

CAPÍTULO 1

CHAPTER 1

DESCRIÇÃO DA BIODIVERSIDADE TERRESTRE E MARINHA DOS AÇORES

DESCRIPTION OF THE TERRESTRIAL AND MARINE AZOREAN BIODIVERSITY

Autores (Authors)

**Paulo A. V. Borges¹, Joël Bried², Ana Costa³, Regina Cunha³, Rosalina Gabriel¹,
Vítor Gonçalves³, António Frias Martins³, Ireneia Melo⁴, Manuela Parente³,
Pedro Raposeiro³, Pedro Rodrigues³, Ricardo Serrão Santos², Luís Silva³,
Paulo Vieira⁵, Virgílio Vieira^{1,6}, Enésima Mendonça¹ & Mário Boieiro⁷**

¹ Azorean Biodiversity Group CITA-A, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores, 9700-042 Angra do Heroísmo, Portugal; *e-mails*: pborges@uac.pt; rgabriel@uac.pt.

² IMAR – Instituto do Mar, Departamento de Oceanografia e Pescas, Universidade dos Açores, 9901-962 Horta, Portugal; *e-mail*: ricardo@uac.pt.

³ CIBIO-Azores, Departamento de Biologia, Universidade dos Açores, Rua da Mãe de Deus, 9501-801 Ponta Delgada, Portugal; *e-mails*: accosta@uac.pt; rcunha@uac.pt; vitorg@uac.pt; frias@uac.pt; nelaparente@hotmail.com; raposeiro@uac.pt; pedrorodrigues@uac.pt; lsilva@uac.pt.

⁴ Jardim Botânico, Museu Nacional de História Natural, Universidade de Lisboa, Centro de Biologia Ambiental, R. da Escola Politécnica, 58, 1250-102, Lisboa, Portugal; *e-mail*: mimelo@fc.ul.pt.

⁵ NemaLab/ICAM, Departamento de Biologia, Universidade de Évora, 7002-554 Évora, Portugal; *e-mail*: pvieira@uevora.pt.

⁶ Departamento de Biologia, Universidade dos Açores, Rua de S. Gonçalo, Apartado 1422, 9501-801 Ponta Delgada, Portugal; *e-mail*: vvieira@uac.pt.

⁷ Centro de Biologia Ambiental, Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, R. Ernesto de Vasconcelos, Ed. C2, 2.º Piso, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal; *e-mail*: mboieiro@fc.ul.pt.

Resumo

1. Os Açores são um arquipélago isolado de nove ilhas oceânicas, pertence à região biogeográfica da Macaronésia e está entre as regiões mais ricas em fungos, plantas e animais da Europa. Este capítulo destaca o que sabemos sobre os fungos, a fauna e a flora dos *habitats* terrestres, dulçaquícolas e marinhos dos Açores.

2. Neste capítulo, são apresentadas as estimativas do número total de espécies e subespécies conhecidas actualmente nos Açores. Todos os grupos taxonómicos terrestres mais importantes foram analisados: fungos, líquenes, diatomáceas dulçaquícolas, briófitos (musgos, hepáticas e antocerotas), plantas vasculares (licófitas, fetos, gimnospérmicas e angiospérmicas), platelmintos (vermes), nemátodos, anelídeos (minhocas), moluscos terrestres (lesmas e caracóis), artrópodes (insectos, aracnídeos, milípedes, etc.) e vertebrados (peixes de água doce, anfíbios, répteis, aves e mamíferos). A presente obra inclui também espécies do ambiente marinho, como as algas (macroalgas), a maioria dos filos de invertebrados do litoral e os vertebrados marinhos (répteis, peixes e mamíferos). As listas de espécies e subespécies (Capítulos 2-15) são baseadas nos *taxa* identificados numa grande variedade de publicações, tendo essa informação sido compilada por um vasto grupo de especialistas.

3. Actualmente, o número total de *taxa* (espécies e subespécies) terrestres nos Açores está estimado em cerca de 6164 (cerca de 6112 espécies). A inclusão de uma listagem exaustiva das espécies de aves não-nidificantes e de uma listagem preliminar de espécies de aves potencialmente nidificantes acrescenta 325 espécies e subespécies ao total das espécies açorianas.

4. O número total de espécies e subespécies endémicas terrestres dos Açores é de cerca de 452 (411 espécies). Os animais são os mais diversos em endemismos, com 331 *taxa* (Arthropoda = 266; Mollusca = 49; Vertebrata = 14; Nematoda = 2), compreendendo cerca de 73% dos endemismos terrestres dos Açores. A percentagem de endemismo nos Mollusca (44%) é notável. As plantas vasculares contam com 73 endemismos, os Fungi (incluindo os líquenes) têm 34 e, tanto as diatomáceas dulçaquícolas como os briófitos, incluem sete espécies endémicas.

5. Quando comparada com os arquipélagos vizinhos da Macaronésia (Madeira e Canárias), a fauna

Abstract

1. The Azores is a remote oceanic archipelago of nine islands which belongs to the Macaronesia biogeographical region and is among the richest regions concerning fungi, plant and animal diversity in Europe. This chapter highlights what we know about the Azorean terrestrial, freshwater and marine Fungi, Flora and Fauna.

2. In this chapter we summarize the current estimates of the total number of species and subspecies presently known to occur in the Azores. The most important terrestrial taxonomic groups were studied: Fungi, Lichens, Bacillariophyta (freshwater diatoms), Bryophyta *sensu lato* (mosses, liverworts and hornworts), vascular plants – Tracheobionta, including Lycopodiophyta (quillworts), Pteridophyta (ferns), Pinophyta (gymnosperms) and Magnoliophyta (angiosperms), Platyhelminthes (flatworms), Nematoda (roundworms), Annelida (earthworms), Terrestrial Mollusca (slugs and snails), Arthropoda (millipedes, centipedes, mites, spiders, insects, etc.) and Vertebrata (freshwater fishes, amphibians, reptiles, birds and mammals). In addition, we expand this list to the marine realm, including Algae (macroalgae), coastal invertebrates (most *Phyla*) and marine vertebrates (fishes, reptiles and mammals). The list of species and subspecies (Chapters 2 to 15) is based on the *taxa* recognized in primary published literature sources, compiled by a vast group of experts.

3. Currently the total number of terrestrial *taxa* (species and subspecies) in the Azores is estimated of about 6164 (about 6112 species). The inclusion of an exhaustive listing of non breeding species and a preliminary list of potentially breeding species adds 325 species and subspecies of birds to the Azorean list of species.

4. The total number of terrestrial endemic species and/or subspecies from the Azores is about 452 (411 species). Animals are the most represented in this respect, with 331 *taxa* (Arthropoda = 266; Mollusca = 49; Vertebrata = 14; Nematoda = 2), that is, about 73% of the Azorean terrestrial endemics. The percentage of endemism within Mollusca (44%) is remarkable. Vascular plants have 73 endemic *taxa*, while Fungi (including Lichens) have 34, freshwater diatoms and bryophytes have seven endemic species each.

5. Compared to the other nearest Macaronesian archipelagos (Madeira and Canaries), the Azorean terrestrial fauna and flora is characterized by a lower percentage of endemism (only 7%, which contrasts with nearly 20% for Madeira and 30% for the Canary islands).

6. Concerning the marine organisms, we listed about 1883 *taxa* belonging to 16 *Phyla*. The total number of marine endemic species and/or subspecies from the Azores is about 39, most of them being molluscs (29 species).

7. Currently, the total number of terrestrial and marine *taxa* (species and subspecies) in the Azores is estimated in about 8047. The marine organisms currently listed make up about 23% of the Azorean biodiversity.

8. Currently, the total number of terrestrial and marine endemic *taxa* (species and subspecies) in the Azores is estimated of about 491.

1. Introduction

After more than one century of biodiversity inventory, we still lack a estimate of the number of species occurring in the Azores. Trying to solve the so-called ‘Linnaean’ shortfall (Brown & Lomolino 1998), i.e. an incomplete taxonomic description of species-level diversity, the Government of the Canary Islands started the project of mapping the biodiversity of the Macaronesian islands, Project Biota (see Izquierdo *et al.* 2001). A Visual Basic software, called Atlantis Tierra 2.0, was developed for biodiversity data storage (see Zurita & Arechavaleta 2003; Borges 2005; Borges *et al.* 2010), with the main objective of gathering detailed information on the distribution of all species on the Canary Islands on a 500×500 m grid scale. About five years ago the first list of Azorean terrestrial and freshwater fauna and flora was published (see Borges *et al.* 2005a), covering mainly four taxonomic groups: Bryophyta *sensu lato* (mosses, liverworts and hornworts), Pteridophyta and Spermatophyta (ferns and phanerogamics), Mollusca (slugs and snails) and Arthropoda (millipedes, centipedes, mites, spiders, insects, etc.), and providing preliminary lists for some other groups: Vertebrates (Chordata, Vertebrata),

e flora terrestres dos Açores é caracterizada por uma menor taxa de endemismo, de apenas 7%, contrastando com os cerca de 20% para a Madeira e de 30% para as Canárias.

6. No que diz respeito aos organismos marinhos, são listados 1883 *taxa* pertencentes a 16 filos. O número total de espécies e subespécies marinhas endémicas dos Açores é de cerca de 39, a maior parte delas moluscos (29 espécies).

7. O número total de *taxa* terrestres e marinhos (espécies e subespécies) nos Açores está estimado em cerca de 8047. Os organismos marinhos agora listados, perfazem cerca de 23% da biodiversidade dos Açores.

8. O número total de *taxa* terrestres e marinhos (espécies e subespécies) endémicos dos Açores está estimado em cerca de 491.

1. Introdução

Depois de mais de um século de inventariação da biodiversidade dos Açores ainda não existe uma estimativa do número de espécies que ocorrem neste arquipélago. Procurando resolver o chamado “défice de Lineu” (Brown & Lomolino 1998), ou seja, o conhecimento incompleto da diversidade taxonómica ao nível da espécie, o Governo das Canárias iniciou o projecto Biota de mapeamento da biodiversidade da Macaronésia (ver Izquierdo *et al.* 2001). Foi desenvolvido um programa em Visual Basic, chamado Atlantis Tierra 2.0, para o armazenamento de dados da biodiversidade (ver Zurita & Arechavaleta 2003; Borges 2005; Borges *et al.* 2010), com o objectivo de reunir informação detalhada (numa escala de 500 x 500 metros) sobre a distribuição das espécies nas ilhas das Canárias. Há cerca de cinco anos, foi publicada a primeira lista da fauna e flora terrestre e dulçaquícola dos Açores (ver Borges *et al.* 2005a), abrangendo principalmente quatro grupos taxonómicos: Bryophyta (musgos, hepáticas, antocerotas), plantas vasculares (licófitas, fetos e fanerogâmicas), Mollusca (lesmas e caracóis) e Arthropoda (bichos-carta, centopeias, ácaros, aranhas, insectos, etc.) e fornecendo listas preliminares para alguns outros grupos: Vertebrados (Chordata, Vertebrata), Anelídeos (Annelida), Nemátodos (Nematoda) e Líquenes. Durante o Ano Internacional da Biodiversi-

dade (<http://www.countdown2010.net/year-biodiversity>), a edição da presente obra constitui uma forma de celebrar a singular biodiversidade dos Açores. Aqui actualizamos e expandimos a lista de 2005, não só ao acrescentar mais grupos taxonómicos (ex. Fungi, Líquenes, diatomáceas de água doce), mas também ao incluir os organismos marinhos (macro-algas, invertebrados e vertebrados costeiros). Este livro é o sexto de recentes contribuições para o conhecimento da biodiversidade terrestre, dulçaquícola e marinha nas ilhas da Macaronésia, seguindo as listas de espécies das ilhas Canárias (Izquierdo *et al.* 2001, 2004; Moro *et al.* 2003), dos Açores (Borges *et al.* 2005a), de Cabo Verde (Arechavaleta *et al.* 2005) e da Madeira e Selvagens (Borges *et al.* 2008).

A publicação das listas dos Açores, Madeira – Selvagens, Canárias e Cabo Verde catalisou a publicação de interessantes trabalhos de cariz biogeográfico durante os últimos anos (ver Emerson & Kolm 2005a,b, 2007; Cadena *et al.* 2005; Kiflawi *et al.* 2007; Pereira *et al.* 2007; Witt & Maliakal-Witt 2007; Whittaker *et al.* 2007, 2008, 2009; Borges & Wunderlich 2008; Borges & Hortal 2009; Cardoso *et al.* 2010; Lobo & Borges 2010; Santos *et al.* 2010; Triantis *et al.* 2010). Esperamos que a presente listagem, ao incluir mais *taxa* terrestres e abrangendo a biocenose marinha, possa inspirar a realização de um maior número de trabalhos biogeográficos relativos às regiões dos Açores, em particular, e da Macaronésia, em geral.

O principal objectivo deste livro é obter a listagem, o mais rigorosamente possível, de todos os fungos, plantas e animais, terrestres, dulçaquícolas e marinhos conhecidos dos Açores. Sempre que possível, a distribuição dos *taxa* terrestres é indicada para cada ilha dos Açores (ver Capítulos 2-12), enquanto a distribuição das espécies marinhas é apresentada ao nível do arquipélago (ver Capítulos 13-15). Como aconteceu no caso das listagens anteriores sobre a biodiversidade dos Açores, Madeira – Selvagens, Canárias e Cabo Verde (Izquierdo *et al.* 2001, 2004; Arechavaleta *et al.* 2005; Borges *et al.* 2005a, 2008), este livro envolveu a colaboração de muitos taxonomistas de diferentes instituições nacionais e estrangeiras (cerca de 135), sob a coordenação editorial do Grupo da Biodiversidade dos Açores [CITA-A, Dep. Ciências Agrárias, Universidade dos Açores (UAç); <http://cita.angra.uac.pt/biodiversidade/>], CIBIO

Annelids (Annelida), Nematodes (Nematoda) and Lichens. During the International Year of Biodiversity (<http://www.countdown2010.net/year-biodiversity>), we want to celebrate the biodiversity in the Azores. Here, we update and expand the 2005 list, not only adding more taxonomic groups (e.g. fungi, lichens, freshwater diatoms), but also including marine organisms (Macro-Algae, coastal invertebrates and vertebrates). This book is the sixth of recent contributions to the knowledge of terrestrial, freshwater and marine biodiversity in the Atlantic islands, following the species checklists of the Canary Islands (Izquierdo *et al.* 2001, 2004; Moro *et al.* 2003), the Azores (Borges *et al.* 2005a), Cape Verde (Arechavaleta *et al.* 2005) and Madeira and Selvagens (Borges *et al.* 2008).

The publication of the checklists of the Azores, Madeira - Selvagens, Canary Islands and Cape Verde already catalyzed interesting biogeographical works in recent years (see Emerson & Kolm 2005a,b, 2007; Cadena *et al.* 2005; Kiflawi *et al.* 2007; Pereira *et al.* 2007; Witt & Maliakal-Witt 2007; Whittaker *et al.* 2007, 2008, 2009; Borges & Wunderlich 2008; Borges & Hortal 2009; Cardoso *et al.* 2010; Lobo & Borges 2010; Santos *et al.* 2010; Triantis *et al.* 2010). We hope that by expanding the current list of Azorean biota to more terrestrial *taxa* and to the marine environment, we will be able to inspire more biogeographical work on the Azorean and Macaronesian regions.

The main goal of this book is to list, as rigorously as possible, all the known terrestrial, freshwater and marine fungi, plants and animals of the Azores. Whenever possible the distribution of terrestrial *taxa* is indicated at the island level (see Chapters 2 to 12), while marine species are reported to the Azores archipelago (see Chapters 13 to 15). As in the case of previous works on the Azores, Madeira - Selvagens, Canary Islands and Cape Verde archipelagos (Izquierdo *et al.* 2001, 2004; Arechavaleta *et al.* 2005; Borges *et al.* 2005a, 2008), this book has involved the collaborative work of many taxonomists from different Portuguese and foreign institutions (about 135), under the editorial coordination of the Azorean Biodiversity Group (CITA-A, University of the Azores; <http://cita.angra.uac.pt/biodiversidade/>), CIBIO – Azores (Univ. Azores), Museu Nacional de História Natural (Universidade de Lisboa), IMAR – Instituto do Mar

(Departamento de Oceanografia e Pescas; Univ. Azores) and NemaLab/ICAM (Dept. de Biologia, Universidade de Évora)

Information on the distribution and taxonomy of all the species listed in this book, as well as the PDFs of all chapters, are already or will soon be available online in the Azorean Biodiversity Portal (<http://www.azoresbioportal.angra.uac.pt/>).

2. Geography, geology and climate of the Azores

The Azorean archipelago is located in the North Atlantic, roughly between the coordinates 37° to 40° N latitude and 25° to 31° W longitude (Figure 1). It is formed by nine main islands and some small islets, all of volcanic origin, and is located at the triple junction of the Eurasian, African and American plates. The nine islands are divided into three groups: the western group (Corvo and Flores), the central group (Faial, Pico, Graciosa, São Jorge and Terceira), and the eastern group, made up by São Miguel and Santa Maria, plus the Formigas islets (Figure 1). The archipelago is situated over two tectonic plates: the westernmost islands of Flores and Corvo lie on the American plate and are separated from the eastern islands by the Mid-Atlantic Ridge (MAR); the other seven main islands are located on a large triangular plateau with a complicated structure known as “Azores Microplate”. The minimum distance between the Azores and the mainland is about 1,584 km, calculated from Cabo da Roca (the westernmost point of the European continent).

The largest island is São Miguel (757 km²), and the smallest is Corvo (17 km²). Santa Maria is the southernmost island (37° N, 25° W), and Flores is the westernmost one (31° W). The northernmost island is Corvo (39.7° N). The distance between Corvo and Santa Maria, the islands farthest apart, is about 615 km. Corvo lies approximately at the same distance from the Iberian Peninsula and from Newfoundland. All the information concerning the longitude (long.), latitude (lat.), area, maximum elevation, distance from the mainland and geological age of each island is given in Table 1.

- Açores (Departamento de Biologia, UAc), Museu Nacional de História Natural (Universidade de Lisboa), IMAR - Instituto do Mar (Departamento de Oceanografia e Pescas, UAc) e NemaLab/ICAM (Departamento de Biologia, Universidade de Évora).

As informações sobre a distribuição e taxonomia de todas as espécies listadas neste livro já estão ou estarão brevemente disponíveis no Portal da Biodiversidade dos Açores bem como os PDFs de todos os capítulos deste livro (<http://www.azoresbioportal.angra.uac.pt/>).

2. Geografia, geologia e clima dos Açores

O arquipélago dos Açores localiza-se no Atlântico Norte, aproximadamente entre as coordenadas 37° a 40° N de latitude e 25° a 31° W de longitude (Figura 1). É formado por nove ilhas principais e alguns ilhéus, todos eles de origem vulcânica, que surgem na junção tripla das placas litosféricas euroasiática, africana e americana. As nove ilhas estão divididas em três grupos: Corvo e Flores (grupo Ocidental), Faial, Pico, Graciosa, São Jorge e Terceira (grupo Central) e São Miguel e Santa Maria (grupo Oriental), além dos ilhéus das Formigas (Figura 1). As ilhas mais ocidentais dos Açores, Flores e Corvo, encontram-se sobre a placa americana e estão separadas das restantes ilhas pela cordilheira Meso-Atlântica ou Crista Média-Atlântica; as outras sete ilhas estão localizadas num grande planalto submarino triangular de estrutura complexa conhecido como a “Microplaca dos Açores”. A distância mínima entre os Açores e o continente é de cerca de 1584 km, cálculo este feito a partir do Cabo da Roca (o ponto mais ocidental do continente europeu).

A maior ilha é São Miguel (757 km²) e a menor é o Corvo (17 km²). Santa Maria é a ilha mais a sul (37° N, 25° W) e as Flores são a ilha mais ocidental (31° W). A mais setentrional é o Corvo (39,7° N). A distância entre o Corvo e Santa Maria, as ilhas mais afastadas entre si, é de cerca de 615 km. O Corvo encontra-se aproximadamente à mesma distância da Península Ibérica e da Terra Nova. Todas as informações relativas à longitude (long.), latitude (lat.), área, altitude máxima, distância ao continente e idade geológica de cada ilha são apresentadas no Quadro 1.

Descobertos pelos navegadores portugueses em 1427, os Açores seriam já conhecidos de civilizações an-

Quadro 1. Aspectos geográficos das ilhas dos Açores. Long. = Longitude; Lat. = Latitude; dist. = Distância à area continental mais próxima.
Table 1. Physical features of the Azorean islands. Long. = Longitude; Lat. = Latitude; dist. = Distance from the nearest mainland

Islands	Long. (°W)	Lat. (°N)	dist. (km)	Area (km ²)	Elevation (m)	Geological age (Ma B.P.)
Corvo	30.8	39.7	2148	17	718	0.7
Flores	30.9	39.4	2152	142	915	2.9
Faial	28.5	38.6	1908	172	1043	0.73
Pico	28.2	38.5	1860	433	2351	0.3
Graciosa	27.8	39.1	1844	62	402	2.5
São Jorge	27.9	38.7	1832	246	1053	0.55
Terceira	27.2	38.7	1764	402	1023	3.52
São Miguel	25.5	37.7	1584	757	1103	4.01
Santa Maria	25.1	36.9	1588	97	587	8.12

teriores, de acordo com a informação em mapas antigos. As Flores e o Corvo foram as últimas ilhas a serem descobertas, em 1452. A paisagem açoriana actual encontra-se fortemente modificada pela presença do homem e apenas em pequenas áreas, onde o solo ou o clima eram mais adversos, as condições primitivas permaneceram inalteradas. A população dos Açores ultrapassava os 300 000 habitantes em 1960, mas actualmente apenas cerca de 260 000 pessoas vivem nestas ilhas, sendo São Miguel, Terceira e Faial as ilhas mais populosas do arquipélago.

Geologicamente, os Açores compreendem um planalto vulcânico com 20-36 milhões de anos (MA); a ilha mais antiga (Santa Maria) surgiu há cerca de 8120 MA, enquanto a mais jovem (Pico) tem cerca de 0,250 MA de idade. O planalto dos Açores, definido pela linha de contorno batimétrico dos 2000 metros, é dominado pela confluência das placas litosféricas eurasiática, africana e americana. Os Açores são, portanto, caracterizados por uma elevada actividade vulcânica, típica de uma interacção entre centros eruptivos e a crista, e o arquipélago pode ser considerado um centro eruptivo jovem, ocorrendo sobre uma placa de deslocação lenta. Contrariamente à cadeia havaiana, onde as ilhas estão dispostas de acordo com a sua origem cronológica, a localização das ilhas dos Açores não mostra nenhuma correlação entre as suas distâncias ao centro eruptivo e a sua idade de emergência. A zona oriental de cada ilha dos Açores é geologicamente a mais antiga, sendo o resultado de mecanismos sísmicos e vulcânicos particulares deste arquipélago. Estas características tectónicas são responsáveis por muitas das erupções vulcânicas (ex. Capelinhos, Faial – 1957/1958) e sismos tectónicos (ex. nas ilhas Terceira e de São Jorge em 1980, Faial e Pico em

Discovered by the Portuguese navigators in 1427, the Azores seem to have been previously known, according to old maps. Flores and Corvo were the last islands to be discovered, in 1452. The present Azorean landscape is strongly modified by the presence of Man and only in small areas, where the soil or climate was too rough, have primitive conditions remained unchanged. The population exceeded 300,000 inhabitants in the 1960s, but nowadays only about 260,000 people live on these islands. São Miguel, Terceira and Faial are the most populated islands.

Geologically, the Azores comprises a 20-36 Myr old volcanic plateau; the oldest rocks emerged 8.120 Myr ago (Santa Maria island) while the youngest island (Pico island) is about 0.250 Myr old. The geostructural environment of the Azores Plateau, defined by the 2,000-metre bathymetric contour line, is dominated by the confluence of the American, Eurasian and African lithospheric plates. Thus, the Azores are characterized by a high volcanic activity, typical of a ridge-hotspot interaction, and the archipelago may be considered as a young hotspot, *i.e.*, a hotspot on a slow-moving plate. As opposed to the Hawaiian chronologically arranged chain of islands, the distance between the Azorean islands and the hotspot is not correlated with their individual age of emergence. The eastern part of all Azorean islands is geologically the oldest, as a result of the particular seismovolcanic mechanisms operating in this archipelago. This tectonic feature is responsible for many volcanic eruptions (e.g., Capelinhos, Faial island – 1957/58) and tectonic earthquakes (e.g. Terceira and São Jorge islands 1980, Faial and Pico islands 1998). As a result of several recent historical lava flows there is a great concentration of lava tube caves and pits

in the Azores. A total of 270 underground cavities, including lava tubes, volcanic pits, pit-caves, and sea-erosion caves, are known from the Azores, comprising many kilometres of cave passages and extraordinary geological formations, and holding a unique fauna adapted to caves (Pereira *et al.* 2010).

1998). Em resultado da actividade vulcânica recente que derivou em fluxo de lava existe uma grande concentração de tubos de lava e algares nos Açores. Nos Açores são conhecidas 270 cavidades subterrâneas, incluindo tubos de lava, algares e grutas de erosão marítima, as quais compreendem muitos quilómetros de túneis, extraordinárias formações geológicas e uma fauna singular adaptada à vida nas grutas (Pereira *et al.* 2010).

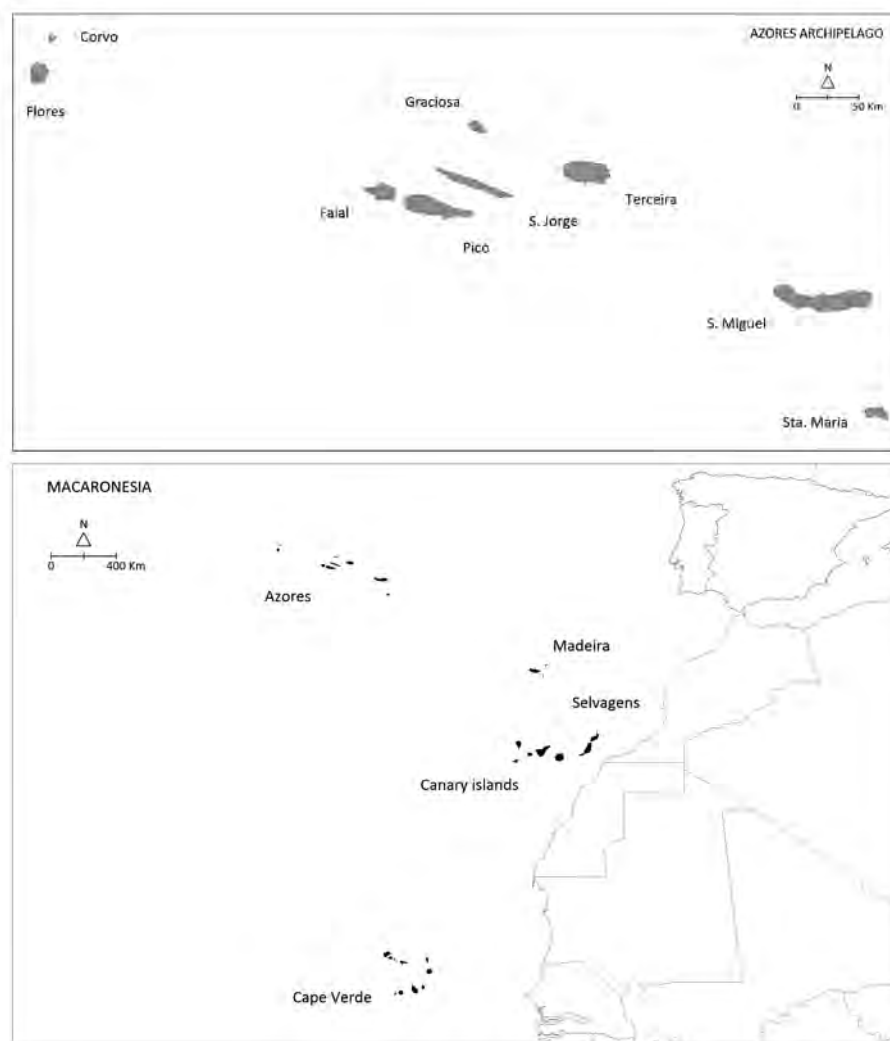


Figura 1. As ilhas dos Açores (a) e a sua localização no oceano Atlântico (b) (mapas elaborados por Clara Gaspar).
 Figure 1. The islands of the Azores (a) and their localization in the Atlantic Ocean (b) (maps drawn by Clara Gaspar).

The Azorean islands enjoy the benefits of a mild and agreeable climate, with small fluctuations in temperature, large amounts of precipitation and high air humidity. The influence of the warm Gulf Stream

As ilhas dos Açores beneficiam de um clima ameno e agradável, com pequenas flutuações de temperatura, precipitação e humidade relativa do ar elevadas. A influência da corrente quente do Golfo é importante, permitindo

do que as temperaturas ao nível do mar sejam bastante semelhantes em todas as ilhas. As ilhas dos Açores apresentam assim um clima oceânico temperado húmido.

3. Métodos

Na presente listagem da biodiversidade dos Açores não são consideradas categorias infra-específicas além da subespécie (*i.e.* variedades, formas, etc.). Esta listagem baseia-se em todas as publicações conhecidas, bem como nalguns dados não publicados (ver detalhes em cada capítulo). No entanto, o esforço de cobertura bibliográfica varia de grupo para grupo, pelo que estamos conscientes de que para alguns grupos (ex. invertebrados marinhos) esta listagem possa ainda ser incompleta. No que diz respeito a dados não publicados, foram verificadas diversas fontes, nomeadamente o recente trabalho realizado no âmbito do projecto BALA “Biodiversidade dos Artrópodes da Laurissilva dos Açores” (artrópodes) e dados não publicados de editores deste livro. A lista inclui muitos novos registos para cada ilha dos Açores ou para todo o arquipélago, embora essas novas descobertas não sejam destacadas nesta obra. Todas as informações sobre notas taxonómicas, novos registos e referências a localidades serão publicadas online no Portal da Biodiversidade dos Açores (<http://www.azoresbioportal.angra.uac.pt/>) e noutros lugares. Todas as espécies de identificação duvidosa foram retiradas da lista principal e estão incluídas no Apêndice 1.

A distribuição das espécies e subespécies por ilha usa as seguintes abreviaturas:

COR – Corvo; FLO – Flores; FAI – Faial; PIC – Pico; GRA – Graciosa; SJG – São Jorge; TER – Terceira; SMG – São Miguel; SMR – Santa Maria. Quando não existe informação sobre ocorrência ao nível da ilha, apenas é disponibilizada a distribuição ao nível do arquipélago (AZ).

Para os organismos marinhos, optou-se por suprimir a distribuição das espécies pelas ilhas, embora esta esteja disponível na base de dados Atlantis para os invertebrados marinhos (ver igualmente o Portal da Biodiversidade dos Açores), não só por considerarmos que a fraca cobertura territorial dos trabalhos realizados no arquipélago resulta em grandes lacunas, mas também

is important, allowing temperatures at sea level to be quite similar on the southeastern and on the northwestern islands. Therefore, the islands have an oceanic climate.

3. Methods

In this checklist, infra-specific categories, apart from subspecies, are not considered (*i.e.* varieties, forms, etc.). The current lists of the Azorean biota are based on all known published literature, as well as on some unpublished data (see details in each chapter). However, the depth of the bibliographic coverage varies from group to group, and we are aware that it is incomplete for some groups (*e.g.*, marine invertebrates). Concerning unpublished data, several sources were checked, namely the recent work performed under Project BALA “Biodiversity of the Arthropods from the *Laurissilva* of the Azores” (arthropods) and individual unpublished data from editors and contributors to this book. The list includes many new records for individual islands of the Azores or for the whole archipelago, but no reference is provided concerning these new findings. All information concerning taxonomic notes, new records and references to localities will be published online in the Azorean Biodiversity Portal (<http://www.azoresbioportal.angra.uac.pt/>) and elsewhere. All species of doubtful identification were removed from the main list and are included in Appendix 1. The distribution of all species and subspecies by island uses the following abbreviations: COR – Corvo; FLO – Flores; FAI – Faial; PIC – Pico; GRA – Graciosa; SJG – São Jorge; TER – Terceira; SMG – São Miguel; SMR – Santa Maria. When no information concerning island occurrence was available, only archipelago occurrence is given (AZ).

For the marine organisms, we decided not to include species distribution at island level (although this information is already available for the marine invertebrates in the Atlantis database and Azorean Biodiversity Portal) due to the small territorial coverage of published records, but also because we believe that, according to present available information, the barriers between the islands are not

very effective in what concerns marine organisms dispersal.

4. Global patterns of richness

Terrestrial and freshwater organisms

Table 2 summarizes the numbers of terrestrial and freshwater species and subspecies found in the Azores and on each of the nine islands. This list only includes breeding species. A total of 6164 terrestrial and freshwater *taxa*, belonging to 1030 families, 3097 genera and 6112 species were listed for the Azores (Table 2).

The inclusion of an exhaustive listing of non-breeding species (based in Rodebrand 2010 and Rodebrand & *The Birding Azores Team* 2010) and a smaller list of potentially breeding species adds about 325 species and subspecies of birds to the Azorean list of species (see more details in Chapter 12). Thus the total number of *taxa* recorded in the terrestrial realm is around 6489.

These numbers are easily subject to fluctuations due to taxonomic revisions, the continuous rate of new species descriptions, the improvement on the knowledge of some poorly studied *taxa* (e.g. Fungi, Lichens, some small sized arthropods), and the ongoing entrance of exotic species. São Miguel Island stands out as the Azorean richest island, followed by Terceira, Faial, Pico and Flores (Table 2). Sampling biases partly explain this pattern, which could also have biogeographical explanations (for further hypotheses see Borges & Hortal 2009).

Arthropoda, which include crustaceans, centipedes and millipedes, spiders and insects, represent the most diverse *Phylum* in Azores, encompassing about 37% of *taxa* (Figure 2), a pattern that is common worldwide. The second and third most diverse groups are vascular plants and lichens, respectively (Figure 2, Table 2). If all fungi are considered (i.e. fungi and lichens), their contribution to the Azorean biodiversity is the second largest, representing almost 22% of species and subspecies (Figure 2).

The current figure of 6164 species and subspecies found in the Azores is about half of that known for

porque, à luz dos conhecimentos actuais, cremos que as barreiras entre as ilhas se apresentam menos estanques à dispersão dos organismos marinhos.

4. Padrões globais de riqueza

Organismos terrestres e dulçaquícolas

O Quadro 2 resume o número de espécies e subespécies, terrestres e dulçaquícolas, encontradas nos Açores e em cada uma das nove ilhas. Este quadro inclui apenas as espécies que se reproduzem na natureza e conta com um total de 6164 *taxa* terrestres e dulçaquícolas, pertencentes a 1030 famílias, 3097 géneros e 6112 espécies.

A inclusão de uma lista exaustiva de espécies de aves que não se reproduzem mas que potencialmente se poderão reproduzir nos Açores (baseada em Rodebrand 2010 e Rodebrand & *The Birding Azores Team* 2010) adiciona cerca de 325 espécies e subespécies à listagem de espécies dos Açores (mais detalhes no Capítulo 12). Assim, o número total de *taxa* registados no ambiente terrestre é de cerca de 6489.

Estes números são facilmente sujeitos a alterações em resultado de revisões taxonómicas, da descrição contínua de novas espécies, da melhoria no conhecimento de alguns *taxa* pouco estudados (ex. fungos, líquenes, artrópodes de pequenas dimensões) e da entrada contínua de espécies exóticas nos Açores. A ilha de São Miguel destaca-se como a ilha mais rica em biodiversidade, seguida pela Terceira, Faial, Pico e Flores (Quadro 2). O enviesamento da amostragem poderá explicar em parte este padrão, embora possam também existir explicações de natureza biogeográfica (ver Borges & Hortal 2009).

Os artrópodes são o filo com maior biodiversidade nos Açores, contando com cerca de 37% do total de *taxa* (Figura 2), padrão esse que é comum em todo o mundo. O segundo e terceiro grupos mais diversos são, respectivamente, as plantas vasculares e os líquenes (Figura 2, Quadro 2). Se todos os fungos forem considerados (i.e. fungos e líquenes), a sua contribuição para a biodiversidade dos Açores corresponde à segunda mais elevada, contando com quase 22% do total de espécies e subespécies (Figura 2).

Quadro 2. Diversidade dos principais grupos dos reinos Fungi, Chromista, Protocista, Plantae e Animalia, no arquipélago dos Açores.
Table 2. Diversity of the main groups of the kingdoms Fungi, Chromista, Protocista, Plantae and Animalia in the Azores.

Reino e Filos/Divisões Kingdom and Phyla/ Divisions	Nome comum Common name	Espécies Species										N.º de taxa (espécies e subespécies) N. of taxa (species and subspecies)									
		Global	COR	FLO	FAI	PIC	GRA	SJG	TER	SMG	SMR	Global	COR	FLO	FAI	PIC	GRA	SJG	TER	SMG	SMR
FUNGI		1327	20	248	310	322	181	186	737	606	69	1328	20	248	310	322	181	186	738	607	69
Zygomycota (Fungi)	Zigomicetes / Zygomycete fungi	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Ascomycota (Fungi)	Ascomicetes / Sac fungi, Cup fungi	231	1	31	18	14	8	5	136	80	0	231	1	31	18	14	8	5	136	80	0
Ascomycota (Lichen)	Líquenes / Lichen	775	13	119	196	227	149	148	449	384	56	775	13	119	196	227	149	148	449	384	56
Basidiomycota (Fungi)	Basidiomicetes / Basidiomycete fungi	306	6	95	95	80	23	29	150	132	13	307	6	95	95	80	23	29	151	133	13
Basidiomycota (Lichen)	Líquenes / Lichen	6	0	1	1	1	0	2	1	3	0	6	0	1	1	1	0	2	1	3	0
Lichen (Fungi Imperfecti)	Líquenes / Lichen	7	0	0	0	0	1	2	1	7	0	7	0	0	0	0	1	2	1	7	0
CHROMISTA		4	0	0	0	0	0	0	1	2	0	4	0	0	0	0	0	0	1	2	0
Oomycota	Oomicetes / Water molds	4	0	0	0	0	0	1	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	2	0
PROTOCTISTA		575	71	280	51	141	58	97	106	419	90	575	71	280	51	141	58	97	106	419	90
Bacillariophyta	Diatomáceas / Diatoms	536	71	268	31	134	52	91	101	415	90	536	71	268	31	134	52	91	101	415	90
Amoebozoa		39	0	12	20	7	6	6	5	4	0	39	0	12	20	7	6	6	5	4	0
PLANTAE		1561	524	824	1043	892	576	823	1024	1106	857	1590	528	829	1056	901	583	833	1037	1121	863
Briófitos		475	179	277	286	283	131	310	361	358	214	480	179	279	288	285	132	314	363	361	216
Anthocerotophyta	Antóceros / Hornworts	5	3	4	5	4	2	4	5	4	3	5	3	4	5	4	2	4	5	4	3
Marchantiophyta	Hepáticas / Liverworts	162	66	107	109	121	47	129	143	126	73	164	66	107	109	121	47	131	144	127	74
Bryophyta	Musgos / Mosses	308	110	166	172	158	82	177	213	228	138	311	110	168	174	160	83	179	214	230	139
Plantas Vasculares (Tracheobionta)		1086	345	547	757	609	445	513	663	748	643	1110	349	550	768	616	451	519	674	760	647
Lycopodiophyta	Licopodíneas / Quillworts	7	5	7	6	7	1	5	6	6	1	7	5	7	6	7	1	5	6	6	1
Pteridophyta	Fetos / Ferns	69	32	46	52	51	30	39	48	55	40	69	32	46	52	51	30	39	48	55	40
Pinophyta	Gimnospérmicas / Gymnosperms	4	2	2	3	4	2	2	2	3	3	4	2	2	3	4	2	2	2	3	3
Magnoliophyta	Monocotiledóneas, dicotiledóneas / Dicots and monocots	1006	306	492	696	547	412	467	607	684	599	1030	310	495	707	554	418	473	618	696	603
ANIMALIA		2645	337	909	1085	922	568	725	1362	1822	927	2667	337	909	1085	922	568	725	1366	1827	928
Platyhelminthes	Vermes / Flatworms	31	0	4	1	3	0	2	6	17	2	31	0	4	1	3	0	2	6	17	2
Nematoda	Nemátodos / Roundworms	131	0	10	34	14	0	12	38	79	18	131	0	10	34	14	0	12	38	79	18
Annelida	Minhocas / Earthworms	22	0	2	1	0	0	0	0	7	2	22	0	2	1	0	0	0	0	7	2
Mollusca	Caracóis e lesmas / Slugs and snails	114	45	64	70	68	56	62	70	87	79	114	45	64	70	68	56	62	70	87	79
Arthropoda	Artrópodes / Arthropods	2278	266	796	946	802	478	616	1208	1578	789	2298	266	796	946	802	478	616	1212	1583	790
Chordata (Vertebrata)	Vertebrados / Vertebrates	69	26	33	33	35	34	33	40	54	37	71	26	33	33	35	34	33	40	54	37
TOTAL		6112	952	2261	2489	2277	1383	1831	3230	3955	1943	6164	956	2266	2502	2286	1390	1841	3248	3976	1950

the Canary Islands (Izquierdo *et al.* 2004) and 80% of that known for Madeira and the Selvagens (Borges *et al.* 2008).

O número actual de 6164 espécies e subespécies conhecidas nos Açores corresponde a cerca de metade do número inventariado para as Canárias (Izquierdo *et al.* 2001) e a 80% do valor conhecido para os arquipélagos da Madeira e Selvagens (Borges *et al.* 2008).

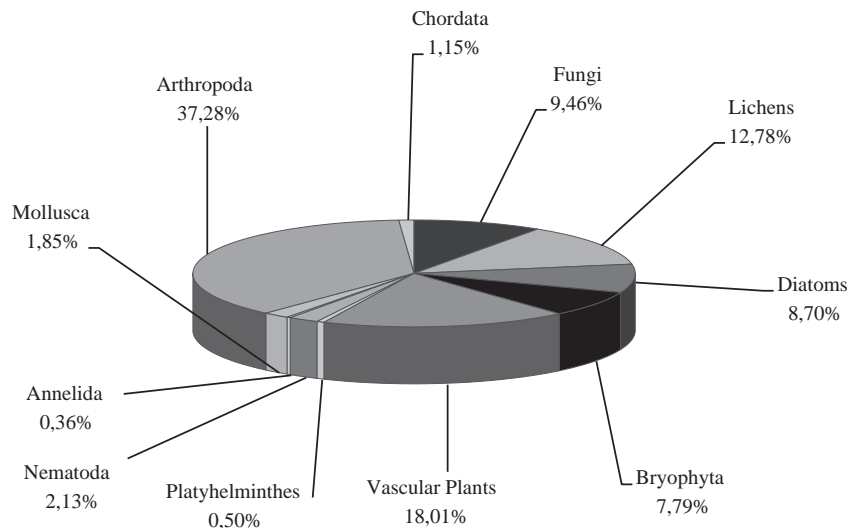


Figura 2. Proporção de *taxa* (espécies e subespécies) de cada um dos filos terrestres e dulçaquícolas dos Açores. Ver o Quadro 2 para os grupos incluídos em fungos, líquenes, briófitos e plantas vasculares.

Figure 2. Proportion of *taxa* (species and subspecies) in the terrestrial and freshwater *Phyla* from the Azores. See Table 2 for groups included in fungi, lichens, bryophytes and vascular plants.

Coastal and marine organisms

The marine diversity in the Azores is characterized by a mixture of cold temperate, temperate and tropical species from different origins. The volcanic nature and youth of the Azores archipelago, as well as its central but remote location influenced by the Gulf Stream provide the conditions for the establishment of a very unique biodiversity and an interesting model for evolutionary, biogeographical and ecological studies. However, the same geographical and geological constraints, especially the remoteness and youth of the archipelago, are considered partly responsible for the low number of littoral marine species. The knowledge of the marine invertebrate biodiversity in the Azores is still restricted to the more conspicuous groups, in spite of the ecological role of some other organisms such as marine benthic invertebrates, and this reflects technical difficulties during subtidal sampling and

Organismos marinhos e costeiros

A diversidade marinha nos Açores é caracterizada por uma mistura de espécies de climas frios, temperados e tropicais de diferentes origens. A natureza vulcânica do arquipélago, sua juventude, localização remota e a forte influência da corrente do Golfo providenciam as condições para o estabelecimento de uma biodiversidade única e de um modelo interessante para estudos de evolução, biogeografia e ecologia. No entanto, estas mesmas características geográficas e geológicas são consideradas responsáveis pelo baixo número de espécies litorais marinhas. O conhecimento da biodiversidade dos invertebrados marinhos nos Açores ainda está restrito aos grupos mais conspícuos, reflexo das dificuldades de amostragem no subtidal e na falta de especialistas em grupos taxonomicamente difíceis (ver Capítulo 14). A Universidade dos Açores tem desempenhado um papel importante ao superar

estas limitações, nomeadamente através da cooperação científica internacional e na utilização das novas tecnologias digitais. Apesar de algumas dificuldades persistirem, como a longa linha de costa, os custos associados a uma boa amostragem e a falta de cobertura taxonómica completa, têm vindo a ser produzidas, todos os anos, listas actualizadas de diversos grupos de organismos.

O número exacto das espécies que ocorrem nos ecossistemas costeiros e marinhos dos Açores é muito difícil de determinar, atendendo ao estado actual do conhecimento taxonómico. Com efeito, muitos grupos necessitam ainda da realização de trabalhos de inventariação de base e outros necessitam de profundas revisões taxonómicas (ver o Capítulo 14). Os números apresentados no Quadro 3 correspondem, portanto, a uma subavaliação. A lista dos filos está incompleta e, para muitos dos filos considerados, os números apresentados não serão representativos da diversidade existente. São listados 1883 *taxa* pertencentes a 16 filos. Face à informação disponível, podemos afirmar que os peixes (543 *taxa*), moluscos (353 *taxa*), macroalgas (327 *taxa*) e artrópodes (291 *taxa*) são os grupos mais diversos.

lack of local expertise in difficult taxonomic groups (see Chapter 14). The University of the Azores has been playing a very important role to overcome these limitations, namely achieving international scientific cooperation with a number of authors and using new technologies such as on-line databases and thematic scientific discussion lists, in order to improve the knowledge of the local biodiversity. In spite of some persistent difficulties, associated to the long coastal line, to the inherent costs of a good sampling and to the lack of a full taxonomic expertise, updated lists of organisms are produced on a yearly basis.

The precise number of species in the Azorean coastal and marine ecosystems is very difficult to know given the current state of taxonomic knowledge. Many groups need basic inventory and in addition a number of groups need major taxonomic revisions (see also Chapter 14 for more details). The numbers presented in Table 3 are clearly underestimated. The list of *Phyla* is not complete and for many of those listed the diversity figures are not representative. We list a total of 1883 *taxa* belonging to 16 *Phyla*. So far, the most diverse groups are Pisces (543 *taxa*), Molluscs (353 *taxa*), Macro-algae (327 *taxa*) and Arthropods (291 *taxa*).

Quadro 3. Número de espécies e subespécies nos *habitats* marinho e costeiro dos Açores.
Table 3. Number of known species and subspecies in the Azorean coastal and marine habitats.

Reino	Filos /Phyla	Classes	Total
Proctotista		Total	327
	Chlorophyta		51
		Bryopsidophyceae	16
		Ulvophyceae	35
	Rhodophyta		214
		Bangiophyceae	9
		Compsopogonophyceae	2
		Florideophyceae	201
		Stylonematophyceae	2
	Heterokontophyta		62
		Phaeophyceae	62
Animalia		Total	1556
	Porifera		95
		Calcarea	5
		Demospongiae	90
	Cnidaria		77
		Anthozoa	31
		Hydrozoa	44
		Scyphozoa	2
	Ctenophora		1
		Tentaculata	1

Quadro 3. (Table 3) (cont.)

Reino	Filos /Phyla	Classes	Total
	Sipuncula		4
		Phascolosomatidea	2
		Sipunculidea	2
	Echiura		1
		Echiuroidea	1
	Annelida		40
		Clitellata	1
		Polychaeta	39
	Arthropoda		291
		Arachnida	4
		Incertae sedis	4
		Malacostraca	249
		Maxillopoda	17
		Ostracoda	2
		Pycnogonida	15
	Mollusca		353
		Bivalvia	84
		Cephalopoda	8
		Gastropoda	256
		Polyplacophora	5
	Bryozoa		20
		Incertae sedis	20
	Phoronida		3
		Incertae sedis	3
	Entoprocta		1
		Incertae sedis	1
	Echinodermata		48
		Asteroidea	12
		Crinoidea	1
		Echinoidea	17
		Holothuroidea	7
		Ophiuroidea	11
	Chordata		622
		Ascidiacea	40
		“Pisces” Total	543
		Actinopterygii	483
		Chondrichthyes	60
		Reptilia	5
		Mammalia	34
	Global		1883

Overall biodiversity

The current list of 8047 species and subspecies found in the Azores is summarized in Table 4. Given that terrestrial biota are better known than marine biota, we can assume that a larger number of marine species will be added in the near future (e.g. Nematoda). Arthropods in the Azores make up about 32% of the total species number with 2589 *taxa* (including terrestrial and

Biodiversidade global

A lista actual de 8047 espécies e subespécies conhecidas dos Açores encontra-se resumida no Quadro 4. Dado que o biota terrestre tem sido mais estudado do que o biota marinho, consideramos que um maior número de espécies marinhas (ex., Nematoda) poderão ser conhecidas num futuro próximo. Os artrópodes dos Açores constituem cerca de 32% do número total de espécies

com 2589 *taxa* (incluindo os ecossistemas terrestres e marinhos), mas as plantas vasculares com 1110 *taxa* (14%) são também uma componente importante da diversidade específica açoriana. Os organismos marinhos perfazem cerca de 23% da biodiversidade dos Açores.

marine), but vascular plants with 1110 *taxa* (14%) are also an important component of the currently known Azorean species diversity. Marine organisms make up about 23% of the Azorean biodiversity.

Quadro 4. A biodiversidade dos *habitats* terrestres (T) e marinhos/costeiros (M/C) dos Açores. Os filos/divisões estão listados por ordem decrescente de diversidade. Ver o Quadro 2 para os grupos incluídos nos fungos, líquenes, briófitos e plantas vasculares (*Tracheobionta*).
Table 4. The overall biodiversity of terrestrial (T) and marine / coastal (M/C) habitats of the Azores. The *Phyla/Divisions* are ranked based on their diversity. See Table 2 for groups included in Fungi, Lichens, Bryophytes and Vascular Plants (*Tracheobionta*).

Filos/Divisões Phyla/Divisions	Habitat	Espécies (Species)	Espécies e subespécies (Species and subspecies)
Arthropoda	T	2278	2298
Vascular Plants (Tracheobionta)	T	1086	1110
Lichens (sensu lato)	T	788	788
Fungi (sensu lato)	T	582	583
Chordata (Vertebrata)	M/C	582	582
Bacillariophyta (Diatoms)	T	536	536
Bryophyta (sensu lato)	T	475	480
Mollusca	M/C	353	353
Algae (sensu lato)	M/C	327	327
Arthropoda	M/C	291	291
Nematoda	T	131	131
Mollusca	T	114	114
Porifera	M/C	95	95
Cnidaria	M/C	77	77
Chordata (Vertebrata)	T	69	71
Echinodermata	M/C	48	48
Annelida	M/C	40	40
Chordata (Other)	M/C	40	40
Platyhelminthes	T	31	31
Annelida	T	22	22
Bryozoa	M/C	20	20
Sipuncula	M/C	4	4
Phoronida	M/C	3	3
Entoprocta	M/C	1	1
Ctenophora	M/C	1	1
Echiura	M/C	1	1
TOTAL		7995	8047

5. Endemismo

Organismos terrestres e dulçaquícolas

Os Açores, juntamente com os outros arquipélagos da Macaronésia, estão incluídos no *hotspot* de biodiversidade mediterrânico (Myers *et al.* 2000). O número de espécies e subespécies endémicas de organismos terrestres e dulçaquícolas nos Açores está estimado em cerca de 452 (411 espécies) (Quadro 5).

5. Endemism

Terrestrial and freshwater organisms

The Azores, along with the other Macaronesian archipelagos, are included in the Mediterranean hotspot of biodiversity (Myers *et al.* 2000). The number of endemic species and subspecies of terrestrial and freshwater organisms on these islands is estimated to be around 452 (411 species) (see Table 5).

Quadro 5. Diversidade de *taxa* endêmicos dos principais grupos dos reinos Fungi, Chromista, Protoctista, Plantae e Animalia, nos Açores.
Table 5. Diversity of endemic *taxa* of the main groups of the kingdoms Fungi, Chromista, Protoctista, Plantae and Animalia in the Azores.

Reino e Filos/Divisões Kingdom and Phyla/ Divisions	Nome comum Common name	Espécies Species												N.º de <i>taxa</i> (espécies e subespécies) N. of <i>taxa</i> (species and subspecies)											
		Global	COR	FLO	FAI	PIC	GRA	SJG	TER	SMG	SMR	Global	COR	FLO	FAI	PIC	GRA	SJG	TER	SMG	SMR				
FUNGI		33	0	6	8	9	3	3	3	22	10	0	34	0	6	8	10	3	3	22	11	0			
Zygomycota (Fungi)	Zigomicetes / Zygomycete fungi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ascomycota (Fungi)	Ascomicetes / Sac fungi, Cup fungi	20	0	2	2	1	0	0	12	4	0	0	20	0	2	2	1	0	0	12	4	0	0		
Ascomycota (Lichen)	Líquenes / Lichen	9	0	4	5	7	3	3	3	7	5	0	10	0	4	5	8	3	3	7	6	0	0		
Basidiomycota (Fungi)	Basidiomicetes / Basidiomycete fungi	4	0	0	1	1	0	0	3	1	0	4	0	0	1	1	0	0	3	1	0	0	0		
Basidiomycota (Lichen)	Líquenes / Lichen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Lichen (Fungi Imperfecti)	Líquenes / Lichen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
CHROMISTA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Oomycota	Oomicetes / Water molds	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
PROTOCTISTA		7	0	5	0	0	0	0	0	3	1	7	0	5	0	0	0	0	0	3	1	0	0		
Bacillariophyta	Diatomáceas / Diatoms	7	0	5	0	0	0	0	0	3	1	7	0	5	0	0	0	0	0	3	1	0	0		
Amoebozoa		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
PLANTAE		72	43	55	59	21	54	58	54	34	34	80	45	59	60	65	24	59	63	58	36	0			
Briófitos	Bryophytes	7	2	4	4	0	4	0	4	5	4	0	7	2	4	4	4	0	4	5	4	0			
Anthocerotophyta	Antóceros / Hornworts	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Marchantiophyta	Hepáticas / Liverworts	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0		
Bryophyta	Musgos / Mosses	6	2	3	3	3	0	3	4	3	0	6	2	3	3	3	0	3	4	3	0	0	0		
Plantas Vasculares (Tracheobionta)	Vascular Plants (Tracheobionta)	65	41	51	51	55	21	50	53	50	34	73	43	55	56	61	24	55	58	54	36	0			
Lycopodiophyta	Licopodíneas / Quillworts	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
Pteridophyta	Fetos / Ferns	6	4	5	4	5	3	3	5	4	3	6	4	5	4	5	3	3	5	4	3	0	0		
Pinophyta	Gimnospérmicas / Gymnosperms	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Magnoliophyta	Monocotiledóneas, dicotiledóneas / Dicots and monocots	57	35	44	45	48	18	45	46	45	30	65	37	48	50	54	21	50	51	49	32	0			
ANIMALIA		299	54	124	129	142	70	120	158	183	111	331	56	128	136	150	75	122	168	193	116	0			
Platyhelminthes	Vermes / Flatworms	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Nematoda	Nemátodos / Roundworms	2	0	0	0	1	0	1	1	1	0	2	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0		
Annelida	Minhocas / Earthworms	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Mollusca	Caracóis e lesmas / Slugs and snails	49	16	23	30	29	19	25	27	33	33	49	16	23	30	29	19	25	27	33	33	33	33		
Arthropoda	Artrópodes / Arthropods	236	31	93	89	102	41	84	120	138	68	266	33	97	96	110	46	86	130	148	73	0			
Chordata (Vertebrata)	Vertebrados / Vertebrates	12	7	8	10	10	10	10	10	11	10	14	7	8	10	10	10	10	10	10	11	10	10		
TOTAL		411	97	190	192	210	94	177	238	250	146	452	101	198	204	225	102	184	253	265	153	0			

Estes *taxa* pertencem a 196 famílias e 303 géneros. Os filos animais são os mais diversos em *taxa* endémicos, especialmente os Mollusca (49 *taxa*) e os Arthropoda (266 *taxa*), compreendendo cerca de 73% dos endemismos dos Açores (Quadro 5 e Figura 3). As plantas vasculares, com 73 espécies e subespécies endémicas, contribuem também de modo importante para o total de *taxa* endémicos dos Açores. Destaca-se ainda a notável percentagem de endemismo dentro dos Mollusca terrestres (43%).

These *taxa* belong to 196 families and 303 genera. The animal *Phyla* are the most diverse in endemic *taxa*, namely Mollusca (49 *taxa*) and Arthropoda (266 *taxa*), comprising about 73% of the Azorean endemics (Table 5 and Figure 3). Vascular plants with an additional 73 species and subspecies also make an important contribution to the Azorean endemic *taxa*. The percentage of endemism within terrestrial Mollusca (43%) is remarkable.

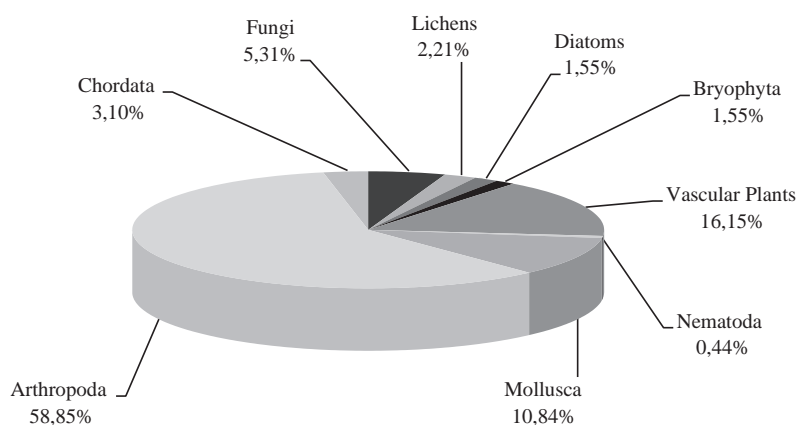


Figura 3. Proporção dos *taxa* endémicos (espécies e subespécies) de cada um dos filos terrestres dos Açores. Ver Quadro 5 para os grupos incluídos nos fungos, líquenes, briófitos e plantas vasculares.

Figure 3. Proportion of endemic *taxa* (species and subspecies) in the terrestrial *Phyla* from the Azores. See Table 5 for groups included in Fungi, Lichens, Bryophytes and Vascular Plants.

Quando comparada com a de outros arquipélagos vizinhos da Macaronésia (Madeira e Canárias), a fauna e a flora dos Açores são caracterizadas por uma menor percentagem de endemismo, de apenas cerca de 7%, que contrasta com cerca de 20% para a Madeira (Borges *et al.* 2008) e 30 % para as Canárias (Izquierdo *et al.* 2004).

Compared to the neighbouring Macaronesian archipelagos (Madeira and Canaries), the Azorean fauna and flora is characterized by a lower percentage of endemism, that is, only about 7%, which contrasts with nearly 20% for Madeira (Borges *et al.* 2008) and 30% for the Canary islands (Izquierdo *et al.* 2004).

Organismos marinhos

A maioria do biota marinho dos Açores é muito recente e compreende espécies que chegam predominantemente do Atlântico Este, particularmente do Sul da Europa (região lusitânica) e Noroeste de África (região mauritânica) com uma grande contribuição mediterrânica, também incluindo espécies de outras

Marine organisms

The majority of the Azorean marine biota is very recent and comprises species that have arrived predominantly from the eastern Atlantic, especially the area between southern Europe (Lusitanian Region) and northwest Africa (Mauritanian Region), with a great Mediterranean contribution and also includes species from other Atlantic sources. Various marine organisms

show population differentiation between the Atlantic and the Mediterranean Sea, and the Macaronesian Islands seem to have played an important role in the speciation and diversification of some marine *taxa*.

The number of endemic species and subspecies of marine organisms on these islands is estimated to be around 39 (see table 6). Among these, the most relevant are the gastropods, in particular the family Rissoidae, which has been the subject of considerable study (*e.g.* Ávila 2005), being the family with the highest rate of endemism among all coastal species in the Azores, with about 63%. Also, some less well known groups, but which were recently studied, showed considerable rates of endemism, *e.g.* order Tanaidacea (two of the five species occurring in the Azores are endemic). Thus, we expect that an increased effort to study the taxonomy of the various groups of marine invertebrates in Azores will result in an increase in overall diversity and possibly in the rate of endemism.

fontes atlânticas. Vários organismos marinhos mostram diferenças populacionais entre o Atlântico e o Mediterrâneo, e as ilhas Macaronésicas parecem ter tido um papel importante na especiação e diversificação de alguns *taxa*.

O número de espécies e subespécies endémicas de organismos marinhos nos Açores é estimado em cerca de 39 (Quadro 6). De entre estes, destacam-se os gastrópodes, em particular a família Rissoidae, que, tendo sido objecto de estudos aprofundados (*ex.* Ávila 2005), se apresenta como a família com a maior taxa de endemismo de espécies costeiras nos Açores, com cerca de 63%. Também alguns grupos menos conhecidos, mas que foram objecto de estudo recente, revelaram taxas de endemismo considerável, por exemplo a ordem Tanaidacea (duas das cinco espécies que ocorrem nos Açores são endémicas), pelo que é de esperar que a um aumento do esforço de estudo taxonómico dos vários grupos de invertebrados marinhos nos Açores corresponda um aumento da sua riqueza específica, e eventualmente das taxas de endemismo.

Quadro 6. Diversidade de *taxa* endémicos dos principais grupos dos reinos Protoctista e Animalia, nos *habitats* costeiro e marinho dos Açores.

Table 6. Diversity of endemic *taxa* of the main groups of the kingdoms Protoctista and Animalia in the coastal and marine habitats from the Azores.

Reino	Filos /Phyla	END
Protoctista		
	Chlorophyta	0
	Rhodophyta	1
	Heterokontophyta	0
Animalia		
	Porifera	0
	Cnidaria	0
	Ctenophora	0
	Sipuncula	0
	Echiura	0
	Annelida	0
	Arthropoda	4
	Mollusca	29
	Bryozoa	0
	Phoronida	0
	Entoprocta	0
	Echinodermata	0
	Chordata	5
		39

6. Considerações finais e perspectivas

Neste capítulo resumimos a extensa informação relativa à biodiversidade açoriana, a qual resultou na lista dos fungos, flora e fauna conhecida dos ecossistemas terrestre, dulçaquícola e marinho (principalmente costeiro). Na primeira versão deste livro foram enumeradas seis questões de investigação que se pretendia ver respondidas num futuro próximo (ver Borges *et al.* 2005b). Quatro dessas questões foram de facto abordadas, e segue-se um resumo das conclusões obtidas até ao momento para cada uma delas:

a) Quantas espécies endémicas existem nos Açores?

Os recentes avanços resultantes do trabalho de taxonomia clássica e molecular permitiram a revisão de vários grupos taxonómicos, a criação de novas sinónimas e a descrição de novas espécies para a ciência. Por conseguinte, para alguns grupos taxonómicos a lista de espécies é agora mais estável. No entanto, o conhecimento limitado da taxonomia de muitos grupos é um facto. Uma série de análises mostraram que a fauna de artrópodes dos Açores se caracteriza pela descrição recente de muitas espécies endémicas, pelo que a presente lista de endemismos deverá estar longe de completa (ver Lobo & Borges 2010). No entanto, a falta de taxonomistas com a capacidade para identificarem correctamente as espécies tem impedido o avanço do conhecimento em muitos grupos hiperdiversos dos Açores (*i.e.* o denominado “Constrangimento Taxonómico”; Systematics Agenda 2000 1994), como por exemplo os Diptera e os Hymenoptera (ordens de insectos). A mesma situação aplica-se a muitos grupos de invertebrados marinhos, em que revisões recentes têm duplicado os registos de grupos menos conhecidos e resultaram na descrição de novas espécies para a ciência (Bamber & Costa 2009a,b), e muitos outros grupos carecem de estudo (ex. Platyhelminthes, Nematoda, Annelida).

b) As espécies exóticas seguem as mesmas regras ecológicas e biogeográficas que as espécies nativas?

Gaston *et al.* (2006) mostraram claramente que todos os artrópodes dos Açores (introduzidos, nativos e endémicos) seguem as mesmas relações bivariadas de abundância-ocupação e abundância-variação, bem

6. Final remarks and perspectives

In this chapter, we summarized the avenues of the Azorean biodiversity, which has resulted in the list of recorded fungi, flora and fauna for terrestrial, freshwater and marine biota (mainly coastal). In an earlier version, we listed six questions that should have been investigated in the following years (see Borges *et al.* 2005b). Four of them were indeed investigated and a number of studies succeeded in clarifying several important questions. Let us evaluate each of these four questions:

a) How many endemic species are there in the Azores?

Recent advances in molecular and classical systematics allowed the revision of many taxonomic groups, many new synonyms were created and new species were described as new endemics. Consequently, the current list of species is now more stable for some taxonomic groups. However, the limited knowledge of the taxonomy of many groups is a fact. A number of evidences shows that the Azorean arthropod fauna is characterised by recently described endemic species, and the current list of endemics is still far from complete (see *e.g.* Lobo & Borges 2010). However, the shortage of taxonomists who can adequately identify species (*i.e.* the so-called *Taxonomic Impediment*; Systematics Agenda 2000 1994) is preventing the advance in the adequate knowledge of many diverse groups like Diptera and Hymenoptera (both insect orders) in the Azores. The same holds for many marine invertebrate groups, in which recent revisions resulted in the duplication of the known species and in the description of new species (Bamber & Costa 2009a,b). Moreover, many groups lack adequate study (*e.g.* Platyhelminthes, Nematoda, Annelida).

b) Are exotic species following the same ecological and biogeographical rules as indigenous species?

Gaston *et al.* (2006) showed clearly that the distribution of all arthropods species (introduced, native and endemic) in the Azores lies on the same bivariate abundance-occupancy and abundance-variance, and trivariate abundance-variance-occupancy, relationships. However, Borges *et al.* (2006) showed that at least on Terceira island, non-indigenous species

are mainly limited to those sites under anthropogenic influence located mainly on marginal places. Moreover, abiotic (climatic and geomorphological) variables gave a better explanation of the variation in endemic species richness, whereas anthropogenic variables explained most of the variation in introduced species richness (Borges *et al.* 2006). Many of the exotic species are also invasive species and represent one of the major threats for the Azorean native ecosystems (see Silva *et al.* 2008). The same concern exists with respect to marine environments, although this problem was only seen more recently in the Azores, when some dangerous invasions of *Caulerpa webbiana* on Faial island began to be notorious (Cardigos *et al.* 2006). However, the spread of other invasive algae such as *Asparagopsis* spp. and *Codium fragile* also starts to take significant proportions. Concerning the exotic marine invertebrates, the majority occur in greater abundance in ports and marinas, where species such as the bryozoan *Zoobotryon verticillarum* begin to have some impact (Tempera & Amat 2009).

c) What is the relationship between the frequency distribution and abundance of species with their rarity (real and pseudo-rarity)?

Borges *et al.* (2005b) showed that a great proportion of endemic bryophytes and vascular plants have a wide distribution in the archipelago, occurring on most islands. Therefore, it was necessary to determine their frequency distribution and geographical abundance variations, and to relate the observed patterns to real and pseudo-rarity; Gabriel (unpublished data) found that bryophytes also follow this bivariate positive interspecific abundance-occupancy relationship. Therefore, there are true double rare endemic bryophytes in the Azores (see also Homem & Gabriel 2008, Couto 2010).

d) What are the factors related to speciation rates in Mollusca and Arthropoda? Are historical factors really important? What is the role of geographical area and habitat diversity?

After the publication of the Azorean list of Arthropod and Mollusc species, there was a rising interest in testing geographical variables to explain the patterns of island diversity in the Azores (e.g.

como a mesma relação de abundância-variância-ocupação. Porém, Borges *et al.* (2006) mostraram que, pelo menos na Terceira, as espécies exóticas se encontram essencialmente limitadas às áreas sob influência antrópica, localizadas principalmente em lugares marginais. Além disso, as variáveis abióticas (climáticas e geomorfológicas) explicaram uma parte considerável da variação na riqueza de espécies endêmicas, enquanto que as variáveis antropogénicas explicaram a maior parte da variação na riqueza de espécies introduzidas (Borges *et al.* 2006). Muitas das espécies exóticas são também espécies invasoras e constituem uma das principais ameaças aos ecossistemas nativos dos Açores (ver Silva *et al.* 2008). A mesma preocupação existe relativamente aos ambientes marinhos, embora este problema nos Açores só tenha sido encarado mais recentemente, quando algumas invasões preocupantes como a da *Caulerpa webbiana* na ilha do Faial começaram a ser conhecidas (Cardigos *et al.* 2006). No entanto, a distribuição de outras algas, como *Asparagopsis* spp. e *Codium fragile* começam também a tomar proporções consideráveis. Quanto aos invertebrados marinhos exóticos, a maioria ocorre em maior abundância em portos e em marinas, onde espécies como o briozoário *Zoobotryon verticillarum*, começam a ter algum impacto (Amat & Tempera 2009).

c) Qual a relação entre a distribuição de frequência dos valores de abundância das espécies com aspectos da sua raridade (real e pseudo-raridade)?

Borges *et al.* (2005b) deram a conhecer que uma grande proporção de briófitos e plantas vasculares endêmicas apresentam ampla distribuição no arquipélago, ocorrendo na maioria das ilhas. Como tal, foi sugerida a importância de se analisar a distribuição de frequências dos seus valores de abundância e relacionar esses padrões observados com aspectos de raridade (real e pseudo-raridade); R. Gabriel (dados não publicados) constatou que os briófitos também seguem a relação bivariada positiva interespecífica de abundância-ocupação. Portanto, existe uma verdadeira dupla raridade em alguns briófitos endêmicos dos Açores (ver também Homem & Gabriel 2008, Couto 2010).

d) Quais são os factores associados com a taxa de especiação em Mollusca e em Arthropoda? Os fac-

tores históricos são realmente importantes? Qual é o papel desempenhado pela área geográfica e pela diversidade do *habitat*?

Após a publicação da lista de espécies de artrópodes e moluscos dos Açores, houve um crescente interesse em testar o papel das variáveis geográficas nos padrões de diversidade insular dos Açores (ex. Whittaker *et al.* 2008, 2009; Borges & Hortal 2009; Borges *et al.* 2009; Cardoso *et al.* 2010; Triantis *et al.* 2010). Na maioria destes trabalhos, a principal constatação é que a combinação da área e da idade geológica das ilhas é suficiente para fornecer uma explicação básica para a diversidade de artrópodes endêmicos dos Açores, apesar da existência de algumas diferenças entre grupos taxonómicos ou ecológicos e da importância adicional do isolamento relativo de cada ilha (Borges & Hortal 2009). A imagem no meio marinho parece apresentar diferentes contornos, uma vez que a conectividade do meio permite uma maior facilidade de recolonização, e outros factores como padrões de circulação oceânica influenciam a dispersão e consequentemente os mecanismos de colonização e evolução. Assim, não são conhecidos até ao momento endemismos de ilha, mas parecem existir algumas diferenças de biodiversidade entre as ilhas detectáveis a diferentes escalas, por exemplo na composição relativa das comunidades e diversidade genética das populações.

Face ao exposto, qual deverá ser a agenda para os próximos cinco a dez anos, no que diz respeito ao estudo da biodiversidade dos Açores?

Como os resultados apresentados demonstram, é necessário dar continuidade aos trabalhos de amostragem, identificação, catalogação e descrição da diversidade específica dos ecossistemas terrestre e marinho dos Açores. Agora, existe uma importante base de dados fiável (Atlantis) e o portal *online* (Portal da Biodiversidade dos Açores; www.azoresbioportal.angra.uac.pt/), mas faltam ainda competências taxonómicas, indispensáveis para a realização de um inventário completo e rápido de toda a biodiversidade dos Açores. Mesmo nas plantas vasculares, grupo que se encontra relativamente bem estudado, existem muitas dúvidas sobre o estatuto de diversas espécies endémicas. A recente publicação de um livro que identifica as 100 espécies mais importantes para a conservação na

Whittaker *et al.* 2008, 2009; Borges & Hortal 2009; Borges *et al.* 2009; Cardoso *et al.* 2010; Triantis *et al.* 2010). In most of these studies the main finding is that combining island area and age is sufficient to provide a basic explanation for the diversity of endemic arthropods in the Azores, in spite of some differences between taxonomic or ecological groups and the additional role of island relative isolation (Borges & Hortal 2009). The image on the marine environment seems to have different patterns, since the connectivity of the habitat allows an easy recolonization, and other factors such as ocean circulation patterns influence the dispersal and consequently the mechanisms of colonization and evolution. So, no island endemic is known until now, but there seem to occur some differences in biodiversity between the islands at different scales, *e.g.* with respect to the composition of communities and/or the genetic diversity of populations.

Therefore, what should be the research agenda for the next five-ten years considering the study of the Azorean biodiversity?

Based on the results presented above, it is hardly necessary to keep the collecting, identification, vouchering and describing the species-level diversity of the terrestrial and marine ecosystems of the Azores. Now, we have a reliable database (Atlantis) and web portal (Azorean Biodiversity Portal; www.azoresbioportal.angra.uac.pt/), but we still lack the necessary taxonomic expertise for a complete and fast inventory of the entire Azorean biodiversity. Even in the relatively better-studied vascular plants there are many uncertainties concerning the status of many endemic *taxa*. The recent publication of a book which prioritised the 100 most important species for conservation (Martín *et al.* 2008) and of another book which identified the 100 invasive species of greatest concern for Macaronesia (Silva *et al.* 2008) are indicative that conservation awareness is growing in the Azores. New exotic species will inevitably arrive in the archipelago and the research on the impact of invasive species on native communities will be critical. It will also be important to determine the services native species can provide to the Azorean economy and Human well-being.

It would be most important and interesting to implement a Long-Term Ecological Research site (LTER) in the Azores, like those that already exist in other areas of Europe and America. The Azores constitute an ideal model system for a LTER because: 1) they possess a unique forest type in Europe, resembling the lost temperate forests of the Tertiary, and about 5% of which remain, including some pristine areas of great ecological importance; 2) they are one of the most isolated archipelagos in the world, harbouring a significant number of single island endemics; 3) extensive standardized ecological data already exist for a wide range of *taxa* (see e.g. Borges *et al.* 2006); 4) two important communicational structures are available, a geo-referenced biodiversity database (Atlantis) (see Borges 2005) and the Azorean Biodiversity Portal (www.azoresbioportal.angra.uac.pt/), that could be easily adapted to a LTER cyber-infrastructure. The objectives for an Azorean LTER would be twofold: 1) assessing the effects of habitat fragmentation and exotic species on the endemic fauna and flora, evaluating the resilience of the Azorean native forest; 2) quantify the services of the Azorean native ecosystems (i.e., soil quality, water balance and storage, pollination, pest control). The architecture of an Azorean LTER will be built around four articulated approach levels: i) data production, including the long-term monitoring of the distribution, abundance and diversity of several taxonomic groups, and the assessment of public perspectives about nature and the environment; ii) data integration; iii) scientific communication; iv) network building. Consequently, after 10 years of combining accurate delimitation of species (taxonomy) (Borges *et al.* 2005c) with an analysis of their spatial (biogeography) (e.g., Borges & Hortal 2009), and environmental (macroecology) patterns (Borges *et al.* 2006; Gaston *et al.* 2006), generating long-term data of high conservation value for the Azorean ecosystems is now critical. Some efforts to achieve this goal are being addressed on the Project “Predicting extinctions on islands: a multi-scale assessment” (FCT – PTDC/BIA-BEC/100182/2008) which started in March 2010 and will re-evaluate the biodiversity of sites sampled during 1999-2000 during project BALA (Borges *et al.* 2005c).

Macaronésia (Martín *et al.* 2008) e de um outro, onde se reconhecem as 100 espécies invasoras de maior preocupação para essa mesma região (Silva *et al.* 2008), são indicativos de que a consciencialização para a necessidade de conservação da natureza está a aumentar nos Açores. No entanto, novas espécies exóticas chegarão inevitavelmente ao arquipélago, pelo que o estudo do impacto das espécies invasoras nas comunidades nativas será fundamental. Será também importante avaliar os serviços prestados pelas espécies nativas à economia e bem-estar dos açorianos.

Seria da máxima importância implementar nos Açores um sítio de investigação ecológica a longo prazo (LTER), tal como já existem noutras zonas do país, na Europa e na América. Os Açores constituem um sistema modelo ideal para acolher um LTER, porque: 1) possuem um tipo de floresta único na Europa, assemelhando-se às florestas temperadas europeias do período terciário, da qual permanece cerca de 5% da cobertura original, incluindo algumas áreas intactas de grande importância ecológica; 2) são um dos arquipélagos mais isolados do mundo e suportam um número significativo de espécies endémicas exclusivas de cada ilha; 3) já possuem uma vasta quantidade de dados ecológicos padronizados para uma ampla gama de *taxa* (ver Borges *et al.* 2006); 4) desenvolveram duas importantes estruturas de comunicação, uma base de dados georreferenciados de biodiversidade (Atlantis Tierra 2.0) (ver Borges 2005) e o Portal da Biodiversidade dos Açores (www.azoresbioportal.angra.uac.pt/) que poderá ser facilmente adaptado a uma “ciber-infraestrutura” LTER. Os objetivos de um LTER nos Açores seriam: i) avaliar os efeitos da fragmentação dos *habitats* e das espécies exóticas sobre a fauna e flora endémica, avaliando a resistência da floresta nativa dos Açores; ii) quantificar os serviços dos ecossistemas nativos dos Açores (i.e. qualidade do solo, balanço hídrico e armazenamento de água, polinização, controlo de pragas). A estrutura de um LTER nos Açores obedeceria a quatro níveis de abordagem articulada: i) a produção de dados, que inclui a monitorização a longo prazo dos padrões de diversidade e de raridade de vários grupos taxonómicos, e a avaliação das perspectivas do público sobre a natureza e o meio-ambiente; ii) a integração dos dados; iii) a comunicação de dados científicos; iv) a construção de redes de

comunicação *online* entre a comunidade científica e a sociedade. Consequentemente, após 10 anos de combinação do estudo da delimitação precisa das espécies (taxonomia) (Borges *et al.* 2005c), com a análise dos seus padrões de distribuição espacial (biogeografia) (ex. Borges & Hortal 2009) e ambiental (macroecologia) (Borges *et al.* 2006, Gaston *et al.* 2006), é agora fundamental a geração de dados ecológicos a longo prazo que terão um elevado valor de conservação para as ilhas dos Açores. Alguns esforços para atingir este objectivo estão já a ser desenvolvidos no âmbito do projecto “Previsão da extinção em ilhas: uma avaliação multi-escala” (FCT - PTDC/BIA-BEC/100182/2008), que teve o seu início em Março de 2010 e procura reavaliar a biodiversidade existente em locais amostrados no período 1999-2000, durante o desenvolvimento do projecto BALA (Borges *et al.* 2005c).

No meio marinho o processo está um pouco mais atrasado, mas o mapeamento da biodiversidade é uma ferramenta base a sua gestão e protecção. De facto, a base de dados Atlantis já tem sido usada em planeamento marinho costeiro. A integração destes dados biológicos com informação sócio-económica em suporte GIS permite uma base sólida para as decisões de gestão, nomeadamente porque permite o desenvolvimento de modelos de inferência (modelação), o passo seguinte em planeamento espacial marinho, na região. O projecto Bionatura também contribuiu para identificar áreas para as quais a informação é prioritária, sendo necessário por isso canalizar esforços para o estudo da biodiversidade destes locais e para a selecção de espécies prioritárias para a gestão e conservação. A caracterização do tamanho das populações é fundamental para seleccionar as estratégias mais adequadas de gestão de espécies exploradas ou protegidas, uma vez que as estimativas de abundância são necessárias para estabelecer limites de capturas, avaliar a dinâmica populacional e estabelecer jurisdição territorial.

A preservação da biodiversidade singular dos Açores é urgente e com esta nova lista das espécies de fungos, plantas e animais dos Açores esperamos proporcionar um estímulo para o conhecimento da biodiversidade e também promover a colaboração entre a Universidade dos Açores, escolas, museus, áreas

In the marine environment the process is delayed, but the mapping of biodiversity is a basic tool for its management and protection. In fact, the database Atlantis has already been used in marine coastal planning. The integration of biological data with socio-economic information in GIS support allows a strong basis for management decisions especially because it allows the development of inference models (modeling), which represents the next step in marine spatial planning in the region. The Bionatura project also helped to identify areas for which information is a priority and it is therefore necessary to focus efforts in order to study the biodiversity of these sites and to determine the priority species for management and conservation. The definition of the size of stocks is fundamental for the management strategies for exploited or protected species, since these estimates of abundance are needed for establishing catch limits, to assess the population dynamics and establish territorial jurisdiction.

The preservation of the unique biodiversity of the Azores is critical and with this new list of the Azorean biodiversity we hope to provide a stimulating context for the learning about biodiversity and to foster collaboration among the University of the Azores, schools, museums, parks, NGOs and other political and economic organizations. In addition, we believe that this book will contribute to support further research and conservation actions aiming to preserve the diversity of the Azores, and hope that it will also help all those needing details on the taxonomy and nomenclature of the Azorean *taxa*.

7. Acknowledgements

This chapter is dedicated to all those that in the last decades were committed in the study of the Azorean biodiversity. We are particularly grateful to all students and colleagues that contributed with information and shared fieldwork during the last 20 years. We thank Clara Gaspar for the production of the maps in Figure 1.

The biological investigations that form the basis for this chapter have been facilitated by the

support of many organizations and individuals. First and foremost, we would like to acknowledge the continuous support of Frederico Cardigos, “Director Regional do Ambiente” (Secretaria Regional do Ambiente e do Mar do Governo Regional dos Açores). Financial support came from the Projects ATLÂNTICO and BIONATURA – EU Program INTERREG III B (2003-2008) under the coordination of “Dirección General de Política Ambiental del Gobierno de Canarias” (Canary Islands).

The University of the Azores supported most of the research work of the authors of this chapter, and deserves a special mention as the institution that performs the most relevant research activities in biodiversity in the Azores.

The edition and printing of this book were partly financed by the Direcção Regional da Ciência e Tecnologia DRCT - M3.2.3/I/017B/2009 - “Apoio à edição de publicações científicas”.

protegidas, ONGs e outras organizações políticas e económicas. Além disso, acreditamos que este livro contribuirá para apoiar a investigação e as acções de conservação necessárias à preservação da diversidade dos Açores, e esperamos que também possa contribuir para um melhor conhecimento da taxonomia e nomenclatura dos *taxa* dos Açores.

7. Agradecimentos

Este capítulo é dedicado a todos aqueles que, nas últimas décadas, se empenharam no estudo da biodiversidade dos Açores. Estamos especialmente gratos a todos os alunos e colegas que, durante os últimos 20 anos, contribuíram com informações sobre a biodiversidade dos Açores e connosco compartilharam os trabalhos de campo. Agradecemos a Clara Gaspar a cedência dos mapas da Figura 1.

As investigações biológicas que estão na base deste capítulo têm sido apoiadas por muitas organizações e pessoas. Em primeiro lugar, gostaríamos de agradecer o apoio constante de Frederico Cardigos, Director Regional do Ambiente (Secretaria Regional do Ambiente e do Mar do Governo Regional dos Açores). O apoio financeiro dos projectos Atlântico e Bionatura – UE Programa INTERREG III B (2003-2008), sob a coordenação da “Dirección General de Política Ambiental del Gobierno de Canarias” (Canárias), foi também indispensável.

A Universidade dos Açores apoiou a maioria dos trabalhos de investigação dos autores deste capítulo, e merece aqui uma menção especial, uma vez que constitui a instituição que realiza as actividades de investigação mais relevantes sobre a biodiversidade dos Açores.

A edição e impressão deste livro foi co-financiada pela Direcção Regional da Ciência e Tecnologia DRCT - M3.2.3/I/017B/2009 - “Apoio à edição de publicações científicas”.

8. Bibliografia (References)

- Amat, J. & Tempera, F. (2009) *Zoobotryon verticillatum* Della Chiaje, 1822 (Bryozoa), a new occurrence in the archipelago of the Azores (North-Eastern Atlantic). *Marine Pollution Bulletin*, **58**, 761-764.
- Arechavaleta, M., Zurita, N., Marrero, M.C. & Martín, J.L. (2005) *Lista preliminar de especies silvestres de Cabo Verde (hongos, plantas y animales terrestres)*. Consejería de Medio Ambiente e Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- Ávila, S.P. (2005) *Processos e padrões de colonização e dispersão dos Rissoidae (Mollusca: Gastropoda) dos Açores*. PhD Thesis, University of the Azores, Ponta Delgada.
- Bamber, R. & Costa, A.C. (2009a) The pycnogonids (Arthropoda: Pycnogonida) of São Miguel Azores, with description of a new species of *Anplodactylus* Wilson, 1878 (Phoxichilidiidae). *Açoreana*, **Suplemento 6**, 167-182.
- Bamber, R. & Costa, A.C. (2009b) The tanaidaceans (Arthropoda: Peracrida: Tanaidacea) of São Miguel, Azores, with description of two new species and a new record from Tenerife. *Açoreana*, **Suplemento 6**, 183-200.
- Borges, P.A.V. (2005) Introduction. In: P.A.V. Borges, R. Cunha, R. Gabriel, A.M.F. Martins, L. Silva, & V. Vieira (Eds.), *A list of the terrestrial fauna (Mollusca and Arthropoda) and flora (Bryophyta, Pteridophyta and Spermatophyta) from the Azores*. pp. 11-20. Direcção Regional de Ambiente and Universidade dos Açores, Horta, Angra do Heroísmo and Ponta Delgada.
- Borges, P.A.V., Abreu, C., Aguiar, A.M.F., Carvalho, P., Jardim, R., Melo, I., Oliveira, P., Sérgio, C., Serrano, A.R.M. & Vieira, P. (Eds.) (2008) *A list of the terrestrial fungi, flora and fauna of Madeira and Selvagens archipelagos*. Direcção Regional do Ambiente da Madeira and Universidade dos Açores, Funchal and Angra do Heroísmo.
- Borges, P.A.V., Aguiar, C., Amaral, J., Amorim, I.R., André, G., Arraiol, A., Baz A., Dinis, F., Enghoff, H., Gaspar, C., Ilharco, F., Mahnert, V., Melo, C., Pereira, F., Quartau, J.A., Ribeiro, S., Ribes, J., Serrano, A.R.M., Sousa, A.B., Strassen, R.Z., Vieira, L., Vieira, V., Vitorino, A. & Wunderlich, J. (2005c) Ranking protected areas in the Azores using standardized sampling of soil epigeic arthropods. *Biodiversity and Conservation*, **14**, 2029-2060.
- Borges, P.A.V., Cunha, R., Gabriel, R., Martins, A. F., Silva, L. & Vieira, V. (Eds.) (2005a) *A list of the terrestrial fauna (Mollusca and Arthropoda) and flora (Bryophyta, Pteridophyta and Spermatophyta) from the Azores*. Direcção Regional do Ambiente and Universidade dos Açores, Horta, Angra do Heroísmo and Ponta Delgada.
- Borges, P.A.V., Cunha, R., Gabriel, R., Martins, A.F., Silva, L., Vieira, V., Dinis, F., Lourenço, P. & Pinto, N. (2005b) Description of the terrestrial Azorean biodiversity. In: P.A.V. Borges, R. Cunha, R. Gabriel, A.M.F. Martins, L. Silva, & V. Vieira (Eds.), *A list of the terrestrial fauna (Mollusca and Arthropoda) and flora (Bryophyta, Pteridophyta and Spermatophyta) from the Azores*. pp. 21-68. Direcção Regional de Ambiente and Universidade dos Açores, Horta, Angra do Heroísmo and Ponta Delgada.
- Borges, P.A.V., Gabriel, R., Arroz, A., Costa, A., Cunha, R., Silva, L., Mendonça, E., Martins, A.F., Reis, F. & Cardoso, P. (subm.) The Azorean Biodiversity Portal: an internet database for regional biodiversity outreach. *Systematics and Biodiversity*, in press 2010
- Borges, P.A.V. & Hortal, J. (2009) Time, area and isolation: Factors driving the diversification of Azorean arthropods. *Journal of Biogeography*, **36**, 178-191.
- Borges, P.A.V., Lobo, J.M., Azevedo, E.B., Gaspar, C., Melo, C. & Nunes, L.V. (2006) Invasibility and species richness of island endemic arthropods: a general model of endemic vs. exotic species. *Journal of Biogeography*, **33**, 169-187.
- Borges, P.A.V. & Wunderlich, J. (2008) Spider biodiversity patterns and their conservation in the Azorean archipelago, with description of new taxa. *Systematics and Biodiversity*, **6**, 249-282.
- Brown, J.H. & Lomolino, M.V. (1998) *Biogeography*. Second edition Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts
- Cadena, C.D., Ricklefs, R.E., Jimenez, I. & Bermingham, E. (2005) Ecology - Is speciation driven by species diversity? *Nature*, **438**, E1-E2.
- Cardigos, F., Tempera, F., Ávila, S., Gonçalves, J., Colaço, A. & Santos, R. S. (2006) Non-indigenous marine species of the Azores. *Helgoland Marine Research*, **60**, 160-169.
- Cardoso, P., Arnedo, M.A., Triantis, K.A. & Borges, P.A.V. (2010) Drivers of diversity in Macaronesian spiders and the role of species extinction. *Journal of Biogeography*, **37**, 1034-1046.
- Couto, A.B. (2010). *Padrões de distribuição dos briófitos dos Açores em diferentes escalas: contributo para a conservação de espécies ameaçadas*. MSc Thesis. Departamento de Ciências Agrárias, Angra do Heroísmo.
- Emerson, B.C. & Kolm, N. (2005a) Species diversity can drive speciation. *Nature*, **434**, 1015-1017.
- Emerson B.C. & Kolm, N. (2005b) Ecology - Is speciation driven by species diversity? Reply. *Nature*, **438**, E2-E2.
- Emerson, B.C. & Kolm, N. (2007) Response to comments on Species diversity can drive speciation. *Ecography*, **30**, 334-338.
- Gaston, K.J., Borges, P.A.V., He, F. & Gaspar, C. (2006) Abundance, spatial variance and occupancy: arthropod species distribution in the Azores. *Journal of Animal Ecology*, **75**, 646-656.

- Homem, N. & Gabriel, R. (2008) *Briófitos raros dos Açores*. Príncipe, Oeiras. 96 pp.
- Izquierdo, I., Martín, J.L., Zurita, N. & Arechavaleta, M. (eds.) (2001) *Lista de especies silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres) 2001*. Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias.
- Izquierdo, I., Martín, J.L., Zurita, N. & Arechavaleta, M. (eds.) (2004) *Lista de especies silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres) 2004*. Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias.
- Kiflawi, M., Belmaker, J., Brokovich, E., Einbinder, S. & Holzman, R. (2007) Species diversity can drive speciation: comment. *Ecology*, **88**, 2132-2135.
- Lobo, J. & Borges, P.A.V. (2010) The provisional status of arthropod inventories in the Macaronesian islands. In: A.R.M. Serrano, P.A.V. Borges, M. Boieiro & P. Oromí (Eds), *Terrestrial arthropods of Macaronesia – Biodiversity, Ecology and Evolution*. pp. 29-43. Sociedade Portuguesa de Entomologia, Lisboa.
- Martín, J.L., Arechavaleta, M., Borges, P.A.V. & Faria, B. (eds.) (2008) *TOP 100 - As cem espécies ameaçadas prioritárias em termos de gestão na região europeia biogeográfica da Macaronésia*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kents, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**, 853-858.
- Moro, L., Martín, J.L., Garrido, M.J. & Izquierdo, I. (eds.) (2003) *Lista de especies marinas de Canarias (algas, hongos, plantas y animales) 2003*. Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias.
- Pereira, F., Borges, P.A.V., Costa, M.P., Constância, J.P., Nunes, J.C., Barcelos, P. Braga, T. Gabriel, R. & Amorim, I.R. (2010) *Catálogo das cavidades vulcânicas dos Açores (grutas lávicas, algares e grutas de erosão marinha)*. Os Montanheiros, Angra do Heroísmo, in press.
- Pereira, H.M., Proença, V.M. & Vicente, L. (2007) Does species diversity really drive speciation? *Ecography*, **30**, 328–330.
- Rodebrand, S. (2010) Checklist of the birds of the Azores including 2009. <http://www.birdingazores.com/lists/2009azoresbirdlist.xls> (access date 2010-04-14).
- Rodebrand, S. & *The Birding Azores Team* (2010) Recent sightings. <http://www.birdingazores.com> (access date 2010-04-14).
- Santos, A.M.C., Whittaker, R.J., Triantis, K.A., Borges, P.A.V., Jones, O.R., Quicke, D. & Hortal, J. (2010) Are species-area relationships from entire archipelagos congruent with those of their constituent islands. *Global Ecology and Biogeography*, **19**, 527-540.
- Silva, L., Ojeda Land, E. & Rodríguez Luengo, J.L. (eds.) (2008) *Invasive Terrestrial Flora & Fauna of Macaronesia. TOP 100 nos Açores, Madeira e Canárias*. ARENA, Ponta Delgada.
- Systematics Agenda 2000 (1994) *Systematics Agenda 2000: Charting the Biosphere*. Technical Report. NY, American Museum of Natural History.
- Triantis, K., Borges, P.A.V., Hortal, J. & Whittaker, R.J. (2010) The Macaronesian province: patterns of species richness and endemism of arthropods. In: A.R.M. Serrano, P.A.V. Borges, M. Boieiro & P. Oromí (Eds). *Terrestrial arthropods of Macaronesia – Biodiversity, Ecology and Evolution*. pp. 45-64. Sociedade Portuguesa de Entomologia. Lisboa.
- Whittaker, R.J., Ladle, R.J., Araújo, M.B., Fernández-Palacios, J.M., Delgado, J. & Arévalo, J.R. (2007) The island immaturity – speciation pulse model of island evolution: an alternative to the “diversity begets diversity” model. *Ecography*, **30**, 321-327.
- Whittaker, R.J., Triantis, K.A. & Ladle, R.J. (2008) A general dynamic theory of oceanic island biogeography. *Journal of Biogeography*, **35**, 977–994.
- Whittaker, R.J., Triantis, K.A. & Ladle, R.J. (2009) A general dynamic theory of oceanic island biogeography: extending the MacArthur–Wilson theory to accommodate the rise and fall of volcanic islands. In: J.B. Losos & R.E. Ricklefs (eds). *The Theory of Island Biogeography revisited*, pp. 88-115. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Witt, C.C. & Maliakal-Witt, S. (2007) Why are diversity and endemism linked on islands? *Ecography*, **30**, 331–333.
- Zurita, N. & Arechavaleta, M. (2003) Banco de datos de Biodiversidad de Canarias. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **32**, 293-294.