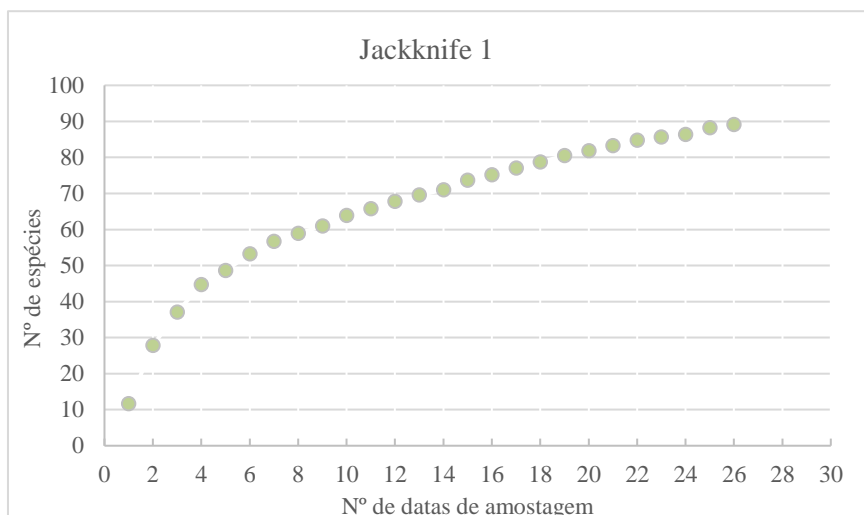
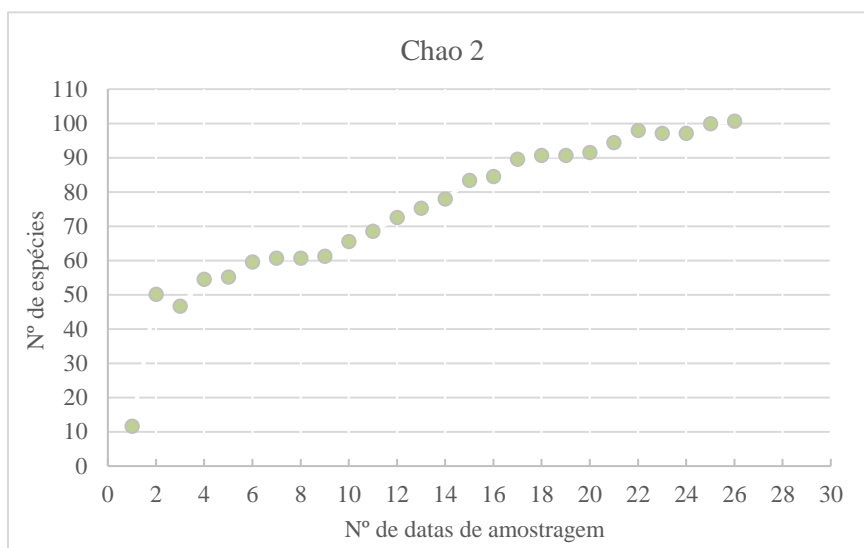
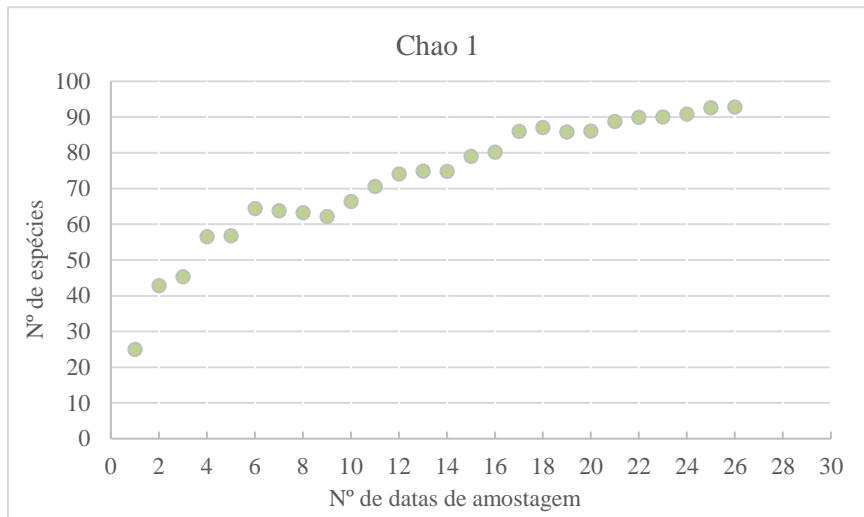


Fig. 17 - Curva de acumulação de espécies, reflectindo a riqueza específica de abelhas em função de dados presença-ausência de espécie, de acordo com os estimadores utilizados: Chao 1, Chao 2, Jackknife 1.

3.6. Interações abelha-planta

A interação abelha-flor mais frequentemente observada no período de amostragem principal foi *Anthidium manicatum* / *Stachys ocymastrum* (L.) entre maio e junho (Tabela 11), enquanto que no período de amostragem preliminar a interação mais frequente foi *Apis mellifera* / *Rosmarinus officinalis* (Tabela 12).

As espécies de abelha *Amegilla albigena*, *Andrena agillissima*, *Anthidium cingulatum*, *A. oblongatum*, *Hoplitis adunca* e *H. benoisiti* e machos da espécie *Halictus scabiosae* foram observados a visitar apenas uma espécie de planta durante o período de amostragem principal (Tabela 11).

Tabela 11 - Registo de interações abelha-flor observadas durante o período principal de amostragem: [Classe 1] : ≤ 10 observações ; [Classe 2] : 11-20 observações ; [Classe 3] : 21-30 observações ; [Classe 4] : ≥ 31 observações. Legenda dos locais de amostragem: herbáceas (He), horta (Ho), jardim (Ja), pomar de citrinos (Po) e reserva (Re).

ABELHA	PLANTA	COR FLOR	CLASSE DE OBSERVAÇÕES	PERÍODO OBSERVAÇÃO	LOCAIS
<i>Amegilla albigena</i> ^a	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.,(1768)	roxa	[Classe 2]	Junho Julho	Ho
<i>Andrena agillissima</i> ^a	<i>Brassica oleracea</i> Moench	branca	[Classe 1]	Maio	Ho
<i>Andrena</i> spp.	<i>Sinapis arvensis</i> L.	amarela	[Classe 3]	Março Abril Maio	Re
<i>Anthidium cingulatum</i> ^a	<i>Ononis ramosissima</i> L.	amarela	[Classe 1]	Junho	Re
<i>Anthidium manicatum</i>	<i>Stachys ocymastrum</i> (L.) Briq.	branca	[Classe 4]	Maio Junho	Ho
<i>Anthidium oblongatum</i> ^a	<i>Ononis ramosissima</i> L.	amarela	[Classe 1]	Junho	Re
<i>Anthophora plumipes</i>	<i>Vinca difformis</i> Pourr.	roxa	[Classe 3]	Março Abril	Ja
<i>Anthophora plumipes</i>	<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	amarela	[Classe 2]	Março Abril	Ja
<i>Bombus ruderatus</i>	<i>Hedysarum coronarium</i> L.	encarnada	[Classe 3]	Maio Junho	Re, Ho, He
<i>Bombus terrestris</i>	<i>Hedysarum coronarium</i> L.	encarnada	[Classe 3]	Maio Junho	Re, Ho, He
<i>Eucera codinai</i> ♂	<i>Vinca difformis</i> Pourr.	roxa	[Classe 3]	Março Abril	Ja
<i>Eucera notata</i> ♂	<i>Vinca difformis</i> Pourr.	roxa	[Classe 3]	Março Abril	Ja
<i>Halictus scabiosae</i> ♀	<i>Cynara cardunculus</i> L.	roxa	[Classe 3]	Junho Julho	Ho
<i>Halictus scabiosae</i> ♂ ^a	<i>Origanum vulgare</i> Hoffmanns. & Link	branca	[Classe 2]	Julho	Ho
<i>Hoplitis adunca</i> ^a	<i>Echium tuberculatum</i> Hoffmanns. & Link	roxa	[Classe 2]	Maio Junho	Re
<i>Hoplitis benoisiti</i> ^a	<i>Echium tuberculatum</i> Hoffmanns. & Link	roxa	[Classe 1]	Maio	Re
<i>Hyaleus pictipes</i>	<i>Sinapis arvensis</i> L.	amarela	[Classe 2]	Maio Junho	Re
<i>Lasioglossum malachurum</i>	<i>Cynara cardunculus</i> L.	roxa	[Classe 3]	Julho	Ho
<i>Megachile</i> spp.	<i>Galactites tomentosus</i> Moench	roxa	[Classe 2]	Maio Junho	Re, Ho, He
<i>Megachile</i> spp.	<i>Hedysarum coronarium</i> L.	encarnada	[Classe 2]	Maio Junho	Re, Ho, He
<i>Melecta albifrons</i>	<i>Vinca difformis</i> Pourr.	roxa	[Classe 3]	Março Abril	Ja
<i>Osmia</i> spp.	<i>Hedysarum coronarium</i> L.	encarnada	[Classe 3]	Maio Junho	Re, Ho, He

^a espécie apenas observadas a visitar referida planta durante o período de amostragem principal

Tabela 12 - Registo de interações abelha-flor observadas durante o período de amostragem preliminar: [Classe 1] : ≤ 10 observações ; [Classe 2] : 11-20 observações ; [Classe 3] : 21-30 observações ; [Classe 4] : ≥ 31 observações.

ABELHA	PLANTA	COR FLOR	Nº OBSERVAÇÕES	PERÍODO OBSERVAÇÃO	LOCAIS
<i>Amegilla quadrifasciata</i> ^a	<i>Lantana camara</i> L.	amarela	[Classe 1]	Setembro Outubro	Jardim
<i>Anthidium manicatum</i> ^a	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	roxa	[Classe 1]	Setembro	Jardim
<i>Apis mellifera</i> ^b	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	roxa	[Classe 4]	Setembro Novembro	Jardim
<i>Colletes sp</i> ^a	<i>Maurocena frangularia</i> Pers.	branca	[Classe 1]	Outubro	Edifício ISA
<i>Megachile ericetorum</i> ^a	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	roxa	[Classe 1]	Setembro Outubro	Jardim

^a espécie apenas observadas a visitar referida planta durante o período de amostragem preliminar

^b foram observadas mais de 50 abelhas-do-mel a visitar *R. officinalis* durante período de amostragem preliminar

3.7. Sazonalidade

No que se refere à sazonalidade, maio e junho foram os meses que apresentaram maior número de géneros e espécies capturados, seguidos de abril, julho e março (Tabela 13). No mês de maio foram capturados um total de 16 géneros e 35 espécies, enquanto que em junho, apesar de ter sido capturado o mesmo número de géneros, foram identificadas menos duas espécies. O mês de março foi o que apresentou menor diversidade no período de amostragem, com sete géneros e 12 espécies capturadas.

Os géneros *Apis* e *Bombus* foram capturados em todos os meses do período principal de amostragem. Já os géneros *Panurgus*, *Panurginus* e *Heriades* foram capturados apenas nos meses de junho, abril e julho, respetivamente. Por outro lado, o género *Colletes* foi capturado apenas durante o estudo preliminar, em outubro (Tabela 13).

O número de espécies capturadas ao longo dos meses de amostragem, mostra um pico de diversidade em maio para a Herbáceas do Almotivo, Hortas da Terra Grande e Reserva Botânica. Já o Pomar de citrinos e o Jardim do Pavilhão de Exposições tiveram a maior riqueza específica em março (Fig. 18). Em relação à abundância sazonal, as Herbáceas do Almotivo, Hortas da Terra Grande e Reserva Botânica também apresentaram o maior número de abelhas capturadas em maio, enquanto que o Pomar de citrinos registou mais abelhas em abril e o Jardim do Pavilhão de Exposições, em março (Fig. 19).

Tabela 13 – Sazonalidade dos géneros e espécies capturados nos locais amostrados da Tapada da Ajuda nos períodos de amostragem preliminar e principal (não se realizaram observações entre dezembro e fevereiro).

Género	Meses											
	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.	
<i>Amegilla</i>	x	x								x	x	
<i>Andrena</i>							x	x	x	x		
<i>Anthidium</i>	x	x							x	x	x	
<i>Anthophora</i>							x	x	x			
<i>Apis</i>	x	x	x				x	x	x	x	x	
<i>Bombus</i>			x				x	x	x	x	x	
<i>Ceratina</i>			x						x	x	x	
<i>Colletes</i>		x										
<i>Eucera</i>							x	x	x	x		
<i>Halictus</i>								x	x	x	x	
<i>Heriades</i>											x	
<i>Hoplitis</i>									x	x		
<i>Hylaeus</i>									x	x	x	
<i>Lasioglossum</i>								x	x	x	x	
<i>Megachile</i>		x							x	x	x	
<i>Melecta</i>							x	x				
<i>Nomada</i>								x	x			
<i>Osmia</i>								x	x	x	x	
<i>Panurginus</i>								x				
<i>Panurgus</i>										x		
<i>Rhodanthidium</i>								x	x	x	x	
<i>Xylocopa</i>							x	x	x	x		
Total de géneros	3	5	3	-	-	-	7	13	16	16	12	
Total de espécies	3	5	3	-	-	-	12	26	35	33	20	

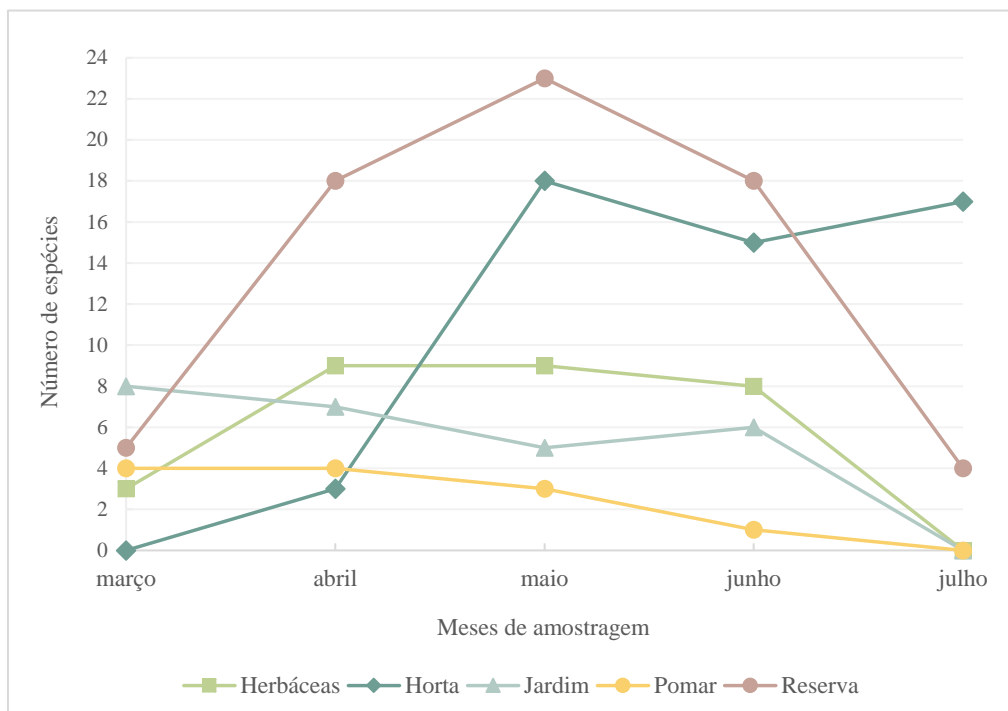


Fig. 18 - Número de espécies de abelhas capturadas em cada um dos locais amostrados na Tapada da Ajuda: Herbáceas do Almotivo (quadrado verde), Hortas da Terra Grande (azul escuro), Jardim do Pavilhão de Exposições (triângulo azul claro), Pomar de citrinos (círculo amarelo), Reserva Botânica (círculo roxo) ao longo do período de amostragem principal (março-julho).

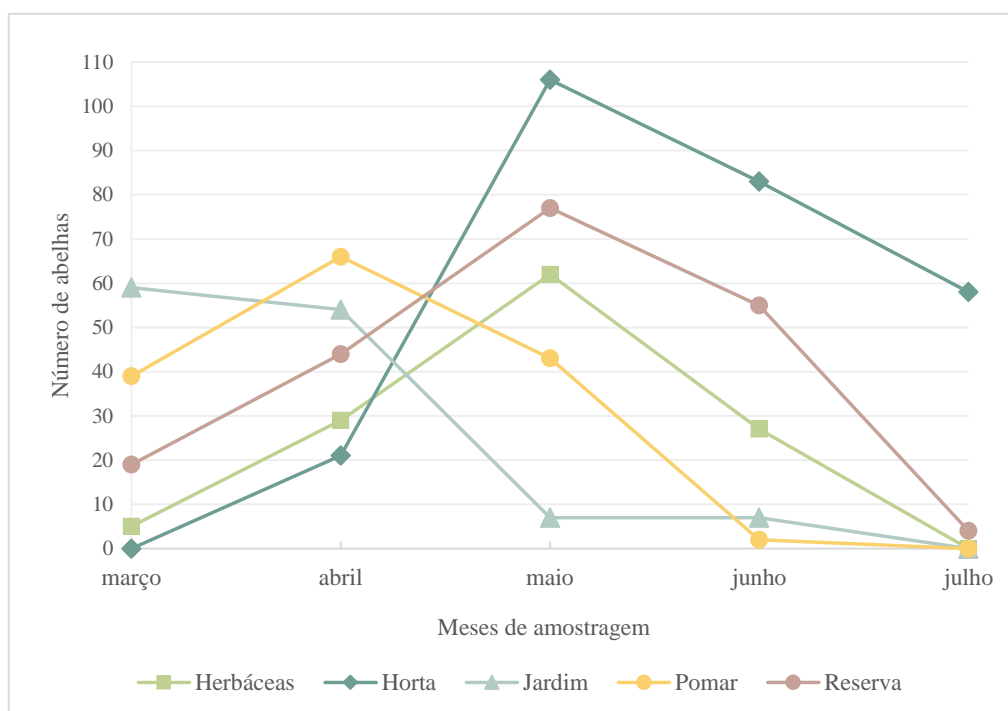


Fig. 19 – Abundância de abelhas capturadas em cada um dos locais amostrados na Tapada da Ajuda: Herbáceas do Almotivo (quadrado verde), Hortas da Terra Grande (azul escuro), Jardim do Pavilhão de Exposições (triângulo azul claro), Pomar de citrinos (círculo amarelo), Reserva Botânica (círculo roxo) ao longo do período de amostragem principal (março-julho).

4. Discussão

4.1. Diversidade e abundância de abelhas

Uma das primeiras observações a considerar em termos de abundância foi o elevado número de abelha-do-mel registado, pois 44% (392 exemplares) dos exemplares capturados foram *A. mellifera* (Tabela 6, Tabela 7). É provável que grande parte destes exemplares sejam provenientes do Posto Apícola, já que estas abelhas podem dispersar até 1 km para encontrar alimento (Joana Godinho, com. pes., 2016). As espécies não-*Apis* mais frequentes, *Xilocopa violacea*, *Bombus terrestris*, *B. ruderatus* e *Rodanthidium sticticum*, são, de acordo com Baldock *et al.* (por publicar), espécies bastante comuns e dispersas por todo o território português. Tiveram em comum o facto de serem generalistas florais, sendo que, por isso, podem-se alimentar de um grande espectro de flores; e ser de tamanho considerável (1,5 cm – 2,5 cm), o que provavelmente lhes permite percorrer grandes distâncias para encontrar alimento, como referiram, por exemplo, Gathmann & Tscharntke (2002) e Greenleaf *et al.* (2007).

As espécies capturadas representaram 65% a 74% do número de espécies estimadas nos locais estudados, de acordo com os estimadores de riqueza utilizados (Fig. 17, Tabela 10). De facto, o número de *singletons* representou 33% do total de espécies amostradas, possivelmente consequência do uso de um único método captura, pois de acordo com Williams *et al.* (2001), a captura intensiva de abelhas habitualmente traduz-se num baixo número de *singletons*, ainda que o período amostral inferior a um ano também possa ter sido uma das causas. Realmente, o valor de *singletons* obtido é um pouco elevado quando comparado com estudos em ambientes urbanos mais recentes (20% e 30%) que utilizaram mais do que um método de captura e tiveram um período de amostragem superior (Fetridge *et al.* 2008, Fortel *et al.* 2014). Isto sugere que a diversidade de abelhas nos cinco locais amostrados da Tapada da Ajuda pode ter sido subestimada por ter sido utilizado apenas um método de amostragem, neste caso, a rede entomológica, aleada ao curto espaço temporal de amostragem.

O facto de terem sido capturadas duas espécies de abelha presentes apenas fora do período de amostragem principal (*Colletes succinctus* e *Anthidium florentinum*) (Tabela 5) demonstra, também, a necessidade de um alargamento temporal e espacial do estudo, para uma maior precisão na determinação da verdadeira riqueza específica da Tapada da Ajuda.

Como esperado, a Reserva Botânica albergou o maior número de espécies de abelhas capturadas, não só por ser o local amostrado onde se verificou maior riqueza florística, mas também onde se registou a presença de um elevado número de espécies autóctones (Tabela 2, Frankie *et al.* 2005, Smith *et al.* 2006). Realmente esta relação número de espécies de abelhas / número de espécies vegetais em floração, pareceu enquadrar-se nos resultados obtidos (relativos à diversidade de abelhas) em todos os locais amostrados: o segundo local que registou maior diversidade de abelhas foram as Hortas comunitárias da Terra Grande que além de terem apresentado a segunda maior riqueza florística, também mostraram uma grande percentagem de espécies autóctones (Tabela 2). Mesmo a parcela de Herbáceas do Almotivo e o Jardim do Pavilhão de Exposições, que obtiveram riqueza específica de abelhas muito semelhantes (19 e 15, respetivamente) tiveram, também, um número muito similar de espécies vegetais em floração (13 e 11, respetivamente).

O número de espécies capturadas no presente estudo correspondeu a 10% das 663 espécies atualmente conhecidas em Portugal continental (Baldock *et al.* por publicar). Por comparação com o estudo de Tommasi *et al.* (2004), realizado em Vancouver, Canadá, que também teve a duração de um ano, utilizou exclusivamente rede entomológica e identificou 52 espécies (7% das espécies conhecidas no Canadá),

os dados obtidos sugerem que a Tapada da Ajuda pode albergar uma grande diversidade de abelhas. Por outro lado, estes dados não podem ser diretamente comparáveis, pois podem existir sempre diferenças metodológicas, além dos estudos terem sido realizados em países distintos, com um clima e topografia característicos associados.

À semelhança do que se verificou nos estudos de Fetridge *et al.* (2008) e Matteson *et al.* (2008) em jardins e hortas comunitárias, respetivamente, espécies das famílias Andrenidae e Colletidae foram relativamente escassas (Tabela 6). Por nidificarem habitualmente no solo, é provável que espécies da família Andrenidae não tenham encontrado condições ideais de nidificação, como será explicado mais à frente. Por outro lado, a família mais diversa no presente estudo, Megachilidae, alberga espécies que habitualmente nidificam em cavidades (Tabela 9). De facto, Cane *et al.* (2006) e Matteson *et al.* (2008) verificaram que abelhas que nidificam em cavidades tendem a prosperar em habitats urbanizados. Já a família Apidae foi a mais abundante, o que poderá ser explicado pela presença das espécies sociais *A. mellifera*, *B. terrestris* e *B. ruderatus* que foram muito comuns. Estes resultados divergem um pouco do estudo de Fortel *et al.* (2014) onde foram amostrados diferentes espaços verdes de Lyon, França, e na qual as famílias mais diversas e abundantes foram Halictidae e Apidae, enquanto que a menos diversa e abundante foi Megachilidae. Também no estudo de Banaszak-Cibicka & Żmihorski (2012) na cidade de Poznan, Polónia, a família Andrenidae foi a mais diversa e abundante, o que contrasta bastante com o que se verificou nos locais amostrados da Tapada da Ajuda. Como já referido anteriormente, não é possível uma comparação direta devido às múltiplas diferenças inerentes à metodologia utilizada, que podem ter resultado na subestimativa da riqueza específica, mas também pode ser que estas diferenças sejam resultantes de fatores climáticos e topográficos ou que os locais destes estudos possuam maior área de solo nu. Seria necessário um período de amostragem mais alargado e métodos adicionais para a confirmar estas diferenças.

Apesar da família Andrenidae ter sido pouco abundante, é interessante notar que o género *Andrena* tenha sido o mais diverso (11 espécies), ainda que nidifiquem maioritariamente no solo (Fig. 10, Tabela 9). Uma possível justificação prender-se-á com o facto deste género ser dos maiores dentro do grupo das abelhas (Apoidea), que é, também, o maior em Portugal (111 espécies deste género conhecidas no país), explicação que também se enquadraria para o caso de outros géneros observados neste estudo, nomeadamente *Panurginus* que conta com apenas duas espécies registadas em Portugal, tendo uma sido identificada no presente trabalho (Baldock *et al.* por publicar).

Não foram encontradas diferenças significativas entre os locais amostrados utilizando o teste de Wilcoxon, recorrendo posteriormente à correção de Bonferroni, o que se pode ter devido ao facto desta correção fazer com que o teste perca potência, isto é, se torne demasiado conservador, fazendo com que não se detectem diferenças significativas eventuais para nenhuns dos locais (Han *et al.* 2009) (Anexo V). No que se refere à homogeneidade das comunidades nos locais amostrados, os dados obtidos demonstraram que as comunidades de abelhas foram mais uniformes entre si, na Reserva Botânica, enquanto que o Pomar de citrinos apresentou a homogeneidade mais baixa (Fig. 15). É provável que esta tendência se tenha devido à elevada frequência da espécie mais frequente em todos os locais, *A. mellifera*, pois ainda que esta espécie tenha sido a mais comum na Reserva Botânica (36%), este local albergou uma grande variedade de outras espécies. Já no pomar de citrinos, *A. mellifera* representou 82% da abundância de abelhas (Tabela 5).

Ainda que a componente paisagista não tenha sido tida em conta no presente trabalho, é importante destacar que a Tapada da Ajuda está contígua a uma grande mancha verde com cerca de 900 ha, o Parque Florestal de Monsanto (Fig. 2B), o que poderá ter contribuído para a diversidade de abelhas existentes nos locais amostrados.

4.2. Características ecológicas das espécies capturadas

A maioria das espécies e dos indivíduos capturados apresentaram uma dieta de pólen generalista (Fig. 13), o que também se verificou nos estudos de Banaszak-Cibicka & Żmihorski (2012) e Matteson *et al.* (2008) realizados em ambientes urbanizados estrangeiros, embora com diferentes metodologias. Contudo, 24% das espécies identificadas (16 espécies) apresentaram uma dieta especialista, uma percentagem superior à dos estudos referidos acima (11% e 14%), Apesar de *Eucera notata* (especialista em Asteraceae) e *E. codinai* (em Fabaceae) terem sido as espécies especialistas mais frequentes, os exemplares observados foram machos a alimentar-se do néctar de *Vinca difformis* e *Oxalis pes-caprae*, plantas das famílias Apocynaceae e Oxalidaceae, respetivamente (Fig. 14, Tabela 11, Anexo I). Como acontece com muitas espécies de abelhas, é possível que as fêmeas destas espécies ainda não tivessem emergido ou estivessem a recolher pólen nas famílias das quais são especialistas e que não estavam presentes no local (Falk & Lewington 2015), neste caso o Jardim do Pavilhão de Exposições, no período de amostragem. A Reserva Botânica e as Hortas da Terra Grande apresentaram o maior número de espécies especialistas (11 e 8 espécies, respetivamente), o que seria de esperar, visto albergarem a maior riqueza florística dos locais amostrados, e na qual se poderão incluir plantas para as quais certas espécies de abelhas sejam especialistas (Frankie *et al.* 2005, Smith *et al.* 2006).

O facto de espécies pertencentes à família Andrenidae serem frequentemente especialistas (Ascher & Pickering 2014), poderá também explicar em parte, esta família não ter sido muito abundante no estudo (apenas 29 indivíduos identificados) (Tabela 6 e 9).

Relativamente à sociabilidade das abelhas capturadas, houve uma percentagem de espécies solitárias (72%) superior à observada por Banaszak-Cibicka & Żmihorski (2012) (65%), Fortel *et al.* (2014) (52%) e Matteson *et al.* (2008) (56%) que contrastou com uma percentagem de espécies sociais inferior ao dos mesmos estudos. Não se percebe bem a razão, pois de acordo com Feon *et al.* (2010) e Steffan-Dewenter *et al.* (2006) as abelhas solitárias são particularmente sensíveis ao isolamento e redução de habitat; contudo visto haver provavelmente uma subestimativa da abundância destas abelhas nos locais amostrados e de a Tapada da Ajuda não ter sido sujeita globalmente a amostra, a verdadeira tendência pode estar mascarada. Como mencionado anteriormente, estas diferenças também se podem dever a fatores climáticos e topográficos que divergem entre os países estudados. Apenas o Pomar de citrinos registou maior diversidade de abelhas sociais, o que pode ser explicado pela presença quase exclusiva de *A. mellifera* e *Bombus* spp., que são espécies sociais, nas flores de citrinos.

Já o número de espécies cleptoparasíticas representou apenas a 9% das 66 espécies capturadas (Tabela 9). Por comparação com os estudos europeus de Fortel *et al.* (2014) (17% das 291 espécies registadas no estudo de Lyon) e Banaszak-Cibicka & Żmihorski (2012) (13% das 104 registadas em Poznan), este valor fica um pouco abaixo do que seria de esperar. Apesar do número de espécies parasitas capturadas neste estudo poder não representar o número real de espécies presentes nos locais amostrados, visto haver aparentemente subestimativa da riqueza específica, poderá acontecer que muitas espécies parasitas não tenham encontrado as espécies hospedeiras que necessitam (Sheffield *et al.* 2013), ou que as suas hospedeiras não se encontrassem em abundância suficiente, como foi sugerido por Cane (2005). A espécie cleptoparasítica mais comum neste estudo foi *Melecta albifrons* que parasita ninhos de *Anthophora* spp., em particular *A. plumipes* (Ascher & Pickering 2014), espécie que foi bastante comum (Fig. 11, Tabela 7).

Quase metade da diversidade de abelhas capturadas nidifica em cavidades, o que sugere a existência de uma ampla gama de locais onde estas abelhas podem nidificar. Como Cane *et al.* (2006) e Matteson *et al.* (2008) já haviam referido, habitats urbanos fornecem uma grande variedade de locais onde estas

abelhas podem nidificar, tal como cercas e muros de materiais diversos (Fig. 12A, Fig. 13, Tabela 9). As Hortas da Terra Grande, Herbáceas do Almotivo e Reserva Botânica foram os locais que apresentaram maior diversidade e abundância de espécies de abelhas que nidificam em cavidades, mas visto ser de extrema dificuldade especificar o tipo de cavidades que determinada espécie escolhe, é difícil dizer que substratos podem ter potenciado esta diversidade nos locais referidos.

Por outro lado, espécies de abelhas que nidificam no solo representaram 42% da riqueza específica e 26% da abundância registada nos locais amostrados, o que de certa forma coincide com a baixa abundância de espécies da família Andrenidae, como referido anteriormente. Ainda que estes 26% tivessem sido superiores aos 25% dos exemplares capturados que nidificam em cavidades, importa referir que as espécies *Bombus terrestris* e *B. ruderatus* que nidificam no solo, são espécies sociais que foram muito abundantes no presente estudo, e que contribuíram efetivamente para a percentagem de indivíduos capturados (Tabela 6 e 9). De facto, o número e abundância de espécies que nidificam no solo tende a ser baixo em zonas urbanizadas (Fetridge *et al.* 2008, Antonini & Martins 2003, revisto por Matteson *et al.* 2008) e numa revisão Potts *et al.* (2005) sugerem que a quantidade de solo nu disponível pode influenciar as comunidades de abelhas que nidificam no solo no Mediterrâneo, característica ambiental que não foi considerada no presente trabalho. Nos estudos de Banaszak-Cibicka & Żmihorski (2012) e Fortel *et al.* (2014), realizados em cidades europeias, as percentagens de espécies de abelhas que nidificam no solo corresponderam a 65% e 55%, respetivamente, valores muito diferentes dos obtidos na Tapada da Ajuda. Uma vez mais, estes valores não podem ser comparados diretamente, devido às diferenças inerentes aos métodos usados e à geografia dos locais, mas acabam por ter um papel referencial por se tratarem de estudos das comunidades de abelhas em zonas urbanas europeias. A espécie não-*Bombus* que nidifica no solo mais frequente no presente estudo foi *L. malachurum* (Fig. 11, Tabela 9), mas sendo uma espécie social será de esperar que surjam em maior número que espécies solitárias (Fortel *et al.* 2014).

Curiosamente, foi no Jardim do Pavilhão de Exposições onde se registou maior proporção de indivíduos que nidificam no solo (Fig. 14), o que se deveu essencialmente ao elevado número de *Eucera codinai*, *E. notata* e *Anthophora plumipes*, registados no início da primavera, como já foi referido.

4.3. Gestão dos locais de amostragem

Durante o período de amostragem preliminar (setembro a novembro), numa altura do ano em que já toda a vegetação da Tapada da Ajuda se encontrava seca, é provável que os arbustos de *Lantana camara* e *Rosmarinus officinalis* presentes no Jardim amostrado tivessem fornecido o pouco néctar e pólen que ainda se encontrava disponível nas plantas em floração da Tapada para abelhas em atividade no final do verão (e.g. *Amegilla quadrifasciata*) (Tabela 5 e 13). Como já haviam sugerido McFrederick & LeBuhn (2006), os jardins em clima mediterrânico podem fornecer alimento às comunidades de abelhas durante os verões secos que lhes são característicos. Contudo, em outubro, o arbusto *L. camara* foi totalmente podado, deixando de providenciar alimento a *A. quadrifasciata* e, mais tarde, em novembro, o arbusto *R. officinalis* também sofreu uma poda de contenção, perdendo quase a totalidade das suas flores, deixando assim de fornecer alimento a *A. mellifera* e às abelhas silvestres *Anthidium manicatum* e *Megachile ericetorum*. Estas podas de contenção tiveram, como principal função, a salvaguarda da componente estética do jardim, o que, apesar de ser um dos objetivos centrais por quem gere espaços ajardinados, é importante ter em conta de que forma as intervenções poderão ter impacto na entomofauna polinizadora. O arbusto *R. officinalis*, por exemplo, foi podado exclusivamente por cobrir a separação de madeira que o delimitava da gravilha (Anabela Matos, com. pes., 2016).

Já os meses de março a abril corresponderam ao período em que se verificou uma maior abundância e diversidade de abelhas no Jardim do Pavilhão de Exposições, o que contrastou com os outros locais (Fig. 18 e 19). Apesar das interações abelha-planta não terem sido analisadas estatisticamente, as espécies presentes nesses meses foram atraídas por um arbusto de *Vinca difformis* associado a *Oxalis pes-caprae*. Nos meses seguintes, tanto a abundância como a riqueza específica no Jardim do Pavilhão de Exposições diminuíram, enquanto os restantes locais amostrados (excluindo Pomar de citrinos) registavam uma crescente diversidade e abundância de abelhas (Fig. 18 e 19). É provável que as espécies de abelhas observadas no início da primavera no Jardim do Pavilhão de Exposições se tratassem de abelhas que iniciam cedo a sua atividade, e o arbusto de *V. difformis* e *O. pes-caprae* tivessem fornecido o primeiro alimento a estas abelhas que começaram a sua atividade mais cedo (Tabela 13). Mas esta diminuição também se pode ter devido ao facto de as abelhas terem encontrado plantas em floração fora do Jardim do Pavilhão de Exposições, que foram mais atrativas entre maio, junho e julho, por serem, por exemplo, mais nutritivas em termos de pólen e néctar.

Sendo que a maioria dos estudos relacionados com a diversidade de abelhas nos últimos anos têm sido desenvolvidos em jardins e apresentaram resultados muito positivos, no sentido em que se registaram diversidades bastante elevadas destes polinizadores (e.g. David Baldock, com. pes., 2016), Fetridge *et al.* 2008), esperava-se que o Jardim do Pavilhão de Exposições tivesse registado uma maior riqueza específica do que se verificou (15 espécies). As razões mais prováveis prender-se-ão com o facto de as flores presentes não terem sido suficientemente atrativas para abelhas (seja devido à sua cor, pólen, néctar ou ao facto de não serem autóctones), à baixa diversidade florística, à impermeabilização do solo que impedirá a nidificação de abelhas que constroem ninhos abaixo da superfície e/ou à ausência de locais propícios à nidificação de abelhas que nidificam em cavidades.

O elevado número de abelhas capturados no Pomar de citrinos entre março e maio, composto essencialmente por *A. mellifera*, *B. ruderatus* e *B. terrestris*, é explicado pelo facto das flores de laranjeira e tangerineira do Pomar de citrinos terem estado em floração nesse período. De facto, os estudos de Malerbo-Souza *et al.* (2003) e Nascimento *et al.* (2011), realizados em pomares de citrinos, verificaram uma forte predominância de *A. mellifera* e outras abelhas sociais, embora tenham sido realizados fora de Portugal. As flores de citrinos, comparativamente com flores de macieira e pereira, aparentam não ser tão atrativas para uma grande diversidade específica de abelhas (Reis *et al.* 2013, Russo *et al.* 2015).

A intervenção no Pomar de citrinos que passou por manter a zona no seu interior livre de infestantes que pudessem competir por água e nutrientes com as árvores do pomar, limitando assim o surgimento de flores silvestres, provavelmente justificou o facto não terem sido registadas mais do que cinco espécies neste local. Abelhas, que não fossem *A. mellifera* ou *Bombus sp.*, não tiveram mais escolha na procura de alimento neste local, para além das flores de laranjeira, tangerineira e limoeiro.

Por depender inteiramente de fatores climáticos, e com o início das temperaturas altas de junho e ausência de chuva, grande parte da vegetação da Reserva secou, deixando de albergar espécies vegetais em floração, o que depois se refletiu na diminuição abrupta do número de espécies e de exemplares de abelha observados entre maio e julho (Fig. 18, Fig. 19, Anexo II). Por outro lado, porque os talhões ativos das Hortas da Terra Grande são periodicamente regadas, conseguiram suportar diversas espécies de plantas mesmo durante o período mais quente e seco do período de amostragem, nomeadamente junho e julho (Anexo II). Da mesma forma, as Hortas da Terra Grande puderam albergar ainda espécies de plantas que entram em floração a partir de junho, como foi o caso das plantas aromáticas *Lavandula angustifolia*, *Origanum vulgare*, *Mentha suaveolens* e *M. pulegium* (observação pessoal). Desta forma, algumas espécies vegetais aí presentes continuaram a fornecer alimento aos polinizadores, o que

permitiu a presença continuada de muitas abelhas no local, que de outra forma, provavelmente, não teriam como se alimentar. Isto poderá explicar o facto de as Hortas da Terra Grande terem apresentado uma diversidade de abelhas mais ou menos constante nos meses mais quentes e secos do período de amostragem principal e terem apresentado maior abundância entre maio e julho (Fig. 18, Fig. 19).

À semelhança da Reserva Botânica, o talhão amostrado de Herbáceas do Almotivo não sofreu intervenção humana durante a maior parte do período de amostragem (apenas em julho para remoção de vegetação seca) e a sua vegetação foi influenciada, sobretudo, por fatores climáticos. Isto poderá explicar a semelhança no padrão sazonal de diversidade e abundância de abelhas, entre a Reserva Botânica e as Herbáceas do Almotivo, no sentido em que em ambos os locais houve um pico de riqueza específica e abundância em maio, que depois caiu abruptamente entre maio e julho (Fig. 18, Fig. 19).

As plantas *Hedysarum coronarium* e *Galactites tomentosus*, presentes nas Herbáceas do Almotivo, Hortas da Terra Grande e Reserva Botânica, foram especialmente atrativas entre os meses de maio e julho (período em que estiveram em floração), principalmente para espécies dos géneros *Bombus*, *Osmia* e *Megachile* (Tabela 11). Embora seja difícil atribuir uma explicação no presente estudo, poderá acontecer que estas espécies espontâneas sejam particularmente ricas nos produtos alimentícios de que as abelhas necessitam, pólen e néctar, quando comparadas com as restantes plantas em floração existentes no mesmo período. Também, é possível que as flores destas espécies sejam ideais como pistas de aterragem, ou ainda que as cores correspondentes (vermelho e roxo), sejam mais atrativas, pois Reverté *et al.* (2016) referiram que as abelhas tendem a mostrar preferência por flores roxas. Já a espécie vegetal *Sinapis arvensis*, pertencente à família Brassicaceae, foi particularmente atrativa para os géneros de abelha *Andrena* e *Hylaeus*, relação que, à semelhança das outras mencionadas anteriormente, poderá prender-se com as características desta planta que sejam especialmente atrativas para estes grupos de abelhas.

Por outro lado, o elevado número de interações entre *Anthidium manicatum* e a espécie de planta *Stachys ocymastrum* nas Hortas da Terra Grande (Tabela 11) pode ser explicado pelo facto de as fêmeas desta espécie de abelha recolherem predominantemente tricomas deste género de plantas para nidificarem (Eltz *et al.* 2015). Ainda que tivessem sido observados ambos os sexos a interagir com a mesma planta, é possível que os machos estivessem estrategicamente por perto para terem uma oportunidade de acasalar com as fêmeas visitantes (observação pessoal).

Pelo facto deste estudo se ter realizado numa metrópole densamente povoada e com poucas áreas verdes, foi interessante observar de que forma tal se refletiu na diversidade e abundância de abelhas, e também extrapolar para a forma como um espaço verde no seio de uma urbanização, poderá contribuir para a conservação destes insetos.

4.4. Medidas a implementar para aumentar abundância e diversidade de abelhas

Após a realização do presente estudo, a autora sugere algumas propostas e medidas-chave que visam o melhoramento dos habitats da Tapada da Ajuda para as abelhas, que se listam em seguida.

- I. Realização de novos estudos relativos à diversidade de abelhas na Tapada da Ajuda, pois no presente estudo apenas cerca de 10% deste espaço foi amostrado e os resultados demonstraram haver uma clara subestimativa da riqueza, mesmo nos cinco locais amostrados com:
 - utilização adicional de pratos coloridos (*pan traps*), já que a metodologia utilizada pode ter sido uma das causas de subestimação da riqueza;

- amostragem de outros pomares presentes na Tapada;
 - foco nas várias componentes ambientais, que não foram tidas em conta no presente estudo tais como percentagem de cobertura vegetal, percentagem de solo nu disponível, dureza do solo e espaço aberto
 - caracterização de outros traços ecológicos de abelhas, tais como dimensões corporais e comprimento da língua (*glossa*)
- II.** Informação e sensibilização do público em geral, alertando para a importância da polinização biótica, que beneficia de uma grande diversidade de polinizadores e não de apenas uma espécie, pois existe um forte desconhecimento relativamente a abelhas não-*Apis mellifera*
- alertar para as ameaças que as abelhas enfrentam e como cada pessoa pode tomar medidas que beneficiem as populações de abelhas, através, por exemplo, da simples sementeira de plantas atrativas (*bee friendly plants*) nos seus jardins e quintais, apostando na sua diversidade, abundância e no facto de serem autóctones;
 - começar por divulgar informação relativa a abelhas silvestres em aulas do ensino superior – nomeadamente no âmbito dos cursos de biologia e das engenharias florestal e dos recursos naturais, agrónómica e do ambiente – e também nas visitas das escolas do ensino secundário ao ISA e dias abertos da universidade ao público em geral que decorrem anualmente;
 - criação de uma plataforma online onde constem todas as espécies de abelha descritas na Tapada da Ajuda e/ou em Lisboa, tendo como base o presente estudo e também a lista compilada por David Baldock, Thomas J. Wood, Ian Cross e Jan Smit;
 - criação da primeira plataforma portuguesa online onde constem todas as espécies de abelhas descritas até à data em Portugal e os distritos onde foram registadas, tendo como base a lista compilada por David Baldock, Thomas J. Wood, Ian Cross e Jan Smit.
- III.** Reavaliação das espécies vegetais ornamentais existentes no Jardim do Pavilhão de Exposições, pois apesar do seu carácter estético podem não ser suficientemente atrativas para as abelhas presentes na Tapada - inclusão de (mais) espécies vegetais autóctones e que sejam reconhecidamente procuradas por abelhas (*bee friendly plants*);
- IV.** Criação de locais de nidificação adicionais para abelhas silvestres:
- instalação de hotéis de abelhas em diversas áreas da Tapada, de forma de estudar as comunidades de abelhas e fornecer locais de nidificação adicionais a espécies que nidificam em cavidades pré-existentes, tais como *Osmia* spp. e *Anthidium* spp. Estes ninhos podem ser feitos manualmente, utilizando tubos de bambu de diferentes tamanhos ou comprando-os em lojas da especialidade;
 - criação de locais de terra sem vegetação / solo nu de forma a fornecer locais de nidificação a abelhas que nidificam no solo tendo como base o estudo de Gregory & Wright (2005) no Reino Unido.

5. Conclusão

Este estudo demonstrou uma elevada diversidade de abelhas nos cinco locais amostrados na Tapada da Ajuda, após terem sido identificadas 66 espécies, das quais oito são consideradas raras em Portugal: *Andrena aeneiventris*, *Anthidium cingulatum*, *Ceratina nigrolabiata*, *Hylaeus dilatatus*, *Lasioglossum perclavipes*, *Megachile ericetorum*, *M. fertoni* e *Osmia brevicornis*. Contudo de acordo com os estimadores de riqueza utilizados, é possível que o valor real de riqueza específica nestes locais ultrapasse as 100 espécies. Foram ainda identificadas duas espécies adicionais (*Colletes succinctus* e *Anthidium florentinum*) fora dos locais e período de amostragem principal. A Reserva Botânica apresentou o maior número de espécies de abelha registadas (44 espécies), seguida das Hortas da Terra Grande (32 espécies), talhão de Herbáceas do Almotivo (19 espécies), Jardim do Pavilhão de Exposições (15 espécies) e Pomar de citrinos (cinco espécies).

Megachilidae foi a família mais diversa, tendo albergado seis géneros e 23 espécies, mas a família Apidae foi a mais abundante. Já a família menos diversa e abundante foi Colletidae, com apenas duas espécies e respetivos nove indivíduos capturados. A espécie mais frequente foi a abelha-do-mel, *Apis mellifera*, que totalizou 44% dos indivíduos capturados. As espécies não-*Apis* mais frequentes foram *Xylocopa violacea* e *Bombus terrestris* (também pertencentes à família Apidae).

Relativamente às características ecológicas, a maioria das espécies capturadas no presente estudo nidificavam em cavidades, enquanto que a maioria dos exemplares capturados nidifica em colmeias. A maioria das espécies identificadas eram solitárias, e a maioria dos indivíduos, sociais. Em termos de especificidade floral, a maior parte das espécies e indivíduos apresentaram uma dieta generalista de pólen.

No que se refere à gestão dos locais amostrados, a rega e cultivo de uma grande variedade de plantas, mesmo durante o período mais seco do ano, influenciou positivamente a diversidade e abundância de abelhas nas Hortas da Terra Grande. Já a baixa riqueza florística resultante de podas e corte de infestantes, no Pomar de citrinos e no Jardim do Pavilhão de Exposições aparentam ter influenciado negativamente a diversidade de abelhas. O facto de a Reserva Botânica albergar um grande e diverso florístico, sem sofrer quase manutenção, contribuiu para a elevada diversidade e abundância de abelhas, até ao início do verão, altura em que as plantas começaram a secar. O talhão de Herbáceas do Almotivo composto apenas por vegetação espontânea, seguiu um padrão de diversidade e abundância sazonal de abelhas similares aos das Reserva, por depender exclusivamente de fatores climáticos, ainda que a diversidade de abelhas não tenha sido tão elevada, pois apresentou uma menor riqueza florística que a Reserva Botânica.

Dada a carência de estudos atualizados com foco na diversidade selvagem de abelhas em Portugal e no Mediterrâneo, aleada às crescentes ameaças que afetam este grupo de polinizadores, espera-se que o presente trabalho enriqueça o conhecimento em falta e que de alguma forma ajude a criar medidas que potenciem as suas populações. A Tapada da Ajuda pode representar um refúgio para muitas espécies de abelhas, por se encontrar inserida num grande centro urbano, podendo fornecer locais de nidificação e alimento que muitas abelhas provavelmente não teriam nas áreas circundantes mais urbanizadas.

6. Referências bibliográficas

- Ahrné K., Bengtsson J. & Elmqvist T.** (2009) Bumble Bees (*Bombus* spp) along a gradient of increasing urbanization. *PLoS ONE* 4: e5574
- Andersson E., Barthel S. & Ahrné K.** (2007) Measuring social-ecological dynamics behind the generation of ecosystem services. *Ecological Applications* 5: 1267–1278
- Antonini Y. & Martins R.P.** (2003) The flowering-visiting bees at the ecological station of the Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil. *Neotropical Entomology* 32: 565-575
- Arca M., Papachristoforou A., Agnès Rortais F.M., Monceau K., Bonnard O., Tardy P., Thiéry D. Silvain J-F & Arnold G.** (2014) Defensive behaviour of *Apis mellifera* against *Vespa velutina* in France: Testing whether European honeybees can develop an effective collective defence against a new predator. *Behavioural Processes* 106: 122–129
- Ascher J.S. & Pickering J.** (2014) Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). [Consultado: 20 de novembro de 2015] In http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species
- Baldock D., Wood T.J., Cross I. & Smith J.** (por publicar) A provisional list of the bees of Portugal - (Hymenoptera: Apoidea)
- Banaszak-Cibicka W. & Zmihorski M.** (2012) Wild bees along an urban gradient: winners and losers. *Journal of Insect Conservation* 16: 331–343
- Banaszak-Cibicka W.** (2013) Are urban areas suitable for thermophilic and xerothermic bee species (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes)? *Apidologie* 45: 145-155
- Blackmore L.M. & Goulson D.** (2014) Evaluating the effectiveness of wildflower seed mixes for boosting floral diversity and bumblebee and hoverfly abundance in urban areas. *Insect Conservation and Diversity* 7: 480–484
- Breeze T.D., Bailey A.P., Balcombe K.G. & Potts S.G.** (2011) Pollination services in the UK: How important are honeybees?. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142: 137-143
- Brittain C., Williams N., Kremen C. & Klein A.M.** (2013) Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences* 280: 1-7
- Brose U.** (2002) Estimating species richness of pitfall catches by non-parametric estimators. *Pedobiologia* 46: 101-107
- BWARS** (2016) Bees, Wasps & Ants Recording Society - Species Gallery & Accounts [Consultado: 4 de agosto de 2016] In <http://www.bwars.com/category/taxonomic-hierarchy/bee/>
- Cane J. H.** (2005) Chapter 5 Bees, pollination, and the challenges of sprawl 109-124 In Johnson E.A. & Klemens M.W. (eds.) *Nature in Fragments: the Legacy of Sprawl*. New York, USA, *Columbia University Press*: 400 pp

- Cane J. H., Minckley R.L., Kervin L.J., Roulston T.H. & Williams N.** (2006) Complex responses within a desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation. *Ecological Applications* 16: 632-644
- Carreck N. & Williams I.** (1998) The economic value of bees in the UK. *Bee World* 79: 115–123
- Colla S.R., Willis E. & Packer L.** (2009) Can green roofs provide habitat for urban bees (*Hymenoptera: Apidae*)? *Cities and the Environment* 2: 12 pp
- Collins G.A.** (por publicar) Key to the genera of British bees
- Colwell R.K.** (2016) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0. Accounts [Consultado: 11 de outubro de 2016] In: <http://viceroy.colorado.edu/estimates/>
- Coutinho V.** (2014) Tapada Da Ajuda: Contributo para o seu plano de ordenamento e gestão. Mestrado em Arquitetura Paisagista. *Instituto Superior de Agronomia* 81 pp
- Danforth B.N., Cardinal S.C., Praz C., Almeida E. & Michez D.** (2013) Impact of molecular data on our understanding of bee phylogeny and evolution. *Annual Review of Entomology* 58: 57-78
- Diniz M.A.** (1960) Estado actual do conhecimento dos Himenópteros portugueses. *Las Ciencias* 25: 211-224
- Ellis J.D., Evans J.D. & Pettis J.S.** (2010) Colony losses, managed colony population decline and Colony Collapse Disorder in the United States. *Journal of Apicultural Research* 49: 134–136
- Eltz T., Küttner J., Lunau K. & Tollrian R.** (2015) Plant secretions prevent wasp parasitism in nests of wool-carder bees, with implications for the diversification of nesting materials in Megachilidae. *Frontiers in Ecology and Evolution* 2: 1–7
- Falk S. & Lewington R.** (2015) Field Guide to the Bees of Great Britain and Ireland. London, UK, *British Wildlife Publishing* 432 pp
- Fetridge E.D. Ascher J.S. & Langellotto G.A.** (2008) The bee fauna of residential gardens in a suburb of New York City (Hymenoptera: Apoidea). *Annals of the Entomological Society of America* 101: 1067–1077
- Flora-On: Flora de Portugal Interativa** (2014) Sociedade Portuguesa de Botânica [Consultado: 14 de março a 30 de outubro de 2016] In www.flora-on.pt
- Fontaine C., Dajoz I., Mériguet J. & Loreau M.** (2006) Functional diversity of plant pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS Biology* 4: 129–135
- Fortel L., Henry M., Guilbaud L. Guirao A.L., Kuhlmann M., Mouret H., Rollin O. & Vaissière B.E.** (2014) Decreasing abundance, increasing diversity and changing structure of the wild bee community (Hymenoptera: Anthophila) along an urbanization gradient. *PloS ONE* 9: e104679
- Frankie G.W., Thorp R.W., Schindler M., Ertter B. & Rizzardi M.** (2005) Ecological patterns of bees and their host ornamental flowers in two northern California cities. *Journal of the Kansas Entomological Society* 78: 227–246

- Frankie G.W., Thorp R.W., Hernandez J.L., Rizzardi M., Ertter B., Pawalek J.C., Witt S.L., Schindler M. & Wojcik V.A.** (2009) Native bees are a rich natural resource in urban California gardens. *California Agriculture* 63: 113-120
- Fussell M. & Corbet S.A.** (1992) Flower usage by bumble-bees: a basis for forage plant management. *Journal of Applied Ecology* 29: 451–465
- Garibaldi A.L., Steffan-Dewenter I., Winfree R, Aizen M.A., Bommarco R., Cunningham S.A., Kremen C., Carvalheiro L.G., Harder L.D., Afik O., Bartomeus I., Benjamin F., Boreux V., Cariveau D., Chacoff N.P., Dudenhöffer J.H., Freitas B.M., Ghazoul J., Greenleaf S., Hipólito J., Holzschuh A., Howlett B., Isaacs R., Javorek S.K., Kennedy C.M., Krewenka K.M. , Krishnan S., Mandelik Y., Mayfield M.M., Motzke I., Munyuli T., Nault B.A., Otieno M., Petersen J., Pisanty G., Potts S.G., Rader R., Ricketts T.H., Rundlöf M., Seymour C.L., Schüepp C., Szentgyörgyi H., Taki H., Tscharrntke T., Vergara C.H., Viana B.F., Wanger T.C., Westphal C., Williams N. & Klein A.M.** (2013) Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science* 339: 1608–1611
- Gathmann A. & Tscharrntke T.** (2002) Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 71: 757–764
- Gibb H. & Hochuli D.F.** (2002) Habitat fragmentation in an urban environment: large and small fragments support different arthropod assemblages. *Biological Conservation* 106: 91–100
- Giles V. & Ascher J.S.** (2006) A survey of the bees of the Black Rock Forest Preserve, New York (Hymenoptera: Apoidea). *Journal of Hymenoptera Research* 15: 208 - 231
- Gill R.J., Ramos-Rodriguez O. & Raine N.E.** (2012) Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature* 491: 105–108
- Goddard M.A., Dougill A.J. & Benton T.** (2010) Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 90–98
- Gómez J.M., Bosch J., Perfectti F. & Fernández J. Abdelaziz M.** (2007) Pollinator diversity affects plant reproduction and recruitment: the tradeoffs of generalization. *Oecologia* 153: 597–605
- Google Maps** (2016) Google Maps [Consultado: 10 de outubro 2016] In <https://www.google.pt/maps/>
- Gostinski L.F., Carvalho G.C.A., Rêgo M.M.C. & Albuquerque P.M.C.** (2016) Species richness and activity pattern of bees (Hymenoptera, Apidae) in the restinga area of Lençóis Maranhenses National Park, Barreirinhas, Maranhão, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 40: 319–327
- Goulson D., Lye G.C. & Darvill B.** (2008) Decline and conservation of bumble bees. *Annual Review of Entomology* 53: 191–208
- Goulson D., Nicholls E., Botías C. & Rotheray E.L.** (2015) Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science* 347: e1255957
- Graham J.R., Tan Q., Jones L.C. & Ellis J.D.** (2014) *Native Buzz*: Citizen scientists creating nesting habitat for solitary bees and wasps. *Florida Scientist* 77: 2014-218

- Graham J.R.** (2016) National Geographic: For the first time, bees declared endangered in the U.S. *Entrevista* [Consultado: 13 de agosto 2016] In <http://news.nationalgeographic.com/2016/10/bees-endangered-species-hawaii-yellow-faced0/>
- Greenleaf S.S., Williams N.M., Winfree R. & Kremen C.** (2007) Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia* 153: 589–596
- Gregory S. & Wright I.** (2005) Creation of patches of bare ground to enhance the habitat of ground-nesting bees and wasps at Shotover Hill, Oxfordshire, England. *Conservation Evidence* 2: 139-141
- Grixti J.C., Wong L.T., Cameron S.A. & Favret C.** (2009) Decline of bumble bees (*Bombus*) in the North American Midwest. *Biological Conservation* 142: 75–84
- Hajjar R., Jarvis D.I., Gemmill-Herren B.** (2008). The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123: 261–270
- Han B., Kang H.M. & Eskin E.** (2009) Rapid and accurate multiple testing correction and power estimation for millions of correlated markers. *PLoS Genetics* 5: e1000456
- Herbertsson L., Lindström S.A.M., Rundlöf M., Bommarco R. & Smith H.G.** (2016) Competition between managed honeybees and wild bumblebees depends on landscape context. *Basic and Applied Ecology* 17: 609–616
- Hernandez, J.L., Frankie G.W. & Thorp R.W.** (2009) Ecology of urban bees: A review of current knowledge and directions for future study. *Cities and the Environment* 2: 1–15
- Holzschuh A., Steffan-Dewenter I. & Tscharntke T.** (2008) Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos* 117: 354–361
- Inoue M.N., Yokoyama J. & Washitani I.** (2008) Displacement of Japanese native bumblebees by the recently introduced *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Conservation* 12: 135–146
- ISA** (2015) Tapada da Ajuda [Consultado: 23 de setembro de 2015] In <https://www.isa.ulisboa.pt/visitantes/tapada-da-ajuda>
- Jenkis D.G & Carman K.** (2016) Comparing diversity to flower-bee interaction networks reveals unsuccessful foraging of native bees in disturbed habitats. *Biological Conservation* 202: 110-118
- Kadas G.** (2006) Rare invertebrates colonizing green roofs in London. *Urban Habitats* 4: 66-86
- Klein A.M., Steffan-Dewenter I. & Tscharntke T.** (2003) Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences* 270: 955–961
- Klein A.M., Vaissiere B.E., Cane J.H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S.A., Kremen C. & Tscharntke T.** (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences* 274: 303–313
- Klein A.M., Cunningham S.A., Bos M. & Steffan-Dewenter I.** (2008) Advances in pollination ecology from tropical plantation crops. *Ecology* 89: 935–943

- Kosior A., Celary W., Olejnikzak P., Fijal J., Krol W., Solarz W. & Plonka P.** (2007) The decline of the bumblebees and cuckoo bees (Hymenoptera: Apidae: Bombini) of western and central Europe. *Oryx* 41: 79–88
- Krebs C.J** (1989) *Ecological Methodology*. Vancouver, *Harper Collins Publishers*: 654 pp
- Kremen C. & Ricketts T.** (2000) Global perspectives on pollination disruptions. *Conservation Biology* 14: 1226–1228
- Krewenka K.M., Holzschuh A., Tschardt T. & Dormann C.F.** (2011) Landscape elements as potential barriers and corridors for bees, wasps and parasitoids. *Biological Conservation* 144: 1816–1825
- Leonhardt S.D., Gallai N., Garibaldi L.A., Kuhlmann M. & Klein A.M.** (2013) Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. *Basic and Applied Ecology* 14: 461–471
- Magurran A.** (2004) *Measuring biological diversity*. Malden, USA, *Wiley-Blackwell Science Ltd*, : 256 pp
- Malerbo-Souza D.T, Nogueira-Couto R.H. & Couto L.A.** (2003) Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio). *Brazilian journal of Veterinary Research and Animal Science* 40: 237-242
- Matsumura C., Yokoyama J. & Washitani I.** (2004) Invasion status and potential ecological impacts of an invasive alien bumblebee, *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) naturalized in Southern Hokkaido, Japan. *Global Environmental Research* 8: 51–66
- Matteson K.C., Ascher J.S. & Langellotto G.A.** (2008) Bee richness and abundance in New York city urban gardens. *Annals of the Entomological Society of America* 101: 140–150
- McFrederick Q.S. & LeBuhn G.** (2006) Are urban parks refuges for bumble bees *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae)?. *Biological Conservation* 129: 372–382
- McIntyre T., Jim J., Kilvert E. & MacRae M.** (2008) Bumble Bee - Hinterland Who's Who [Consultado: 25 de setembro de 2016] In <http://www.hww.ca/en/wildlife/invertebrates/bumblebees.html>?
- McKinney M.L.** (2008) Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban Ecosystems* 11: 161–176
- Michener C.D.** (1979) Biogeography of the bees. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 66: 277–347
- Michener C.D.** (2007) *The Bees of the World*, 2nd edition. Baltimore, MD. *The Johns Hopkins University Press*: 953 pp
- Nascimento E.T., Pérez-Maluf R., Guimarães R.A. & Castellani M.A.** (2011) Diversidade de abelhas visitantes das flores de *Citrus* em pomares de laranja e tangerina. *Revista Brasileira de Fruticultura* 3: 111-117

- Nielsen A., Steffan-Dewenter I., Westphal C., Messinger O., Potts S.G., Roberts S.P.M., Settele J., Szentgyörgyi H., Vaissière B.E., Vaitis M., Woyciechowski M., Bazos I., Biesmeijer J.C., Bommarco R., Kunin W.E., Tscheulin T., Lamborn E. & Petanidou T.** (2011) Assessing bee species richness in two Mediterranean communities: importance of habitat type and sampling techniques. *Ecological Research* 26: 969–983
- Nieto A., Roberts S.P.M., Kemp J., Rasmont P., Kuhlmann M., García C.M., Biesmeijer J.C., Bogusch P., Dathe H.H., De la Rúa P., De Meulemeester T., Dehon M., Dewulf A., Ortiz-Sánchez F.J., Lhomme P., Pauly A., Potts S.G., Praz C., Quaranta M., Radchenko V.G., Scheuchl E., Smit J., Straka J., Terzo M., Tomozii B., Window J. & Michez D.** (2014) European Red List of Bees. *Luxembourg: Publication Office of the European Union*: 98 pp [Consultado: 4 de dezembro de 2015] In http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/downloads/European_bees.pdf
- Osborne J.L., Martin A.P., Shortall C.R., Todd A.D., Goulson D., Knight M.E., Hale R.J. & Sanderson R.A.** (2008) Quantifying and comparing bumblebee nest densities in gardens and countryside habitats. *Journal of Applied Ecology* 45: 784–792.
- Patiny S., Michez D., Kuhlmann M., Pauly A. & Barbier Y.** (2009) Factors limiting the species richness of bees in Saharan Africa. *Bulletin of Entomological Research* 99: 337–346
- Pinto D.** (2015) Estudo de hábitos de nidificação de abelhas solitárias em ecossistemas agrários: O caso dos pomares de pêra Rocha no Oeste. Mestrado em Biologia da Conservação. *Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências* 117 pp
- Pollination Guelph** (2016) Pollination Guelph [Consultado: 20 de agosto de 2016] In <http://www.pollinationguelph.ca/>
- Potts S.G., Vulliamy B., Roberts S., O’Toole C., Dafni A., Ne’eman G. & Willmer P.** (2005) Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape. *Ecological Entomology* 30: 78-85
- Potts S.G., Petanidou T., Roberts S., O’Toole C., Hulbert A. & Wilmer P.** (2006) Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Biological Conservation* 129: 519-529
- Potts S.G., Roberts S.P.M., Dean R., Marris G., Brown M.A., Jones R., Neumann P. & Settele J.** (2010) Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research* 49: 15–22
- Quartau J.A. & Mathias M.L.** (2010) Chapter 4: Insects of the understorey in western Mediterranean forest landscape: a rich biodiversity under threat 133–142 In Harris E.L. & Davies N.E. *Insect Habitats: Characteristics, Diversity and Management*. New York, *Nova Science Publishers, Inc*: 195 pp
- Quistberg R.D., Bichier P. & Philpot S.M** (2016) Landscape and local correlates of bee abundance and species richness in urban gardens. *Environmental Entomology* 45: 1-10
- Reis C., Figueiredo E., Franco J.C. & Mexia A.** (2013) Enhancing pollination services through habitat management in pear orchards in the Oeste region, Portugal. *Operation Pollinator* 33 pp

- Reverté S., Retana J., Gómez J.M. & Bosch J.** (2016) Pollinators show flower colour preferences but flowers with similar colours do not attract similar pollinators. *Annals of Botany* 118: 1-9
- Ricketts T.H., Regetz J., Steffan-Dewenter I., Cunningham S.A., Kremen C., Bogdanski A., Gemmill-Herren B., Greenleaf S.S., Klein A.M., Mayfield M.M., Morandin L.A., Ochieng A. & Viana B.F.** (2008) Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters* 11: 499–515
- Roulston T.H., Smith S.A. & Brewster A.L.** (2007) A Comparison of pan trap and intensive net sampling techniques for documenting a bee (Hymenoptera: Apiformes) fauna. *Journal of the Kansas Entomological Society* 80: 179–181
- Russo L., Park M., Gibbs J. & Danforth B.** (2015) The challenge of accurately documenting bee species richness in agroecosystems: bee diversity in eastern apple orchards. *Ecology and Evolution* 17: 3531–3540
- Samnegård U., Persson A.S. & Smith H.G.** (2011) Gardens benefit bees and enhance pollination in intensively managed farmland. *Biological Conservation* 144: 2602–2606
- Sattler T., Borcard D., Arlettaz R., Bontdina F., Legendre P., Obrist M.K. & Moretti M.** (2010) Spider, bee, and bird communities in cities are shaped by environmental control and high stochasticity. *Ecology* 91 : 3343–3353
- Schmid-Hempel R., Eckhardt M., Goulson D., Heinzmann D., Lange C., Plischuk S., Escudero L.R., Salathé R., Scriven J.J. & Schmid-Hempel P.** (2013) The invasion of southern South America by imported bumblebees and associated parasites. *Journal of Animal Ecology* 83: 823–837
- Sheffield C.S., Pindar A., Packer L. & Kevan P.G.** (2013) The potential of cleptoparasitic bees as indicator taxa for assessing bee communities. *Apidologie* 44: 501-510
- Sih A., Bell A.M., & Kerby J.L.** (2004) Two stressors are far deadlier than one. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 274–276
- Smith R., Gaston K., Warren P. & Thompson K.** (2006) Urban domestic gardens (VIII): environmental correlates of invertebrate abundance. *Biodiversity and Conservation* 15: 2515–2545
- Spengler A., Hartmann P, Buchori D. & Schulze C.H.** (2011) How island size and isolation affect bee and wasp ensembles on small tropical islands: a case study from Kepulauan Seribu, Indonesia. *Journal of Biogeography* 38: 247–258
- Steffan-Dewenter I., Klein A.M., Gaebele V., Alfert T. & Tschardt T.** (2006) Chapter 17 Bee diversity and plant–pollinator inter-actions in fragmented landscapes In Waser N.M. & Ollerton J. Plant–pollinator interactions: from specialization to generalization. Chicago, *University of Chicago Press*: 488 pp
- Steffan-Dewenter I. & Westphal C.** (2008) The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. *Journal of Applied Ecology* 45: 737–741
- Thomson D.** (2004) Competitive interactions between the invasive european honey bee and native bumble bees. *Ecology* 85: 458–470

- Tommasi D., Miro A., Higo H.A. & Winston M.L.** (2004) Bee diversity and abundance in an urban setting. *The Canadian Entomologist* 136: 851–869
- Tonietto R., Fant J., Ascher J., Ellis K. & Larkin D.** (2011) A comparison of bee communities of Chicago green roofs, parks and prairies. *Landscape and Urban Planning* 103: 102–108
- Tscharntke T., Gathmann A. & Steffan-Dewenter I.** (1998) Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology* 35 : 708–719
- Walther-Hellwig K. Fokul G., Frankl R., Büchlere R., Ekschmitta K. & Wolters V.** (2006) Increased density of honeybee colonies affects foraging bumblebees. *Apidologie* 37: 517–532
- Westphal C., Steffan-Dewenter I. & Tscharntke T.** (2003) Mass-flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. *Ecology Letters* 6: 961–965
- Williams N.M, Minckley R.L. & Silveira F.A.** (2001) Variation in native bee faunas and its implications for detecting community changes. *Conservation Ecology* 5: [online] [Consultado: 2 de outubro de 2016]
- Williams N.M, Crone E.C., Roulston T.H., Minckley R.L, Packer L. & Potts S.G.** (2010) Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. *Biological Conservation* 143: 2280–2291
- Winfree R., Griswold T. & Kremen C.** (2007) Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. *Conservation Biology* 21: 213–233
- Winfree R., Williams N.M., Gaines H., Ascher J.S. & Kremen C.** (2008) Wild bee pollinators provide the majority of crop visitation across land-use gradients in New Jersey and Pennsylvania. *Journal of Applied Ecology* 45: 793–802
- Winfree R., Aguilar R., Vazquez D.P., LeBuhn G. & Aizen M.A.** (2009) A meta-analysis of bees' response to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90 : 2068–2076
- Winfree R., Gross BJ & Kremen C.** (2011) Valuing pollination services to agriculture. *Ecological Economics* 71: 80-88
- Zanette, L.R.S., Martins R.P. & Ribeiro S.P.** (2005) Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. *Landscape and Urban Planning* 71: 105-121
- Zurbuchen A., Landert L., Klaiber J., Müller A., Hein S. & Dorn S.** (2010) Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation* 143: 669–676

7. ANEXOS

ANEXO I – Listagem de espécies vegetais em floração nos locais de amostragem, registradas durante amostragens.

TALHÃO DE HERBÁCEAS		
Família	Espécie	Naturalidade
Apiaceae	<i>Daucus muricatus</i> (L.) L.	autóctone
Asteraceae	<i>Galactites tomentosus</i> Moench	autóctone
Asteraceae	<i>Chrysanthemum coronarium</i> L.	autóctone
Asteraceae	<i>Reichardia picroides</i> (L.) Roth	autóctone
Fabaceae	<i>Lathyrus tingitanus</i> L.	autóctone
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L.	autóctone
Fabaceae	<i>Hedysarum coronarium</i> L.	exótica
Malvaceae	<i>Lavatera trimestris</i> L.	autóctone
Poaceae	<i>Hordeum murinum</i> (Link) Arcang.	autóctone
Poaceae	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	exótica
Poaceae	<i>Avena barbata</i> (Tab.Morais) Romero Zarco	autóctone
Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i> L.	autóctone
Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum majus</i> L.	exótica

JARDIM DO PAVILHÃO DE EXPOSIÇÕES		
Família	Espécie	Naturalidade
Acanthaceae	<i>Acanthus mollis</i> L.	exótica
Amaryllidaceae	<i>Agapanthus</i> sp	exótica
Apocynaceae	<i>Vinca difformis</i> subsp. <i>difformis</i> Pourr.	autóctone
Cleomaceae	<i>Cleome hassleriana</i> L.	exótica
Convolvulaceae	<i>Ipomoea acuminata</i> (Koch & Ziz) Domin	exótica
Lamiaceae	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	autóctone
Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	exótica
Oxalidaceae	<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	exótica
Rosaceae	<i>Rosa</i> sp	
Verbenaceae	<i>Verbena</i> sp	exótica
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	exótica

Legenda: hexágono cinza – não foi possível determinar naturalidade da planta por não se saber a sua espécie

ANEXO I (continuação) – Listagem de espécies vegetais em floração nos locais de amostragem, registradas durante amostragens.

LISTAGEM DE PLANTAS - HORTA		
Família	Espécie	Naturalidade
Asteraceae	<i>Helichrysum italicum</i> subsp. <i>picardii</i> (Boiss. & Reut.) Franco	autóctone
Asteraceae	<i>Cynara cardunculus</i> L.	autóctone
Asteraceae	<i>Galactites tomentosus</i> Moench	autóctone
Asteraceae	<i>Lepidophorum repandum</i> L.	autóctone
Asteraceae	<i>Reichardia picroides</i> (L.) Roth	autóctone
Asteraceae	<i>Chamaemelum fuscatum</i> (Brot.) Vasc.	autóctone
Asteraceae	<i>Dimorphotheca ecklonis</i> (DC.) Norl.	exótica
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i> Moench	exótica
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	autóctone
Convolvulaceae	<i>Convolvulus sabatius</i> Viv.	autóctone
Fabaceae	<i>Pisum sativum</i> (M.Bieb.) Asch. & Graebn.	autóctone
Fabaceae	<i>Lathyrus sylvestris</i> L.	autóctone
Fabaceae	<i>Vicia</i> sp	
Fabaceae	<i>Hedysarum coronarium</i> L.	exótica
Geraniaceae	<i>Pelargonium</i> sp	exótica
Iridaceae	<i>Gladiolus</i> sp	exótica
Lamiaceae	<i>Micromeria graeca</i> (L.) Benth. ex Rechb.	autóctone
Lamiaceae	<i>Rosmarinus</i> sp L.	autóctone
Lamiaceae	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.,(1768)	autóctone
Lamiaceae	<i>Salvia</i> sp	
Lamiaceae	<i>Thymus capitellatus</i> Hoffmanns. & Link	autóctone
Lamiaceae	<i>Stachys ocymastrum</i> (L.) Briq.	autóctone
Lamiaceae	<i>Lavandula stoechas</i> subsp. <i>luisieri</i> Rozeira	autóctone
Lamiaceae	<i>Origanum vulgare</i> subsp. <i>virens</i> Hoffmanns. & Link	autóctone
Lamiaceae	<i>Mentha pulegium</i> L.	autóctone
Lamiaceae	<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.	autóctone
Linaceae	<i>Linum bienne</i> Mill.	autóctone
Oxalidaceae	<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	exótica
Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i> L.	autóctone
Rosaceae	<i>Fragaria</i> sp	exótica
Rutaceae	<i>Ruta chalepensis</i> L.	autóctone
Solanaceae	<i>Physalis</i> sp	exótica
Solanaceae	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	exótica
Solanaceae	<i>Lycianthes rantonnetii</i> (Carrière) Bitter	exótica

Legenda: hexágono cinza – não foi possível determinar naturalidade da planta por não se saber a espécie

ANEXO I (continuação) – Listagem de espécies vegetais em floração nos locais de amostragem, registradas durante amostragens.

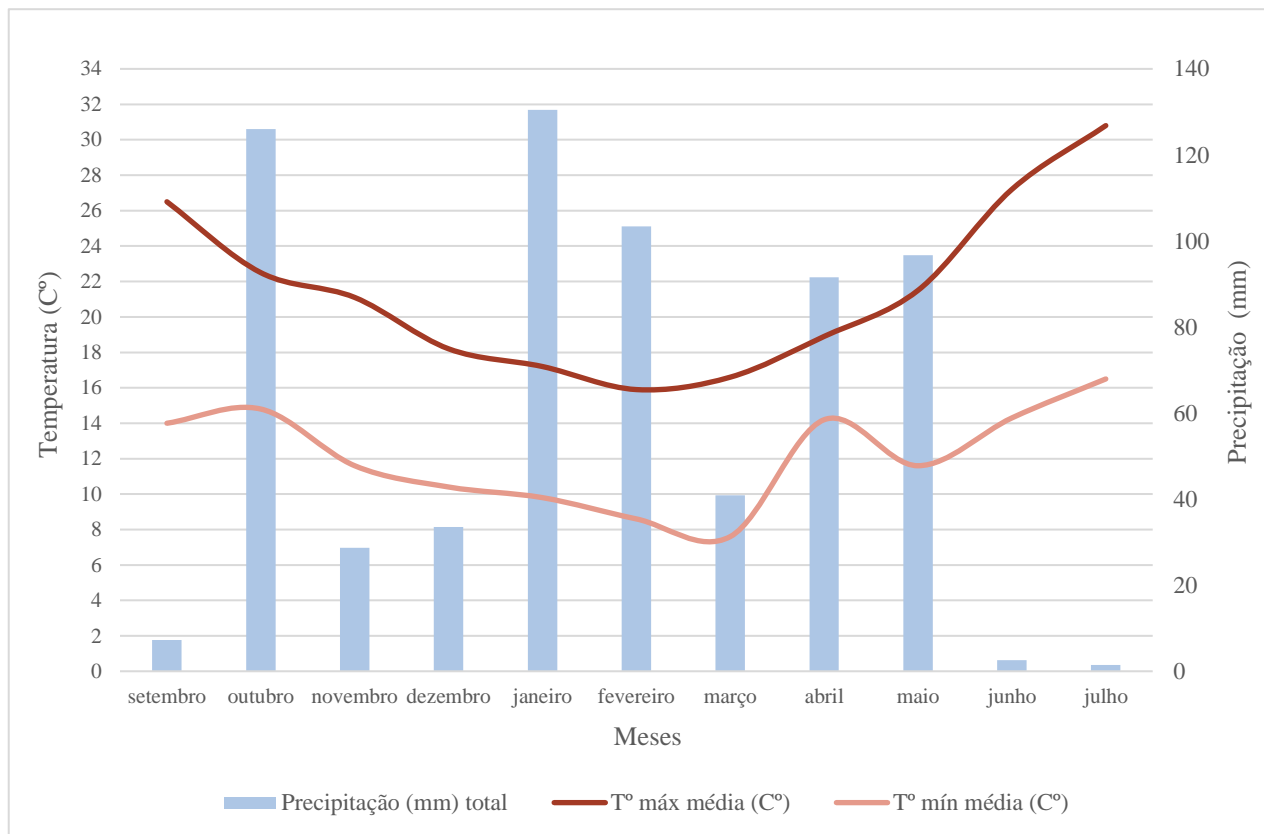
RESERVA BOTÂNICA		
Família	Espécie	Naturalidade
Anacardiaceae	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	autóctone
Apiaceae	<i>Foeniculum vulgare</i> L.	autóctone
Apiaceae	<i>Smyrniolum olusatrum</i> L.	autóctone
Araceae	<i>Arum italicum</i> Mill.	autóctone
Asparagaceae	<i>Asparagus albus</i> L.	autóctone
Asparagaceae	<i>Asparagus aphyllus</i> L.	autóctone
Asparagaceae	<i>Muscari comosum</i> (L.) Mill.	autóctone
Asparagaceae	<i>Ruscus acueatus</i> L.	autóctone
Asparagaceae	<i>Urginea maritima</i> (L.) Baker	autóctone
Asteraceae	<i>Aetheorhiza bulbosa</i> (L.) Cass.	autóctone
Asteraceae	<i>Bellis sylvestris</i> Cirillo	autóctone
Asteraceae	<i>Cynara humilis</i> L.	autóctone
Asteraceae	<i>Phagnalon saxatile</i> (L.) Cass.	autóctone
Asteraceae	<i>Chrysanthemum coronarium</i> L.	autóctone
Asteraceae	<i>Galactites tomentosus</i> Moench	autóctone
Asteraceae	<i>Chamaemelum fuscum</i> (Brot.) Vasc.	autóctone
Asteraceae	<i>Reichardia picroides</i> (L.) Roth	autóctone
Asteraceae	<i>Calendula arvensis</i> L.	autóctone
Boraginaceae	<i>Cynoglossum creticum</i> Mill.	autóctone
Boraginaceae	<i>Echium tuberculatum</i> Hoffmanns. & Link	autóctone
Brassicaceae	<i>Lobularia maritima</i> (L.) Desv. subsp. <i>maritima</i>	autóctone
Brassicaceae	<i>Sinapis arvensis</i> L.	autóctone
Cactaceae	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	exótica
Caprifoliaceae	<i>Lonicera etrusca</i> Santi	autóctone
Caryophyllaceae	<i>Silene latifolia</i> Poir.	autóctone
Caryophyllaceae	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke subsp. <i>vulgaris</i>	autóctone
Crassulaceae	<i>Sedum album</i> L.	autóctone
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia characias</i> L.	autóctone
Fabaceae	<i>Ononis ramosissima</i> L.	autóctone
Fabaceae	<i>Retama sphaerocarpa</i> L.	autóctone
Fabaceae	<i>Spartium junceum</i> L.	exótica
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L.	autóctone
Iridaceae	<i>Iris albicans</i> Lange.	exótica
Iridaceae	<i>Iris foetidissima</i> L.	autóctone
Iridaceae	<i>Iris subbiflora</i> Brot.	autóctone
Lamiaceae	<i>Calamintha nepeta</i> (L.) Savi subsp. <i>nepeta</i>	autóctone
Lamiaceae	<i>Micromeria graeca</i> (L.) Rchb. subsp. <i>graeca</i>	autóctone
Lamiaceae	<i>Origanum vulgare</i> L.	autóctone
Lamiaceae	<i>Phlomis lychnitis</i> L.	autóctone

ANEXO I (continuação) – Listagem de espécies vegetais em floração nos locais de amostragem, registadas durante amostragens.

RESERVA BOTÂNICA (continuação)		
Família	Espécie	Naturalidade
Lamiaceae	<i>Salvia verbenaca</i> L.	autóctone
Lamiaceae	<i>Teucrium iva</i> L.	autóctone
Lamiaceae	<i>Stachys ocymastrum</i> (L.) Briq.	autóctone
Malvaceae	<i>Lavatera trimestris</i> L.	autóctone
Oleaceae	<i>Phillyrea latifolia</i> L.	autóctone
Oxalidaceae	<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	exótica
Plantaginaceae	<i>Plantago lagopus</i> L.	autóctone
Poaceae	<i>Brachypodium phoenicoides</i> (L.) Roem. & Schult.	autóctone
Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>hispanica</i> (Roth) Nyman	exótica
Poaceae	<i>Hyparrhenia hirta</i> (L.) Stapf	autóctone
Poaceae	<i>Piptatherum miliaceum</i> (L.) Coss.	autóctone
Poaceae	<i>Poa bulbosa</i> L.	autóctone
Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i> L.	autóctone
Rhamnaceae	<i>Rhamnus alaternus</i> L.	autóctone
Rhamnaceae	<i>Rhamnus lycioides</i> L. subsp. <i>oleoides</i> (L.) Jahand. & Maire	autóctone
Rosaceae	<i>Agrimonia eupatoria</i> L.	autóctone
Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott var. <i>ulmifolius</i>	autóctone
Rosaceae	<i>Sanguisorba verrucosa</i> (Link ex G.Don) Ces	autóctone
Rubiaceae	<i>Rubia peregrina</i> L.	autóctone
Rutaceae	<i>Ruta chalepensis</i> L.	autóctone
Rutaceae	<i>Ruta montana</i> (L.) L.	autóctone
Smilacaceae	<i>Smilax aspera</i> L.	autóctone
Thymelaeaceae	<i>Daphne gnidium</i> L.	autóctone
Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum majus</i> L.	autóctone
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	exótica
Xanthorrhoeaceae	<i>Asphodelus lusitanicus</i> L.	autóctone

POMAR DE CITRINOS		
Família	Espécies	Naturalidade
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	exótica
Rutaceae	<i>Citrus × limon</i> (L.) Burm.f.	exótica
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	exótica

ANEXO II - Dados meteorológicos da Tapada da Ajuda, desde o período de amostragem preliminar (setembro a novembro) até ao período de amostragem principal (março a julho).



	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR ¹	MAI	JUN	JUL
T° máx média (C°)	26,5	22,5	21,1	18,2	17,2	15,9	16,6	18,9	21,5	27,2	30,8
T° mín média (C°)	14,0	14,8	11,6	10,4	9,8	8,6	7,6	14,2	11,6	14,3	16,5
Precipitação (mm)	7,3	126	28,7	33,5	130,5	103,4	40,9	91,6	96,7	2,6	1,5

¹No mês de abril, devido a falha de observação na estação da Tapada da Ajuda, foram utilizados os dados da estação de Gago Coutinho (IPMA)

Fonte: Estação meteorológica da Tapada da Ajuda, Lisboa; cortesia do professor Dr. Francisco Abreu (ISA/UL)

ANEXO III – Matriz de dados de presença/ ausência das espécies de abelhas capturadas no período de amostragem principal na Tapada da Ajuda

Espécie	DIAS DE AMOSTRAGEM																										TOTAIS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
<i>Amegilla albigena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	2	7
<i>Amegilla quadrifasciata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Andrena A</i>	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Andrena aeneiventris</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Andrena agilissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Andrena B</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Andrena C</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Andrena D</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Andrena E</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Andrena F</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Andrena lagopus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Andrena propinqua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Andrena similis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Anthidium cingulatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0	0	5
<i>Anthidium manicatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	4	5	3	4	3	2	0	4	3	0	4	38
<i>Anthidium oblongatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3
<i>Anthophora plumipes</i>	2	6	3	0	2	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
<i>Apis mellifera</i>	11	16	17	19	24	24	16	29	26	26	22	20	15	16	20	16	14	15	7	9	7	8	7	8	0	0	392
<i>Bombus lucorum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Bombus ruderatus</i>	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	2	3	4	6	4	1	1	2	0	1	31

ANEXO III (continuação) – Matriz de dados de presença/ ausência das espécies de abelhas capturadas no período de amostragem principal na Tapada da Ajuda.

Espécie (continuação)	DIAS DE AMOSTRAGEM																										TOTAIS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
<i>Bombus terrestris</i>	1	3	1	2	6	6	4	2	1	2	1	1	0	2	0	3	3	1	1	0	0	0	1	1	0	0	42
<i>Bombus vestalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Ceratina cucurbitina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4
<i>Ceratina nigrolabiata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
<i>Eucera codinai</i>	0	0	5	7	11	7	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
<i>Eucera nigrilabris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Eucera notata</i>	1	0	0	5	3	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	16
<i>Halictus fulvipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Halictus gemmeus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Halictus quadripartitus / crenicornis (A)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Halictus scabiosae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	3	5	4	0	20
<i>Heriades crenulatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
<i>Hoplitis adunca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	10
<i>Hoplitis benoisti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Hylaeus dilatatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Hylaeus pictipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	8
<i>Lasioglossum A</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	5
<i>Lasioglossum discum fertoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
<i>Lasioglossum interruptum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5

ANEXO III (continuação) – Matriz de dados de presença/ ausência das espécies de abelhas capturadas no período de amostragem principal na Tapada da Ajuda.

Espécie (continuação)	DIAS DE AMOSTRAGEM																										TOTAIS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
<i>Lasioglossum malachurum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	5	3	16
<i>Lasioglossum perclavipes</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Megachile centuncularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Megachile ericetorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	1	3	0	0	8
<i>Megachile fertoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Megachile lagopoda</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Megachile melanopyga</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Megachile pilidens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Megachile willughbiella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	4	2	2	0	0	0	1	0	0	0	17
<i>Melecta albifrons</i>	0	2	6	2	0	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
<i>Nomada A</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Nomada agrestis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Nomada basalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Nomada integra</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Osmia aurulenta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	2	0	0	0	0	11
<i>Osmia bicornis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Osmia brevicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Osmia caerulea</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	8
<i>Osmia latreillei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Osmia niveata</i>	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6

ANEXO III (continuação) – Matriz de dados de presença/ ausência das espécies de abelhas capturadas no período de amostragem principal na Tapada da Ajuda.

Espécie (continuação)	DIAS DE AMOSTRAGEM																										TOTALS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
<i>Osmia rufohirta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Osmia signata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Panurginus albopilosus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Panurgus calcaratus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Rhodanthidium septemdentatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	9
<i>Rhodanthidium sticticum</i>	0	0	0	0	0	2	0	1	0	3	2	2	4	2	2	1	1	3	0	1	0	2	1	1	0	0	28
<i>Xylocopa violacea</i>	1	2	0	1	1	1	3	4	1	3	6	2	6	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	38

ANEXO IV – Resultados do programa EstimateS, que foi utilizado para estimar a riqueza específica de abelhas nos locais amostrados da Tapada da Ajuda, durante os 26 dias de amostragem.

Samples	Individuals (computed)	S(est)	S(est) 95% CI Lower Bound	S(est) 95% CI Upper Bound	S(est) SD	S Mean (runs)	Singletons Mean	Singletons SD (runs)	Doubletons Mean	Doubletons SD (runs)	Uniques Mean	Uniques SD (runs)	Duplicates Mean	Duplicates SD (runs)
1	33,35	11,27	7,89	14,65	1,72	11,61	6,65	2,46	2,2	0,91	11,61	2,5	0	0
2	66,69	18,59	13,9	23,28	2,39	19,65	10,78	3,1	3,66	1,5	16,38	3,85	3,27	1,46
3	100,04	24,18	18,69	29,66	2,8	25,23	12,73	2,68	4,77	1,53	17,7	3,3	5,55	1,59
4	133,38	28,73	22,67	34,78	3,09	30,07	14,67	2,53	5,14	2,07	19,43	3,24	6,41	1,78
5	166,73	32,57	26,08	39,06	3,31	33,22	15,21	2,73	5,49	1,83	19,2	3,87	7,59	1,75
6	200,08	35,87	29,04	42,7	3,48	36,5	16,04	2,57	6,27	2,81	20,03	3,37	8,1	2,46
7	233,42	38,77	31,66	45,87	3,62	39,45	16,63	2,95	7,19	2,65	20,13	4	9,38	2,42
8	266,77	41,33	34,01	48,65	3,74	41,56	16,88	3,2	7,34	1,98	19,82	3,83	9,75	1,75
9	300,12	43,62	36,12	51,12	3,83	43,62	16,72	2,88	8,18	2,23	19,48	3,32	10,3	2,28
10	333,46	45,7	38,05	53,35	3,9	45,93	17,41	3	7,94	1,95	19,91	3,39	10,11	2,41
11	366,81	47,6	39,82	55,39	3,97	47,62	17,62	3,18	7,77	2,18	19,95	3,51	9,96	2,72
12	400,15	49,36	41,46	57,26	4,03	49,23	17,75	3,24	8,25	2,48	20,21	3,48	9,47	2,6
13	433,5	51,06	43,06	59,07	4,08	50,73	18,11	3,24	8,03	2,37	20,43	3,51	8,88	2,21
14	466,85	52,48	44,38	60,58	4,13	52	18,12	3,27	8,42	2,38	20,4	3,76	8,74	2,21
15	500,19	53,91	45,71	62,1	4,18	53,8	18,92	3,16	8,45	2,36	21,23	3,59	8,48	2,41
16	533,54	55,25	46,97	63,54	4,23	55,02	19,23	2,94	8,53	2,23	21,45	3,17	8,36	2,11
17	566,88	56,53	48,15	64,91	4,28	56,44	19,75	3,05	8,26	2,65	21,9	3,26	8,03	2,19
18	600,23	57,75	49,28	66,22	4,32	57,79	20,09	2,79	8,33	2,58	22,16	3,03	8,28	2,27
19	633,58	58,92	50,35	67,48	4,37	59,16	20,39	2,51	8,78	2,33	22,46	2,95	8,52	2,09
20	666,92	60,03	51,37	68,7	4,42	60,25	20,58	3,06	9,14	2,28	22,65	3,47	8,74	2,16

ANEXO IV (continuação) – Resultados do programa EstimateS, que foi utilizado para estimar a riqueza específica de abelhas nos locais amostrados da Tapada da Ajuda, durante os 26 dias de amostragem.

Samples	Individuals (computed)	S(est)	S(est) 95% CI Lower Bound	S(est) 95% CI Upper Bound	S(est) SD	S Mean (runs)	Singletons Mean	Singletons SD (runs)	Doubletons Mean	Doubletons SD (runs)	Uniques Mean	Uniques SD (runs)	Duplicates Mean	Duplicates SD (runs)
21	700,27	61,11	52,35	69,88	4,47	61,34	20,87	3,12	8,82	2,09	23,01	3,5	8,49	2,09
22	733,62	62,15	53,28	71,02	4,53	62,42	21,13	2,84	8,85	1,75	23,34	3,07	8,17	1,83
23	766,96	63,15	54,18	72,13	4,58	63,34	21,17	2,49	9,22	1,73	23,29	2,65	8,61	1,94
24	800,31	64,13	55,04	73,22	4,64	64,05	21,24	2,07	9,02	1,54	23,24	2,07	8,42	1,56
25	833,65	65,08	55,86	74,29	4,7	65,31	21,81	1,35	9,05	1,18	23,81	1,35	8,33	1,31
26	867	66	56,66	75,34	4,77	66	22	0	9	0	24	0	8	0

ANEXO IV (continuação) – Resultados do programa EstimateS, que foi utilizado para estimar a riqueza específica de abelhas nos locais amostrados da Tapada da Ajuda, durante os 26 dias de amostragem.

Samples	Chao 1 Mean	Chao 1 95% CI Lower Bound	Chao 1 95% CI Upper Bound	Chao 1 SD (analytical)	Chao 2 Mean	Chao 2 95% CI Lower Bound	Chao 2 95% CI Upper Bound	Chao 2 SD (analytical)	Jack 1 Mean	Jack 1 SD (analytical)	Jack 2 Mean	Jack 2 SD (runs)
1	25,01	14,29	83,43	13,81	11,61	18,37	18,37	0	11,61	0	0	0
2	42,84	24,69	129,67	21,62	50,11	27,65	144,26	24,68	27,84	1,66	27,84	4,95
3	45,34	30,43	103,7	15,81	46,65	31,57	98,08	14,77	37,03	2,36	42,01	6
4	56,55	36,97	135,57	21,08	54,44	37,73	108,09	15,81	44,64	3,15	52,22	7,1
5	56,78	39,84	118,31	17,19	55,12	40,33	100,94	13,72	48,58	3,28	56,68	9,05
6	64,39	43,98	145,09	21,69	59,47	44	107,46	14,35	53,19	3,76	62,23	7,87
7	63,76	46,6	123	16,91	60,6	46,61	102,28	12,69	56,7	4,14	65,5	9,99
8	63,28	48,31	111,82	14,25	60,66	48,06	97,99	11,4	58,9	4,07	67,5	9,79
9	62,17	49,45	102,94	12,03	61,23	49,57	96,06	10,6	60,94	4,1	69,08	8,38
10	66,38	52,45	110,36	13,06	65,51	52,57	103,89	11,71	63,85	4,2	72,59	8,57
11	70,6	54,89	120,5	14,78	68,47	54,66	109,7	12,55	65,76	4,25	74,74	9,11
12	74,08	56,78	132,38	16,82	72,49	57,05	118,68	14,04	67,76	4,32	77,42	8,95
13	74,86	58,38	127,33	15,52	75,18	59,03	123,04	14,62	69,59	4,29	79,99	9,24
14	74,82	59,35	123,09	14,41	77,94	60,74	129,17	15,61	70,94	4,3	81,51	10,07
15	79,03	61,98	131,91	15,83	83,37	63,78	141,69	17,77	73,61	4,55	85,19	9,78
16	80,16	63,26	131,86	15,57	84,46	65,01	142,05	17,59	75,13	4,64	87,07	8,8
17	85,98	65,94	148,84	18,72	89,46	67,54	155,14	19,95	77,05	4,7	89,73	9,24
18	87,06	67,33	147,96	18,26	90,59	68,84	155,7	19,79	78,72	4,85	91,49	8,42
19	85,84	68,1	138,99	16,15	90,66	70,01	150,85	18,51	80,44	4,94	93,33	8,25
20	86,14	69,08	136,29	15,37	91,46	71,16	149,74	18,05	81,77	4,96	94,7	9,45
21	88,77	70,72	141,73	16,24	94,4	72,93	155,87	19,06	83,25	5,08	96,78	9,3

ANEXO IV (continuação) – Resultados do programa EstimateS, que foi utilizado para estimar a riqueza específica de abelhas nos locais amostrados da Tapada da Ajuda, durante os 26 dias de amostragem.

Samples	Chao 1 Mean	Chao 1 95% CI Lower Bound	Chao 1 95% CI Upper Bound	Chao 1 SD (analytical)	Chao 2 Mean	Chao 2 95% CI Lower Bound	Chao 2 95% CI Upper Bound	Chao 2 SD (analytical)	Jack 1 Mean	Jack 1 SD (analytical)	Jack 2 Mean	Jack 2 SD (runs)
22	89,98	71,89	142,74	16,22	97,94	74,79	164,64	20,62	84,7	5,14	98,84	8,03
23	90	72,52	140,88	15,66	97,03	75,13	159,67	19,43	85,62	5,21	99,38	7,19
24	90,87	73,29	141,94	15,73	97,07	75,62	158,37	19,02	86,32	5,26	100,24	5,64
25	92,64	74,82	143,91	15,87	99,83	77,45	163,57	19,81	88,17	5,31	102,73	3,79
26	92,86	75,43	142,51	15,43	100,62	78,31	163,3	19,6	89,08	5,36	104,14	0

ANEXO V – Resultados do teste Wilcoxon para amostras pareadas, de forma a comparar os índices de diversidade Shannon e Simpson entre os cinco locais de amostragem da Tapada da Ajuda

Shannon	Herbáceas	Horta	Jardim	Pomar	Reserva
Março	0,95	0	1,77	0,56	1,31
Abril	1,69	0,38	1,53	0,82	2,13
Maió	1,60	1,99	1,48	0,22	2,40
Junho	1,58	2,29	1,75	0	2,41
Julho	0	2,53	0	0	1,39
Valor médio	1,16	1,44	1,30	0,32	1,93

Simpson	Herbáceas	Horta	Jardim	Pomar	Reserva
Março	0,56	0	0,80	0,27	0,66
Abril	0,72	0,18	0,74	0,45	0,77
Maió	0,69	0,73	0,73	0,09	0,84
Junho	0,73	0,86	0,82	0	0,86
Julho	0	0,90	0	0	0,75
Valor médio	0,54	0,54	0,62	0,16	0,78

Equitabilidade	Herbáceas	Horta	Jardim	Pomar	Reserva
Março	0,86	0,00	0,85	0,41	0,82
Abril	0,77	0,35	0,79	0,59	0,74
Maió	0,73	0,69	0,92	0,20	0,77
Junho	0,76	0,85	0,98	0,00	0,83
Julho	0,00	0,89	0,00	0,00	1,00
Valor médio	0,62	0,55	0,71	0,24	0,83

ANEXO V (continuação) – Resultados do teste Wilcoxon para amostras pareadas, de forma a comparar os índices de diversidade Shannon e Simpson entre os cinco locais de amostragem da Tapada da Ajuda

Teste Estatísticos – Shannon^a

	horta_Sh - herb_Sh	jardim_Sh - herb_Sh	pomar_Sh - herb_Sh	reserva_Sh - herb_Sh	jardim_Sh - horta_Sh
Z	-,135 ^b	-,730 ^b	-1,826 ^c	-2,023 ^b	-,135 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	,893	,465	,068	,043	,893

Teste Estatísticos - Shannon^a

	pomar_Sh - horta_Sh	reserva_Sh - horta_Sh	pomar_Sh - jardim_Sh	reserva_Sh - jardim_Sh	reserva_Sh - pomar_Sh
Z	-1,214 ^c	-1,214 ^b	-1,826 ^c	-1,753 ^b	-2,023 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,225	,225	,068	,080	,043

- a. Wilcoxon Signed Ranks Test
- b. Baseado em classificações (*ranks*) negativas.
- c. Baseado em classificações (*ranks*) positivas.

Teste Estatísticos - Simpson^a

	Horta_Si - Herb_Si	Jardim_Si - Herb_Si	pomar_Si - Herb_Si	Reserva_Si - Herb_Si	Jardim_Si - Horta_Si
Z	-,135 ^b	-1,826 ^b	-1,826 ^c	-2,023 ^b	,000 ^d
Asymp. Sig. (2-tailed)	,893	,068	,068	,043	1,000

Teste Estatísticos - Simpson^a

	pomar_Si - Horta_Si	Reserva_Si - Horta_Si	pomar_Si - Jardim_Si	Reserva_Si - pomar_Si	Reserva_Si - Jardim_Si
Z	-1,219 ^c	-1,095 ^b	-1,826 ^c	-2,032 ^b	-,944 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,223	,273	,068	,042	,345

- a. Wilcoxon Signed Ranks Test
- b. Baseado em classificações (*ranks*) negativas.
- c. Baseado em classificações (*ranks*) positivas.
- d. A soma das classificações (*ranks*) negativas é igual à soma das classificações positivas.

Cálculo da correção de Bonferroni

$$\alpha' = \frac{0,1}{10} = 0,01$$

não há nenhum par para o qual se verifique a condição $p < 0,01$

ANEXO V (continuação) – Pressupostos do teste Wilcoxon para os índices de diversidade Simpson e Shannon

Simpson			Estatística	
dif_Si_pom_herb	95% Intervalo de Confiança	Limite inferior	,0184	
	para Média	Limite superior	,7376	
	Mediana		,2900	

dif_Si_Jard_herb	95% Intervalo de Confiança	Limite inferior	-,1979	
	para Média	Limite superior	,0419	
	Mediana		-,0400	

dif_Si_reserv_herb	95% Intervalo de Confiança	Limite inferior	-,1238	
	para Média	Limite superior	,5958	
	Mediana		,1300	

dif_Si_pom_jard	95% Intervalo de Confiança	Limite inferior	-,8522	
	para Média	Limite superior	-,0598	
	Mediana		-,5300	

dif_Si_pom_reserv	95% Intervalo de Confiança	Limite inferior	,3136	
	para Média	Limite superior	,9144	
	Mediana		,7500	

Shannon			Estatística	
dif_Sh_pom_herb	95% Intervalo de Confiança	Limite inferior	-1,6648	
	para Média	Limite superior	-,0232	
	Mediana		-,8700	

dif_Sh_reserv_herb	95% Intervalo de Confiança	Limite inferior	,2575	
	para Média	Limite superior	1,2705	
	Mediana		,8000	

dif_Sh_reserv_jard	95% Intervalo de Confiança	Limite inferior	-,2227	
	para Média	Limite superior	1,4667	
	Mediana		,6600	

ANEXO V (continuação) – Pressupostos do teste Wilcoxon para os índices de diversidade Simpson e Shannon

dif_Sh_reserv_pom	95% Intervalo de Confiança	Limite inferior	,7652	
	para Média	Limite superior	2,4508	
	Mediana		1,3900	
dif_Sh_pom_jard	95% Intervalo de Confiança	Limite inferior	-1,8090	
	para Média	Limite superior	-,1630	
	Mediana		-1,2100	

ANEXO V (continuação) – Resultados do teste Friedman para os índices de diversidade Simpson e Shannon

Simpson

Total N	5
Test Statistic	9,500
Degrees of Freedom	4
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,050

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
Pomar_Sh-Herb_Sh	1,200	1,000	1,200	,230	1,000
Pomar_Sh-Hort_Sh	1,400	1,000	1,400	,162	1,000
Pomar_Sh-Jardim_Sh	1,400	1,000	1,400	,162	1,000
Pomar_Sh-Reserva_Sh	-3,000	1,000	-3,000	,003	,027
Herb_Sh-Hort_Sh	-.200	1,000	-.200	,841	1,000
Herb_Sh-Jardim_Sh	-.200	1,000	-.200	,841	1,000
Herb_Sh-Reserva_Sh	-1,800	1,000	-1,800	,072	,719
Hort_Sh-Jardim_Sh	,000	1,000	,000	1,000	1,000
Hort_Sh-Reserva_Sh	-1,600	1,000	-1,600	,110	1,000
Jardim_Sh-Reserva_Sh	-1,600	1,000	-1,600	,110	1,000

Shannon

Total N	5
Test Statistic	10,255
Degrees of Freedom	4
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,036

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
Pomar_Si-Herb_Si	,800	1,000	,800	,424	1,000
Pomar_Si-Hort_Si	1,400	1,000	1,400	,162	1,000
Pomar_Si-Jardim_Si	1,900	1,000	1,900	,057	,574
Pomar_Si-Reserva_Si	-2,900	1,000	-2,900	,004	,037
Herb_Si-Hort_Si	-.600	1,000	-.600	,549	1,000
Herb_Si-Jardim_Si	-1,100	1,000	-1,100	,271	1,000
Herb_Si-Reserva_Si	-2,100	1,000	-2,100	,036	,357
Hort_Si-Jardim_Si	-.500	1,000	-.500	,617	1,000
Hort_Si-Reserva_Si	-1,500	1,000	-1,500	,134	1,000
Jardim_Si-Reserva_Si	-1,000	1,000	-1,000	,317	1,000