



**Universidade dos Açores**

**Departamento de Ciências Agrárias**



**SERVIÇOS DOS ECOSISTEMAS NA ILHA  
TERCEIRA: ESTUDO PRELIMINAR COM ÊNFASE NO  
SEQUESTRO DE CARBONO E NA BIODIVERSIDADE**

**Enésima de Fátima Enes Pereira Mendonça**

**Angra do Heroísmo, Outubro de 2012**



**Universidade dos Açores**

**Departamento de Ciências Agrárias**

**Serviços dos Ecossistemas na Ilha Terceira:**  
estudo preliminar com ênfase no  
sequestro de carbono e na biodiversidade

**Dissertação apresentada na Universidade dos Açores, para obtenção do  
grau de Mestre em Engenharia do Ambiente**

**Enésima de Fátima Enes Pereira Mendonça**

**Orientadores:** Prof. Doutor Paulo Alexandre Vieira Borges

Prof. Doutora Rosalina Gabriel

Prof. Doutor Rui Bento Elias

Angra do Heroísmo, Outubro de 2012

“Entre as imagens que mais profundamente marcaram minha mente, nenhuma excede a grandeza das florestas primitivas, poupadas da mutilação pela mão do homem. Ninguém pode passar por essas solidões intocado, sem sentir que existe mais dentro do homem do que a mera respiração do seu corpo”.

**Charles Darwin**

## Agradecimentos

Ao longo deste trabalho pude contar com o auxílio e apoio de várias pessoas e entidades, às quais quero expressar os meus agradecimentos:

Aos meus três orientadores, os professores Paulo A. V. Borges, Rosalina Gabriel e Rui Elias, sem os quais a realização deste trabalho não teria sido possível. Por acreditarem nas minhas capacidades, às vezes mais do que eu própria, pelos conhecimentos transmitidos, tempo despendido, apoio e incentivo.

Ao Fernando Pereira que muito me ajudou no trabalho de campo, sempre com grande companheirismo e boa disposição. E também ao Professor Rui Elias e Paulo A. V. Borges, e aos colegas Orlando Guerreiro, Paulo Ávila e Margarita Díaz que pontualmente me auxiliaram no trabalho de campo.

Ao Bento Pereira, Marco Aurélio Oliveira e à FRUTER pela informação cedida em forma de comunicação pessoal.

À Direcção Regional dos Recursos Florestais por me terem cedido tão prontamente os dados correspondentes às florestas exóticas.

Aos colegas e amigos Annabella Borges, Carla Rego, Filomena Ferreira, François Rigal, Luís Crespo, Mário Boieiro, Nídia Homem, Orlando Guerreiro, Pedro Cardoso, Sílvia Calvo Aranda, Sofia Terzopoulou, Teresa Ferreira e muito especialmente à Clara Gaspar e Isabel Amorim, que me acompanharam ou aconselharam, ao longo, ou durante algum período de tempo, destes últimos dois anos e que de alguma forma tornaram este percurso menos solitário.

Por fim um agradecimento muito especial aos **meus pais**, Telo Borges Pereira e Maria Inácia M. E. Pereira, **marido** Helder e **filha** Mariana, sogros, irmãos, cunhadas e sobrinhos por me terem ouvido nos momentos mais difíceis e me incentivarem sempre a seguir em frente, com o amor e amizade de uma grande família.

Por fim quero referir que a impressão deste trabalho foi financiada pelo Projecto DRCTC M2.1.2/I/005/2011 - "*Implications of climate change for Azorean Biodiversity*" (IMPACTBIO).

## Resumo

Os serviços que os ecossistemas prestam são essenciais à vida humana. Entre estes destacam-se os serviços de produção (ex. alimento), regulação (ex. água), culturais (ex. fruição) e de suporte (ex. ciclo de nutrientes). No contexto de alterações planetárias que se vive, torna-se importante, não só reconhecer os serviços prestados pelos ecossistemas, como também ser capaz de os identificar, caracterizar e garantir a sua manutenção. Neste estudo pretende-se: i) identificar e caracterizar os serviços prestados pelos ecossistemas da ilha Terceira (Açores), tendo como base o actual ordenamento do território; ii) determinar a quantidade de carbono sequestrado pela floresta nativa do “Parque Natural da ilha Terceira” (PNT); iii) estudar a existência de uma possível relação entre o carbono sequestrado pela floresta do PNT e a diversidade de espécies arbóreas das florestas nativas, utilizando uma metodologia padronizada; iv) verificar a existência, ou não, de uma relação entre o serviço de sequestro de carbono e a diversidade de briófitos e de artrópodes da mesma área. Em relação ao primeiro objectivo, foram identificados 15 serviços desempenhados pelos ecossistemas na Terceira, classificados nas quatro categorias já apontadas. Verificou-se que os serviços de produção têm maior expressão nas florestas nativas e exóticas, enquanto as florestas naturais se mostraram mais importantes no fornecimento de serviços de regulação e de suporte. Por outro lado as zonas urbanas e costeiras surgiram como as mais relevantes no que respeita aos serviços culturais. Considerando os pressupostos do Protocolo de Quioto, é importante apreciar qual o volume de carbono sequestrado pelas florestas naturais dos Açores. Neste trabalho estimou-se pela primeira vez um valor de sequestro de carbono por unidade de área para a floresta nativa da ilha Terceira. Do total estimado de 239,17 tC/ha, valor superior ao que foi apontado para as florestas de produção, aproximadamente 75% é sequestrado por *Juniperus brevifolia*. Foi detectada uma relação entre o carbono sequestrado e a diversidade de espécies arbóreas, com uma curva unimodal convexa, onde o ponto em que se verifica maior sequestro de carbono corresponde a um ponto que apresenta diversidade média. Finalmente, considerando o papel que diversos organismos têm no funcionamento dos ecossistemas garantindo que estes continuem a fornecer serviços (ex. produtores primários, polinizadores, decompositores) estudou-se a relação entre a diversidade de briófitos e de artrópodes e o carbono sequestrado. A relação é linear positiva para os briófitos do solo e da rocha, o que revela que uma maior quantidade de carbono sequestrado pode ser um indicador de maior diversidade de briófitos (solo e rocha); por outro lado a relação entre o carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* e a riqueza e diversidade de Shannon-Wiener de musgos é linear negativa, indicando que possivelmente as florestas que apresentam menor carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* são mais diversas em musgos. Quanto às relações com os artrópodes obteve-se uma relação positiva entre uma menor dominância nas comunidades de artrópodes e o carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia*, o que sugere que os fragmentos da floresta em que é sequestrado mais carbono serão os mais equilibrados na diversidade de artrópodes. Este é um estudo preliminar, para a ilha Terceira (Açores), que identifica os serviços prestados pelos ecossistemas e qual a sua importância. Constitui também a primeira tentativa de quantificar o sequestro de carbono na maior mancha de floresta natural dos Açores. Também se oferecem algumas pistas para perceber se esse serviço (sequestro de carbono) está relacionado com a biodiversidade e produtividade desse ecossistema. Consideramos que este é um ponto de partida para uma investigação mais profunda sobre os serviços dos ecossistemas nos Açores e um ponto de apoio para as decisões necessárias à conservação da natureza no arquipélago.

## Abstract

The services provided by ecosystems are essential to human life, namely production (e.g. food), regulation (e.g. water regulation), cultural (e.g. fruition) and support (e.g. nutrient cycling) services. In the context of global changes that we live, it is important to not only recognize the services provided by ecosystems, but also be able to identify, characterize and ensure its maintenance. This study aims to: i) identify and characterize the ecosystem services of Terceira island (Azores); ii) determinate the amount of carbon sequestered by the native forest in the Natural Park of Terceira island; iii) investigate the existence of a relation between tree species diversity and carbon sequestered in the native forest of the Natural Park of Terceira island; iv) investigate the existence of a correlation between carbon sequestration and diversity of bryophytes and arthropods in the same area. Regarding the first objective, we identified 15 services performed by ecosystems in Terceira Island. Production services are higher in native and exotic forests compared to the other land uses in Terceira Island and natural forests are the most important in providing regulatory and support services. On the other hand urban and coastal areas are the most important for cultural services. Considering the assumptions of the Kyoto Protocol, it is important to assess what is the volume of carbon sequestered by natural forests of Azores. Carbon sequestration was for the first time evaluated for native forest on Terceira Island based on above ground biomass. Of the total 239.17 tC/ha estimated, approximately 75% is sequestered by *Juniperus brevifolia* alone. The relationship between tree species diversity and carbon sequestered is a unimodal convex curve where the highest carbon value corresponds to the mean tree species diversity.

Finally, considering the role that various organisms have on ecosystem functioning ensuring that they continue to provide services (e.g. primary producers, pollinators, and decomposers) was studied the relationship between bryophytes and arthropods diversity and carbon sequestered.

A linear positive relationship between the bryophyte on soil and rock and total carbon sequestered reveals that probably a greater amount of carbon sequestered can be an indicator of an increased in bryophytes diversity (soil and rock); on the other hand the relation between the carbon sequestered by *Juniperus brevifolia* and the richness and Shannon-Wiener diversity of mosses is linear negative, indicating that possibly the forests that have lower carbon sequestered by *Juniperus brevifolia* are more diverse in mosses.

Regard to relations with arthropods it was obtained a positive linear relationship between the carbon sequestered by *Juniperus brevifolia* and a lower dominance arthropods communities, which suggests that the fragments of forest where more carbon is sequestered shall be the more balanced in the diversity of arthropods. This is a preliminary study in Terceira Island (Azores), which identifies the services provided by ecosystems and what is its importance. This study represents, also, the first attempt to measure ecosystem services in the biggest patch of native forest in the Azores. We also offer some clues to see if this service (carbon sequestration) is related to the productivity and biodiversity of this ecosystem. We believe that this is a starting point for further research on ecosystem services in the Azores and a support for some decisions necessary to nature conservation in the archipelago.

## Lista de acrónimos

- CDB** - Convention on Biological Diversity (Convenção sobre a Diversidade Biológica, 1992)
- CH<sub>4</sub>** – Metano
- CLIMAAT** - Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos
- CMAH** - Câmara Municipal de Angra do Heroísmo
- CO<sub>2</sub>** - Dióxido de carbono
- D** - Índice de Berger-Parker
- DBH** - Diameter at Breast Height (Diâmetro à Altura do Peito)
- DROTRH** - Direcção Regional de Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos
- DRRF** - Direcção Regional dos Recursos Florestais
- D<sub>Simpson</sub>** - Índice de Simpson
- E** - Equitabilidade para o índice de Shannon-Wiener
- EASAC** - European Academies Science Advisory Council (Conselho Consultivo das Academias de Ciências Europeias)
- FAO** - Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação)
- FRUTER** - Associação de Produtores de Frutas, Produtos Hortícolas e Florícolas da Ilha Terceira
- GCCMPV** - Gabinete de Comunicação da Câmara Municipal da Praia da Vitória
- H'** - Índice de Shannon-Wiener
- IPCC** - Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
- IUCN** - International Union for Conservation of Nature (União Internacional para a Conservação da Natureza)
- MEA** - Millennium Ecosystem Assessment
- NO<sub>2</sub>** - Dióxido de azoto
- PDM** - Plano Director Municipal
- PNT** - Parque Natural da ilha Terceira
- ppm** - Partes por milhão
- PROTA** - Plano Regional Ordenamento do Território dos Açores
- PS** - Peso seco
- RCS** - Ramsar Convention Secretariat (Secretaria da Convenção de Ramsar)
- S** - Riqueza de espécies
- SMART** - Specific, Measurable, Ambitious, Realistic and Time-bound (Específicos, Mensuráveis, Ambiciosos, Realísticos e Calendarizados)
- SREA** - Secretaria Regional de Estatística dos Açores
- SREF** - Secretaria Regional da Educação e Formação
- t/ha** - Toneladas por hectare
- tC/ha** - Toneladas de carbono por hectare
- TER01** - Reserva Natural da Serra de Santa Bárbara e Mistérios Negros
- TER02** - Reserva Natural do Biscoito da Ferraria e do Pico Alto
- TER03** - Reserva Natural da Terra Brava e Criação das Lagoas
- UNFCCC** - United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas), 1992
- WBI** - World Bird Info (Informação sobre Aves do Mundo)

<b>Índice geral</b>	
<b>Agradecimentos.....</b>	<b>i</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>ii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>iii</b>
<b>Lista de acrónimos.....</b>	<b>iv</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de quadros.....</b>	<b>xii</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
Questões de investigação e objectivos.....	3
Roteiro da dissertação.....	4
<b>PARTE I</b>	
<b>I. Os serviços dos ecossistemas da ilha Terceira.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Aspectos gerais sobre serviços dos ecossistemas..</b>	<b>5</b>
<b>1.2. A ilha Terceira: breve caracterização geográfica,         geológica, climática e social.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. Metodologia: da identificação e categorização dos         serviços dos ecossistemas à sua caracterização e         avaliação.....</b>	<b>10</b>
<b>1.4. Zonas estudadas.....</b>	<b>14</b>
1.4.1. Zonas costeiras.....	14
1.4.2. Zonas urbanas.....	16
1.4.3. Zonas agrícolas.....	20

1.4.3.1. Arvenses, hortícolas e florícolas.....	20
1.4.3.2. Pomares e vinhas.....	23
1.4.4. Zonas de pastagens.....	25
1.4.4.1. Pastagem intensiva.....	25
1.4.4.2. Pastagem semi-natural.....	28
1.4.5. Zonas húmidas.....	31
1.4.5.1. Pauis.....	32
1.4.5.2. Ribeiras.....	35
1.4.5.3. Lagoas.....	37
1.4.5.4. Turfeiras.....	39
1.4.6. Zonas de Floresta.....	40
1.4.6.1. Floresta exótica.....	40
1.4.6.2. Floresta nativa.....	43
1.5. Discussão: das zonas aos serviços.....	47
1.6. Conclusões.....	52
 <b>PARTE II</b>	
<b>2. O sequestro de carbono na floresta nativa da ilha Terceira e a sua relação com a biodiversidade e produtividade.....</b>	<b>54</b>
2.1. Alterações globais e biodiversidade.....	54
2.2. Sequestro do carbono em florestas.....	55

<b>2.3. Relação entre funcionamento dos ecossistemas e biodiversidade.....</b>	<b>56</b>
<b>2.4. Relação entre biodiversidade e produtividade dos ecossistemas.....</b>	<b>59</b>
<b>2.5. Biodiversidade da floresta nativa da ilha Terceira...</b>	<b>60</b>
<b>2.6. Área de estudo.....</b>	<b>62</b>
<b>2.6.2. Caracterização física.....</b>	<b>62</b>
<b>2.6.3. Caracterização biológica.....</b>	<b>64</b>
2.6.3.1. Briófitos.....	64
2.6.3.2. Plantas Vasculares.....	65
2.6.3.3. Artrópodes.....	65
<b>2.6.4. Regulamentação.....</b>	<b>66</b>
<b>2.6.5. Pontos de amostragem.....</b>	<b>66</b>
<b>2.7. O carbono sequestrado pela floresta nativa da ilha Terceira.....</b>	<b>68</b>
<b>2.7.1. Metodologia.....</b>	<b>68</b>
<b>2.7.2. Resultados.....</b>	<b>71</b>
<b>2.7.3. Discussão.....</b>	<b>80</b>
<b>2.7.4. Conclusões.....</b>	<b>82</b>
<b>2.8. Relação entre a biodiversidade de plantas vasculares arbóreas e o carbono sequestrado pela floresta nativa da ilha Terceira.....</b>	<b>83</b>
<b>2.8.1. Introdução.....</b>	<b>83</b>
<b>2.8.2. Metodologia.....</b>	<b>84</b>

2.8.3. Resultados.....	85
2.8.4. Discussão.....	87
2.8.5. Conclusão.....	89
<b>2.9. Relação entre a produtividade da floresta nativa da ilha Terceira e a biodiversidade de briófitos e artrópodes.....</b>	<b>90</b>
2.9.1. Metodologia.....	90
2.9.1.1. Briófitos.....	90
2.9.1.2 Artrópodes.....	91
2.9.2. Resultados.....	92
2.9.2.1. Briófitos.....	92
2.9.2.2. Artrópodes.....	95
2.9.3. Discussão.....	97
2.9.3.1. Briófitos.....	97
2.9.3.2. Artrópodes.....	98
2.9.4. Conclusões.....	99
2.9.4.1. Briófitos.....	99
2.9.4.2. Artrópodes.....	99
<b>Conclusões Gerais.....</b>	<b>100</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>102</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>121</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Os serviços dos ecossistemas segundo o “Millennium Ecosystem Assessment” (MEA) (adaptado de Pereira <i>et al.</i> , 2009).....	1
<b>Figura 2:</b> Carta de uso do solo da ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH [2008] e de dados não publicados obtidos por Francisco Dinis).....	13
<b>Figura 3:</b> Baía da Praia da Vitória (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012) .....	14
<b>Figura 4:</b> Áreas urbanas e industriais da ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008) .....	17
<b>Figura 5:</b> Jardim Duque de Bragança em Angra do Heroísmo (Fonte: <a href="http://inconcreto.blogspot.com">http://inconcreto.blogspot.com</a> ) .....	18
<b>Figura 6:</b> Área agrícola da ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008) .....	21
<b>Figura 7:</b> Quintal hortícola na freguesia das Doze Ribeiras, ilha Terceira (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012) .....	22
<b>Figura 8:</b> Áreas de pomares e vinhas da Ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008) .....	23
<b>Figura 9:</b> Paisagem protegida da vinha dos Biscoitos (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012) .....	24
<b>Figura 10:</b> Área de pastagem intensiva da Ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008) .....	26
<b>Figura 11:</b> Bacia leiteira do Paul, ilha Terceira (Foto de Enésima Mendonça, Agosto de 2008) .....	27
<b>Figura 12:</b> Área de pastagem semi-natural da ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008; F. Dinis, dados não publicados).....	29
<b>Figura 13:</b> Toiros em pastagens na ilha Terceira (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012) .....	30
<b>Figura 14:</b> Tourada à corda no Largo de São Bento em Angra do Heroísmo no início do século XX (Fonte: <a href="http://rabortorto.blogspot.com">http://rabortorto.blogspot.com</a> ) .....	30
<b>Figura 15:</b> Localização dos três paus presentemente conhecidos na ilha Terceira (concelho da Praia da Vitória) (Fonte: Google Earth, 2011) .....	32
<b>Figura 16:</b> Paul da Praia da Vitória (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012) .....	33
<b>Figura 17:</b> Paul da Pedreira do Cabo da Praia (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012) .....	34

<b>Figura 18:</b> Linhas de água e lagoas da ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008) .....	36
<b>Figura 19:</b> Ribeira de Além na Serreta, ilha Terceira (Foto de Fernando Pereira, Julho de 2012) .....	36
<b>Figura 20:</b> Lagoa do Negro (Foto de Filomena Ferreira) .....	38
<b>Figura 21:</b> Turfeira no cume da Serra de Santa Bárbara, ilha Terceira (Foto de Fernando Pereira) .....	40
<b>Figura 22:</b> Zonas de floresta exótica da ilha Terceira (F. Dinis, dados não publicados) .....	41
<b>Figura 23:</b> Floresta de <i>Cryptomeria japonica</i> , Picos Gordos, ilha Terceira (Foto de Fernando Pereira, Maio de 2010) .....	43
<b>Figura 24:</b> Zonas de floresta natural da ilha Terceira (F. Dinis, dados não publicados) .....	44
<b>Figura 25:</b> Vista do interior da floresta nativa da ilha Terceira na Terra Brava (Foto de Enésima Mendonça, Dezembro de 2011) .....	44
<b>Figura 26:</b> Representação gráfica da importância dos serviços dos ecossistemas nas 12 zonas consideradas para a ilha Terceira .....	49
<b>Figura 27:</b> Algumas hipóteses relativas à relação entre riqueza específica e o funcionamento do ecossistema (adaptado de Lévêque, 2002) .....	59
<b>Figura 28:</b> Hipóteses explicativas para a relação entre diversidade do ecossistema e produtividade (adaptado de Whittaker, 2010).....	60
<b>Figura 29:</b> Parque de Ilha da Terceira, Anexo I do Decreto Legislativo Regional n.º 11/2011/A, de 20 de Abril (DLR n.º 11/2011/A, de 20 de Abril).....	63
<b>Figura 30:</b> Mapa de estradas e caminhos da ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008) .....	64
<b>Figura 31:</b> Localização dos nove transectos estudados na Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira .....	67
<b>Figura 32:</b> Marcação dos transectos (Foto de Enésima Mendonça, Abril de 2012).....	68
<b>Figura 33:</b> Medição dos indivíduos no transecto da Terra Brava - T15 (Foto de Rui Elias, Março de 2012).....	69
<b>Figura 34:</b> Relação entre os diâmetros dos indivíduos medidos nos nove transectos e a biomassa estimada, em toneladas, a partir das equações Y0, Y1, Y2 e Y3 .....	71
<b>Figura 35:</b> Percentagem de indivíduos adultos (> 1,50 m altura) das espécies de plantas vasculares arbóreas identificadas nos nove transectos.....	74
<b>Figura 36:</b> Percentagem de indivíduos juvenis (< 1,50 m altura) das espécies	

de plantas vasculares arbóreas identificadas nos nove transectos.....	74
<b>Figura 37:</b> Distribuição dos indivíduos de <i>Frangula azorica</i> nas diferentes classes de diâmetros.....	75
<b>Figura 38:</b> Distribuição dos indivíduos de <i>Ilex perado</i> subsp. <i>azorica</i> nas diferentes classes de diâmetros.....	76
<b>Figura 39:</b> Distribuição dos indivíduos de <i>Juniperus brevifolia</i> nas diferentes classes de diâmetros.....	77
<b>Figura 40:</b> Distribuição dos indivíduos de <i>Laurus azorica</i> nas diferentes classes de diâmetros.....	78
<b>Figura 41:</b> Valor do carbono sequestrado por espécie arbórea, tC/ha, nos nove transectos estudados .....	79
<b>Figura 42:</b> Mapa da distribuição do carbono sequestrado, em t/ha, na floresta nativa da Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira, na floresta de <i>Cryptomeria japonica</i> e na floresta de <i>Eucalyptus globulus</i> .....	81
<b>Figura 43:</b> Curva de relação entre o pH e o carbono sequestrado em t/ha, nos nove transectos realizados na floresta nativa do Parque de ilha da Terceira .....	86
<b>Figura 44:</b> Curva de relação entre o índice de diversidade $D_{\text{Simpson}}$ , calculado para as seis espécies arbóreas identificadas e o carbono sequestrado em t/ha .....	87
<b>Figura 45:</b> Curva convexa entre a diversidade de espécies arbóreas de um ecossistema e o funcionamento do mesmo (adaptado de Nadrowski <i>et al.</i> , 2010).....	88
<b>Figura 46:</b> Curva de regressão entre a diversidade de briófitos no terreno em cada transecto, calculada a partir do índice de Shannon-Wiener e o carbono total sequestrado, (t/ha).....	94
<b>Figura 47:</b> Curva de regressão entre a riqueza de musgos em cada transecto e o carbono sequestrado por <i>Juniperus brevifolia</i> (t/ha).....	94
<b>Figura 48:</b> Curva de correlação entre o carbono sequestrado por <i>Juniperus brevifolia</i> , (t/ha), e a diversidade de musgos em cada transecto, calculada a partir do índice de Shannon-Wiener.....	95
<b>Figura 49:</b> Relação entre a diversidade de artrópodes em cada transecto calculada a partir do inverso do índice de Berger-Parker (1/d) e a produtividade da floresta medida com base no carbono sequestrado pelo Cedro-do-mato (t/ha).....	96

## Índice de quadros

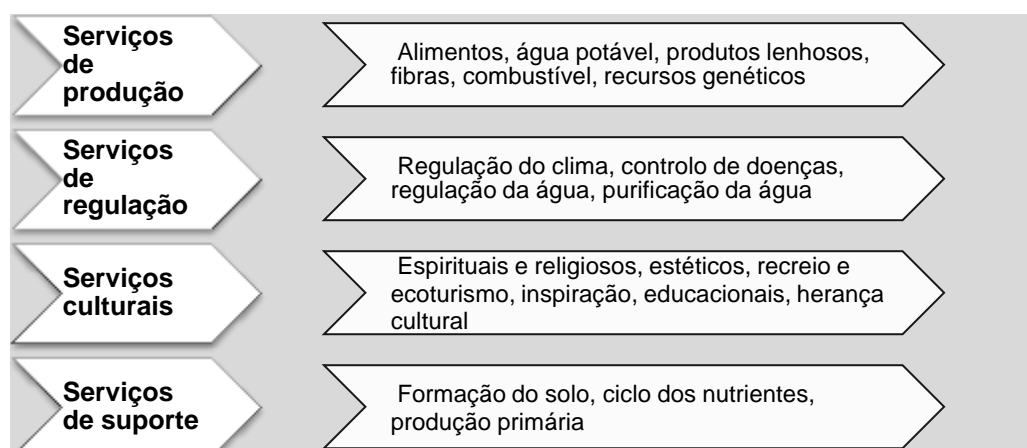
<b>Quadro 1:</b> Serviços e funções dos ecossistemas (adaptado de Costanza <i>et al.</i> , 1997 e Pereira <i>et al.</i> , 2009) .....	6
<b>Quadro 2:</b> Número total e de endemismos (end) de espécies (sp.) e subespécies (subsp.) por grupo para os Açores e para a ilha Terceira (Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0; ver igualmente Borges <i>et al.</i> , 2010a).....	9
<b>Quadro 3:</b> Número total de edifícios, famílias e habitantes da ilha Terceira (SREA, 2011) .....	10
<b>Quadro 4:</b> Zonas consideradas na ilha Terceira para efeitos da avaliação dos serviços que são prestados pelas mesmas .....	11
<b>Quadro 5:</b> Número total e de endemismos (end), de espécies (sp.) e subespécies (subsp.) por grupo para a ilha Terceira e para a zona costeira (Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).....	15
<b>Quadro 6:</b> Número de edifícios, famílias e habitantes residentes nos dois concelhos da ilha Terceira em 2001 e 2011 (SREA, 2011) .....	17
<b>Quadro 7:</b> Áreas ocupadas, valores de produção e estimativa do rendimento de diversas culturas agrícolas na ilha Terceira, em 2006* e 2011 (FRUTER, comunicação pessoal; SREA, 2011; Bento Pereira, comunicação pessoal).....	22
<b>Quadro 8:</b> Áreas ocupadas, valores de produção e estimativa do rendimento dos pomares e vinhas na ilha Terceira, (Lopes <i>et al.</i> , 2008; Pimentel <i>et al.</i> , 2009; SREA, 2011; Ventura <i>et al.</i> , 2011; Bento Pereira, comunicação pessoal).....	25
<b>Quadro 9:</b> Valores de produção resultante das pastagens intensivas da ilha Terceira no ano de 2010 (SREA, 2011) e rendimento gerado calculado a preços de 2011 .....	27
<b>Quadro 10:</b> Valores médios dos ganhos com uma tourada à corda na ilha Terceira (Marco Aurélio Oliveira, comunicação pessoal).....	31
<b>Quadro 11:</b> Espécies de aves que se podem observar no Paul da Praia da Vitória (Leal, 2011b) .....	33
<b>Quadro 12:</b> Espécies de aves que se podem observar no Paul da Pedreira do Cabo da Praia (Leal, 2011b) .....	35
<b>Quadro 13:</b> Características físicas e capacidade de armazenamento das lagoas da ilha Terceira (Rodrigues, 2002; DROTRH, 2008) .....	37
<b>Quadro 14:</b> Área ocupada e estimativa do volume de três espécies lenhosas exóticas na ilha Terceira, no ano de 2007 (DRRF, 2007).).....	42
<b>Quadro 15:</b> Estimativa do carbono retido pela floresta de criptoméria e de eucalipto na ilha Terceira .....	42
<b>Quadro 16:</b> Número, total e de endemismos (end), de espécies (sp.) e subespécies (subsp.) por grupo para a ilha Terceira e para a Reserva	

Natural (Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).....	46
<b>Quadro 17:</b> Importância dos serviços dos ecossistemas nas 12 zonas consideradas para a ilha Terceira (valores arbitrários: 0, ausente ou vestigial; 1, pouco importante; 2, importante; 3, muito importante).....	48
<b>Quadro 18:</b> Estudos realizados e valores estimados de biomassa aérea na floresta Laurisilva das Canárias .....	56
<b>Quadro 19:</b> Características físicas e climáticas da Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira (dados calculados por Pedro Cardoso baseados em dados do CLIMAAT) .....	63
<b>Quadro 20:</b> Número de espécies e subespécies totais e endémicos, de briófitos, nos Açores, na ilha Terceira e na Reserva Natural da Ilha Terceira (Gabriel <i>et al.</i> , 2010; Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).....	65
<b>Quadro 21:</b> Número de espécies e subespécies totais e endémicos, de plantas vasculares, nos Açores, na ilha Terceira e na Reserva Natural da Ilha Terceira (Silva <i>et al.</i> , 2010; Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).....	65
<b>Quadro 22:</b> Número de <i>taxa</i> totais e endémicos, de artrópodes, nos Açores, na ilha Terceira e na Reserva Natural da Ilha Terceira (Borges <i>et al.</i> , 2010b; Base de Dados ATLANTIS Tierra 2.0).....	66
<b>Quadro 23:</b> Localização e características dos nove transectos estudados na Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira; RN = Reserva Natural (Dados do Projecto CLIMAAT).....	67
<b>Quadro 24:</b> Área dos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira .....	68
<b>Quadro 25:</b> Equações testadas para o cálculo da biomassa da floresta nativa da ilha Terceira .....	70
<b>Quadro 26:</b> Correlação paramétrica entre as equações Y0 (Floresta Laurisilva), Y1 (Florestas encharcadas), Y2 (Florestas secas) e Y3 (Florestas húmidas), testadas para obtenção do valor de biomassa nos nove transectos estudados.....	70
<b>Quadro 27:</b> Número de indivíduos juvenis por transecto das cinco espécies arbustivas identificadas.....	72
<b>Quadro 28:</b> Número de indivíduos por transecto e por espécie (Adulto: espécie arbórea com mais de 1,50 m de altura; Juvenil: espécie arbórea com menos de 1,50 m de altura; T: Total) .....	72
<b>Quadro 29:</b> Valores de biomassa e de carbono (t/ha), obtidos para cada um dos nove transectos efectuados na Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira .....	79
<b>Quadro 30:</b> Valores de r de Pearson obtidos a partir das regressões entre o valor de carbono total sequestrado (t/ha) e a altitude, precipitação, temperatura, Humidade relativa, pH e % de matéria orgânica referente aos transectos estudados.....	85
<b>Quadro 31:</b> Regressões polinomiais entre o valor de carbono sequestrado	

em t/ha para cada transecto e a riqueza de espécies arbóreas, índice de diversidade de Shannon-Wiener, índice de $D_{\text{Simpson}}$ , inverso de Berger-Parker (1/d) e equitabilidade (E).....	86
<b>Quadro 32:</b> Ano e técnicas de amostragem seleccionadas, por transecto, para a obtenção dos dados de diversidade de artrópodes da floresta nativa do Parque Natural de ilha da Terceira (ver igualmente Gaspar <i>et al.</i> , 2008)..	91
<b>Quadro 33:</b> Valores de r de Pearson obtidos a partir das regressões entre, os índices de diversidade (riqueza de espécies (S); índice de Shannon-Wiener (H'); índice de Simpson (D), inverso de Berger-Parker (1/d); Equitabilidade de H' (E)) e o valor de carbono total sequestrado (em t/ha) para os briófitos totais nos cinco transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.....	93
<b>Quadro 34:</b> Valores de r de Pearson obtidos a partir das regressões entre, os índices de diversidade (riqueza de espécies (S); índice de Shannon-Wiener (H'); índice de Simpson ( $D_{\text{Simpson}}$ ), inverso de Berger-Parker (1/d); Equitabilidade de H' (E)) e o valor de carbono sequestrado por <i>Juniperus brevifolia</i> (em t/ha) para para os musgos, hepáticas, briófitos epífitos e briófitos no terreno (solo e rocha) nos cinco transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.....	93
<b>Quadro 35:</b> Valores de r de Pearson obtidos a partir das regressões entre, os índices de diversidade (riqueza de espécies (S); índice de Shannon-Wiener (H'); índice de Simpson (D), inverso de Berger-Parker (1/d); Equitabilidade de H' (E)) e o valor de carbono total sequestrado (em t/ha) para os artrópodes totais (ArtTot), artrópodes do solo (ArtSolo), artrópodes da copa (ArtCopa) e artrópodes herbívoros da copa (CopaHerb), nos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.....	95
<b>Quadro 36:</b> Valores de r de Pearson obtidos a partir das regressões entre, os índices de diversidade (riqueza de espécies (S); índice de Shannon-Wiener (H'); índice de Simpson ( $D_{\text{Simpson}}$ ), inverso de Berger-Parker (1/d); Equitabilidade de H' (E)) e o valor de carbono sequestrado por <i>Juniperus brevifolia</i> (em t/ha) para os artrópodes totais (ArtTot), artrópodes do solo (ArtSolo), artrópodes da copa (ArtCopa) e artrópodes herbívoros da copa (CopaHerb), nos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.....	96

## Introdução

A espécie humana deixaria de existir na ausência dos serviços prestados pelos ecossistemas. O seu imenso valor para a humanidade é indiscutível (Daily *et al.*, 1997). Os organismos biológicos que os constituem são os motores biogeoquímicos da Terra, influenciam fortemente as condições ambientais à escala local e global e fornecem ao Homem comida, biomateriais, biocombustíveis, polinização, controle biológico, recursos genéticos, valores culturais e muitos outros benefícios (Figura 1) (Pereira *et al.*, 2009; ver igualmente Naeem *et al.*, 2012).



**Figura 1:** Os serviços dos ecossistemas segundo o “Millennium Ecosystem Assessment” (MEA) (adaptado de Pereira *et al.*, 2009).

A importância de dar a conhecer os serviços que nos prestam os ecossistemas da ilha Terceira, surge do facto de só existir um estudo realizado nessa área para os Açores (São Miguel) da autoria de Cruz & Benedicto (2009) e também na sequência do quarto objectivo estratégico a alcançar até 2020, definido no documento “O Panorama da Biodiversidade Global 3” da responsabilidade do secretariado da “Convenção sobre a Diversidade Biológica” (CDB) (CDB, 2010b). Esse objectivo está relacionado com a necessidade de realçar os benefícios para o Homem dos serviços prestados pela biodiversidade e pelos ecossistemas.

Tradicionalmente os esforços para conservar a natureza selvagem, focavam-se na biodiversidade ou diversidade biológica, a variedade de vida na Terra numa escala que vai da diversidade genética à diversidade dos ecossistemas. Recentemente, têm-se focado em outro aspecto da conservação: os bens e serviços prestados pelos sistemas ecológicos (ex. purificação da água, sequestro de carbono, polinização) (Naidoo *et al.*, 2008). O “Millennium Ecosystem Assessment” (MEA) documentou a importância dos serviços dos ecossistemas para o bem-estar humano e mostrou que o contínuo fornecimento destes serviços está ameaçado por actividades antrópicas insustentáveis (Pereira *et al.*, 2009). Conhecer quais os ecossistemas mais importantes no

fornecimento de determinados serviços nomeadamente os que são possíveis pela biodiversidade desse ecossistema é de crucial importância aquando do delineamento de estratégias de conservação e de gestão (Anderson *et al.*, 2009). Sabe-se que a diversidade da vida está heterogeneamente distribuída na Terra. A primeira razão para este padrão será a heterogeneidade na produtividade primária (quantidade de carbono fixado a partir da fotossíntese) disponível para o biota num dado local (Chase & Leibold, 2002). No entanto, a forma da relação entre produtividade e diversidade de espécies é muito variável. Em alguns casos é unimodal, onde a produtividade atinge o máximo a níveis médios de diversidade e noutros casos aumenta linearmente com a produtividade. Uma possível razão para a discrepância dos resultados obtidos em diferentes estudos é o facto dos dados terem sido recolhidos a diferentes escalas espaciais (Chase & Leibold, 2002).

O estudo dos serviços dos ecossistemas nos Açores é ainda bastante limitado, restringindo-se ao trabalho de Cruz & Benedicto (2009) realizado na ilha de São Miguel. No entanto, tendo em consideração a importância e inovação do tema, bem como o quarto objectivo estratégico a alcançar até 2020, estipulado no documento “O Panorama da Biodiversidade Global 3” da responsabilidade do secretariado da “Convenção sobre a Diversidade Biológica” (CDB) (CDB, 2010b), neste trabalho tenta-se perceber quais os serviços que são prestados pelos ecossistemas para a ilha Terceira. Para tal iremos usar como base a Carta de Ocupação de Uso do Solo do Plano Regional Ordenamento do Território dos Açores (PROTA) de 2008 e uma série de literatura incluindo artigos científicos publicados em revistas variadas, livros, capítulos de livros, teses de doutoramento e de mestrado entre outros. Além da descrição sumária dos serviços dos ecossistemas presentes actualmente na ilha Terceira, pretende-se também estimar a quantidade de carbono que é sequestrado pela floresta nativa da ilha e verificar se esse valor pode ser um bom predictor da biodiversidade da floresta, nomeadamente de dois grupos taxonómicos particularmente diversos nos Açores, os briófitos e os artrópodes (cf. Borges *et al.*, 2010a). De facto, a compreensão dos factores que influenciam as relações entre a produtividade do ecossistema e a diversidade de espécies pode constituir uma ferramenta útil para a conservação de zonas importantes na retenção de carbono e de “hotspots” de diversidade biológica (Belote, 2011).

Consequentemente, consideramos importante o estudo da relação entre a diversidade da floresta nativa do Parque de Ilha da Terceira, que possui uma elevada biodiversidade quando comparada com outros ecossistemas da ilha (sobretudo de espécies endémicas e nativas), e o funcionamento desse ecossistema. Para averiguarmos o tipo de relação usou-se seis espécies de plantas vasculares arbóreas endémicas dos Açores (*Erica azorica*, *Frangula azorica*, *Ilex perado* subsp. *azorica*, *Juniperus brevifolia*, *Laurus azorica* e *Picconia azorica*) e o carbono sequestrado por estas, estimado neste trabalho, como parâmetro indicador do funcionamento da floresta. Fez-se pela primeira vez na ilha Terceira, uma estimativa da quantidade de carbono

sequestrado pelas florestas naturais, ilustrando assim com dados concretos um dos serviços mais interessantes dos ecossistemas. O que no futuro poderá constituir mais um argumento para se justificar uma boa gestão e conservação destas florestas.

### ***Questões de investigação e objectivos***

1. Quais os principais serviços prestados pelos ecossistemas da ilha Terceira?
2. Quanto carbono é sequestrado pela floresta nativa do Parque de Ilha da Terceira?
3. Será que existe uma relação entre a riqueza de espécies arbóreas e o carbono sequestrado pela floresta nativa do Parque de ilha da Terceira? Se existir, qual das hipóteses ecológicas que relacionam o funcionamento dos ecossistemas com a riqueza de espécies a explica melhor? A hipótese nula, dos rebites, dos condutores/passageiros, linear ou idiossincrática?
4. Será que existe uma relação entre a produtividade gerada pelas espécies arbóreas da floresta nativa do Parque de ilha da Terceira e a diversidade de briófitos e de artrópodes da mesma área? Se existir, qual a forma da curva que representa essa relação? Convexa (unimodal), em forma de U (unimodal negativa), monotónica positiva, monotónica negativa ou nenhuma delas?

Face às questões de investigação acima apresentadas, este estudo tem como objectivos:

1. Identificar e caracterizar de forma sumária os serviços prestados pelos ecossistemas da ilha Terceira, segundo a ocupação de uso do solo da ilha Terceira (classificação de uso do solo adaptada de PROTA, 2008).
2. Determinar a quantidade de carbono sequestrado (t/ha) pela floresta nativa do Parque de ilha da Terceira e comparar o valor obtido com valores obtidos em outros estudos para a floresta Laurisilva, nomeadamente a das Canárias, e para florestas exóticas.
3. Verificar se existe uma relação entre a riqueza de espécies arbóreas e o carbono sequestrado pela floresta nativa do Parque de ilha da Terceira e perceber se alguma das hipóteses ecológicas que relacionam o funcionamento dos ecossistemas com a riqueza de espécies (hipótese nula, dos rebites, dos condutores/passageiros, linear ou idiossincrática) representa adequadamente uma possível relação.
4. Verificar se existe uma relação entre a produtividade gerada pelas espécies arbóreas da floresta nativa do Parque de ilha da Terceira e a diversidade de briófitos e de artrópodes da mesma área e detectar qual a forma da curva que melhor descreve essa possível relação.

### ***Roteiro da dissertação***

Esta tese divide-se em duas partes principais. Na primeira parte faz-se um enquadramento geral sobre a temática dos serviços dos ecossistemas, focando a ilha Terceira, e a ocupação de uso do solo (PROTA, 2008). Caracteriza-se cada uma das áreas consideradas realçando os serviços mais importantes fornecidos pelos ecossistemas que as constituem. No final da primeira parte apresenta-se um Quadro síntese com os serviços que são prestados por cada uma dessas zonas, classificados numa escala arbitrária, de muito importantes a ausentes, de forma a permitir uma visão geral sobre o conjunto dessas zonas, discutindo-se as implicações desta classificação para o desenvolvimento sustentável dos recursos da ilha Terceira.

A segunda parte foca o sequestro de carbono, um dos serviços dos ecossistemas que maior relevância apresenta no contexto actual, e está dividida em três secções: i) cálculo, a partir de dados obtidos durante a execução deste projecto, da quantidade de carbono sequestrada pela floresta nativa do Parque de ilha da Terceira; ii) relação entre um dos serviços dos ecossistemas e a biodiversidade, testada a partir dos dados de carbono sequestrado na floresta nativa da Terceira (t/ha) e da diversidade de espécies de plantas vasculares arbóreas identificada nos nove transectos em estudo; iii) relação entre produtividade e biodiversidade, usando-se como medida de produtividade o valor do carbono sequestrado obtido para a vegetação e como medida de biodiversidade, várias métricas para dois grupos biodiversos no ecossistema - briófitos e artrópodes (riqueza de espécies [S], índice de Shannon-Wiener [ $H'$ ], Simpson [ $D_{\text{Simpson}}$ ], Berger-Parker [d] e Equitabilidade para o índice de Shannon-Wiener [E]).

Finalmente, apresenta-se uma conclusão geral do trabalho em que se apontam algumas das virtualidades e limitações das metodologias utilizadas e se propõem algumas recomendações para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

## PARTE I

### 1. Os serviços dos ecossistemas da ilha Terceira

#### 1.1. Aspectos gerais sobre serviços dos ecossistemas

Os ecossistemas prestam um vasto conjunto de serviços essenciais ao bem-estar humano, e nas últimas décadas o mundo tem assistido não só a alterações dramáticas nesses ecossistemas mas também a profundas alterações nos sistemas sociais que modelam quer as pressões sobre os ecossistemas quer as suas oportunidades de resposta (Naeem *et al.*, 2009; Pereira *et al.*, 2009).

O conceito de ecossistema foi introduzido, em 1935, pelo botânico inglês Arthur Tansley, que o definiu como “um sistema interactivo de elementos vivos e não vivos numa área definida e que pode ser de qualquer tamanho” (EASAC, 2009). Uma definição mais recente, por exemplo a que foi adoptada pelo MEA, assume que um ecossistema é “uma unidade funcional onde comunidades de plantas, animais e microrganismos interagem de forma dinâmica com o meio abiótico. Os seres humanos são uma parte integral dos ecossistemas. Os ecossistemas variam grandemente em tamanho” (Pereira *et al.*, 2009: 22). A principal diferença entre as duas definições de ecossistema é a ênfase nos seres humanos considerada pelos autores do MEA. Ou seja, o conceito de ecossistema, outrora restrito a estudos e contextos puramente ecológicos tem sido progressivamente incorporado em estudos de cariz mais abrangente. Tanto assim é que a primeira parte da definição legal de ambiente em Portugal também inclui de algum modo a noção de ecossistema quando afirma que ambiente é “o conjunto dos sistemas físicos, químicos, biológicos e suas relações...” acrescentando a esta matriz as relações estabelecidas pela espécie humana: “...e dos factores económicos, sociais e culturais com efeito directo ou indirecto, mediato ou imediato, sobre os seres vivos e a qualidade de vida do homem” (Decreto-Lei n.º 11/87 de 7 de Abril).

Se a noção de ecossistema é antiga, a ênfase dada aos serviços por eles prestados é muito mais recente. De facto, os serviços dos ecossistemas foram definidos em 1997, por Gretchen Daily como sendo “as condições e os processos a partir dos quais os ecossistemas naturais, e as espécies que os constituem, sustentam e permitem a vida humana” (Daily, 1997: 3). Esse sustento das populações humanas é possível a partir de um conjunto de bens e serviços obtidos directa ou indirectamente a partir dos ecossistemas Costanza e colaboradores (1997) salientaram este ponto ao aplicar um conjunto de métricas para calcular o valor monetário dos serviços prestados “gratuitamente” pelos ecossistemas.

Segundo o MEA os serviços dos ecossistemas podem ser agrupados em quatro grandes grupos (Quadro 1).

**Quadro 1:** Serviços e funções dos ecossistemas (adaptado de Costanza *et al.*, 1997 e Pereira *et al.*, 2009).

SERVIÇOS	FUNÇÕES	EXEMPLOS
<b>SERVIÇOS DE PRODUÇÃO</b>		
<b>Produção de alimento</b>	O grosso da produção primária é extraído para a alimentação	Peixe, cereais, hortícolas, frutos e outros
<b>Produção de madeira e fibra</b>	Madeira para fins comerciais e para a produção de energia	Móveis e lenha para aquecimento das habitações
<b>Produção de água</b>	Retenção de água	Água potável
<b>Recursos genéticos</b>	Fonte de materiais biológicos e produtos únicos	Medicamentos para a ciência, genes para plantas resistentes a patógenos e pragas, espécies ornamentais
<b>SERVIÇOS DE REGULAÇÃO</b>		
<b>Controlo da erosão e retenção dos sedimentos</b>	Retenção do solo no ecossistema	Prevenção da perda de solo por acção do vento, precipitação ou outros processos erosivos
<b>Regulação climática</b>	Regulação da composição química da atmosfera e da temperatura global e outros processos climáticos mediados biologicamente a nível local e global	Regulação do efeito de estufa, sequestro de carbono, libertação de oxigénio
<b>Regulação de perturbações ambientais</b>	Capacidade tamponizante e integridade da resposta do ecossistema a flutuações ambientais	Protecção contra temporais, inundações e outros de acordo, maioritariamente, com o tipo e estrutura da vegetação
<b>Regulação da água</b>	Regulação do ciclo hidrológico	Aprovisionamento de água para reservatórios e aquíferos
<b>Polinização</b>	Movimento de gâmetas das plantas fanerogâmicas, pode ser realizado pelo vento, pela água ou por animais, conforme as espécies de plantas	Garante a reprodução das populações de plantas
<b>Controlo biológico</b>	Regulação das cadeias tróficas	Controlo de presas e predadores "chave", redução da herbivoria por predadores superiores
<b>Refúgio</b>	Habitat para populações residentes e migratórias	Habitat para espécies migratórias, habitat regional para espécies locais
<b>SERVIÇOS CULTURAIS</b>		
<b>Recreio, estéticos, artísticos, educacionais e outros</b>	Oportunidades para actividades recreativas, artísticas, educacionais entre outras	Ecoturismo, pesca desportiva e outras actividades ao ar livre.
<b>SERVIÇOS DE SUPORTE</b>		
<b>Formação de solo</b>	Processos de formação de solo	Degradação da rocha e acumulação de matéria orgânica.
<b>Ciclo de nutrientes</b>	Regulação, processamento e aquisição de nutrientes	Fixação de azoto, fósforo, potássio e outros nutrientes elementares.
<b>Produção primária</b>	Fotossíntese	Produção de oxigénio e de glucose.

Os serviços de produção, os de regulação, os culturais e os de suporte. Os serviços de produção incluem a obtenção directa de alimento, madeira, fibras, medicamentos e recursos genéticos (ex. subespécies e variedades alternativas para cultivares) e ainda da captação de água a partir dos seres vivos. Os serviços de regulação incluem serviços como a manutenção do equilíbrio de gases (ex. oxigénio, dióxido de carbono, ozono), regularização climática e do ciclo da água, capacidade tampão de perturbações ambientais, incluindo ainda serviços como a polinização, controlo biológico e refúgio de seres vivos. Os serviços culturais incluem aspectos imateriais da relação humana com a natureza, por exemplo a fruição estética ou o recreio. Todos os serviços acima referidos assentam nos serviços de suporte, sem estes os restantes não existiriam. São serviços como a formação do solo, reciclagem de nutrientes e produção primária (Costanza *et al.*, 1997; Pereira *et al.*, 2009).

A partir do final do século XX, foram vários os estudos realizados com o objectivo de quantificar monetariamente os mais variados serviços que são prestados pelos ecossistemas numa tentativa de sensibilizar os políticos, decisores e a sociedade em geral do valor dos ecossistemas (ex. Costanza *et al.*, 1997; Daily *et al.*, 2000; Turner *et al.*, 2003; Goldstein *et al.*, 2006) e de que a conservação da natureza é essencial à sobrevivência da espécie humana. Nesta linha surge a metáfora da natureza como “capital natural”, com o conjunto de bens e serviços da natureza que são essenciais para a vida humana (Costanza & Daly, 1992). De acordo com estes autores, a necessidade da valoração económica dos ecossistemas e dos serviços por estes prestados ajudará a avaliar os benefícios e a contribuição que estes têm para a economia e bem-estar humano (Ninan, 2011). Por outro lado uma valoração económica é mais facilmente entendida pelas comunidades e entidades locais, regionais ou mesmo globais. Mas se essa valorização é relativamente fácil de obter relativamente aos sistemas de produção, a partir do rendimento económico que geram e dos bens que produzem, e que são directamente usados pelo Homem, o mesmo não acontece com outros tipos de serviços prestados pelos ecossistemas naturais, como os serviços de regulação e de suporte. Esta visão é uma visão antropocêntrica, em que a natureza ou o “capital natural” têm valor na medida em que satisfazem as necessidades humanas (Goulder & Kennedy, 2011). Contudo é mais ou menos consensual o facto de que os ecossistemas, e as espécies que os constituem, têm um valor intrínseco independentemente da sua utilidade (Hunter, 1999).

A sociedade global explícita e implicitamente valora não só os bens e serviços que os ecossistemas naturais prestam mas também propriedades e constituintes desses ecossistemas como a sua capacidade de sustentabilidade e diversidade de espécies que o integram. A biodiversidade tem valor não só pelos serviços já bem conhecidos que certas espécies prestam, ou pelos potenciais serviços que determinadas espécies possam prestar mas também pela sua contribuição para o controlo da estabilidade e resiliência dos ecossistemas (Costanza & Farber, 2002). O valor que é atribuído à

biodiversidade varia de acordo com características sócio-culturais particulares como a educação, a cultura, os usos e as tradições das pessoas que formam as comunidades que interagem com esse ecossistema. Por exemplo as atitudes face à biodiversidade de um grupo de 600 inquiridos nos Açores, em 2005, mostra que são os elementos mais jovens, mais escolarizados e residentes em espaços urbanos que apresentam atitudes mais favoráveis à conservação da biodiversidade (Gabriel, Borges & Silva, 2007).

Neste capítulo pretende-se fazer uma abordagem geral sobre os principais serviços prestados pelos ecossistemas da ilha Terceira, usando como base a classificação de uso do solo do PROTA (2008) que inclui zonas costeiras, urbanas, agrícolas, pastagens, zonas húmidas e de floresta. Apresenta-se igualmente um Quadro síntese, com os principais serviços prestados por cada uma dessas zonas categorizados de 0 (ausente) a 3 (muito importante). Este estudo poderá ser a base para uma análise mais aprofundada sobre os serviços prestados pelos ecossistemas da ilha, e por semelhança, sobre os serviços prestados pelos ecossistemas dos Açores. Procura-se também realçar os benefícios para o Homem dos serviços prestados pelos ecossistemas, que segundo a CDB é um dos objectivos estratégicos a alcançar até 2020 (CDB, 2010b).

## **1.2. A Ilha Terceira: breve caracterização geográfica, geológica, climática, biológica e social**

### ***Aspectos geográficos e geológicos***

A ilha Terceira faz parte do grupo central do arquipélago dos Açores, arquipélago que é constituído por nove ilhas, e que se situa no Atlântico Norte entre as coordenadas 36°55' e 39°43' de latitude Norte e 25°00' e 31°17' de longitude Oeste (Forjaz *et al.*, 2004). Os pontos continentais mais próximos estão situados a Este (1.584 km de distância da Europa do Sul) e a Oeste (2.150 km de distância da América do Norte) (Gaspar *et al.*, 2008).

Os Açores integram a Macaronésia, região biogeográfica que engloba ainda os arquipélagos da Madeira, Canárias e Cabo Verde.

A ilha Terceira centrada na latitude de 38°40'N e longitude 27°10'W, tem uma área de aproximadamente 401,6 km<sup>2</sup>, numa forma quase elíptica com 29 km de comprimento e 17 km de largura. A sua costa é formada essencialmente por arribas rochosas incluindo também uma praia de areia de dimensões razoáveis localizada na Praia da Vitória. É constituída por vários picos sendo o seu ponto mais alto o topo da Serra de Santa Bárbara (1023 m). Possui inúmeras ribeiras e várias cavidades vulcânicas e lagoas de pequenas dimensões. Tal como as restantes ilhas do arquipélago é de origem vulcânica, sendo a terceira mais antiga do arquipélago, logo a seguir a

Santa Maria e São Miguel, com uma idade geológica de apenas 3,52 milhões de anos (Forjaz *et al.*, 2004).

### **Aspectos climáticos**

Tal como todo o arquipélago dos Açores, a ilha Terceira possui um clima ameno, com chuvas regulares e abundantes, elevados índices de humidade relativa do ar e ventos vigorosos, sobretudo durante o Outono e Inverno (Azevedo *et al.*, 2004). A temperatura média anual na ilha Terceira varia entre os 9 a 10<sup>o</sup> C no cume da Serra de Santa Bárbara e os 17<sup>o</sup> C junto à costa. A temperatura mínima de inverno varia entre os 4<sup>o</sup> C e os 12<sup>o</sup> C, e a máxima de Verão entre os 14<sup>o</sup> C e os 26<sup>o</sup> C. A precipitação média anual alcança os 3400 mm no Cume da Serra de Santa Bárbara, sendo na quase totalidade da ilha superior aos 1000 mm/ano (Azevedo *et al.*, 2004).

### **Aspectos biológicos**

As ilhas oceânicas são reconhecidas como laboratórios biológicos, porque o seu isolamento permite a existência de uma fauna e flora mais simples e permite também o estudo de processos evolutivos. As ilhas dos Açores são de origem vulcânica, com uma história geológica própria que associada ao factor isolamento condiciona a diversidade e composição de espécies. Existindo condições favoráveis à criação de endemismos (Quadro 2) (Borges *et al.*, 2009).

**Quadro 2:** Número total e de endemismos (end) de espécies (sp.) e subespécies (subsp.) por grupo para os Açores e para a ilha Terceira (Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0; ver igualmente Borges *et al.*, 2010a).

Grupo Taxonómico	Nº de sp. e subsp. nos Açores	Nº de sp. e subsp. na Ilha	Nº de sp. e subsp. end nos Açores	Nº de sp. e subsp. end na Ilha
<b>Briófitos</b>	480	348 (72,5%)	6	6 (100%)
<b>Plantas Vasculares</b>	1.110	524 (47,2%)	80	51 (63,8%)
<b>Moluscos Terrestres</b>	114	54 (47,4%)	49	11 (22,4%)
<b>Artrópodes</b>	2.298	1.087 (47,3%)	266	127 (47,7%)
<b>Vertebrados não domésticos</b> (incluindo apenas as aves nidificantes)	72	40 (55,5%)	14	10 (71,4)

A ilha Terceira possui em média cerca de 50% do total de espécies de briófitos, plantas vasculares, moluscos terrestres, artrópodes e vertebrados, registadas nos Açores. E à excepção dos moluscos terrestres, essa percentagem média aumenta quando se tem em consideração apenas as espécies endémicas, atingindo os 100% no caso dos briófitos.

### **Aspectos sociais**

A ilha Terceira possui uma população de 56.062 habitantes, o que corresponde a cerca de 22,8% da população residente nos Açores, distribuída pelas 19 freguesias do concelho de Angra do Heroísmo e 11 freguesias do concelho da Praia da Vitória (Quadro

3), (SREA, 2011). A taxa de variação da população residente na ilha entre 2001 e 2011 foi de (+0,4%), valor muito inferior a São Miguel (+4,6%) e também inferior ao Corvo (+1,2%) que são as únicas ilhas com variação positiva de acordo com a Secretaria Regional de Estatística dos Açores (SREA) (SREA, 2011).

**Quadro 3:** Número total de edifícios, famílias e habitantes da ilha Terceira (SREA, 2011).

Concelho	Edifícios	Famílias	Habitantes
Angra do Heroísmo	13.463	12.185	34.976
Praia da Vitória	8.853	7.531	21.086
<b>Total</b>	<b>22.316</b>	<b>19.716</b>	<b>56.062</b>

Tal como nas restantes ilhas dos Açores as principais áreas de actividade da população da ilha são a agricultura e a pecuária. Segundo uma notícia, de 16 de Novembro de 2011, do Diário de Notícias, a população empregada na Região, registou nesse ano uma diminuição de 1,7% segundo dados da SREA. E por actividades, verificou-se um aumento de 8,6% na população empregada no sector primário (agricultura e pescas), tendo-se registado quebras de 6,7% no secundário (indústria) e de 2,0% no terciário (serviços).

### 1.3. Metodologia para a identificação e categorização dos serviços dos ecossistemas, sua caracterização e avaliação

Como ponto de partida para este trabalho foi necessário categorizar os ecossistemas da ilha Terceira e os serviços prestados por estes, o que se conseguiu através de uma extensa revisão bibliográfica (ex. Daily, 1997; Costanza *et al.*, 1997; Daily *et al.*, 2000; Groot *et al.*, 2002; Brauman *et al.*, 2007; Pereira *et al.*, 2009; EASAC, 2009).

De modo a ser fiel à realidade insular optou-se por ter como base, na definição das várias zonas de estudo, a Carta de Ocupação do Solo da ilha Terceira, que consta do PROTA, da responsabilidade da Direcção Regional de Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos (Figura 2) (DROTRH, 2008) e as categorias de ecossistema usada pelos autores do MEA. Essas categorias são nove e incluem ecossistemas marinhos, costeiros, águas interiores, florestas, regiões secas, ilhas, montanhas, polares, cultivados e urbanos. No entanto, já os próprios autores do trabalho chamam a atenção para o nível de generalização desta categorização, pensada a uma escala planetária, que deverá ser adaptada consoante as especificidades da região ou local em estudo (Pereira *et al.*, 2009). Para a categorização dos serviços prestados pelos ecossistemas usou-se uma adaptação do MEA e de Costanza *et al.* (1997) que reúnem a base de

todos os possíveis serviços que são prestados pelos diferentes tipos de ecossistemas. A partir daí, e da Carta de Ocupação de Uso do Solo (DROTRH, 2008) dividiu-se a ilha em seis zonas e 10 subzonas de acordo com o Quadro 4.

**Quadro 4:** Zonas consideradas na ilha Terceira para efeitos da avaliação dos serviços que são prestados pelas mesmas.

Zonas	Subzonas
<b>Costeiras</b>	
<b>Urbanas</b>	
<b>Agrícolas</b>	Arvenses, hortícolas e florícolas Pomares e vinhas
<b>Pastagens</b>	Pastagem intensiva Pastagem semi-natural
<b>Húmidas</b>	Pauis Ribeiras Lagoas Turfeiras
<b>Floresta</b>	Floresta exótica Floresta natural

Estabelecidas as zonas de estudo, foi feita uma revisão bibliográfica sobre estas zonas da ilha, definindo-as, delimitando-as no espaço e realçando as suas principais características. Uma componente importante na caracterização das zonas de estudo foi a sua diversidade biológica. Para essa caracterização recorreu-se à base de dados ATLANTIS Tierra 2.0 onde está armazenada toda a informação disponível na literatura bem como registos de campo não publicados, de diversos autores, relativos a briófitos e líquenes dos Açores (responsabilidade de Rosalina Gabriel), plantas vasculares (responsabilidade de Luís Silva), moluscos terrestres (responsabilidade de António M. Frias Martins), artrópodes terrestres (responsabilidade de Paulo A. V. Borges) e vertebrados não domésticos (responsabilidade de Regina Tristão da Cunha). Esses dados acompanham as publicações científicas desde o século XIX até aos dias de hoje, existindo uma versão simplificada desta base de dados disponível on-line no Portal da Biodiversidade dos Açores desde 2008, e que tem vindo a ser actualizada de acordo com as possibilidades da equipa referida (<http://www.azoresbioportal.angra.uac.pt/>; ver ainda Borges *et al.*, 2010c).

Tendo como base a bibliografia que melhor descreve a realidade regional (teses de doutoramento, mestrado e artigos científicos) bem como bibliografia internacional

(livros e artigos científicos), sobre ecossistemas semelhantes, procedeu-se então à análise dos serviços que estas zonas prestam ou podem prestar potencialmente.

De realçar que se focaram essencialmente os aspectos positivos (serviços) de cada zona, reconhecendo contudo que existem aspectos negativos associados a essas zonas (desserviços), e que a valoração a que se chegou é sobretudo não económica, uma vez que uma análise económica exige dados que não estão disponíveis para a maioria destas áreas, e a obtenção dos mesmos não ser um dos objectivos deste estudo.

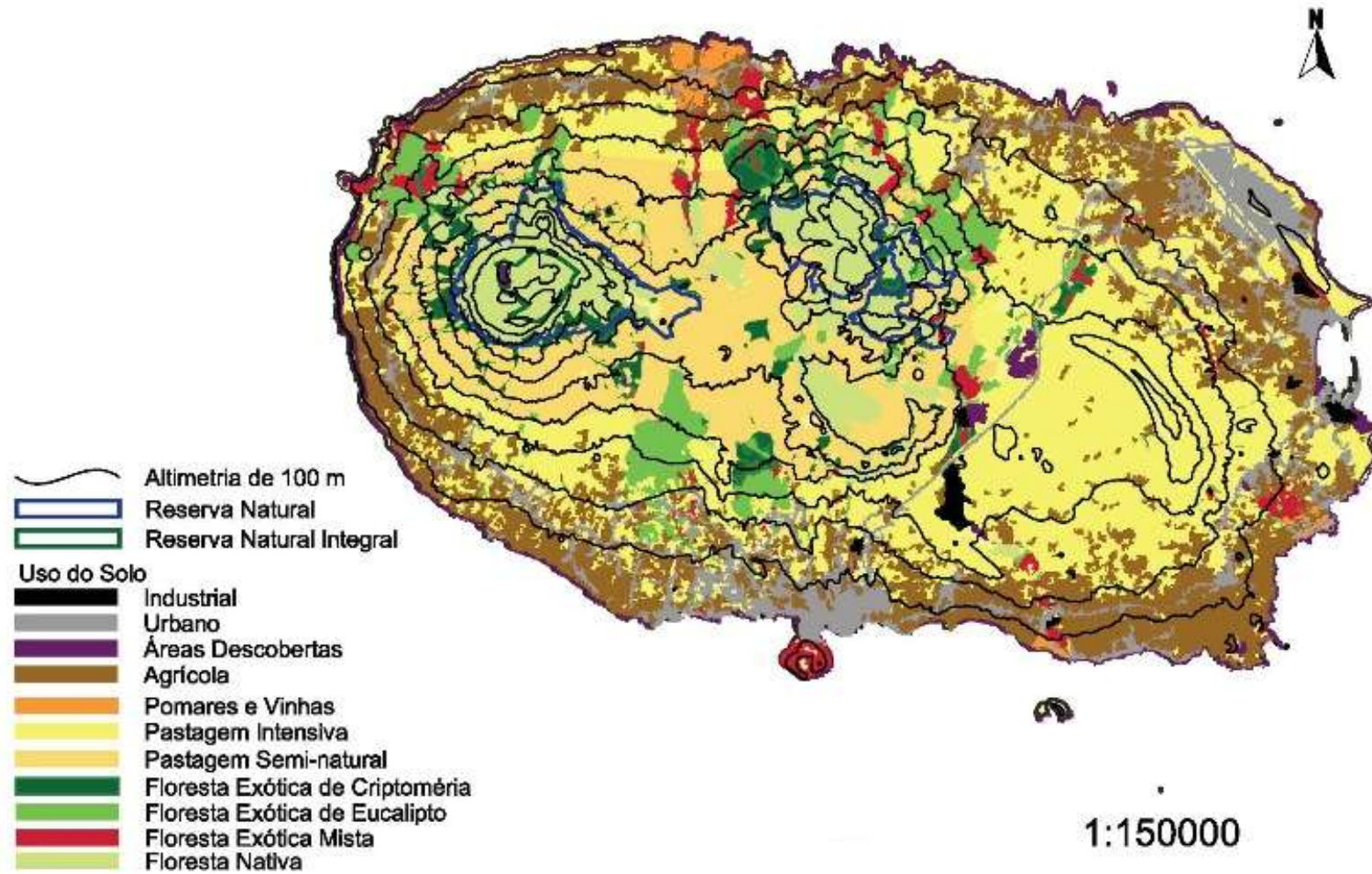


Figura 2: Carta de uso do solo da ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH [2008] e de dados não publicados obtidos por Francisco Dinis).

## 1.4. Zonas estudadas

### 1.4.1. Zonas costeiras

As zonas costeiras são áreas marcadamente influenciadas pela proximidade do oceano, e estendem-se ao longo dos 90 km de linha de costa da ilha Terceira (Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0), para inventariação da biodiversidade nesta zona, a área considerada vai desde a linha de costa aos 500 m em direcção ao interior, que é a escala espacial mínima suportada pela base de dados ATLANTIS Tierra 2.0.

A costa da ilha Terceira, aliás, tal como acontece nas outras ilhas dos Açores, caracteriza-se por possuir leitos de rocha sólida basáltica (França *et al.*, 2005) com muitas piscinas naturais resultantes da actividade vulcânica que há muito ocorreu na ilha (ex. piscinas naturais do Negroito, Silveira, São Sebastião, Porto Martins, Vila Nova, Quatro Ribeiras, Biscoitos e Cinco Ribeiras).

A ilha Terceira possui também praias de areia, pouco comuns nos Açores: uma no concelho de Angra do Heroísmo situada na parte norte da baía de Angra denominada Prainha com uma área aproximada de 4.530 m<sup>2</sup> (120 m de comprimento) e três no concelho da Praia da Vitória (Figura 3), a Praia da Riviera com uma área aproximada de 16.000 m<sup>2</sup> (260 m de extensão), a Praia Grande com aproximadamente 25.000 m<sup>2</sup> (600 m de extensão) e a Prainha com 5.270 m<sup>2</sup>, (170 m de extensão) (DROTRH, 2008). São praias constituídas por uma mistura de partículas resultantes de escoadas de lava basáltica (daí o seu tom escuro), cinzas vulcânicas e conchas de calcário, ou outros fragmentos esqueléticos derivados de uma variedade de plantas e animais marinhos (Morton *et al.*, 1998).



**Figura 3:** Baía da Praia da Vitória (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012).

A zona costeira, especialmente as partes constituídas por grandes arribas, funciona como uma barreira de protecção de outros habitats, e das populações, contra a erosão provocada pelo mar.

É também reconhecida pelos seus habitats e espécies característicos, existindo actualmente na ilha cinco zonas de costa que fazem parte do Parque Natural da Terceira por

serem consideradas muito importantes para a gestão da biodiversidade, água, pesca, pastoreio e exploração florestal. Essas zonas são: a “Área Protegida de Gestão de Recursos” das Quatro Ribeiras, da Costa das Contendas, dos Ilhéus das Cabras, das Cinco Ribeiras e do Monte Brasil (DLR n.º 11/2011/A, de 20 de Abril). Além das Áreas Protegidas de Gestão de Recursos, anteriormente referidas, existem também quatro zonas de costa que integram uma categoria denominada “Área Protegida para a Gestão de Habitats ou Espécies”. São elas: a Costa das Quatro Ribeiras, Ponta das Contendas, Ilhéus das Cabras e a Costa Noroeste da ilha. Estas áreas foram criadas de forma a assegurar nos habitats condições necessárias à protecção de espécies, grupos de espécies ou comunidades bióticas, para promover a investigação científica e a monitorização ambiental, e para disciplinar os usos e actividades nesses habitats (DLR n.º 11/2011/A, de 20 de Abril).

O Quadro 5 mostra a representatividade de espécies e subespécies de cinco grupos de seres vivos, na zona costeira da ilha Terceira.

**Quadro 5:** Número total e de endemismos (end), de espécies (sp.) e subespécies (subsp.) por grupo para a ilha Terceira e para a zona costeira (Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).

Grupo Taxonómico	Nº de taxa na Ilha	Nº de taxa na costa (%)	Nº de taxa end na Ilha	Nº de taxa end na costa (%)
<b>Briófitos</b>	348	130 (37%)	6	0
<b>Plantas Vasculares</b>	524	364 (69%)	51	21 (41%)
<b>Moluscos Terrestres</b>	54	45 (83%)	11	7 (64%)
<b>Artrópodes</b>	1.087	623 (57%)	127	46 (36%)
<b>Vertebrados</b> (incluindo apenas as aves nidificantes)	40	28 (70%)	10	10 (100%)

Segundo a base de dados ATLANTIS Tierra 2.0, na zona de costa da ilha estão registados 130 espécies e subespécies de briófitos, nenhuma das quais endémica, o que corresponde a 37% do total das espécies registadas para a ilha. As espécies com maior número de registos na zona costeira são a hepática *Frullania azorica* e os musgos *Trichostomum brachydontium*, *Brachythecium populeum*, *Scorpiurium circinatum* e *Grimmia lisae*.

Pouco mais de dois terços (69%) das espécies e subespécies de plantas vasculares da ilha Terceira foram registadas na zona costeira porém, se tivermos em conta apenas os endemismos, essa percentagem baixa para menos de metade (41%). As plantas vasculares com maior número de registos, na zona costeira da ilha, incluem *Cynodon dactylon* (gramão), *Pteridium aquilinum* (feto-assassino), *Conyza bonariensis* (aboadeira), *Malva pseudolavatera* (malva) e *Helminthotheca echioides* (erva-tábua). Por sua vez os taxa endémicos com maior número de registos estão representados por *Daucus carota* subsp. *azoricus* (salsa-burra), *Festuca petraea* (bracel-da-rocha), *Erica azorica* (urze), *Polypodium azoricum* (polipódio) e *Euphorbia azorica* (erva-leiteira). A espécie endémica *Azorina vidalii*, característica das zonas costeiras dos Açores, tem populações registadas nas freguesias do Porto Martins, Porto Judeu e Quatro Ribeiras.

Os moluscos terrestres são o grupo com menor número de registos mas a percentagem destes na costa em relação ao total da ilha é de 83%, percentagem essa que mais uma vez diminui quando se têm em conta apenas os endemismos. Mesmo assim, quase dois terços (64%) das espécies endémicas de moluscos registadas na ilha foram recolhidas em habitats costeiros. As espécies com maior número de registos são, por ordem decrescente, *Lauria anconostoma*, *Oestophora barbula* (endémica), *Leiostryla fuscidula* (endémica), *Acanthinula azorica* e *Helicella apicina*.

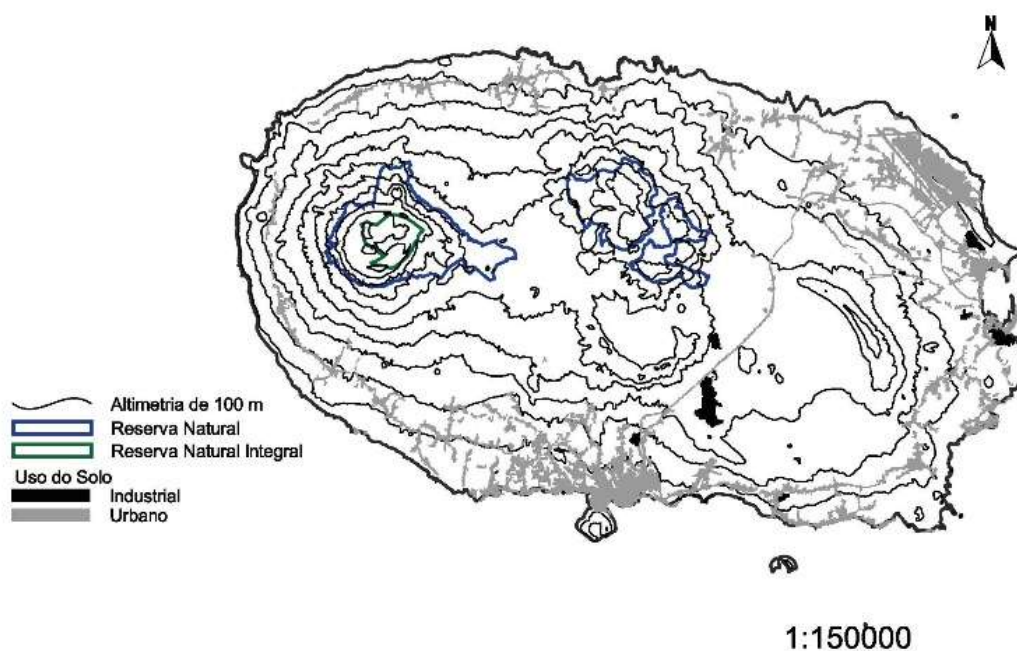
O grupo dos artrópodes é o mais diverso dos grupos considerados, com 1.087 espécies e subespécies registadas para a ilha, 127 das quais endémicas. Mais de metade (57%) das espécies totais e mais de um terço das espécies endémicas (36%) estão presentes na zona de costa. Segundo a base de dados ATLANTIS Tierra 2.0 as espécies mais comuns nesta zona são *Popillia japonica* (escaravelho japonês), *Ceratitis capitata* (mosca-da-fruta), *Lasius grandis* (formiga comum), *Aphis fabae* (piolho-negro-da-faveira) e *Myzus ornatus* (afídeo), todas exóticas, e as endémicas *Ascotis fortunata azorica* (traça), *Emblyna acorensis* (aranha), *Cixius azoterceirae* (cigarrinha-das-árvores), *Xanthorhoe inaequata* (traça) e *Gibbaranea occidentalis* (aranha).

Por fim, e em relação aos vertebrados estão presentes na costa 70% do total de espécies registadas para a ilha, e se tivermos em conta apenas os endemismos essa percentagem é de 100%, ou seja todos os vertebrados que se encontram registados na ilha também estão registados para a zona costeira. As espécies mais avistadas nestas zonas são: *Passer domesticus domesticus* (pardal), *Calonectris diomedea borealis* (cagarro), *Sylvia atricapilla gularis* (toutinegra-de-barrete-negro; endémica), *Sterna hirundo hirundo* (garajau-comum) e *Sturnus vulgaris granti* (estorninho-malhado; endémica).

Para além da sua importância como refúgio de biodiversidade, a zona costeira tem um enorme potencial ao nível dos serviços culturais: inspiração para produções artísticas, educacionais ou espirituais e recreativos: zona de banhos e zona de pesca desportiva ou não, de observação de aves ou de passeios pedestres por exemplo.

#### 1.4.2. Zonas urbanas

As zonas urbanas são zonas que são quase na sua totalidade ocupadas pelo Homem (ex. habitação) ou por actividades humanas (ex. indústrias). Ocupam, na ilha Terceira, cerca de 3.413,98 ha, 3.364,00 ha de espaços urbanos propriamente ditos e cerca de 49,98 ha de espaços industriais (Figura 4) (DROTRH, 2008).



**Figura 4:** Áreas urbanas e industriais da ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008).

A ilha Terceira possui segundo os resultados preliminares dos censos 2011 um total de 56.062 habitantes e 22.316 edifícios distribuídos nas 30 freguesias que constituem os dois concelhos, Angra do Heroísmo (19 freguesias) e Praia da Vitória (11 freguesias) (Quadro 6). Tendo-se verificado um decréscimo na população residente, entre 2001 e 2011, de cerca de 1,7% no concelho de Angra do Heroísmo (Quadro 6) e um aumento de 4,1% no concelho da Praia da Vitória (SREA, 2011), com um balanço para a ilha muito próximo do equilíbrio.

**Quadro 6:** Número de edifícios, famílias e habitantes residentes nos dois concelhos da ilha Terceira em 2001 e 2011 (SREA, 2011).

Concelho	Edifícios	Famílias	Habitantes 2001	Habitantes 2011
Angra do Heroísmo	13.463	12.185	35.581	34.976
Praia da Vitória	8.853	7.531	20.252	21.086
<b>Total</b>	<b>22.316</b>	<b>19.716</b>	<b>55.833</b>	<b>56.062</b>

As principais infra-estruturas da ilha incluem:

- ✓ Um aeroporto internacional, na vila das Lajes;
- ✓ Uma base aérea militar Portuguesa e Americana, na Vila das Lajes;
- ✓ Um Quartel-General no Monte Brasil em Angra do Heroísmo;
- ✓ Dois portos, o Porto da Praia da Vitória e o Porto de Angra do Heroísmo;
- ✓ Duas zonas industriais, a da Praia da Vitória, localizada na freguesia do Cabo da Praia, junto ao porto da Praia da Vitória, e a zona industrial de Angra do Heroísmo, situada na Achada freguesia de São Bento;

- ✓ Um aterro sanitário intermunicipal situado na zona do Biscoito da Achada, na freguesia da Ribeirinha;
- ✓ Duas estações de tratamento de águas residuais, uma na Praia da Vitória junto à encosta Este da Serra de Santiago e outra em Angra do Heroísmo situada na Grota do Vale, e ainda várias estações de tratamento de águas e reservatórios;
- ✓ Um hospital com capacidade para 240 camas em Angra do Heroísmo que serve todo o grupo central, e dois centros de saúde um em cada concelho;
- ✓ Um campus universitário com 812 alunos e 22 cursos em Angra do Heroísmo;
- ✓ Uma rede de escolas com 41 escolas do 1º Ciclo, 5 escolas do 2º Ciclo e 3 escolas do ensino secundário (SREF, 2012);
- ✓ Várias unidades industriais de transformação de carne e leite entre outros;

Nas áreas urbanas da Terceira, para além das habitações, áreas de comércio e áreas industriais existem também algumas áreas verdes. Essas áreas podem ser jardins públicos ou particulares, zonas de relvado e outras zonas com árvores e/ou arbustos ao longo das estradas, que para além de tornarem esses espaços mais bonitos prestam vários outros serviços. Esses serviços são principalmente de regulação do microclima ao nível das cidades, freguesias ou mesmo ruas, purificação do ar, sequestro de carbono e redução dos níveis de ruído possíveis pela existência de vários tipos de vegetação, principalmente pelas espécies arbóreas. São também áreas que servem de habitat a muitas espécies, e onde ocorrem serviços como a polinização que garante a manutenção de plantas, especialmente plantas com flor. Por exemplo, o Jardim Duque da Terceira, situado no centro histórico de Angra do Heroísmo, é reconhecido pela diversidade da sua flora, e pelo seu traçado harmonioso, que o tornam um local de referência na cidade (Figura 5). Além dos serviços ecológicos, as áreas urbanas servem de “habitat” para os seres humanos, que os habitam.



**Figura 5:** Jardim Duque de Bragança em Angra do Heroísmo (Fonte: <http://inconcreto.blogspot.com>).

São muito poucos os estudos realizados com o objectivo de quantificar os serviços dos ecossistemas em áreas urbanas, assumindo que estes espaços têm um valor ecológico limitado devido ao seu grau de humanização (Davies, 2011). No entanto, alguns serviços ecológicos continuam a ser prestados pelos elementos naturais, mesmo nas cidades mais urbanizadas do mundo como Tóquio ou Nova Iorque, onde o famoso “Central Park” mantém uma faixa de vegetação interessante em zonas onde a venda do território para construção poderia atingir valores elevados. De facto, os serviços providenciados pelos ecossistemas dentro ou na proximidade das áreas urbanas são particularmente valiosos, mesmo que as pressões para a urbanização sejam também muito elevadas (senão máximas) dentro destes sistemas (Boyd, 2008).

O sequestro de carbono resultante da biomassa das árvores, arbustos e do solo tem sido o serviço mais estudado nas cidades e está directamente relacionado com a percentagem de área arborizada, com o estado, densidade e tamanho das árvores (Nowak & Crane, 2002).

Um estudo realizado na cidade de Leicester (Reino Unido), estimou em 231.521 t o carbono sequestrado pela vegetação presente nessa cidade, o que corresponde a cerca de 3,16 kgC/m<sup>2</sup> de área urbana. A quase totalidade deste valor está associado às árvores (93,7%) enquanto que a percentagem associada à vegetação herbácea é ínfima (0,14 kgC/m<sup>2</sup>) (Davies, 2011). Outro estudo realizado em 10 cidades dos Estados Unidos da América afirma que o sequestro de carbono varia entre 5 e 46,9 kgC/m<sup>2</sup>, de acordo com dois principais factores, a densidade de árvores na cidade (nº de árvores/ha) e o diâmetro das mesmas (geralmente correlacionado com a idade), verificando-se que o carbono sequestrado aumenta com o aumento da densidade das espécies de árvores presentes e proporcionalmente com o diâmetro das mesmas (Nowak & Crane, 2002). As estimativas de Nowak (1994), de acordo com um estudo realizado em árvores da zona urbana de Chicago, sugerem que árvores grandes e saudáveis, com diâmetro superior a 77 cm, sequestram 90 vezes mais carbono do que as árvores saudáveis com diâmetro inferior a 8 cm.

Resumindo, os valores de sequestro de carbono nas zonas urbanas da ilha estão relacionados com a densidade de árvores na área considerada e com aspectos como o seu diâmetro (idade) e espécie plantada. Sem dados concretos sobre o número e características dos exemplares presentes nas zonas urbanas e residenciais da ilha Terceira, torna-se impossível fazer uma estimativa minimamente credível para este aspecto.

Além do importante papel das árvores no sequestro de carbono, em áreas urbanas, estas têm também reconhecida importância na sua capacidade de filtração de poluentes e outras partículas do ar. Essa capacidade de filtrar os poluentes é superior nas árvores em relação aos arbustos e dentro destas nas coníferas em relação às eudicotiledóneas, por apresentarem maior área foliar e serem perenes (Bolund & Hunhammar, 1999). Contudo as coníferas são mais sensíveis aos níveis de poluição, pelo que a melhor alternativa a considerar aquando da plantação ou replantação de vegetação em áreas urbanas, será uma combinação entre coníferas e árvores de folha caduca que são mais eficientes na absorção de

gases, tendo também em conta outros factores considerados importantes como a sua localização ou estruturação (Bolund & Hunhammar, 1999).

Um estudo de caracterização atmosférica realizado por Gabriel *et al.* (2009) nas cidades de Angra do Heroísmo e da Praia da Vitória utilizando sacos de musgo (*Sphagnum* sp.) suspensos em candeeiros eléctricos ou varandas de habitações, sugere que a concentração de metais pesados nestas duas cidades é resultado dos seus solos vulcânicos (ex. cério, lantânio, lutécio, manganês, urânio), do tráfico verificado (ex. arsénio, cobre, chumbo) e da sua proximidade em relação ao oceano (ex. bromo, cálcio e sódio). Uma vez que alguns destes metais são tóxicos para a saúde humana, é de crer que a presença de árvores nas cidades e ruas da ilha é de grande importância para melhorar a qualidade do ar das mesmas.

As áreas urbanas da ilha Terceira são, assim, ecossistemas que também prestam serviços ecológicos e embora alguns desses tenham níveis de importância relativamente baixos quando comparados com os serviços prestados em outros ecossistemas menos humanizados, têm impacto na qualidade de vida dos que residem ou trabalham nestas áreas. Estes impactos devem ser tidos em conta nos planos de construção ou remodelação de áreas urbanas como cidades, freguesias ou mesmo ruas.

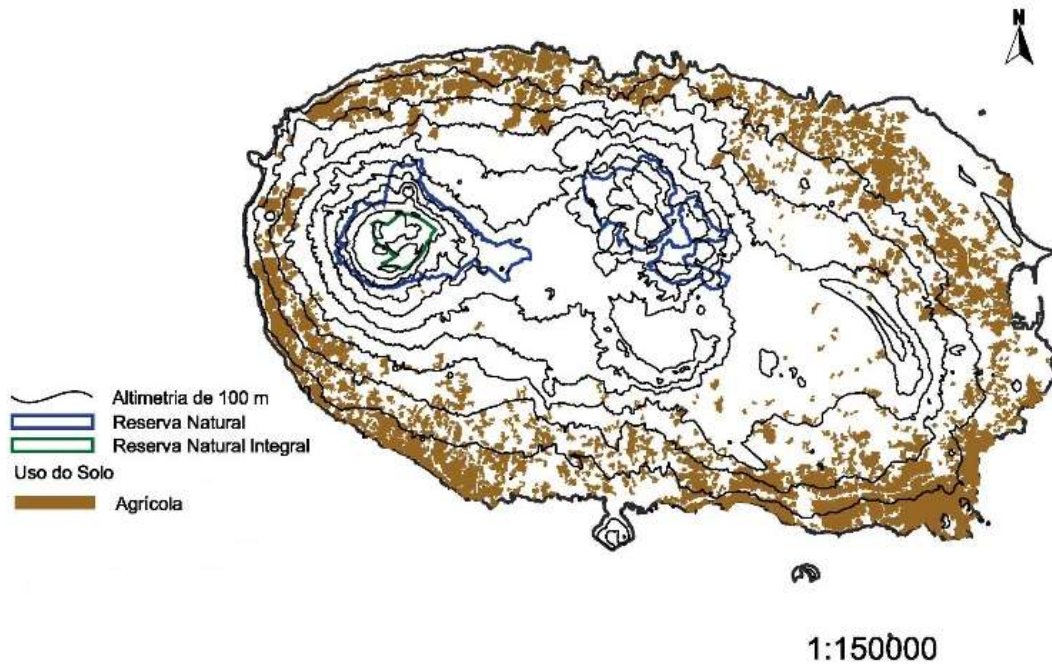
### **1.4.3. Zonas agrícolas**

A área agrícola da ilha Terceira está implantada numa faixa de território de baixa altitude, podendo ir até aos 300 m, e para os fins deste trabalho foi dividida em área de arvenses, hortícolas e florícolas e em área de pomares e vinhas.

#### **1.4.3.1. Arvenses, hortícolas e florícolas**

A cultura de arvenses (ex. milho e ervilhas), hortícolas (ex. alface, tomate e couves) e florícolas (ex. próteas) na ilha Terceira ocorre preferencialmente na zona que se estende desde a zona costeira arável até aos 200 ou 300 m de altitude e é condicionada essencialmente por factores climáticos (temperatura e precipitação) e por factores como o relevo e a qualidade dos solos (Figura 6). Esta área é também ocupada em determinadas épocas do ano por pastagens num sistema rotativo de ocupação do solo (Gomes, 2010 *cit. in* Melo, 2010).

A ocupação da área agrícola para outros fins, como a construção urbana, é legalmente condicionada pelos Planos Directores Municipais (PDM) das câmaras municipais de Angra do Heroísmo e Praia da Vitória.



**Figura 6:** Área agrícola da ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008).

Segundo os Serviços Regionais de Estatística, no ano de 2006 a produção de culturas arvenses foi de 60.509 t de milho em grão e para forragem. Tendo como base, o preço ao consumidor, por tonelada, em 2012, estima-se em 4,67 milhões de euros o rendimento obtido. Os valores apresentados de produção hortícola e florícola, são relativos apenas à produção gerada pelos produtores associados da Associação de Produtores de Frutas, de Produtos Hortícolas e Florícolas da Ilha Terceira (FRUTER, comunicação pessoal), devido à inexistência de outros dados, pelo que representam apenas uma pequena parte do total real produzido. Assim a estimativa do rendimento gerado pelos hortícolas e florícolas, também com base no preço por kg apresentado ao consumidor, em 2012, ronda os 3,13 milhões de euros. A estimativa do rendimento gerado pelas zonas agrícolas, tendo em conta os condicionalismos para o cálculo do mesmo, é de 7,8 milhões de euros (Quadro 7). Nos Açores, e na ilha Terceira, quase todas as famílias, à excepção das que vivem nos centros urbanos, possuem uma horta onde cultivam diversos produtos hortícolas destinados ao consumo do agregado familiar (Figura 7). São na sua maioria hortas de pequenas dimensões mas que garantem a auto-suficiência destas famílias em relação a produtos como batatas, cebolas, alhos, couves, nabos, feijão, ervilhas, tomate, alface entre outros, muitos dos quais são produzidos durante o período Primavera-Verão e depois secos ou congelados de forma a garantir a sua conservação. Essa produção não se encontra contabilizada mas ocupa uma grande parte, senão mesmo a maior parte das zonas de produção agrícola na ilha Terceira.

**Quadro 7:** Áreas ocupadas, valores de produção e estimativa do rendimento de diversas culturas agrícolas na ilha Terceira, em 2006\* e 2011 (FRUTER, comunicação pessoal; SREA, 2011; Bento Pereira, comunicação pessoal).

Culturas	Área ocupada (ha)	Produção (t)	Estimativa do rendimento (€)
<b>Arvenses *</b>			
Milho para forragem	1.969	6.041,4	4.531.050
Milho em grão	36	95	142.500
<b>Hortícolas</b>			
Alface	-	36,59	72.814,1
Tomate	-	28,04	55.799,6
Couves	-	45,1	44.649
<b>Florícolas</b>			
Próteas	27	740	2.960.000
<b>Total</b>	<b>2.032</b>	<b>61.322,14</b>	<b>7.806.812,7</b>

Os principais serviços de regulação verificados nas zonas agrícolas da ilha são o controlo biológico e a polinização. O controlo biológico é um serviço prestado por insectos, aranhas e ácaros predadores nos ecossistemas agrícolas, que ocorre naturalmente a partir da relação predador-presa dos organismos presentes nas culturas ou é promovido pelo Homem a partir da introdução de inimigos naturais das pragas presentes nas culturas (Bale *et al.*, 2008). A tendência do controlo biológico é aumentar consideravelmente, a nível global, regional e mesmo local, numa clara política de redução dos riscos dos pesticidas agrícolas que são em muitos casos ainda mal conhecidos (Amaro, 2007). Na ilha Terceira o interesse pela produção biológica tem vindo a aumentar existindo mesmo uma cooperativa, a Bio-Azorica, que representa os produtores biológicos da ilha. O interesse pelos produtos biológicos revela claramente a crescente preocupação da população local com os efeitos na saúde dos produtos produzidos com a utilização de químicos e com os efeitos que essas práticas agrícolas têm no meio ambiente.

**Figura 7:** Quintal hortícola na freguesia das Doze Ribeiras, ilha Terceira (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012).

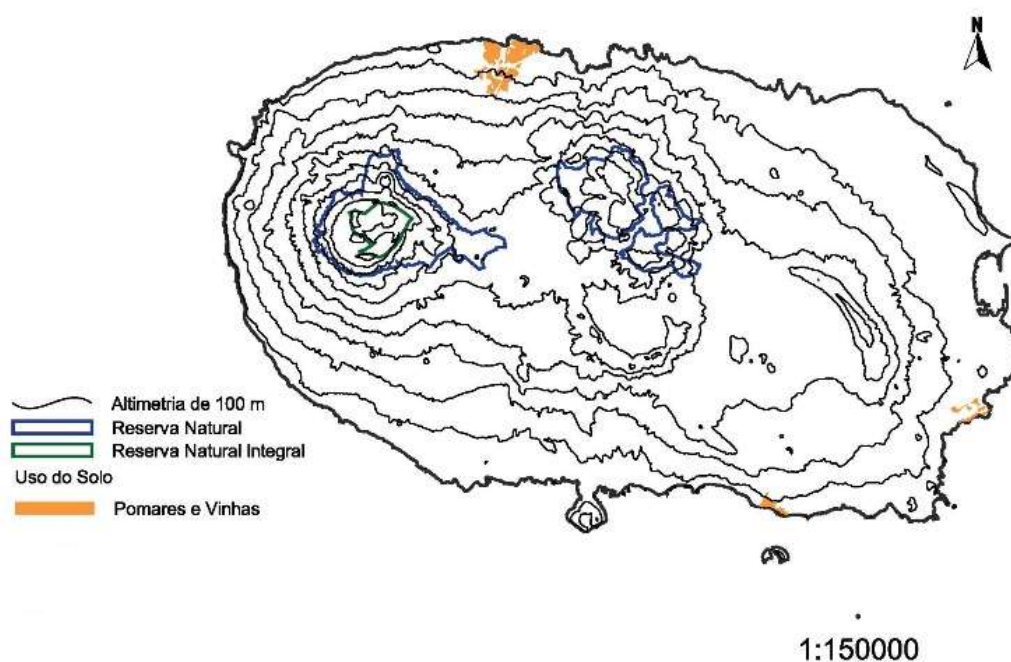
A polinização é também essencial na reprodução de muitas culturas, incluindo as hortícolas (Groot *et al.*, 2002). E é essencialmente feita por abelhas (Apidae), vespas (Vespidae), borboletas (Sphingidae, Nymphalidae, Pieridae e Noctuidae) e também por escaravelhos (Chrysomelidae, Staphylinidae e Cerambycidae) (Quesada *et al.*, 2008).

O principal serviço de suporte que se verifica nestas zonas é o do ciclo de nutrientes, realizado pelos decompositores (ex. bactérias, fungos, ácaros, diplópodes, colêmbolos, moscas, etc.) que decompõem a matéria orgânica, libertando os nutrientes fundamentais ao bom desenvolvimento das plantas (Groot *et al.*, 2002), inclusive das espécies agrícolas, não só nas zonas de produção da ilha mas em todas as zonas de produção a nível global.

#### 1.4.3.2. Pomares e vinhas

Presentemente a área ocupada por pomares e vinhas na ilha Terceira é relativamente reduzida (Figura 8). Os pomares são essencialmente de laranjeiras, bananeiras, macieiras e castanheiros, situados nas freguesias do Porto Judeu, Porto Martins, Biscoitos, São Sebastião e Terra Chã, que representam cerca de 28,7% da área total de fruteiras dos Açores (Lopes *et al.*, 2008).

As vinhas localizam-se principalmente na zona Norte da ilha, adquirindo particular importância na freguesia dos Biscoitos, mas ocorrendo ainda na freguesia do Porto Martins, sempre em zonas próximas do mar. Para além dos pomares identificados na Figura 8, e tal como acontece com as zonas agrícolas, são muitas as pessoas que, na ilha, ainda possuem pequenos pomares, geralmente constituídos por apenas alguns indivíduos de diferentes espécies, junto das suas habitações ou de zonas agrícolas.



**Figura 8:** Áreas de pomares e vinhas da Ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008).

Esta prática tem permitido à população local consumir frutos como laranjas, maçãs, bananas, pêras, pêsegos, nêspêras e outros frutos, que hoje em dia estão mais ou menos acessíveis a todos, mas que em tempos não o estavam por motivos principalmente económicos mas também pela dificuldade nos transportes.

Tal como a fruta, o vinho produzido é destinado ao consumo familiar, abastecimento dos mercados locais e à exportação. As principais castas produzidas na ilha são o Arinto, Bruyn, Terrantêz, Verdelho, Bremont e Diagalves (Santos, 2002).

A área de vinha dos Biscoitos (Figura 9) é de reconhecida importância a vários níveis sendo por isso considerada “Área de Paisagem Protegida” do Parque de Ilha da Terceira. Foi criada com o objectivo de garantir uma interacção harmoniosa entre os meios natural, material e cultural, permitindo proteger a paisagem, as espécies de flora, fauna e habitats, os usos tradicionais, limitando as construções e promovendo actividades sociais e culturais. Contribui igualmente para o desenvolvimento da comunidade local através dos benefícios gerados pela prestação de serviços e venda de produtos naturais (DLR n.º 11/2011/A, de 20 de Abril).



**Figura 9:** Paisagem protegida da vinha dos Biscoitos (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012).

A estimativa do rendimento gerado pela produção de fruta e vinho, feita com base na produção de diferentes anos e nos preços ao consumidor em 2012, é de um total de 9.721 milhões de euros por ano. De realçar que esse rendimento é muito variável de ano para ano, devido a um conjunto de factores como os factores climáticos (Quadro 8).

**Quadro 8:** Áreas ocupadas, valores de produção e estimativa do rendimento dos pomares e vinhas na ilha Terceira, (Lopes *et al.*, 2008; Pimentel *et al.*, 2009; SREA, 2011; Ventura *et al.*, 2011; Bento Pereira, comunicação pessoal).

Pomares e vinhas	Produção	Área ocupada (ha)	Estimativa do rendimento (€)
<b>Pomares</b>			
Laranja e tangerina (2006)	12.282 t	155	7.369.200
Banana (2010)	371 t	477	515.690
Maçã (2008)	45 t	14	27.000
<b>Vinhas</b>			
Vinho (2006)	452.200 l	210	1.808.800
<b>Total</b>		<b>856</b>	<b>9.720.690</b>

São também reconhecidos dois serviços de regulação de primordial importância nos pomares e vinhas da ilha Terceira: a polinização e o controlo biológico. A polinização, em fruticultura, é um dos factores mais importantes para obter produções competitivas, com qualidade e em quantidade já que a maioria das culturas frutícolas requer polinização cruzada para a produção de frutos de valor comercial (Medeiros *et al.*, 2005). Essa polinização é essencialmente feita pelas abelhas (Apidae), vespas (Vespidae), borboletas (Sphingidae, Nymphalidae, Pieridae e Noctuidae) e também por alguns escaravelhos (Chrysomelidae, Staphylinidae e Cerambycidae). O controlo biológico é, por sua vez, efectuado por espécies de grupos como os Hymenoptera que compreende vespas e formigas, nomeadamente as espécies parasitoides, ou seja, insectos cuja larva se desenvolve alimentando-se de outros artrópodes (Santos *et al.*, 2005; Moniz *et al.*, 2009, 2011).

Entre os serviços de regulação é também de referir o papel das fruteiras e videiras na protecção contra a erosão dos solos e na protecção de outras culturas, sendo habitual ver-se nos pomares, principalmente aqueles em que a produção se destina ao consumo familiar, o solo ocupado por culturas hortícolas.

Os pomares e vinhas prestam serviços de suporte a partir da actividade dos decompositores nos ciclos de nutrientes, essenciais à produção, e na produção de oxigénio e glucose a partir da fotossíntese.

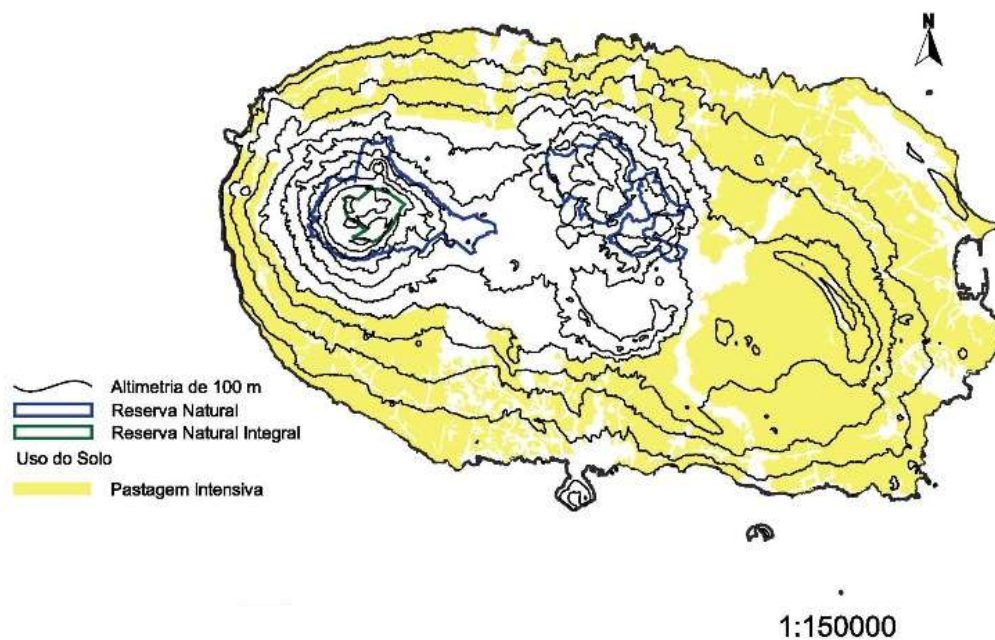
#### 1.4.4. Zonas de pastagem

##### 1.4.4.1. Pastagem intensiva

As pastagens intensivas são consideradas agrupamentos vegetais constituídos normalmente por um baixo número de espécies, relativamente comuns e de grande amplitude ecológica. A percentagem de coberto vegetal é de 100% constituído maioritariamente por espécies de gramíneas como *Holcus lanatus* e *Lolium perenne* e leguminosas como *Trifolium repens*, sendo também frequentes espécies como o *Plantago lanceolata*, *Cyperus esculentus*,

*Mentha suaveolens*, *Cerastium fontanum*, *Rumex conglomeratus*, que no entanto baixam o valor económico da pastagem (Oliveira, 1989; Dias, 1996; Borges, 1997).

As pastagens ocupam a maior parte da superfície da ilha, situando-se na generalidade a baixa-média altitude (até aos 400 m) (Figura 10). Essa ocupação é condicionada pelas condições climáticas e pelo tipo de solo e de relevo. Em determinadas alturas do ano as pastagens podem ocupar áreas de menor altitude num sistema rotativo de ocupação do solo, já anteriormente mencionado, daí na carta representativa das pastagens intensivas aparecerem áreas anteriormente marcadas como agrícolas.



**Figura 10:** Área de pastagem intensiva da Ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008).

Existem áreas de pastagem intensiva reconhecidas na ilha pela sua elevada produção (ex. bacia leiteira do Paul) que são um exemplo da paisagem em “manta de retalhos”, característica dos Açores e da ilha Terceira (Figura 11).

Nestas áreas há uma produção quase permanente de forragem destinada na sua maioria ao consumo de gado bovino que se destina à produção de leite e de carne.



**Figura 11:** Bacia leiteira do Paul, ilha Terceira (Foto de Enésima Mendonça, Agosto de 2008).

No ano de 2010 a produção de leite entregue na fábrica, da ilha Terceira, foi de 136.383.000 l (Quadro 9) e a produção de carne atingiu as 4.755.961 t, gerando um rendimento total de aproximadamente 47 milhões de euros pago aos produtores (SREA, 2011). Há que ter em conta, contudo, que a elevada produção destas pastagens deve-se ao elevado grau de intervenção humana a que estão sujeitas, nomeadamente, devido ao uso de fertilizantes.

**Quadro 9:** Valores de produção resultante das pastagens intensivas da ilha Terceira no ano de 2010 (SREA, 2011) e rendimento gerado calculado a preços de 2011.

Pastagem intensiva	Produção	Estimativa do rendimento (€)
Leite nas fábricas (l)	136.383.000	35.460.000
Bovinos abatidos (t)	3.736.089	10.274.000
Bovinos exportados vivos (t)	1.019.872	1.530.000
<b>TOTAL</b>		<b>47.264.000</b>

As pastagens contribuem também para a reciclagem de nutrientes, como é o caso da importância do trevo na fixação do azoto atmosférico a partir da relação de simbiose que estabelece com espécies do género *Rhizobium* (Madigan & Martinko, 1997).

A agricultura pode, porém, ser a fonte de inúmeros desserviços, desde a perda de habitat natural e nutrientes a emissões de gases de efeito estufa, passando pelo envenenamento por pesticidas de pessoas, animais e pela contaminação por lixiviação de outros ecossistemas (ex. lençóis freáticos). A importância desses desserviços face aos serviços prestados passa pelas práticas agrícolas utilizadas na sua gestão (Power, 2010).

Tal como em outros ecossistemas da ilha Terceira, as pastagens estão sujeitas à existência de pragas como a lagarta das pastagens (*Mythimna unipuncta*: Lepidoptera) e o escaravelho japonês (*Popillia japonica*: Coleoptera).

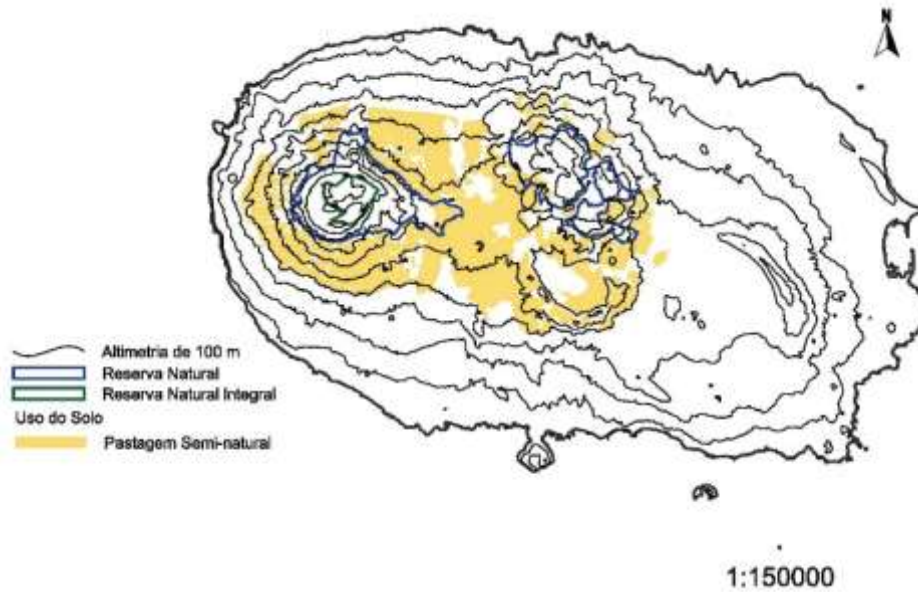
A lagarta das pastagens causa severos prejuízos em diversas culturas (ex. forrageiras), provocando esses danos quando se encontram no estado larvar, sabendo-se que possui uma

actividade contínua com especial incidência no Verão. A sua presença potencia por sua vez o controlo biológico (serviço) efectuado pelo seu parasita natural *Apanteles militaris* (Hymenoptera) ou por organismos como escaravelhos predadores generalistas (ex. *Agonum mulleri*, *Amara aenea*, *Campalita olivieri*, *Ocypus olens*), aves (ex. *Buteo buteo* subsp. *rothschildi*, *Erythacus rubecula*, *Turdus merula* subsp. *azorensis*) e mamíferos (ex. *Nyctalus azoreum*) uma vez que são os predadores naturais desta espécie, alimentando-se dos vários estádios de desenvolvimento da borboleta (Mendes & Lopes, 2005). São vários os estudos publicados sobre a importância económica desta praga nos Açores (ex. Tavares, 1992), uma vez que provoca grandes danos em espécies como *Lolium multiflorum* (azevém), *Lolium perene* (erva-castelhana) e várias espécies do género *Trifolium* (trevos) afectando a produtividade das pastagens com consequentes prejuízos para os agricultores.

O escaravelho japonês é outro insecto considerado uma praga nas pastagens, e talvez a mais conhecida na ilha Terceira. Os seus primeiros registos nesta ilha (e nos Açores), são da década de setenta e em 1986 já se encontrava espalhado por toda a ilha (Simões *et al.*, 1993). Foram experimentados para o seu controlo vários métodos de luta química e de luta biológica (nematodes, fungos e bactérias) dada a importância do seu controlo para a produção das pastagens da ilha (Lopes, 1999).

#### **1.4.4.2. Pastagem semi-natural**

As pastagens semi-naturais (Sjögren, 1973; Oliveira, 1989; Borges, 1997) distinguem-se das pastagens intensivas por apresentarem um grande número de espécies vegetais, a maior parte das quais ausente das intensivas. São pastagens dominadas por gramíneas como *Holcus lanatus* e *Agrostis castellana*, frequentemente acompanhadas de espécies como *Anthoxanthum odoratum*, *Lolium multiflorum*, *Holcus rigidus* e *Poa trivialis* e ainda por espécies espontâneas como por exemplo *Lotus uliginosus*, *Potentilla anglica*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Plantago lanceolata*, *Cerastium fontanum*, *Conyza bonariensis*, *Anagallis arvensis*, *Ranunculus repens*, *Pteridium aquilinum* e *Juncus effusus* (Oliveira, 1989; Dias, 1996; Borges, 1997). Ocorrem em solos inférteis e ácidos de origem vulcânica recente (Borges, 1997), e geralmente, acima dos 400 m de altitude (Figura 12).



**Figura 12:** Área de pastagem semi-natural da Ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008; F. Dinis, dados não publicados).

Embora apresentem maior diversidade de espécies, são pastagens menos produtivas do que as intensivas, não só devido à menor digestibilidade das espécies que formam a sua composição florística, mas também devido a factores naturais como o clima (geralmente de altitude), o relevo (por vezes muito íngreme), ou a qualidade do solo (sujeita a encharcamentos), o que leva a que não sejam aqui investidos grandes recursos pelos agricultores no sentido de aumentar a sua produtividade (Oliveira, 1989).

Em termos de biodiversidade de artrópodes, as pastagens semi-naturais estabelecem a fronteira entre as florestas nativas e as zonas de pastagem intensiva de média altitude. Tem sido demonstrado a presença de algumas espécies endémicas de artrópodes que conseguem sobreviver nestas pastagens menos intensivas (Borges *et al.*, 2008; Cardoso *et al.*, 2009; Meijer *et al.*, 2011). As espécies de briófitos em pastagens semi-naturais da Terceira pode considerar-se elevada quando comparada com a biodiversidade em pastagens intensivas, incluindo por exemplo espécies dos géneros *Sphagnum* e *Polytrichum*, nos locais mais encharcados, mas também espécies do género *Anthoceros*, cuja associação com cianobactérias fixadoras de azoto, promove uma adubação natural do solo (Gabriel, 1994).

As pastagens semi-naturais são usadas para o pastoreio de gado bravo (Figura 13), que tem grande tradição cultural na ilha.



**Figura 13:** Toiros em pastagens na ilha Terceira (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012).

Enraizado no tempo, o uso da corrida de toiros à corda nos Açores (em particular na ilha Terceira) remonta pelo menos a 1622 e constitui a mais antiga tradição de festas populares no arquipélago (ITN, 2010).

O valor cultural e recreativo dos toiros na ilha Terceira é conhecido nacional e internacionalmente, principalmente quando se fala nas chamadas “touradas à corda” (Figura 14) (Silva, 2008) que continuam presentemente a cativar um público fiel e numeroso.



**Figura 14:** Tourada à corda no Largo de São Bento em Angra do Heroísmo no início do século XX (Fonte: <http://rabotorto.blogspot.com>).

A prova disso são as cerca de 300 touradas à corda realizadas na ilha entre os meses de Maio e Outubro de cada ano (Marco Aurélio Oliveira, comunicação pessoal). Estes espectáculos geram rendimento não só aos produtores de gado bravo, pelo valor que cobram pela presença dos quatro toiros, mas também rendimento a um grande número de pessoas e

entidades. Como os proprietários das tradicionais “tascas” de comes e bebes, aos produtores de foguetes pirotécnicos, às Câmaras Municipais e Polícia de Segurança Pública e os fotógrafos e produtores de vídeo que fotografam e gravam cada tourada, como um espectáculo comercializando depois esse produto a aficionados e principalmente a turistas (ex. DVDs “Melhores Marradas”).

Por exemplo para a realização de uma tourada à corda é necessário uma licença camarária, a presença de agentes de segurança pública, a utilização de foguetes pirotécnicos e claro quatro toiros (Quadro 10).

**Quadro 10:** Valores médios dos ganhos com uma tourada à corda na ilha Terceira (Marco Aurélio Oliveira, comunicação pessoal).

<b>Tourada</b>	<b>Euros</b>
<b>Licença Camarária</b>	136,40 - 259,10
<b>Polícia de Segurança Pública</b>	190 - 250
<b>Foguetes pirotécnicos</b>	80
<b>Quatro toiros</b>	500-1.000
<b>TOTAL</b>	906,00 – 1.589,10

Segundo os dados fornecidos, uma tourada pode render para os diversos intervenientes entre 906 e 1589,10 euros, o que anualmente rondará no mínimo um montante de 271.800 euros, isto sem contabilizar o rendimento obtido pelos proprietários das tascas, pelos produtores de fotos e vídeos, entre outros. Este rendimento tem como base as pastagens semi-naturais que constituem o habitat e a principal fonte de alimento dos toiros e fornecem na ilha este particular serviço cultural.

#### **1.4.5. Zonas húmidas**

Segundo a Convenção de Ramsar, ou Convenção sobre as Zonas Húmidas, assinada em 1971, que entrou em vigor em Portugal em 1975 e que conta actualmente com 119 países contratantes, uma Zona Húmida é uma “área natural ou artificial de sapal, paul, turfeira, ou água, permanente ou temporária, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas marinhas cuja profundidade na maré baixa não exceda os seis metros” (RCS, 2006: 7).

Esta Convenção obriga os países contratantes a elaborar planos de ordenamento e de gestão para as zonas húmidas, com vista à sua utilização sustentável e a promover a conservação de zonas húmidas e de aves aquáticas, estabelecendo reservas naturais e providenciando a sua protecção apropriada. As zonas húmidas desempenham funções vitais nos ecossistemas, entre as quais se contam a purificação e retenção de água, retenção de sedimentos, nutrientes e poluentes, o suporte das cadeias tróficas aquáticas, a estabilização da

orla costeira e o controlo da erosão e a recarga de aquíferos, além de participarem na protecção contra fenómenos climáticos extremos, como o controlo de inundações (RCS, 2006).

Na ilha Terceira consideramos quatro tipos de zonas húmidas que serão abordados a seguir – paus, ribeiras, lagoas e turfeiras.

#### 1.4.5.1. Paus

Um paul é um tipo de zona húmida, a vegetação dominante é constituída por herbáceas enraizadas no solo hídrico e emergentes na água do paul (Keddy, 2010).

São dois os principais paus da ilha Terceira: o Paul da Praia da Vitória e o Paul da Pedreira do Cabo da Praia, existindo um terceiro em muito mau estado ecológico que é o Paul do Belo Jardim (Figura 15).

Os principais serviços ecológicos prestados são o de habitat e refúgio para várias espécies de aves e os serviços ao nível cultural e recreativo que advêm sobretudo da presença de aves, possibilitando a sua observação, quer das espécies residentes quer das migradoras, que por lá passam em diferentes alturas do ano, mas com mais interesse durante os meses de Outono e Inverno. Ou seja distinguem-se aqui espécies residentes (que vivem todo o ano numa área), podendo ser nidificantes ou não, e espécies migratórias, que podem surgir como visitas ocasionais, raras, acidentais ou invernantes (Leal, 2011a).



**Figura 15:** Localização dos três paus presentemente conhecidos na ilha Terceira (concelho da Praia da Vitória) (Fonte: Google Earth, 2011).

#### ***Paul da Praia da Vitória***

O Paul da Praia da Vitória (Figura 16) situado muito próximo da zona urbana da cidade da Praia da Vitória sofreu, no decorrer dos tempos, uma enorme pressão humana e inúmeras alterações. Recentemente foi alvo de um projecto de recuperação tendo sido a obra inaugurada em 2009 (GCCMPV, 2012).

Este complexo dunar foi apontado, em 1966, como o local com o maior número de observações de aves pernaltas do arquipélago dos Açores (Bannerman & Bannerman, 1966), e é hoje, a par com o Paul da Pedreira do Cabo da Praia, a zona mais visitada pelos observadores de aves, locais e estrangeiros, na ilha Terceira (Rodebrand, 2004).



Figura 16: Paul da Praia da Vitória (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012).

Esta área é claramente uma área com grande importância em termos de biodiversidade de aves migratórias e com grande potencial ao nível dos serviços culturais que pode prestar.

Segundo a base de dados ATLANTIS Tierra 2.0 estão registados para este paul 51 espécies de aves não nidificantes e 10 de aves nidificantes, sendo duas delas endémicas: *Larus michahellis* subsp. *atlantis* (gaivota-de-pernas-amarelas) e *Sturnus vulgaris* subsp. *granti* (estorninho-malhado). Leal (2011b) criou um caderno de identificação de algumas aves avistadas neste paul e no paul da Pedreira do Cabo da Praia. Para este paul faz referência a duas espécies de aves raras, três espécies ocasionais, quatro invernantes e duas residentes, sendo *Galinulla choropus* (galinha-de-água) a única nidificante. (Quadro 11).

Quadro 11: Espécies de aves que se podem observar no Paul da Praia da Vitória (Leal, 2011b).

Espécies referidas para o Paul da Praia da Vitória	Nome comum	Classificação de frequência
<i>Melanitta nigra</i>	Negrola	Rara
<i>Rallus aquaticus</i>	Frango d'água	Rara
<i>Aythya affinis</i>	Negrelho americano	Acidental
<i>Bulbuscus ibis</i>	Garça-boieira	Ocasional
<i>Egretta alba</i>	Garça-branca-grande	Ocasional
<i>Egretta garzetta</i>	Garça-branca-pequena	Ocasional
<i>Anas acuta</i>	Arrabio	Invernante
<i>Aythya collaris</i>	Caturro	Invernante
<i>Aythya fuligula</i>	Zarro-negrinha	Invernante
<i>Fulica atra</i>	Galeirão-comum	Invernante comum
<i>Ardea cinerea</i>	Garça-real	Residente
<i>Galinulla choropus</i>	Galinha-de-água	Residente nidificante

Murphy e Chapin (1929) descreveram uma subespécie endémica do Paul da Praia da Vitória, *Galinula choropus* subsp. *correiana*, mas essa subespécie foi entretanto sinonimizada com a subespécie europeia (*Galinula choropus* subsp. *chloropus*) (WBI, sd). Presentemente os dados que existem sobre as galinhas-de-água que habitam o paul não permitem afirmar se se trata de uma subespécie endémica ou não.

Esta é uma das zonas húmidas mais conhecidas da ilha Terceira. Num trabalho que procurava apreender as perspectivas da população visitante do Paul da Pedreira (ver abaixo), dos 209 inquiridos, 176 (84%) afirmaram conhecer o Paul da Praia da Vitória, e a maioria (n=134; 64%) indicou já o ter visitado (Leal, 2011a).

### **Paul do Belo Jardim**

O Paul do Belo Jardim é hoje, a par do que já havia sido referido por Morton e colaboradores em 1997, um pálido reflexo do que terá sido outrora. Era inundado com água do mar a cada maré cheia, embora recebesse também água doce das chuvas e água subterrânea trazida das terras adjacentes, sendo um local de pouso para grandes bandos de aves pernaltas (Morton *et al.*, 1997). Actualmente e de acordo com a base de dados ATLANTIS Tierra 2.0 estão registados neste paul 17 espécies de aves não nidificantes e 10 de aves nidificantes, verificando-se também a presença das mesmas duas espécies endémicas registadas para o Paul da Praia da Vitória: *Larus michahellis* subsp. *atlantis* (gaivota-de-pernas-amarelas) e *Sturnus vulgaris* subsp. *grantii* (estorninho-malhado).

### **Paul da Pedreira do Cabo da Praia**

O Paul da Pedreira do Cabo da Praia (Figura 17) é uma área de terreno baixo submerso ou periodicamente inundado por água salgada que se apresenta sob a forma de lagoas, canais, ilhotas e elevações irregulares de fragmentos geológicos e teve origem aquando da construção do porto da Praia da Vitória em 1983 (Leal, 2011a).



**Figura 17:** Paul da Pedreira do Cabo da Praia (Foto de Enésima Mendonça, Janeiro de 2012).

O Paul da Pedreira do Cabo da Praia é especialmente conhecido devido à sua avifauna e é considerado como um dos melhores locais do Paleártico para observar aves aquáticas americanas (Barata, 2002; Leal, 2011a).

Segundo base de dados ATLANTIS Tierra 2.0 este é o paul para o qual existem mais registos de aves, 66 espécies de aves não nidificantes e 12 de aves nidificantes três das quais endémicas: *Larus michahellis* subsp. *atlantis* (gaivota-de-pernas-amarelas), *Sturnus vulgaris* subsp. *granti* (estorninho-malhado) e *Columba palumbus* subsp. *azorica* (pombo-torcaz-dos-Açores). Leal (2011b) no trabalho anteriormente referido destaca para este paul 15 espécies (Quadro 12) onde estão representadas duas espécies acidentais, duas ocasionais, sete invernantes, duas visitantes regulares, uma residente nidificante e uma espécie rara (Leal, 2011b).

**Quadro 12:** Espécies de aves que se podem observar no Paul da Pedreira do Cabo da Praia (Leal, 2011b).

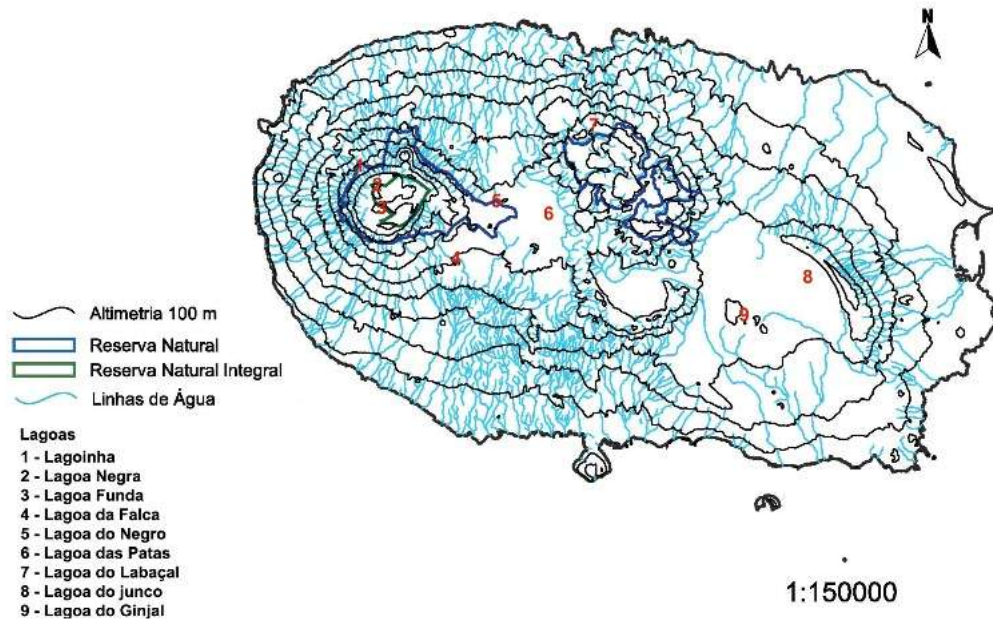
Espécies referidas para o Paul da Pedreira do Cabo da Praia	Nome comum	Classificação de frequência
<i>Limnodromus scolopaceus</i>	Maçarico-de-bico-comprido	Rara
<i>Actitis hypoleucos</i>	Maçarico-das-rochas	Acidental
<i>Numenius arquata</i>	Maçarico-real	Acidental
<i>Calidris maritima</i>	Pilrito escuro	Ocasional
<i>Tringa erythropus</i>	Perna-vermelha-escuro	Ocasional
<i>Arenaria interpres</i>	Rola-do-mar	Invernante
<i>Calidris alba</i>	Pilrito-das-areias	Invernante
<i>Calidris alpina</i>	Pilrito comum	Invernante
<i>Calidris ferrugineae</i>	Pilrito de bico comprido	Invernante
<i>Charadrius semipalmatus</i>	Borrelho semipalmado	Invernante
<i>Limosa lapponica</i>	Fuselo	Invernante
<i>Limosa limosa</i>	Maçarico -de -bico -direito	Invernante
<i>Actitis macularius</i>	Maçarico-pintado	Visitante regular
<i>Calidris fuscicollis</i>	Pilrito de Bonaparte	Visitante regular
<i>Charadrius alexandrinus</i>	Borrelho-de-coleira-interrompida	Residente nidificante

Os paus são o habitat e refúgio para muitas espécies de aves residentes e migratórias e o principal serviço prestado por estes são os serviços culturais (ex. “birwatching”).

#### 1.4.5.2. Ribeiras

As ribeiras são cursos de água doce que marcam decisivamente o relevo das paisagens regionais e da ilha Terceira (Figura 18), segmentando as encostas através de vales profundos que conduzem a água proveniente das nascentes, chuva e drenagem superficial até ao mar (Porteiro, 2009). As ribeiras da ilha Terceira, tal como a maioria das ribeiras dos Açores, apresentam um regime temporário torrencial, com valores de caudal relativamente elevados no Inverno e praticamente nulos no Verão (DROTRH, 2001) e os seus leitos tendem a ser

irregulares com perfis longitudinais que conferem elevadas velocidades de escoamento (Cymbron *et al.*, 2006).



**Figura 18:** Linhas de água e lagoas da Ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008).

Já na altura dos primeiros povoadores a presença de ribeiras era um factor determinante para o estabelecimento das populações (Figura 19). Um dos aspectos a realçar é o grande número de freguesias (e locais) da ilha Terceira que incorpora o nome “Ribeiras” no seu topónimo (ex. Quatro Ribeiras, Doze Ribeiras, Cinco Ribeiras).



**Figura 19:** Ribeira de Além na Serreta, ilha Terceira (Foto de Fernando Pereira, Julho de 2012).

Historicamente, a motivação para esta estrutura urbana encontra-se intimamente associada à utilização da linha de água, como uma fonte de energia para alguns moinhos de água, que desempenharam várias funções importantes para a economia local (Dentinho *et al.*, 2010). Por exemplo, o aproveitamento energético fez parte dos usos destes ecossistemas, existindo ainda em diversas partes da ilha alguns moinhos, alguns em estado de conservação mediano que usavam a energia da água das ribeiras para moer os cereais, milho e trigo, que em tempos constituíram a base da alimentação dos Açorianos (Silva, 2012; Ruivo *et al.* 2012).

Presentemente, a água das ribeiras vai sendo canalizada para diversos fins, dos quais se destacam a agricultura.

As ribeiras são assim muito importantes na produção e regulação de água, e são também de primordial importância na regulação e controlo do escoamento superficial aquando de grandes enxurradas, sendo estes os três principais serviços por estas prestadas.

É muito importante que os seus leitos se mantenham limpos e desimpedidos para que a água quando presente em grande volume não provoque danos à população que vive nas suas redondezas, como o sucedido na Ribeira da Agualva nos anos de 1813, 1962 e 2009. Nas duas primeiras ocorrências existiram mesmo mortes enquanto que em 2009 houve uma destruição parcial de diversas habitações (Dentinho *et al.*, 2010).

Para além disso as ribeiras têm um enorme potencial ao nível dos serviços de recreação e de educação e tem uma vertente histórica muito ligada aos costumes da ilha.

#### 1.4.5.3. Lagoas

As lagoas são sistemas lacustres que, nos Açores, se formam essencialmente devido à existência de depressões endorreicas com fundo impermeabilizado por materiais pomíticos (Porteiro, 2000).

São nove as principais lagoas da ilha Terceira, situando-se entre os 325 m (Lagoa do Junco) e os 777 m de altitude (Lagoínha) (DROTRH, 2008). No contexto do arquipélago, são lagoas de pequenas dimensões (Quadro 13).

**Quadro 13:** Características físicas e capacidade de armazenamento das lagoas da ilha Terceira (Rodrigues, 2002; DROTRH, 2008).

Lagoas	Área (ha)	Perímetro (m)	Altitude (m)	Profundidade máxima (m)	Armazenamento hídrico médio (m <sup>3</sup> )
Lagoa da Falca	0,33	212,68	500	3	6.600
Lagoa das Patas	0,22	197,03	530	-	-
Lagoa do Ginjal	0,67	299,59	382	5	31.800
Lagoa do Junco	0,59	344,34	325	1,5	25.290
Lagoa do Labaçal	0,02	56,27	530	5	5.850
Lagoa do Negro	0,65	366,83	550	3	11.250
Lagoa Funda	0,18	170,24	825	-	-
Lagoa Negra	0,56	328,50	820	4	12.000
Lagoínha	0,45	248,11	777	-	-

Apresentando a maior delas (Lagoa do Ginjal) uma área de apenas 0,674 ha e uma capacidade de armazenamento hídrico médio de 31.800 m<sup>3</sup> (DROTRH, 2008; Rodrigues, 2002).

Nos Açores, e em outras regiões, as lagoas constituem reservas de água doce e desempenham funções essenciais no funcionamento e manutenção dos ecossistemas naturais. Contribuem para a regularização e estabilização do regime hidrológico dominante, com recarga contínua e quase uniforme dos aquíferos, nascentes e cursos de água; são habitats indispensáveis à sobrevivência de avifauna, têm potencial para múltiplas utilizações como o abastecimento público e outras actividades económicas e além disso são elementos singulares da paisagem, agradáveis para recreio e lazer (Figura 20) (Porteiro, 2000).

Os elevados valores de precipitação que se registam no interior da ilha, bem como as baixas taxas de evaporação e evapotranspiração são os factores climatológicos que mais contribuem para a permanência das lagoas (Rodrigues, 2002).

Devido às suas características são ecossistemas muito sensíveis a qualquer tipo de pressão, que são na sua maioria de origem antrópica, como a captação de água para abastecimento à pecuária, circulação de máquinas agrícolas e pisoteio animal (Porteiro *et al.*, 2005).



**Figura 20:** Lagoa do Negro (Foto de Filomena Ferreira).

Dias (1986) realizou um estudo bio-ecológico da Lagoa do Negro, tendo como área de estudo a bacia hidrográfica da mesma lagoa. Nesse estudo identificou um total de 195 espécies (83 espécies de briófitos, 19 espécies de pteridófitos e 93 espécies de espermatófitos). Este estudo será o mais aprofundado realizado em lagoas na ilha Terceira. Uma década depois Gonçalves (1996) fez um levantamento da flora algológica de quatro lagoas da Terceira (Lagoa do Boi, lagoa da Falca, Lagoa Funda e Lagoa do Negro), tendo registado 47 espécies de diatomáceas, das quais 20 constituíram novos registos para a ilha e um género e seis espécies novas para os Açores. Actualmente as lagoas do Junco e do Ginjal

são consideradas no site “Aves dos Açores” como dois locais de observação de aves, sendo a do Ginjal considerada mesmo como um “Spot” e um dos poucos locais onde nidifica a rara *Galinula choropus* (galinha-d’água dos Açores).

As lagoas prestam assim os seus principais serviços ao nível dos serviços de produção (ex. produção de água), regulação (ex. regulação da água) e culturais.

#### 1.4.5.4. Turfeiras

As turfeiras são zonas húmidas de vegetação baixa permanente dominadas por uma ou mais espécies de musgão do género *Sphagnum* (Figura 21) (Mendes, 2010). Existem em quase todos os países do mundo numa área total de 4 milhões km<sup>2</sup> (Schumann & Joosten, 2006). As suas características únicas atraem um conjunto de organismos, animais e vegetais, que não são comuns noutros habitats, além disso desempenham um papel de grande relevância ecológica que é o da acumulação e cedência de água que constitui um dos serviços da natureza açoriana mais importantes para as populações humanas (Gabriel, 2009).

Os principais serviços prestados pelas turfeiras são o de produção e regulação da água. Devido à estrutura morfológica do *Sphagnum*, que pode suportar até 20 vezes o seu peso seco em água, estes sistemas têm uma grande capacidade de absorção e retenção de água superficial, contribuindo para a recarga dos aquíferos locais (Rodrigues, 2002; Dias *et al.*, 2007). A água que é retida pelas turfeiras varia de acordo com a sua profundidade, e segundo um estudo de Rodrigues, na ilha Terceira, pode atingir os 148,8 l/m<sup>3</sup> de *Sphagnum* (Rodrigues, 2002). As turfeiras regulam a qualidade da água funcionando como filtros naturais de purificação de água a partir da retenção de iões e da libertação de hidrogeniões existentes nesta. Além disso e devido à cedência gradual de água que fazem após grandes chuvadas são de grande importância para uma série de factores a nível da paisagem, tais como na minimização da erosão e no controle dos caudais das ribeiras (Dias *et al.*, 2007). As turfeiras constituem verdadeiros reservatórios de água e a salvaguarda destas formações contribui largamente para a perpetuação dos recursos hídricos locais (Mendes, 2010), se se encontrarem no seu estado natural ou com um nível de perturbação muito baixo (Schumann & Joosten, 2006).

Além destes serviços as turfeiras contribuem também para a captura de carbono devido às suas condições típicas de encharcamento e acidez, que ao inibirem a decomposição da matéria orgânica favorecem a sua acumulação sob a forma de turfa que possui uma grande quantidade de carbono acumulado (Dias *et al.*, 2007).



**Figura 21:** Turfeira no cume da Serra de Santa Bárbara, ilha Terceira (Foto de Fernando Pereira).

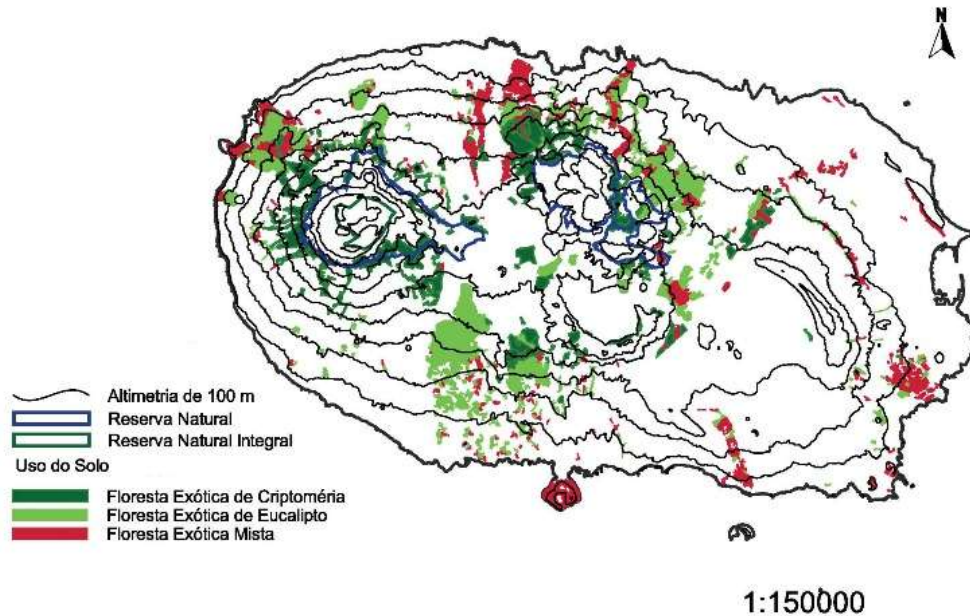
A quantidade de carbono sequestrado nas turfeiras do hemisfério norte é de 320 Gt, estimando-se que essas turfeiras contêm duas ou três vezes mais quantidade de carbono do que o carbono nas florestas tropicais húmidas (Vanderpoorten & Goffinet, 2009). E essa capacidade de sequestrar carbono diminui com o aumento do grau de distúrbio verificado nas mesmas (Schumann & Joosten, 2006).

#### **1.4.6. Zonas de floresta**

O “World Resources Institute” define florestas como ecossistemas terrestres dominados por árvores, onde a copa das mesmas cobre pelo menos 10% da área do solo. Cobrem cerca de um quarto da superfície terrestre, se excluirmos a Gronelândia e a Antártida, e cerca de metade dessa área pertence a países em desenvolvimento (Matthews *et al.*, 2000).

##### **1.4.6.1 Floresta exótica**

Como florestas exóticas assume-se aqui todos os tipos de florestas de produção (criptoméria, eucalipto) e as florestas mistas (incenso, pinheiro, acácia) (Figura 22), excluindo obviamente as florestas nativa da ilha Terceira, que serão tratadas no ponto seguinte.



**Figura 22:** Zonas de floresta exótica da Ilha Terceira (F. Dinis, dados não publicados).

Segundo a Direcção Regional dos Recursos Florestais (DRRF, 2007) as florestas exóticas, com povoamento puro, com maior expressão na ilha Terceira são as de *Eucalyptus globulus* (eucalipto), *Cryptomeria japonica* (criptoméria) e *Pinus pinaster* (pinheiro-bravo), que em 2007, ocupavam uma área aproximada de 3.154,1 ha, o que corresponderá a um volume estimado para essa área de 999.873,9 m<sup>3</sup> (Quadro14) (DRRF, 2007).

Estas florestas destinam-se, essencialmente, à produção de madeira para exportação ou para combustível, sendo esta produção o principal serviço económico prestado. Para além disso são muito importantes ao nível dos serviços de regulação, nomeadamente no controlo da erosão e retenção de sedimentos no solo, sequestro de carbono e produção de oxigénio para a atmosfera, regulação do efeito de estufa e de outras perturbações climáticas.

Prestam ainda serviços culturais à população local e aos visitantes e são obviamente produtores primários. Árvores destas espécies ocupam também muitas vezes espaços marginais relativamente às pastagens e são um agente modelador da paisagem na ilha Terceira (Figura 23) (Calado *et al.*, 2008). As florestas desempenham um papel muito importante no ciclo global do carbono e contribuem para a regulação climática a partir da acumulação a longo prazo de carbono nos seus solos e na sua biomassa (Harrison *et al.*, 2010).

**Quadro 14:** Área ocupada e estimativa do volume de três espécies lenhosas exóticas na ilha Terceira, no ano de 2007 (DRRF, 2007).

Povoamento puro	Área ocupada (ha)	Estimativa do volume (m <sup>3</sup> )
<b><i>Eucalyptus globulus</i></b>		
DBH < 7,5 cm	58,1	-
DBH 7,5 - 32,5 cm	1.450,2	421.951,7
DBH > 32,5 cm	283,4	204.746,7
<b>Total</b>	<b>1.791,7</b>	<b>626.698,4</b>
<b><i>Cryptomeria japonica</i></b>		
< 10 anos	-	-
10 - 20 anos	653,9	31.500,4
20 - 30 anos	297,5	116.524,8
> 30 anos	358	208.103,2
<b>Total</b>	<b>1.309,4</b>	<b>356.128,4</b>
<b><i>Pinus pinaster</i></b>		
< 10 anos	-	-
10 - 20 anos	1,4	68,1
20 - 30 anos	11,6	2.116,1
> 30 anos	40	14.862,9
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>17.047,1</b>
<b>Total</b>	<b>3.154,1</b>	<b>999.873,9</b>

Tendo em conta os valores citados na literatura para o sequestro de carbono para as três espécies que têm maior área de ocupação nas florestas exóticas da ilha Terceira, obteve-se um valor total de carbono sequestrado de 195.200 t, sendo a gimnospérmica *Cryptomeria japonica* a ter o maior contributo para esse valor (Quadro 15).

**Quadro 15:** Estimativa do carbono retido pela floresta de criptoméria e de eucalipto na ilha Terceira.

Floresta exótica	tC/ha Literatura	Área ocupada na Terceira (ha)	tC ilha Terceira
<i>Eucalyptus globulus</i>	19,8 (Ditt <i>et al.</i> , 2010)	1.791,7	35.475,66
<i>Cryptomeria japonica</i>	76,81 (Fukuda <i>et al.</i> , 2003)	1.534,7	117.880,3
<b>TOTAL</b>		<b>3.675,1</b>	<b>195.200</b>

Em relação aos serviços culturais as florestas exóticas são, na ilha Terceira, as que fornecem oportunidades mais evidentes para actividades recreativas, exemplo disso é a Reserva Florestal de Recreio da Lagoa das Patas, Reserva Florestal do Viveiro da Falca, junto à estrada das Doze Ribeiras, Reserva Florestal de Recreio da Mata da Serreta, na freguesia da Serreta e Reserva Florestal e de Recreio do Monte Brasil, em Angra do Heroísmo, criadas pelo

Decreto Legislativo Regional n.º 16/89/A, de 30 de Agosto, que são amplamente usufruídas pelos habitantes locais e pelos turistas especialmente no Verão como zona de recreio.



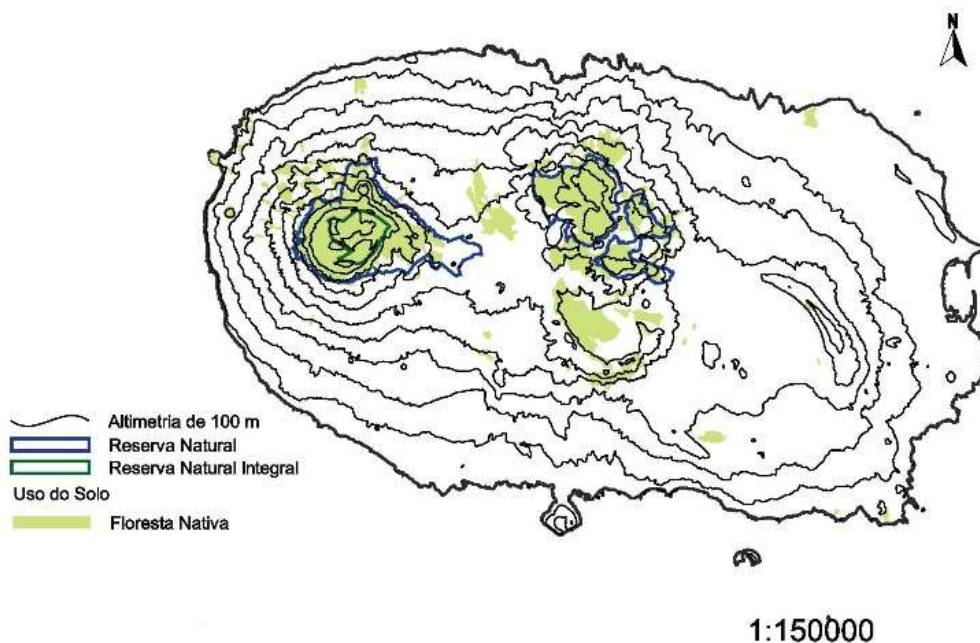
**Figura 23:** Floresta de *Cryptomeria japonica*, Picos Gordos, ilha Terceira (Foto de Fernando Pereira, Maio de 2010).

Os serviços de suporte proporcionados pelas florestas exóticas são essencialmente os que advêm da fotossíntese com produção de oxigénio e amido e da formação do solo.

#### **1.4.6.2 Floresta nativa**

A floresta nativa dos Açores, vulgarmente conhecida por Laurisilva, é composta por espécies arbóreas endémicas dos Açores ou da Macaronésia como o *Juniperus brevifolia*, *Erica azorica*, *Laurus azorica* e o *Ilex perado* subsp. *azorica*, e é uma floresta em que a intervenção directa ou indirecta é nula ou muito pouco significativa (Dias, 1991). Distingue-se das outras florestas de Laurisilva da Macaronésia por possuir apenas uma espécie da família dos louros (Lauraceae), o *Laurus azorica*, e por apresentar uma grande densidade de arbustos e árvores de pequena estatura (Dias *et al.*, 2007). Devido à grande área ocupada pela copa das suas árvores apresenta ainda elevados níveis de humidade e pouca luminosidade no seu interior (Gabriel & Bates, 2005).

A área de floresta nativa da ilha Terceira, tal como as restantes áreas de floresta nativa dos Açores, está nos dias de hoje reduzida às áreas de maior altitude e de difícil acessibilidade (Figura 24) correspondendo a cerca de 5,2% da área da ilha. (Borges *et al.*, 2008; Elias & Dias, 2009a; Elias *et al.*, 2011)



**Figura 24:** Zonas de floresta natural da Ilha Terceira (F. Dinis, dados não publicados).

Os serviços prestados pelos ecossistemas florestais naturais dos Açores, serão semelhantes aos serviços prestados pela floresta Laurissilva dos restantes arquipélagos da Macaronésia, e alguns são mesmo comuns entre os ecossistemas florestais em outras partes do mundo (Figura 25).



**Figura 25:** Vista do interior da floresta nativa da ilha Terceira na Terra Brava (Foto de Enésima Mendonça, Dezembro de 2011).

Destacam-se os serviços de produção de oxigénio, sequestro de carbono, regulação da qualidade do ar e da água, controlo das escorrências e da erosão, manutenção de recursos genéticos e produção de madeira. A floresta nativa presta ainda serviços ao nível da educação, inspiração, recreação e ecoturismo e é o habitat de muitas espécies vegetais e animais, muitas das quais endémicas dos Açores ou da Macaronésia. Presentemente a produção de madeira é um recurso que não pode ser directamente usado pelo facto de toda a área de floresta nativa da ilha Terceira se encontrar sob protecção legal do Decreto Legislativo Regional n.º 11/2011/A, de 20 de Abril, que cria o Parque de Ilha da Terceira, e que no seu Capítulo II, Secção II, artigo 7º limita e restringe as actividades e acções que se podem realizar nessa área, entre as quais o corte e extracção de madeira. Esta limitação legal parece ser muito rígida, mas convém lembrar que outrora a totalidade da área das ilhas estava coberta por floresta natural (Silveira, 2007), o que não se verifica actualmente no Corvo e Graciosa, que não possuem qualquer vestígio de floresta e em Santa Maria onde existe apenas um fragmento bastante depauperado (Gaspar *et al.*, 2011).

O sequestro de carbono efectuado pelas florestas é um serviço que tem vindo a ser cada vez mais estudado, contudo existem ainda muitas incertezas sobre qual o valor líquido de carbono nas florestas Europeias (Harrison *et al.*, 2010). Utilizando os valores obtidos de biomassa aérea, por Fernandez-Palácios em 1991, para a floresta Laurisilva das Canárias e assumindo que o carbono sequestrado corresponde a 50% dessa biomassa (Brown & Lugo, 1984), calcula-se que a floresta Laurisilva das Canárias sequestre cerca 127,55 tC/ha. O sequestro de carbono efectuado pela floresta nativa da ilha Terceira, e dos Açores, será abordado mais detalhadamente nos próximos capítulos deste trabalho.

A floresta nativa da ilha Terceira tem um papel importante na captação de água, tanto em quantidade como em qualidade. A recarga dos sistemas hídricos insulares depende de fenómenos como a precipitação oculta, que na Macaronésia é de reconhecida importância pois espécies como o *Juniperus brevifolia*, *Laurus azorica*, *Ilex perado* subsp. *azorica* e *Erica azorica* são conhecidas por serem muito eficientes na sua capacidade de intercepção de nevoeiros (Dias, 1996; Rodrigues, 2002).

Os serviços de regulação prestados por este ecossistema são sobretudo o controlo da erosão e retenção dos sedimentos no solo, que se torna possível pela presença de uma vegetação arbórea e arbustiva muito densa, não esquecendo a presença recorrente de briófitos, que ocupam a quase totalidade dos substratos, incluindo rocha e solo; a regulação da composição química do ar com produção de oxigénio a partir da fotossíntese realizada pela sua vegetação; a regulação da temperatura e luminosidade a nível local a regulação de perturbações pela elevada capacidade tampão que possui e ainda a regulação da água a partir do ciclo hidrológico (ex. Gabriel, 2000).

É também um habitat privilegiado para muitas espécies nativas e endémicas (Quadro 16). A frequência das endémicas é sem dúvida uma das razões pelas quais as florestas de Laurisilva são presentemente classificadas como Reserva Natural.

**Quadro 16:** Número, total e de endemismos (end), de espécies (sp.) e subespécies (subsp.) por grupo para a ilha Terceira e para a Reserva Natural (Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).

<b>Grupo Taxonómico</b>	<b>Nº de taxa na Ilha</b>	<b>Nº de taxa na RN (%)</b>	<b>Nº de taxa end na Ilha</b>	<b>Nº de taxa end na RN (%)</b>
<b>Briófitos</b>	348	246 (71%)	6	5 (83%)
<b>Plantas Vasculares</b>	524	157 (30%)	51	37 (73%)
<b>Moluscos Terrestres</b>	54	7 (13%)	11	6 (55%)
<b>Artrópodes</b>	1087	361 (33%)	127	71 (56%)
<b>Vertebrados</b> (incluindo apenas as aves nidificantes)	40	11 (27,5%)	10	4 (40%)

Segundo a base de dados ATLANTIS Tierra 2.0 na Reserva Natural estão presentes 71% das espécies totais de briófitos registados para a ilha Terceira e 83% das espécies endémicas. É o grupo que apresenta maior percentagem de ocorrências dentro da Reserva Natural relativamente ao total de ocorrências na ilha. As plantas vasculares na reserva estão numa percentagem de 30% em relação ao total da ilha Terceira aumentando essa percentagem para mais do dobro, 73%, quando se tem em conta apenas as plantas vasculares endémicas dos Açores. Do total de espécies de moluscos terrestres registados na ilha apenas 13% ocorrem na área de estudo e mais uma vez se tivermos em conta apenas os endemismos essa percentagem sobe para os 55%. No que respeita aos artrópodes 33% do total de ocorrências também se verifica dentro da Reserva Natural passando para os 56% quando se tem em conta os artrópodes endémicos. Por fim os vertebrados apresentam uma percentagem de ocorrências na reserva em relação ao total de ocorrências em toda a ilha de 27,5% e uma percentagem de endemismos de 40% relativamente aos endemismos da ilha. Estes valores demonstram bem a importância da Reserva Natural como habitat essencial na conservação da biodiversidade não só endémica mas total da ilha Terceira.

A floresta nativa presta um enorme serviço a nível cultural à comunidade. Por exemplo na ilha da Madeira, a floresta Laurisilva é considerada Património da Humanidade, ao abrigo do programa “Man and Biosphere”. Nos Açores, talvez sejam os investigadores que mais usufruem este espaço, ao estudar, em grande profundidade, as várias componentes do ecossistema.

A nível recreativo são também várias as potencialidades proporcionadas por este ecossistema ímpar, como a realização de trilhos pedestres que permitem aos participantes desfrutar as paisagens únicas e observar uma grande variedade de espécies vegetais e animais endémicos. Estes serviços fazem apelo a outros segmentos da comunidade, por exemplo o público escolar, os “amantes da natureza”, os turistas, bem como a população local que assim podem conhecer melhor o património natural dos Açores, e da ilha Terceira em particular.

É de relembrar que os serviços principalmente recreativos na floresta nativa da ilha Terceira se encontram condicionados pelo facto de ela constituir uma Reserva Natural protegida por legislação específica já anteriormente referida.

Os serviços de suporte prestados pela floresta nativa são também considerados essenciais e são formação do solo a partir da degradação de rocha e acumulação de matéria orgânica, ciclo de nutrientes elementares e produção de oxigénio.

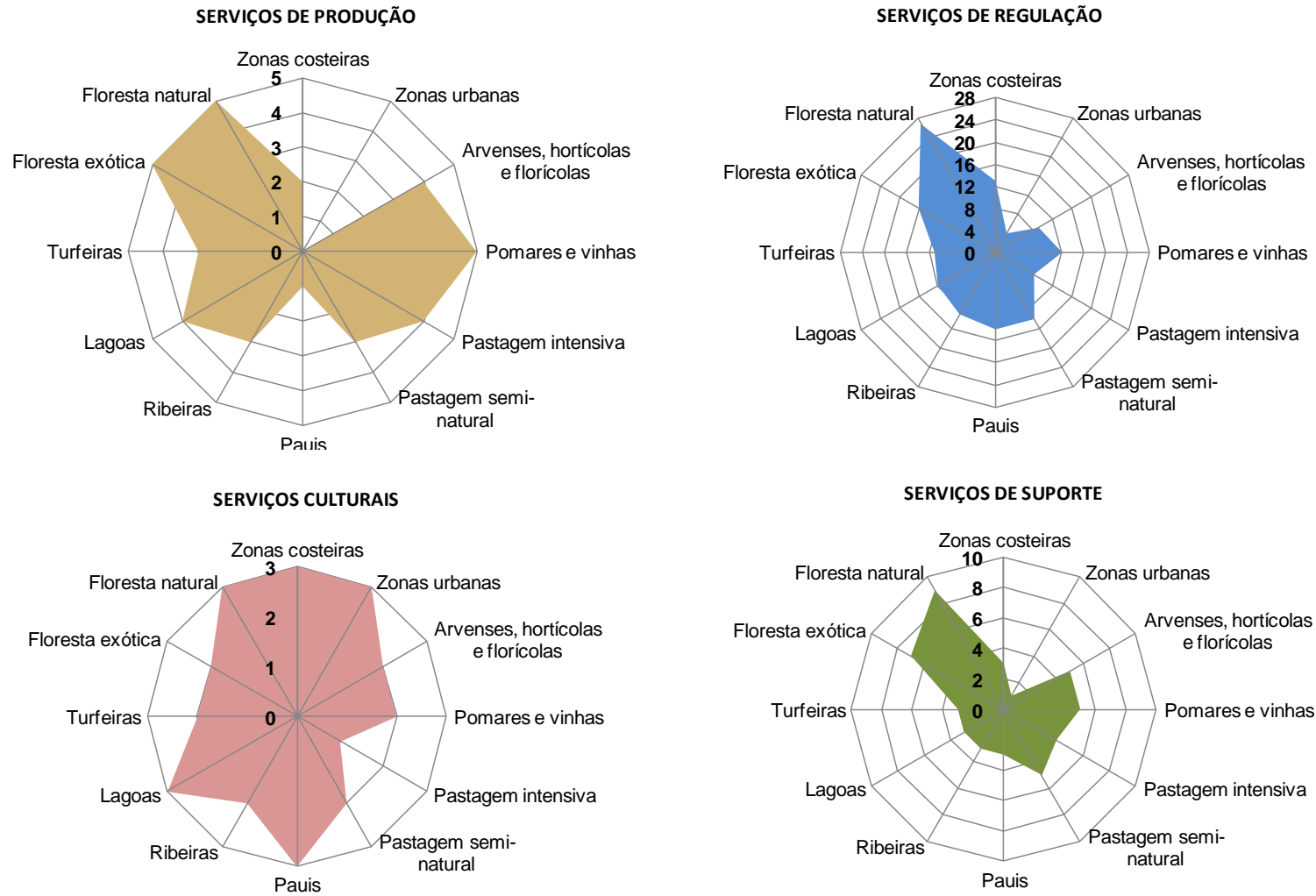
### 1.5. Discussão: das zonas aos serviços

Tem vindo a ser criada, a nível global, uma crescente quantidade de informação ecológica e sócio-económica sobre o valor e os serviços prestados pelos ecossistemas naturais e semi-naturais, contudo essa informação aparece dispersa em diversas publicações académicas, relatórios não publicados e na internet (Groot *et al.*, 2002). A primeira parte deste trabalho é uma tentativa de compilação dessa informação para os ecossistemas da ilha Terceira. A divisão da ilha em zonas e a avaliação dos serviços prestados por cada uma dessas zonas permitir-nos-á ter uma visão geral de quais as zonas que são mais importantes para o fornecimento de determinados serviços dos ecossistemas. O Quadro 16 foi elaborado de forma a quantificar de alguma forma a informação apresentada para cada zona sobre os serviços nela prestados. Foram discriminados os vários serviços por zona, atribuindo-se “zero” (0) quando o contributo dessa zona é ausente ou vestigial para o fornecimento do serviço em causa, “um” (1) quando é considerado pouco importante, “dois” (2) quando é considerado importante e “três” (3) quando essa zona é percebida como muito importante para garantir esse serviço. Este Quadro 17 (e a Figura 26, que o ilustra), resumem o que foi apresentado até agora. A Figura 26, relaciona as diferentes zonas com a soma dos valores obtidos para cada categoria de serviços: produção, regulação, culturais e de suporte.

Tal como foi sendo apontado nos pontos anteriores, as zonas que mais contribuem para os **serviços de produção**, por ordem decrescente são as florestas (exóticas e nativas), os pomares e vinhas, as culturas arvenses, as culturas hortícolas e florícolas, as pastagens intensivas e as lagoas, as pastagens semi-naturais, as ribeiras e as turfeiras, as zonas costeiras, os paus e por fim as zonas urbanas. Esta ordenação considerou a soma dos valores relacionados com importância das várias zonas na produção de alimento, madeira e fibra e água.

**Quadro 17:** Importância dos serviços dos ecossistemas nas 12 zonas consideradas para a ilha Terceira (valores arbitrários: 0, ausente ou vestigial; 1, pouco importante; 2, importante; 3, muito importante).

Serviços dos ecossistemas	Zonas costeiras	Zonas urbanas	Zonas agrícolas		Zonas de pastagens		Zonas húmidas				Zonas de floresta	
			Arvenses, hortícolas e florícolas	Pomares e vinhas	Pastagem intensiva	Pastagem semi-natural	Paus	Ribeiras	Lagoas	Turfeiras	Floresta exótica	Floresta natural
<b>SERVIÇOS DE PRODUÇÃO</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Produção de alimento	1	0	3	3	3	2	0	0	1	0	0	0
Produção de madeira e fibra	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	2
Produção de água	1	0	1	1	1	1	1	3	3	3	2	3
<b>SERVIÇOS DE REGULAÇÃO</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>27</b>
Controlo da erosão e retenção dos sedimentos	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	3	3
Regulação climática	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3
Sequestro de Carbono	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	2	3
Regulação de perturbações ambientais	3	1	0	1	0	1	1	3	2	2	2	3
Regulação da água	0	0	0	1	1	1	3	3	3	3	2	3
Polinização	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	3
Controlo biológico	1	0	3	3	2	3	3	1	1	1	2	3
Recursos genéticos	3	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3
Refúgio	3	1	1	2	1	2	3	2	2	2	2	3
<b>SERVIÇOS CULTURAIS</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Recreio, estéticos, artísticos, educacionais e outros	3	3	2	2	1	2	3	2	3	2	2	3
<b>SERVIÇOS DE SUPORTE</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
Formação de solo	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	2	3
Ciclo de nutrientes	1	0	2	2	1	2	1	1	1	1	2	3
Produção primária	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	3	3



**Figura 26:** Representação gráfica da importância relativa dos serviços dos ecossistemas nas 12 zonas consideradas para a ilha Terceira.

As florestas exóticas são as principais responsáveis pela produção de madeira, as florestas naturais pela captação de água, os pomares e vinhas pelo alimento, as zonas de arvenses, hortícolas e florícolas e as zonas de pastagem intensiva também pela quantidade de alimento que produzem e as lagoas pela captação de água. As pastagens semi-naturais pela produção de forragens para os animais, as ribeiras pelo seu papel na captação de água as turfeiras pela sua contribuição para a regulação da água e sequestro de carbono. E finalmente as zonas costeiras, os pauis e as zonas urbanas que se considera não terem importância relevante na prestação de serviços de produção.

Costanza *et al.* (1997), num estudo intitulado “The Value of the World’s Ecosystems Services and Natural Capital” estimaram o valor por unidade de área (US \$ por ano [a preços de 1994]), de 17 serviços prestados por 16 tipos de ecossistemas a nível mundial. Os cálculos foram feitos a partir de uma compilação de mais de 100 estudos, que na sua maioria usaram como método de valorização o “willingness to pay”, ou seja valor que as pessoas estão dispostas a pagar por aquele serviço. Desse trabalho poderemos considerar comuns à categorização de ecossistemas utilizada neste estudo cinco tipos de ecossistemas: florestas, pastagens, zonas agrícolas, zonas húmidas e zonas urbanas. Nesses cinco ecossistemas, os que consideraram mais contribuir para a produção de alimento foram, por ordem decrescente, as zonas húmidas, as pastagens, as zonas agrícolas, as florestas e por último as zonas urbanas onde esse serviço é considerado nulo ou negligenciável. Estes resultados vão de encontro à classificação por nós atribuída às pastagens e zonas agrícolas que consideramos serem as mais importantes na produção (ainda que indirecta) de alimento, o mesmo se verificando com as zonas urbanas em que consideramos que este serviço não se verifica. Existe uma divergência no que respeita às zonas húmidas, consideradas nesse estudo como as responsáveis por produzirem mais alimento (dos cinco ecossistemas considerados) concerteza por assumirem grandes dimensões e por possuírem diversidade de espécies comestíveis. E em relação ao papel das florestas que consideramos como zonas onde a produção de alimento é nula e que em Costanza *et al.* (1997), para os cinco ecossistemas considerados aparece em quarto lugar. Isto dever-se-á concerteza às diferenças entre as florestas consideradas sendo que as nossas são as naturais e exóticas de eucalipto e de criptoméria que terão características muito diferentes do conjunto de florestas do planeta.

As zonas da ilha Terceira que mais contribuem para o fornecimento de **serviços de regulação** são as zonas de floresta. A diferença entre a floresta nativa e a exótica reside principalmente no facto da primeira ser mais importante na regulação climática, na quantidade de carbono que sequestra, na maior capacidade que possui de captar água devido às grandes manchas de *Sphagnum* no seu interior e pelo fornecimento de recursos genéticos. Seguem-se as pastagens semi-naturais e os pauis, as zonas costeiras, as ribeiras, os pomares e vinhas e as lagoas, as turfeiras, as arvenses, hortícolas e florícolas, a pastagem intensiva e mais uma vez, por fim as zonas urbanas. As florestas essencialmente pelo contributo que tem em serviços como o controlo da erosão e retenção dos sedimentos, polinização e controlo biológico. Depois e com contribuição total semelhante as zonas costeiras, pauis, ribeiras,

lagoas e turfeiras por serem muito importantes ou importantes em serviços como a regulação de perturbações ambientais e regulação da água. Por fim seguem-se as zonas arvenses hortícolas e florícolas e mais uma vez as zonas urbanas.

Considerando o estudo de Costanza *et al.*, (1997) anteriormente referido, e para os tipos de ecossistemas comparáveis obtém-se uma valoração hierárquica semelhante para os serviços de regulação considerados se não tivermos em conta as zonas húmidas. Em primeiro lugar surgem as florestas, seguindo-se as zonas agrícolas, as pastagens e as zonas urbanas, tendo sempre em conta que estamos a comparar apenas cinco tipos de ecossistemas.

Os **serviços culturais** na ilha são prestados pelas zonas costeiras, urbanas, pauis, lagoas e florestas naturais. Seguindo-se as arvenses, hortícolas e florícolas, pomares e vinhas, pastagens semi-naturais e ribeiras, turfeiras e florestas exóticas. É de realçar que as zonas que mais contribuem para os serviços culturais, nas restantes categorias de serviços encontram-se na maior parte das vezes em extremos opostos (ex. zonas urbanas e florestas naturais), estando nesta categoria agrupadas mas proporcionando serviços culturais de diferentes origens. Segundo Costanza *et al.* (1997) os ecossistemas que mais contribuem para os serviços culturais são as zonas húmidas e as lagoas explicado pelas enormes diferenças entre as zonas húmidas e lagoas da ilha e as mesmas noutras regiões do planeta.

Por fim as zonas que mais contribuem para os **serviços de suporte** são a floresta nativa, exótica, as zonas arvenses, hortícolas e florícolas, pomares e vinhas, de pastagem semi-natural, depois a pastagem intensiva, zonas costeiras, pauis, ribeiras, lagoas e turfeiras e por último com uma contribuição quase nula as zonas urbanas. As zonas de floresta, agrícolas e de pastagem são as que se destacam no fornecimento dos serviços de suporte pela sua natureza, isto é, por serem zonas de vegetação natural ou exótica que intervêm directamente na formação do solo, por acumulação de matéria orgânica por exemplo, nos ciclos de nutrientes e produção primária durante a maior parte do seu ciclo de vida. Em relação aos serviços de suporte Costanza *et al.* (1997), apresentam valores para apenas dois dos ecossistemas aqui considerados, florestas e pastagens, estando as florestas em larga vantagem em relação às pastagens.

O único estudo em que se tentou quantificar os benefícios sócio-económicos de um ecossistema, nos Açores, foi realizado na Reserva Natural do Pico da Vara em São Miguel (Cruz & Benedicto, 2009; ver ainda Cruz & Gil, 2011), sendo esta a única grande área de floresta natural em altitude em São Miguel. Os autores analisaram a área em causa em relação a onze serviços, sendo oito deles comuns aos serviços por nós avaliados: produção de alimento, produção de água, regulação da água, recursos genéticos, regulação climática, serviços culturais e por fim serviços de suporte. Estimaram o seu valor numa escala de “um” a “cinco”, sendo o “cinco” representativo de maior valor sócio-económico (Cruz & Benedicto, 2009). Estimaram para a área valor “cinco” para o serviço de produção de água, para os serviços de regulação (recursos genéticos e regulação da água) e para os serviços de suporte. O que vai de encontro aos resultados obtidos neste trabalho, ou seja, pontuação máxima de “três” para produção de água, recursos genéticos, regulação da água e serviços de suporte. Os

serviços de regulação climática e culturais aparecem com valor “quatro” no trabalho de Cruz & Benedicto (2009), enquanto que neste trabalho têm os dois pontuação máxima de “três”. Por fim em relação à produção de alimento é-lhe atribuída nos dois estudos a pontuação mínima, por se considerar que actualmente esta floresta não fornece qualquer tipo de alimento à população.

## 1.6. Conclusões

De uma forma geral a maior parte dos autores estão em concordância que os serviços dos ecossistemas podem ser definidos como a contribuição dos ecossistemas para o bem-estar humano. Esta contribuição nem sempre é mensurável em termos monetários uma vez que a maior parte dos serviços que obtemos dos ecossistemas não são pagos ou se o são, são de forma indirecta. É conhecida a vantagem da utilização de termos monetários para a valorização de bens ou outros, mas uma vez que essa aproximação à valoração dos serviços que nos são prestados pelos ecossistemas nem sempre é possível, muitos autores sugerem uma valoração baseada em critérios qualitativos e quantitativos de forma a dar a conhecer qual o valor dos ecossistemas (Cruz & Gil, 2011).

A abordagem feita neste estudo aos serviços prestados pelos ecossistemas da ilha Terceira vai no sentido de dar a conhecer e valorar esses serviços com base em estudos realizados sobre esses ecossistemas da ilha.

A partir deste estudo concluímos que as florestas naturais e exóticas, os pomares e vinhas e as zonas de culturas arvenses, hortícolas e florícolas, as pastagens intensivas e as lagoas são as mais importantes no fornecimento de **serviços de produção** (ex. produção de alimento, madeira e água).

Os **serviços de regulação** são essencialmente fornecidos pelas florestas naturais e exóticas da ilha Terceira, aparecendo depois zonas como os pomares e vinhas, pastagens semi-naturais, ribeiras, lagoas e turfeiras.

Os **serviços culturais** são fornecidos essencialmente pelas zonas urbanas, zonas costeiras, floresta natural, lagoas e pauis. Entrando aqui com papel determinante as zonas urbanas ao contrário do que se verifica nos outros tipos de serviços.

Por fim as zonas que mais **serviços de suporte** fornecem são a floresta natural, exótica e depois as zonas de culturas arvenses, hortícolas e florícolas, os pomares e vinhas e a pastagem semi-natural.

O padrão é razoavelmente consistente com a avaliação a nível global realizada por Costanza *et al.* (1997), tendo em conta que comparamos apenas cinco dos 16 ecossistemas por eles avaliados e que esses ecossistemas apresentam na sua maioria características muito diversas das apresentadas pelos ecossistemas da ilha Terceira. E é também concordante com os resultados obtidos no único estudo em que se tentou quantificar os benefícios sócio-económicos de um ecossistema, nos Açores (Reserva Natural do Pico da Vara em São

Miguel), que é também uma área de floresta natural (embora mais perturbada do que as da Terceira) (Cruz & Benedicto, 2009).

Consideramos que nesta avaliação dos serviços prestados pelos ecossistemas da ilha Terceira o maior entrave foi o facto de existir muita pouca informação ao nível quantitativo, e mesmo ao nível qualitativo para alguns tipos de ecossistemas, e dessa informação se encontrar em estudos de natureza muito diversa e não estar propriamente ligada à temática dos serviços dos ecossistemas.

## PARTE II

### 2. O sequestro de carbono na floresta nativa da ilha Terceira e a sua relação com a biodiversidade e produtividade

#### 2.1. Alterações globais e biodiversidade

A mitigação das alterações climáticas, a partir do sequestro de carbono, e a protecção da biodiversidade tem sido alvo, nos últimos anos, de grande atenção por parte dos cientistas, agências governamentais e do público em geral (Diaz *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2011). O aquecimento global é resultado das alterações climáticas, provocadas principalmente pelo aumento da queima de combustíveis fósseis e pelas alterações do uso do solo (ex. desflorestação) que tem levado a uma crescente emissão de gases como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>), conhecidos como gases com efeito de estufa. A concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> aumentou das 278 partes por milhão (ppm), na era pré-industrial, para 379 ppm no ano de 2005, e a temperatura média global subiu cerca de 0,74° C no mesmo período de tempo (UNFCCC, 2007). Com o objectivo de estabilizar a concentração dos gases de estufa na atmosfera foi criado o “Protocolo de Kyoto”, em 1997, este protocolo deriva da Convenção para as Alterações Climáticas (Rio 1992) que propôs que se reduzisse as emissões dos gases com efeito de estufa. Este protocolo obriga os países que o assinaram a quantificarem e a reforçarem o sequestro de carbono nas florestas como forma de limitar a emissão de CO<sub>2</sub> (Evrendilek *et al.*, 2006).

O sequestro de carbono, em meio terrestre, é o processo a partir do qual o CO<sub>2</sub> na atmosfera é capturado por todas as plantas e em geral por todos os organismos clorofilinos (ex. algas, cianobactérias), através da fotossíntese e armazenado na biomassa. Quando o valor do sequestro é superior ao valor do carbono libertado constituem-se reservatórios de carbono (IPCC, 2000). As florestas são valorizadas a nível global pelos serviços que prestam à sociedade, constituem o habitat para uma grande parte da biodiversidade terrestre, fornecem e regulam serviços muito importantes, como a produção de madeira, o sequestro de carbono, o provisionamento de água e constituem um stock de plantas e animais que podem ser usados para satisfazer diversas necessidades humanas (Nelson *et al.*, 2011). Estima-se que o stock de carbono na vegetação florestal, global, varie entre os 77% e os 82% do carbono total retido pela vegetação terrestre (Yu *et al.*, 2011). Esse valor é de aproximadamente 861 Pg (gigatonelada) de carbono, desses 44% encontra-se no solo, 42% na biomassa, 8% na madeira morta e 5% na manta morta (Pan *et al.*, 2011). A quantidade de carbono sequestrado varia entre as diferentes espécies de plantas, tipo de solo, clima a nível regional e práticas de gestão na área considerada, e atinge eventualmente o ponto de saturação quando as árvores atingem a maturidade (IPCC, 2000). Nos últimos anos os responsáveis pelo planeamento e gestão florestal têm desenvolvido esforços no sentido de realçar a importância de serviços

como o sequestro de carbono nas florestas, para além dos tradicionais serviços de produção (Başkent *et al.*, 2010).

## 2.2. Sequestro de carbono em florestas

A biomassa existente nas florestas é resultado da capacidade destas em sequestrarem e armazenarem carbono, pelo que quantificar essa biomassa é uma forma de medir o seu potencial contributo para a mitigação das alterações climáticas, uma vez que se estima que cerca de 50% da biomassa da vegetação de uma floresta é composta por carbono (Brown, 1997). O valor da biomassa, e consequentemente do carbono sequestrado, é assim um indicador de quanto carbono permaneceria na atmosfera se as florestas não existissem. A biomassa aérea, biomassa que será considerada neste estudo, é um dos quatro principais “pools” de carbono considerados numa floresta. Além deste “pool” são considerados o carbono presente manta morta, no solo e na biomassa subterrânea (Ditt *et al.*, 2010).

As mudanças nos stocks de carbono, ao longo do tempo, podem ser estimadas a partir de medições directas e de modelos baseados em princípios de análise estatística, inventários florestais, técnicas de detenção remota, medições de fluxos, amostragem do solo e a partir de levantamentos ecológicos. Estes métodos variam em exactidão, precisão, verificabilidade, custo e escala de aplicação e podem ser usados à escala global, regional ou local (IPCC, 2000). O método mais usado para estimar o sequestro de carbono em florestas baseia-se na estimativa da sua biomassa aérea a partir da utilização de equações alométricas. Essas equações relacionam o peso seco (PS) com o diâmetro à altura do peito (DBH) das árvores, ou o PS com o DBH e a altura (A) (Brown, 1997). Recentemente, Zianis *et al.* (2005) fizeram uma compilação de equações utilizadas com o objectivo de quantificar a biomassa de 39 espécies arbóreas na Europa. A maior parte dessas equações assumem a forma linear simples:  $\text{Log}(B) = a + b \times \text{Log}(\text{DBH})$ , onde B é a biomassa em kg, a e b são constantes estimadas e o DBH é o diâmetro à altura do peito em cm (Zianis *et al.*, 2005). Existem equações desenvolvidas e testadas para muitos tipos de florestas, algumas são aplicáveis a apenas uma espécie, enquanto outras, são mais genéricas (ex. equações para florestas tropicais, húmidas, secas). Contudo, cortar e pesar um número suficiente de árvores que representem o tamanho e a distribuição das espécies numa floresta, de forma a poder gerar uma regressão alométrica específica para essa floresta, é um processo extremamente trabalhoso e moroso e que implica muitos custos financeiros, daí se optar na maior parte dos casos por equações já desenvolvidas e testadas.

Fernández-Palácios e colaboradores (1991) desenvolveram uma equação que lhes permitiu estimar a biomassa da floresta Laurisilva das Canárias, usando como predictor o DBH. Essa equação foi obtida a partir da correlação entre o DBH e o PS de 27 indivíduos de 10 espécies de plantas vasculares (*Prunus lusitanica*, *Erica arborea*, *Laurus azorica*, *Picconia excelsa*, *Viburnum tinus* subsp. *rigidum*, *Ilex canariensis*, *Persea indica*, *Ilex perado* subsp.

*platyphylla* e *Morella faya*). Estabeleceu-se assim uma relação em que o  $PS = 0,0551 \times DBH^{2,7157}$  e, segundo os seus autores, esta equação tem como principal vantagem o facto de poder ser utilizada no mesmo tipo de ecossistema independentemente da espécie em causa (Fernández-Palácios *et al.*, 1991), tendo sido posteriormente utilizada por Fernández-Palácios *et al.* (1992) e Morales *et al.* (1996) em outros estudos realizados também em Tenerife.

Em 2005 Aboal e colaboradores desenvolveram equações alométricas para cinco espécies de plantas vasculares arbóreas (*Erica arborea*, *Ilex canariensis*, *Laurus azorica*, *Morella faya* e *Persea indica*) na floresta Laurisilva nas ilhas de Tenerife e La Gomera também nas Canárias. Concluíram no seu estudo que devem ser desenvolvidas equações diferentes para cada espécie e que a partir da aplicação da equação de Fernández-Palácios e colaboradores (1991) aos seus dados se obtinha uma sobrestimação do valor de Carbono sequestrado pela floresta Laurisilva, principalmente para DBH superiores a 20 cm. Os valores de biomassa aérea obtidos nesses estudos são os referidos no Quadro 18 e vão desde as 65,63 t/ha obtidos na ilha La Gomera a partir do estudo realizado até às 352,68 t/ha obtidos pelos mesmos autores no mesmo estudo (Aboal *et al.*, 2005).

**Quadro 18:** Estudos realizados e valores estimados de biomassa aérea na floresta Laurisilva das Canárias.

Referência	Biomassa aérea t/ha	Carbono sequestrado t/ha	Local
Fernández-Palácios <i>et al.</i> (1991)	255,10	127,55	Tenerife (Canárias)
Fernández-Palácios <i>et al.</i> (1992)	279,60	139,80	Tenerife (Canárias)
Morales <i>et al.</i> (1996)	204	102	Tenerife (Canárias)
Aboal <i>et al.</i> (2005)	159,47 – 310,58	79,74 – 155,29	Tenerife (Canárias)
Aboal <i>et al.</i> (2005)	65,63 – 352,68	32,82 – 176,34	La Gomera (Canárias)

No entanto, e de acordo com o já anteriormente referido, se os valores de biomassa aérea variam no mesmo tipo de floresta com o método (equação) utilizado na sua estimativa esses valores variam também para diferentes tipos de florestas, nomeadamente florestas plantadas de *Eucalyptus globulus* e *Cryptomeria japonica*. No ponto 1.4.6.1, referente aos serviços prestados pelas florestas exóticas da ilha Terceira, foi já referido qual o valor de carbono que pode ser sequestrado por estas. Referiu-se que este pode ir desde as 19,8 tC/ha nas florestas de *Eucalyptus globulus* (Ditt *et al.*, 2010) às 76,81 tC/ha nas florestas de *Cryptomeria japonica* (Fukuda *et al.*, 2003).

### 2.3. Relação entre funcionamento dos ecossistemas e biodiversidade

Uma questão importante que se levanta aquando do delineamento de estratégias de conservação e de gestão territorial é saber em que medida habitats importantes no fornecimento de vários serviços são também importantes para garantir a biodiversidade de uma

região (Anderson *et al.*, 2009). A relação entre a biodiversidade de um ecossistema e o seu funcionamento emergiu nos últimos 15 anos como uma questão central em áreas como a ecologia ou as ciências ambientais (Loreau, 2010). Uma maior riqueza de espécies permite, em teoria, a coexistência de características biológicas mais diversificadas no ecossistema que por sua vez resultará numa maior variedade de serviços prestados pelo mesmo.

A relação entre biodiversidade e serviços dos ecossistemas tem sido alvo de muitos e variados estudos durante as últimas décadas, devido ao facto de estarmos perante um cenário de perda contínua de biodiversidade (Zhang *et al.*, 2012). Alguns deles demonstram que a biodiversidade tem efeitos positivos em muitos dos processos, que ocorrem nos ecossistemas, como a produtividade, decomposição, ciclo de nutrientes entre outros (ex. Tilman *et al.*, 1997; Hooper & Vitousek, 1998; Yachi & Loreau, 1999; Hector *et al.*, 2000). Contudo o estudo desta relação diversidade-funcionamento dos ecossistemas tem sido alvo de controvérsia, por parte da comunidade científica, embora até há década de 60 ser mais ou menos generalizada a ideia de que diversidade era sinónimo de estabilidade do ecossistema.

Segundo a CDB a “Biodiversidade é a variação que existe não só apenas entre as espécies de plantas, animais, microrganismos e outras formas de vida no planeta mas também em cada espécie, sob a forma de diversidade genética, e dentro de cada ecossistema, nos quais as espécies interagem umas com as outras e com o ambiente físico” (CDB, 2010b: 23). Esta convenção foi criada na, já anteriormente referida, Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente, e foi ratificada por Portugal através do Decreto Lei nº 21/93, de 21 de Junho, que entrou em vigor a 21 de Março de 1994. A Convenção declara que a diversidade é de vital importância para as pessoas, porque ela sustenta uma grande variedade de serviços dos ecossistemas, dos quais as sociedades humanas dependem.

Quando os elementos da biodiversidade se perdem, os ecossistemas tornam-se menos resilientes e os seus serviços são ameaçados (ex. paisagens mais homogéneas e menos variadas são frequentemente mais vulneráveis a pressões externas repentinas) (CDB, 2010b). Em Outubro de 2010, em Nagoya no Japão, teve lugar a décima conferência dos países que assinaram a CDB, com vista a determinar o caminho a seguir após o objectivo estabelecido para 2010 para parar a perda de biodiversidade. Dessa conferência saíram 20 objectivos denominados “SMART” (Specific, Measurable, Ambitious, Realistic and Time-bound) para serem alcançados até 2020 (CDB, 2010a). Esses objectivos estão sintetizados em cinco pontos estratégicos:

1) Envolver a sociedade e o governo em todas as acções para resolver as causas da perda da biodiversidade.

2) Reduzir as pressões directas sobre a biodiversidade e promover o seu uso sustentável.

3) Melhorar o “status” da biodiversidade através da defesa dos ecossistemas, espécies e diversidade genética.

4) Realçar os benefícios para o Homem dos serviços prestados pela biodiversidade e pelos ecossistemas.

5) Melhorar a sua implementação através do planeamento participativo, conhecimento, gestão, e capacidade de construção (Perrings, 2011).

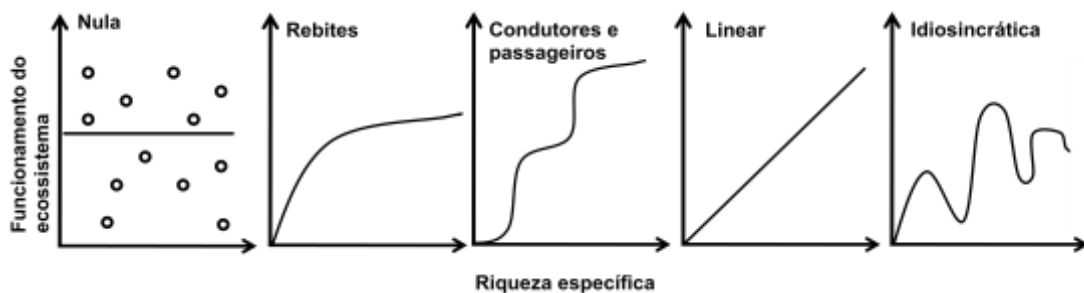
Este trabalho ajusta-se ao quarto objectivo estratégico, porque pretende ser um documento com informação geral sobre os vários ecossistemas da ilha Terceira e os serviços por estes prestados. Em adição testam-se algumas hipóteses de relação entre a produtividade e a biodiversidade desses mesmos ecossistemas.

São várias as hipóteses explicativas para a relação entre a riqueza e a natureza das espécies presentes num ecossistema, e o seu papel no funcionamento desse mesmo ecossistema e podem agrupar-se em três classes (ver também Figura 27):

**1) Hipóteses em que as espécies são primariamente redundantes** – são representadas por trajectórias hipotéticas planas ou que na sua maioria são insensíveis à variação na biodiversidade. Consideram que a perda de determinadas espécies pode ser compensada por outras espécies ou que a adição dessas espécies não traz nada de novo ao ecossistema. Nesta primeira classe de hipóteses encaixam-se: i) a “hipótese dos rebites”, que diz que num ecossistema existe um número restrito de espécies essenciais e muitas outras que desempenham as mesmas funções, e que há medida que algumas destas espécies vão desaparecendo as funções que asseguravam passam a ser desempenhadas por outras espécies; ii) a “hipótese da redundância”, que postula que muitas espécies exercem um papel similar no ecossistema, e que são capazes de ampliar as suas funções, no ecossistema, como forma de compensar a diminuição da abundância das espécies responsáveis por essas funções (Figura 27) (Lévêque, 2002; Gaston & Spicer, 2004).

**2) Hipóteses em que as espécies são primariamente singulares** – são representadas por trajectórias hipotéticas nas quais o declive é predominantemente positivo ou negativo. Consideram que as espécies são únicas e insubstituíveis em relação à função que desempenham no ecossistema, por isso a sua perda ou adição leva a alterações visíveis no funcionamento do ecossistema. Nesta classe de hipóteses, estão: iii) a “hipótese dos condutores e passageiros” que considera que as espécies não têm um papel equivalente no ecossistema; muitas espécies são supérfluas (os passageiros) enquanto que apenas algumas são essenciais para manter a sua integridade (os condutores). Estas espécies são as que estruturam o ecossistema e são muitas vezes chamadas de “espécies chave” ou de “engenheiros ecológicos”; iv) a “hipótese linear”, ou hipótese da diversidade-estabilidade, que prevê que a produtividade e a capacidade de reacção dos sistemas ecológicos a perturbações aumenta com o aumento do número de espécies do ecossistema, já que com o aumento do número de espécies em interacção, aumenta a capacidade colectiva de uma comunidade de desempenhar as funções do ecossistema após uma perturbação (Figura 27) (Lévêque, 2002; Gaston & Spicer, 2004).

**3) Hipóteses em que o impacto das espécies no ecossistema depende do contexto onde ocorre** – são representadas por trajectórias hipotéticas que exibem uma grande variedade de declives ao longo da sua trajectória. Consideram que o impacto, a perda ou adição de espécies no ecossistema depende de factores como a composição da comunidade, fertilidade do local, grau de perturbação do ecossistema, entre outros, em que essa extinção ou adição ocorre (Naeem *et al.*, 2002). Nesta classe de hipóteses incluem-se: v) a “hipótese idiosincrática” que diz que as funções no ecossistema sofrem alterações quando a diversidade específica é alterada, mas a amplitude e a direcção destas modificações são imprevisíveis porque o papel de cada uma das espécies é complexo e pode variar de um meio para outro (Figura 27) (Lévêque, 2002; Gaston & Spicer, 2004).



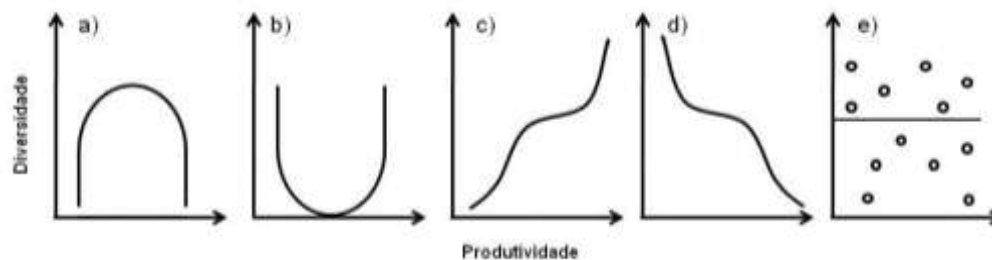
**Figura 27:** Algumas hipóteses relativas à relação entre riqueza específica e o funcionamento do ecossistema (adaptado de Lévêque, 2002).

## 2.4. Relação entre biodiversidade e produtividade dos ecossistemas

Perceber de que forma a diversidade de espécies, num determinado ecossistema, está relacionada com a produtividade, ou biomassa desse mesmo ecossistema é uma questão já antiga e das mais pertinentes em ecologia das comunidades, tendo sido a base para muitos estudos científicos (Guo & Berry 1998; Cardinale *et al.*, 2009). A produtividade pode ser definida como a taxa de conversão de recursos em biomassa por unidade de área e de tempo (Waide *et al.*, 1999), e a diversidade, como referido no ponto anterior, segundo a Convenção da Diversidade Biológica é a:

“variação que existe não só apenas entre as espécies de plantas, animais, microrganismos e outras formas de vida no planeta mas também em cada espécie, sob a forma de diversidade genética, e dentro de cada ecossistema, nos quais as espécies interagem umas com as outras e com o ambiente físico” (CDB, 2010b: 23).

A linha que representa a relação entre a produtividade e a diversidade de um ecossistema pode assumir uma forma convexa (unimodal) (Figura 28a), forma de U (unimodal negativa) (Figura 28b), monotónica positiva (Figura 28c), monotónica negativa (Figura 28d), ou pode simplesmente demonstrar a não existência de uma relação (Figura 28e) (Gjerde *et al.*, 2005; Whittaker, 2010). Por outro lado, não existe um padrão que se aplique a todas as escalas espaciais, taxa, ou tipos de ecossistema (Whittaker & Heegaard, 2003; Gjerde *et al.*, 2005).



**Figura 28:** Hipóteses explicativas para a relação entre diversidade do ecossistema e produtividade (adaptado de Whittaker, 2010).

Deste modo, a forma que a relação entre diversidade e produtividade de um ecossistema assume depende de muitos factores ecológicos como a competição, ordem pela qual foi formada a comunidade, grau de distúrbio, escala de estudo e taxa considerado (Belote *et al.*, 2011).

Ao nível do bioma o padrão apresentado para a relação produtividade-diversidade parece ser mais ou menos consistente, e na maior parte dos casos a diversidade aumenta com a produtividade, contudo esse padrão vai se tornando menos consistente à medida que se vai diminuindo a escala (ex. entre comunidades; dentro de uma comunidade) (Rajaniemi, 2003), sendo mais ou menos consensual a ideia de que a escalas mais finas a forma que mais se verifica é a convexa. Essa variedade de padrões reflecte a complexidade dos mecanismos envolvidos na sua determinação, uma vez que diferentes mecanismos podem operar a diferentes escalas espaciais (Gjerde *et al.*, 2005).

## 2.5. Biodiversidade da floresta nativa da ilha Terceira

A floresta Laurisilva dos Açores terá sido a vegetação natural predominante nos Açores. Actualmente o *Juniperus brevifolia* e o *Laurus azorica* serão as espécies dominantes em termos de biomassa e de fisionomia. Na terceira ocorre mais a floresta tipo *Juniperus-Laurus*, dominada por *Juniperus brevifolia*, *Laurus azorica* e *Ilex perado* subsp. *azorica*. O copado da floresta completa-se com *Erica azorica*, *Frangula azorica* e ocasionalmente *Picconia azorica* (Elias & Dias, 2009). Possui uma elevada densidade de árvores e arbustos de pequena estatura (árvores com altura média de 3 m) e uma comunidade muito rica de briófitos que cobrem todos os substratos disponíveis (Borges *et al.*, 2008; Borges & Gabriel, 2009). Para além da sua riqueza em plantas vasculares endémicas tem também uma grande proporção de invertebrados ( artrópodes e moluscos na sua maioria), e um número reduzido de vertebrados, maioritariamente introduzidos (Borges *et al.*, 2010a). A Reserva Natural da ilha Terceira é uma área de elevada importância em termos de biodiversidade. Nesta área estão registados cerca de 38% do total de espécies e subespécies de plantas vasculares, briófitos, artrópodes,

moluscos terrestres e vertebrados registadas para a ilha Terceira, aumentando para cerca de 62% no que se refere a espécies e subespécies endémicas desses mesmos grupos.

São vários os promotores que exercem uma influência directa sobre os ecossistemas, destacam-se as alterações ao uso do solo, a sobre-exploração de recursos, a poluição, a ocorrência de fogos, a introdução de espécies exóticas, e, a longo prazo, o efeito das alterações climáticas (Pereira *et al.*, 2009). As espécies invasoras e a pressão exercida por estas na dinâmica dos ecossistemas, pode dizer-se que constituem a principal ameaça à área em causa (Borges *et al.*, 2009). Em 2008 foi publicado o livro “Flora e Fauna Terrestre Invasora na Macaronésia. TOP 100 nos Açores, Madeira e Canárias” (Silva *et al.*, 2008), o que demonstra a necessidade de se dar a conhecer quais as principais espécies invasoras presentes nos arquipélagos considerados bem como um conjunto de aspectos que podem ser muito úteis quando for necessário a aplicação de medidas de gestão em relação às mesmas. Esses aspectos vão desde a sua distribuição geral, presença em espaços protegidos, espécies afectadas pela sua presença e legislação em que são consideradas.

Nesta área as espécies invasoras presentes podem provocar alterações ao nível da erosão do solo, alterações no regime hidrológico, dinâmica de nutrientes, disponibilidade de luz, alterações de salinidade ou de pH, bem como alterações na estrutura da vegetação ou na abundância relativa de espécies nativas ou endémicas ou nos padrões de sucessão natural da vegetação nativa. As principais espécies invasoras presentes na área são o *Hedychium gardnerianum* (roca-da-velha), o *Pittosporum undulatum* (incenso), o *Ulex europaeus* (tojo), o *Ommatoiulus moreletii* (Maria-café), o *Oryctolagus cuniculus* (coelho bravo) e a *Dysdera crocata* (aranha) (Silva *et al.*, 2008).

Nesta parte do trabalho iremos incidir nos briófitos, plantas vasculares e artrópodes. Os briófitos são pequenas plantas primitivas, essencialmente terrestres, que ocupam uma grande variedade de habitats e substratos (Gabriel, 1994; Homem & Gabriel, 2008), e são as únicas plantas terrestres onde a geração gametófito é dominante durante o seu ciclo de vida (Vanderpoorten & Goffinet, 2009). São conhecidas cerca de 20.000 espécies em todo o mundo e dividem-se em três principais grupos: musgos, hepáticas e antocerotas (Gabriel, 1994; Homem & Gabriel, 2008; Borges & Gabriel, 2009). Os musgos são os mais conhecidos e numerosos, têm uma distribuição generalizada, ocorrendo em todo o mundo e em quase todos os tipos de ambientes terrestres, as hepáticas podem ser folhosas ou talosas e são o grupo mais primitivo e os antocerotas crescem sobretudo em solo húmido e taludes de caminhos (Gabriel, 1994). Os briófitos desempenham um papel funcional muito importante nos ecossistemas na intercepção e acumulação de água, na acumulação de componentes minerais e decomposição de matéria orgânica, na protecção física dos solos, criação de micro-habitats e por fim como bioindicadores (Homem & Gabriel, 2008; Borges & Gabriel, 2009).

As plantas vasculares são um dos maiores grupos de seres vivos na Terra e incluem uma grande variedade de ervas, árvores, arbustos e plantas microscópicas. São plantas com tecidos especializados para o transporte de água e seiva elaborada (xilema e floema), daí o seu nome de “plantas vasculares”. Dividem-se em dois principais grupos: pteridófitas (plantas

vasculares que não produzem semente e espermatófitas (plantas vasculares que produzem semente) (Alters, 2000). Têm um papel essencial na vida de todos os seres vivos. Durante a fotossíntese consomem CO<sub>2</sub> e água e libertam glicose e oxigénio assegurando a qualidade do ar e sequestrando carbono sob a forma de biomassa (Alters, 2000). E contribuem para a diminuição da erosão e desertificação dos solos e são fundamentais para a alimentação dos seres vivos, podendo ser directamente consumidas por estes ou transformadas industrialmente. Além disso são também utilizadas como matéria-prima em várias indústrias: têxtil, farmacêutica, cosmética, mobiliária, construção civil e do papel.

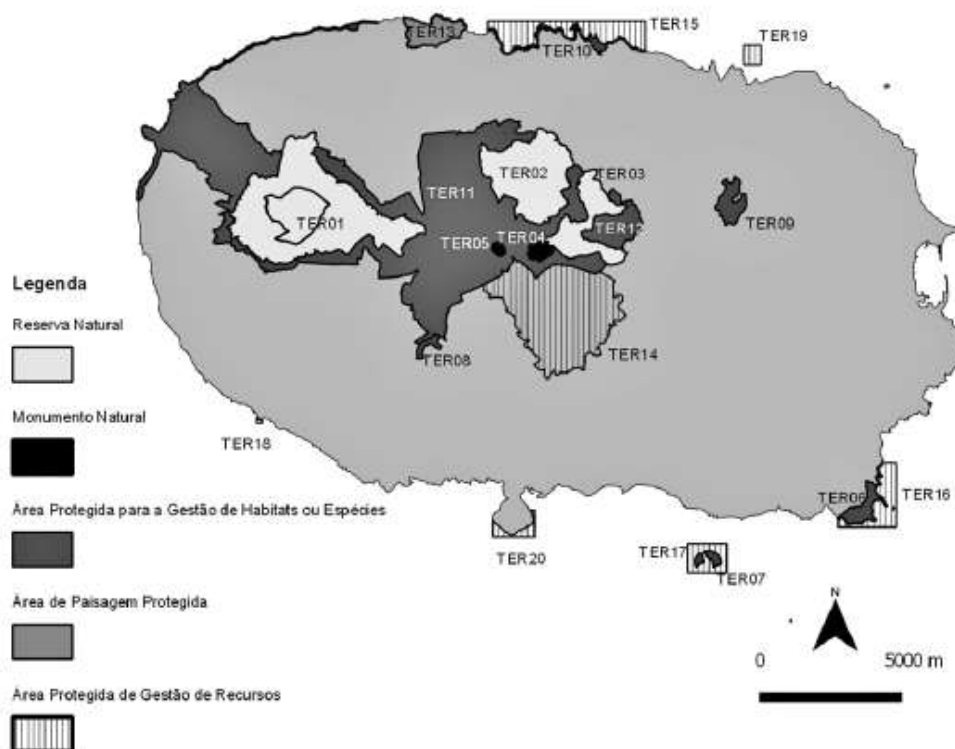
Estimativas em biodiversidade apontam para a existência de cerca de 950.000 espécies de artrópodes a nível global. Os artrópodes, e em particular os insectos, desempenham um papel fundamental nos serviços prestados pelos ecossistemas (Obrist & Duelli, 2010), nomeadamente na polinização, dispersão de sementes, formação do solo, reciclagem de nutrientes e nas cadeias alimentares terrestres (Hillel & Rosenzweig, 2008; Borges & Gabriel, 2009). Nas florestas nativas dos Açores a diversidade de artrópodes é baixa devido, essencialmente, ao facto dessas áreas serem muito fragmentadas, contudo ainda representa cerca de um terço do total de artrópodes registados em todos os habitats dos Açores (Gaspar *et al.*, 2008).

## **2.6. Área de estudo**

### **2.6.2. Caracterização física**

A área de estudo é a floresta nativa da Reserva Natural do Parque de Ilha da Terceira. A Reserva Natural é constituída por três áreas: TER01 (Reserva Natural da Serra de Santa Bárbara e Mistérios Negros), TER02 (Reserva Natural do Biscoito da Ferraria e do Pico Alto) e TER03 (Reserva Natural da Terra Brava e Criação das Lagoas (Figura 29).

A Reserva Natural da Serra de Santa Bárbara e Mistérios Negros (TER01) tem uma área de 1.347 ha, uma altitude máxima de 1021 m no topo da Serra de Santa Bárbara, uma temperatura média anual de 12,91<sup>0</sup> C e uma precipitação média anual de 3.091,78 mm (CLIMAAT, 2011). A Reserva Natural do Biscoito da Ferraria e do Pico Alto (TER02) tem uma área de 557 ha, altitude máxima de 793,18 m, temperatura média anual de 13,87<sup>0</sup> C e precipitação média anual de 2.454,65 mm.



**Figura 29:** Parque de Ilha da Terceira, Anexo I do Decreto Legislativo Regional n.º 11/2011/A, de 20 de Abril (DLR n.º 11/2011/A, de 20 de Abril).

Por fim a Reserva Natural da Terra Brava e Criação das Lagoas (TER03) ocupa 180 ha, apresenta uma altitude máxima de 715,47 m, temperatura média anual de 13,78<sup>o</sup> C e precipitação média anual de 2.293,47 mm (Quadro 19).

É uma área composta por andossolos ferruginosos, caracterizados pela presença de piroclastos de natureza ácida (pedra-pomes e cinzas) em diferentes estádios de alteração e pela acumulação de ferro (Pinheiro, 1990).

**Quadro 19.:** Características físicas e climáticas da Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira (dados calculados por Pedro Cardoso baseados em dados do CLIMAAT (publicações em preparação)).

	Reserva Natural da Serra de Santa Bárbara e Mistérios Negros-TER01	Reserva Natural do Biscoito da Ferraria e do Pico Alto-TER02	Reserva Natural da Terra Brava e Criação das Lagoas-TER03
Área (ha)	1.347	557	180
Altitude máxima (m)	1.021	793,18	715,47
Temperatura média anual (° C)	12,91	13,87	13,78
Precipitação média anual (mm)	3.091,78	2.454,65	2.293,47

Os espaços adaptados, na área de estudo, são os caminhos e estradas de acesso e uma pequena área onde estão instalados equipamentos de telecomunicações no cimo da Serra de Santa Bárbara (Figura 30).

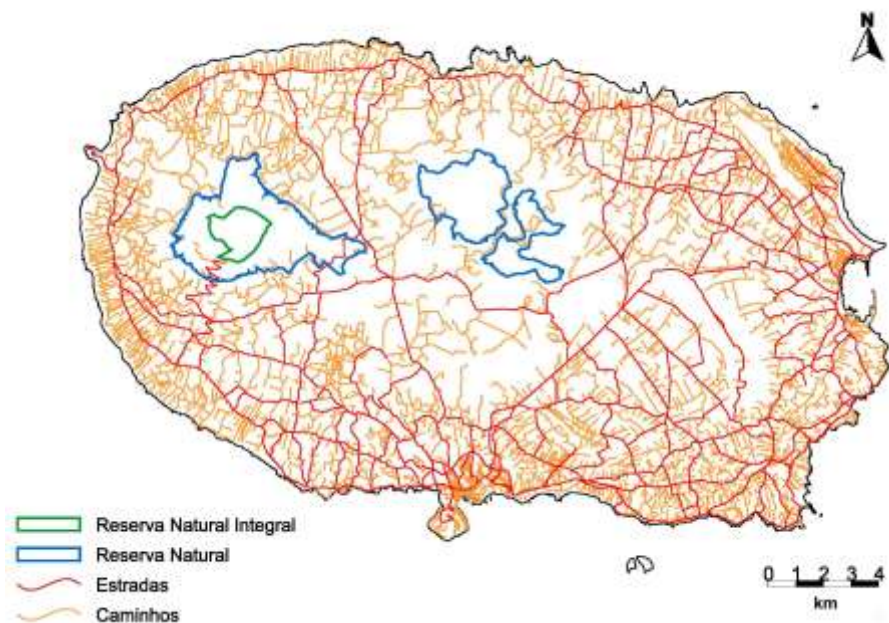


Figura 30: Mapa de estradas e caminhos da ilha Terceira (informação cartográfica extraída de DROTRH, 2008).

Na sua maioria, estes acessos e equipamentos foram construídos durante o século XX, muitos deles com o apoio de fundos comunitários. A zona de Reserva Natural Integral da Serra de Santa Bárbara está muito mais afastada da rede viária do que a restante área de Reserva Natural. Esta relativa inacessibilidade da área permitiu certamente que esta mantivesse as suas características naturais inalteradas durante muito tempo. Isto mesmo é revelado pelo baixo número de espécies exóticas na área, quando comparado com outras áreas da ilha (Borges *et al.*, 2006).

### 2.6.3. Caracterização biológica

#### 2.6.3.1. Briófitos

Nos Açores este grupo de organismos apresenta um grande valor de cobertura, diversidade, taxa de ocupação de substratos e luxuriância (Homem & Gabriel 2008), estando registados, neste arquipélago, cerca de 480 espécies e subespécies de briófitos (Quadro 20).

Dessas 480 espécies e subespécies quase três quartos (72,5%) estão presentes na ilha Terceira; destes, mais de dois terços (70,69%) estão presentes na Reserva Natural da ilha Terceira. O número de endemismo é relativamente baixo entre os briófitos, existindo sete espécies endémicas dos Açores, estando seis delas (85,71%) presentes na ilha Terceira e cinco destes na Reserva Natural (93,33%) (Gabriel *et al.*, 2010; Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).

**Quadro 20:** Número de espécies e subespécies totais e endémicos, de briófitos, nos Açores, na ilha Terceira e na Reserva Natural da Ilha Terceira (Gabriel *et al.*, 2010; Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).

<b>Briófitos</b>	
Nº de <i>taxa</i> nos Açores	480
Nº de <i>taxa</i> na Ilha Terceira	348 (72,5%)
Nº de <i>taxa</i> na RN da ilha Terceira	246 (70,69%)
Nº de <i>taxa</i> end nos Açores	7
Nº de <i>taxa</i> end na ilha Terceira	6 (85,71%)
Nº de <i>taxa</i> end na RN da ilha Terceira	5 (93,33%)

### 2.6.3.2. Plantas vasculares

Estão registados, nos Açores, cerca de 1110 espécies e subespécies de plantas vasculares (Quadro 21).

**Quadro 21:** Número de espécies e subespécies totais e endémicos, de plantas vasculares, nos Açores, na ilha Terceira e na Reserva Natural da Ilha Terceira (Silva *et al.*, 2010; Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).

<b>Plantas vasculares</b>	
Nº de <i>taxa</i> nos Açores	1110
Nº de <i>taxa</i> na Ilha Terceira	524 (47,21%)
Nº de <i>taxa</i> na RN da ilha Terceira	157 (29,96%)
Nº de <i>taxa</i> end nos Açores	80
Nº de <i>taxa</i> end na ilha Terceira	51 (63,75%)
Nº de <i>taxa</i> end na RN da ilha Terceira	37 (72,55%)

Desses 47,21% estão presentes na ilha Terceira e dos presentes na ilha Terceira 29,96% estão presentes na Reserva Natural. Em relação aos *taxa* de plantas vasculares endémicos, são 80 nos Açores, estando 51 deles (63,75%) presentes na ilha Terceira e 37 destes na Reserva Natural (72,55%) (Silva *et al.*, 2010; Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).

### 2.6.3.3. Artrópodes

Os artrópodes constituem nos Açores o grupo taxonómico mais significativo com cerca de 2.298 espécies e subespécies (Quadro 22). Dessas 2.298 espécies e subespécies cerca de 47,30% estão presentes na ilha Terceira e dos presentes na ilha Terceira 33,21% estão presentes na Reserva Natural. Em relação aos artrópodes endémicos, são 266 nos Açores, estando 127 deles (47,74%) presentes na ilha Terceira e 71 destes na Reserva Natural (55,91%) (Borges *et al.*, 2010b; Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).

**Quadro 22:** Número de espécies e subespécies totais e endémicos, de artrópodes, nos Açores, na ilha Terceira e na Reserva Natural da Ilha Terceira (Borges *et al.*, 2010b; Base de dados ATLANTIS Tierra 2.0).

<b>Artrópodes</b>	
Nº de <i>taxa</i> nos Açores	2.298
Nº de <i>taxa</i> na Ilha Terceira	1.087 (47,30%)
Nº de <i>taxa</i> na RN da ilha Terceira	361 (33,21%)
Nº de <i>taxa</i> end nos Açores	266
Nº de <i>taxa</i> end na ilha Terceira	127 (47,74%)
Nº de <i>taxa</i> end na RN da ilha Terceira	71 (55,91%)

#### 2.6.4. Regulamentação

A Reserva Natural do Parque de Ilha da Terceira é regulada pelo Decreto Legislativo Regional n.º 11/2011/A, de 20 de Abril, que criou o Parque de Ilha da Terceira. Esse decreto foi criado a partir da execução do 17º artigo do Decreto Legislativo Regional n.º 15/2007/A, de 25 de Junho, que consagrou um novo regime jurídico de classificação, gestão e administração da Rede Regional de Áreas Protegidas dos Açores, determinando a reclassificação das áreas protegidas existentes e incluindo-as nos parques naturais de cada uma das ilhas. Esse sistema está de acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), e nele as áreas terrestres e marinhas que integram o Parque Natural da Terceira são classificadas em Reserva Natural, Monumento Natural, Área Protegida para a Gestão de Habitats ou Espécies, Área de Paisagem Protegida e Área Protegida de Gestão de Recursos. Cada uma destas áreas é gerida de acordo com um conjunto de objectivos, existindo actos e actividades que são interditos e outros que apenas são condicionados e sujeitos a parecer prévio do departamento da administração regional autónoma competente (DLR n.º 11/2011/A, de 20 de Abril).

#### 2.6.5. Pontos de amostragem

A área de amostragem é composta por nove transectos na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira (Figura 31). Esses transectos constituem uma área sobre a qual se tem um bom conhecimento sobre a sua riqueza de artrópodes e briófitos, uma vez que foram já amostrados no âmbito do projecto BALA (Biodiversidade dos Artrópodes da Laurisilva dos Açores) (Borges *et al.*, 2006; Gaspar *et al.*, 2008) e em estudos padronizados de briófitos (Gabriel & Bates, 2005). São transectos onde a floresta nativa se encontra no estado mais próximo do seu estado natural, daí terem sido esses os locais seleccionados para a realização deste estudo.

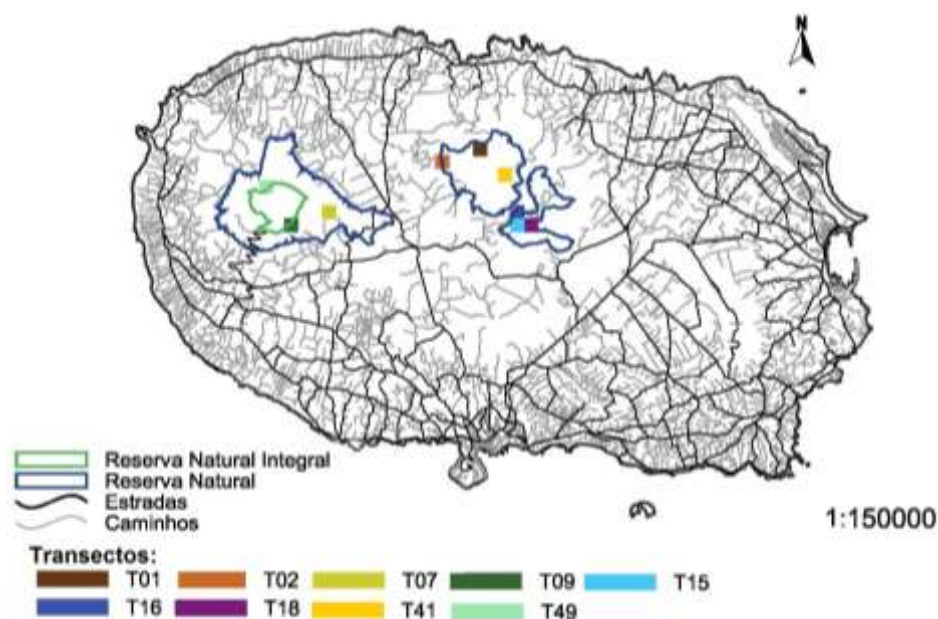


Figura 31: Localização dos nove transectos estudados na Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira.

O transecto do Biscoito da Ferraria T02 é o que se situa a menor altitude (574,57 m), e que apresenta temperatura média anual superior (14,20<sup>o</sup> C) e menor humidade relativa (97,35%). O transecto da Serra de Santa Bárbara T49 é o que se situa a maior altitude (930 m), e tem menor temperatura média anual (12,25<sup>o</sup> C) (Quadro 23). Quanto à precipitação, esta varia entre 2.255 mm no transecto da Terra Brava T18 e os 3.437,90 mm no transecto da Serra de Santa Bárbara T09.

Quadro 23: Localização e características dos nove transectos estudados na Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira; RN = Reserva Natural (Dados do Projecto CLIMAAT).

Transecto	Local	UTM E	UTM N	Altitude (m)	Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)	HR (%)	pH	OM %
<b>TER01</b>		<b>RN Serra de Santa Bárbara e Mistérios Negros</b>							
Serra de Santa Bárbara T07	Lomba	474700	4287863	693,32	2.749,70	13,50	98,05	4,46	43,9
Serra de Santa Bárbara T09	Cume	473218	4287447	879,00	3.437,90	12,40	98,80	3,98	91,0
Serra de Santa Bárbara T49	Pico Pinheiro	472292	4288800	930,00	3.355,00	12,25	99,30	-	-
<b>TER02</b>		<b>RN do Biscoito da Ferraria e do Pico Alto</b>							
Biscoito da Ferraria T01	Labaçal	480849	4290312	693,74	2.449,20	13,25	99,35	4,18	83,2
Biscoito da Ferraria T02	Chambre	479370	4289985	574,57	2.332,00	14,20	97,35	4,92	38,6
Biscoito da Ferraria T41	Pico Alto	481855	4289438	686,20	2.548,00	13,40	98,40	4,3	76,0
<b>TER03</b>		<b>RN da Terra Brava e Criação das Lagoas</b>							
Terra Brava T15	Terra Brava A	482438	4287412	639,31	2.364,90	13,90	97,35	4,17	39,5
Terra Brava T16	Terra Brava C	482076	4287536	673,30	2.427,20	13,65	98,20	4,56	21,2
Terra Brava T18	Terra Brava B	482792	4287094	667,71	2.255,00	13,55	97,90	4,65	40,9

## 2.7. O carbono sequestrado pela floresta nativa da ilha Terceira

### 2.7.1. Metodologia

Neste estudo optou-se pela realização de transectos de forma a facilitar o trabalho de campo e a permitir a obtenção de dados comparáveis com os dados de biodiversidade de briófitos e artrópodes, existentes para esses transectos (Figura 32).



Figura 32: Marcação dos transectos (Foto de Enésima Mendonça, Abril de 2012).

Ao longo de cada transecto foi estendida uma corda de forma a definir um comprimento de 150 m. A largura dos mesmos foi de 1 m, 2 m ou 4 m (medidos perpendicularmente à corda). A largura do transecto dependeu da densidade e da altura média das espécies arbóreas, da seguinte forma: nos transectos com maior densidade de troncos, e menor altura média, a largura foi menor; nos transectos com menor densidade de troncos, e maior altura média, utilizou-se uma largura maior (Quadro 24).

Quadro 24: Área dos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.

Área	Transectos
150 m <sup>2</sup> (150 m x 1 m)	T09 - Serra de Santa Bárbara
300 m <sup>2</sup> (150 m x 2 m)	T07 e T49 - Serra de Santa Bárbara; T01, T02 e T41 - Biscoito da Ferraria e do Pico Alto
600 m <sup>2</sup> (150 m x 4 m)	T15, T16 e T18 - Terra Brava

### *Estimativas de biomassa*

Em cada transecto identificou-se e mediu-se o perímetro de todos os indivíduos de espécies arbóreas, com mais de 1,50 m de altura, aqui denominados como adultos (Figura 33), que se encontrassem dentro da área estabelecida para cada transecto. Adicionalmente, foram

também contabilizados todos os indivíduos, das espécies arbóreas, com menos de 1,50 m de altura (juvenis).



**Figura 33:** Medição dos indivíduos no transecto da Terra Brava - T15 (Foto de Rui Elias, Março de 2012).

O DBH (diâmetro à altura do peito) foi calculado a partir dos perímetros medidos no campo dos indivíduos adultos seguindo as regras da Sociedade Internacional de Arboricultura, usadas também por outros autores (ex. Stewart *et al.*, 1992; Brown, 1997).

O DBH dos indivíduos com um único tronco foi calculado a partir do seu perímetro, aplicando a fórmula do cálculo do diâmetro da circunferência:

$$D = P / \pi,$$

em que D é o diâmetro, P é o perímetro e  $\pi = 3,14$ .

Nos casos em que os indivíduos eram constituídos por duas ou mais ramificações, calculou-se o DBH para cada uma dessas ramificações de acordo com a fórmula atrás referida, e depois calculado o DBH total do indivíduo pela expressão:

$$D = \sqrt{DBH^2 + DBH^2} \text{ (de acordo com Macdicken } et al., 1991).$$

Por fim a partir dos DBH obtidos, para todos os indivíduos adultos identificados, foi calculada a sua biomassa a partir de quatro equações aplicáveis em vários tipos de floresta: floresta Laurisilva nas Canárias (Y0), floresta encharcada (Y1), floresta seca (Y2) e floresta húmida (Y3) (Quadro 25).

**Quadro 25:** Equações testadas para o cálculo da biomassa da floresta nativa da ilha Terceira.

Código	Equação	Habitat	Referência
Y0	$PS = 0,0551 \times DBH^{2,5157}$	Floresta Laurisilva	Fernández-Palácios <i>et al.</i> (1991)
Y1	$PS = 21,297 - 6,953(DBH) + 0,740(DBH^2)$	Florestas tropicais encharcadas	Brown & Iverson (1992)
Y2	$PS = \exp((-1,996 + 2,32 \times LN DBH))$	Florestas secas	Brown <i>et al.</i> (1989)
Y3	$PS = 42,69 - 12,800(DBH) + 1,242(DBH^2)$	Florestas húmidas	Brown <i>et al.</i> (1989)

PS: Peso seco; LN: Logaritimo natural.

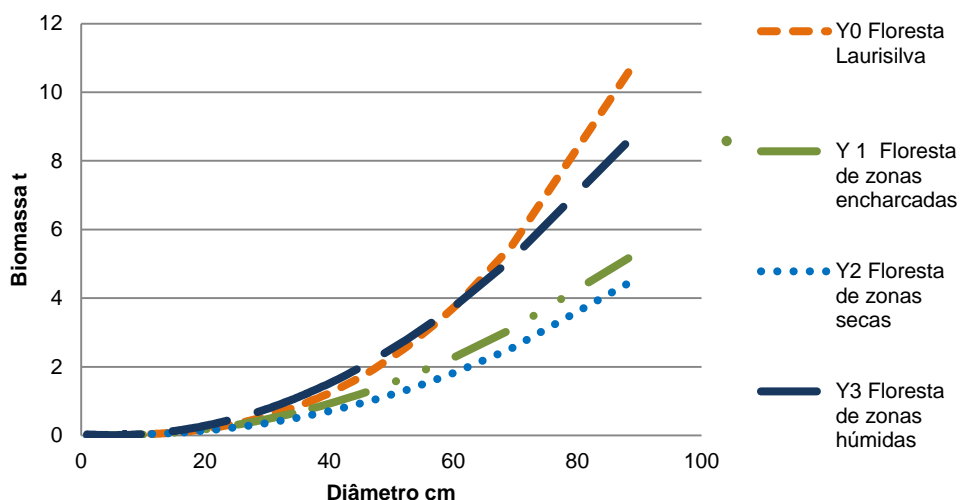
### Correlações das várias equações

Testaram-se quatro equações para o cálculo da biomassa, tendo-se verificado a existência de uma forte correlação entre eles a variar entre os 98% e os 99% (Quadro 26). Demonstrando assim a aplicabilidade de qualquer uma destas equações à estimativa da biomassa aérea da floresta natural da Reserva Natural da ilha Terceira.

**Quadro 26:** Correlação paramétrica entre as equações Y0 (Floresta Laurisilva), Y1 (Florestas encharcadas), Y2 (Florestas secas) e Y3 (Florestas húmidas), testadas para obtenção do valor de biomassa nos nove transectos estudados.

	Y0	Y1	Y2	Y3
Y0	1			
Y1	0,98	1		
Y2	0,99	0,99	1	
Y3	0,98	1	0,99	1

Apesar de as quatro equações testadas estarem fortemente correlacionadas (Figura 34), existem três aspectos que julgamos importante realçar. Primeiro o facto de que os valores de biomassa obtidos segundo cada um delas ser da ordem das seis toneladas o que se verifica entre a equação utilizada para a floresta Laurisilva das Canárias e a utilizada para as florestas de zonas húmidas. O facto de que as florestas supostamente com características mais extremas (encharcadas e secas) serem as que dão origem a valores mais baixos de biomassa. E por fim o facto de que os valores obtidos são muito semelhantes até um diâmetro de sensivelmente 35 cm. Devido ao elevado valor de correlação observado entre as quatro equações testadas, e visto que 97% dos indivíduos medidos apresenta diâmetro inferiores a 35 cm, optou-se por utilizar a equação de Fernández-Palácios *et al.* (1991). Isto porque esta equação foi desenvolvida para a floresta Laurisilva das Canárias com base em espécies como a *Erica arborea*, *Prunus lusitanica*, *Laurus novocanariensis*, *Picconia excelsea*, *Ilex canariensis* e *Morella faya*, que são espécies pertencentes aos mesmos géneros de algumas espécies arbóreas presentes na floresta em estudo: *Erica azorica*, *Frangula azorica*, *Ilex perado* subsp. *azorica*, *Juniperus brevifolia*, *Laurus azorica* e *Picconia azorica*. Embora existam algumas características divergentes entre as duas florestas, nomeadamente a precipitação média anual verificada.



**Figura 34:** Relação entre os diâmetros dos indivíduos medidos nos nove transectos e a biomassa estimada, em toneladas, a partir das equações Y0, Y1, Y2 e Y3.

## 2.7.2. Resultados

Descrevem-se seguidamente os resultados obtidos a partir do trabalho de campo e das estimativas efectuadas no laboratório. Numa primeira parte apresenta-se uma descrição muito sumária da composição e estrutura da floresta nativa amostrada, enquanto numa segunda parte se incluem os resultados obtidos para o carbono sequestrado por estas florestas.

### ***Composição de espécies vegetais nos transectos estudados***

Nos nove transectos estudados foram identificadas nove espécies de plantas vasculares. Seis espécies que consideramos arbóreas: *Erica azorica*, *Frangula azorica*, *Ilex perado subsp. azorica*, *Juniperus brevifolia*, *Laurus azorica* e *Picconia azorica* (Quadro 26) e cinco espécies arbustivas (*Hypericum foliosum*, *Myrsine africana*, *Smilax azorica*, *Vaccinium cylindraceum* e *Viburnum treleasei*) (Quadro 27). Os transectos T01, T02, T09, T18 e T49 foram realizados em 2011 enquanto que os transectos T07, T15, T16 e T41 foram realizados em 2012, principalmente devido às condições climáticas.

**Quadro 27:** Número de indivíduos juvenis por transecto das cinco espécies arbustivas identificadas.

	<i>Hypericum foliosum</i>	<i>Myrsine africana</i>	<i>Smilax azorica</i>	<i>Vaccinium cylindraceum</i>	<i>Viburnum treleasei</i>	Total
<b>Biscoito da Ferrara T01</b>						
Juvenil	-	260	-	170	3	<b>433</b>
<b>Biscoito da Ferrara T02</b>						
Juvenil	4	259	-	106	-	<b>369</b>
<b>Biscoito da Ferrara T41</b>						
Juvenil	3	117	-	58	-	<b>78</b>
<b>Santa Bárbara T07</b>						
Juvenil	-	129	-	85	-	<b>214</b>
<b>Santa Bárbara T09</b>						
Juvenil	-	713	-	183	-	<b>356</b>
<b>Santa Bárbara T49</b>						
Juvenil	2	219	-	149	-	<b>170</b>
<b>Terra Brava T15</b>						
Juvenil	-	39	-	32	-	<b>71</b>
<b>Terra Brava T16</b>						
Juvenil	4	31	1	30		<b>66</b>
<b>Terra Brava T18</b>						
Juvenil	4	103	-	49	-	<b>156</b>
<b>Total Juvenis</b>	<b>17</b>	<b>1.030</b>	<b>1</b>	<b>862</b>	<b>3</b>	<b>1.913</b>

Foram medidos 643 indivíduos de *Juniperus brevifolia*, 262 de *Laurus azorica*, 154 de *Ilex perado* subsp. *azorica*, 25 de *Frangula azorica*, 21 indivíduos de *Erica azorica* e seis de *Picconia azorica* num total de 1.111 indivíduos com mais de 1,50 m de altura (Quadro 28).

Além dos indivíduos de maior porte foram também identificados, nos mesmos transectos, 1.722 indivíduos com menos de 1,50 m de altura (aqui designados por juvenis): 1.271 de *Ilex perado* subsp. *azorica*, 887 de *Juniperus brevifolia*, 474 de *Laurus azorica*, 107 de *Frangula azorica*, 64 de *Erica azorica* e três de *Picconia azorica*.

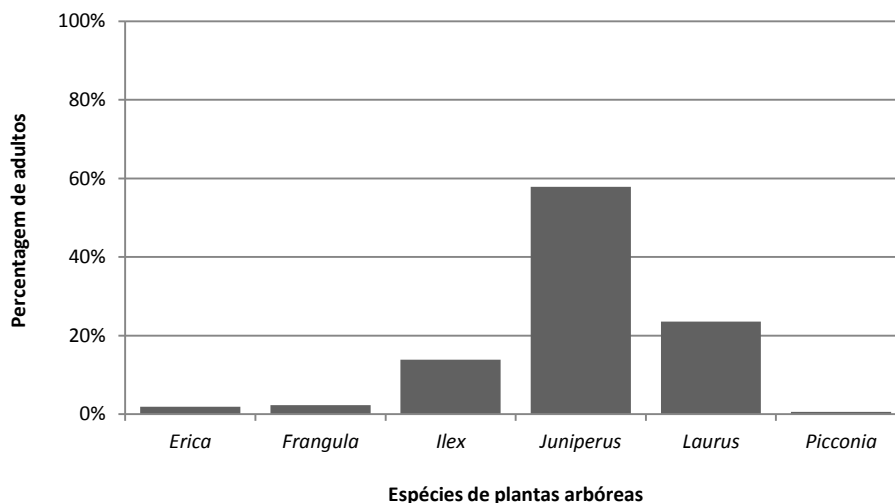
**Quadro 28:** Número de indivíduos por transecto das seis espécies arbóreas identificadas (Adulto: espécie arbórea com mais de 1,50 m de altura; Juvenil: espécie arbórea com menos de 1,50 m de altura; T: Total).

	<i>Erica azorica</i>	<i>Frangula azorica</i>	<i>Ilex perado</i> subsp. <i>azorica</i>	<i>Juniperus brevifolia</i>	<i>Laurus azorica</i>	<i>Picconia azorica</i>	Total
<b>Biscoito da Ferrara T01</b>							
Adulto	4	1	25	76	20	1	127
Juvenil	22	9	98	5	34	0	168
Total	26	10	123	81	54	1	295
<b>Biscoito da Ferrara T02</b>							
Adulto	9	2	2	93	2	0	108
Juvenil	22	24	215	0	17	0	278
Total	31	26	217	93	19	0	386
<b>Biscoito da Ferrara T41</b>							
Adulto	2	1	21	69	38	3	134
Juvenil	13	7	116	4	31	0	171

	<b>Erica azorica</b>	<b>Frangula azorica</b>	<b>Ilex perado subsp. azorica</b>	<b>Juniperus brevifolia</b>	<b>Laurus azorica</b>	<b>Picconia azorica</b>	<b>Total</b>
<b>Total</b>	15	8	137	73	69	3	305
<b>Santa Bárbara T07</b>							
Adulto	0	0	34	43	53	0	130
Juvenil	0	0	123	1	58	0	182
<b>Total</b>	0	0	157	44	111	0	312
<b>Santa Bárbara T09</b>							
Adulto	0	0	19	147	0	0	166
Juvenil	1	0	158	196	17	0	372
<b>Total</b>	1	0	177	343	17	0	538
<b>Santa Bárbara T49</b>							
Adulto	0	0	4	115	1	0	120
Juvenil	3	0	172	38	20	0	233
<b>Total</b>	3	0	176	153	21	0	353
<b>Terra Brava T15</b>							
Adulto	1	10	9	19	57	0	96
Juvenil	0	23	71	0	14	0	108
<b>Total</b>	1	33	80	19	71	0	204
<b>Terra Brava T16</b>							
Adulto	3	5	8	35	53	0	104
Juvenil	0	3	50	0	15	0	68
<b>Total</b>	3	8	58	35	68	0	172
<b>Terra Brava T18</b>							
Adulto	2	6	32	46	38	2	126
Juvenil	3	16	114	0	6	3	142
<b>Total</b>	5	22	146	46	44	5	268
<b>Total Adultos</b>	21	25	154	643	262	6	1.111
<b>Total Juvenis</b>	64	82	1117	244	212	3	1.722
<b>Total Geral</b>	<b>85</b>	<b>107</b>	<b>1271</b>	<b>887</b>	<b>474</b>	<b>9</b>	<b>2.833</b>

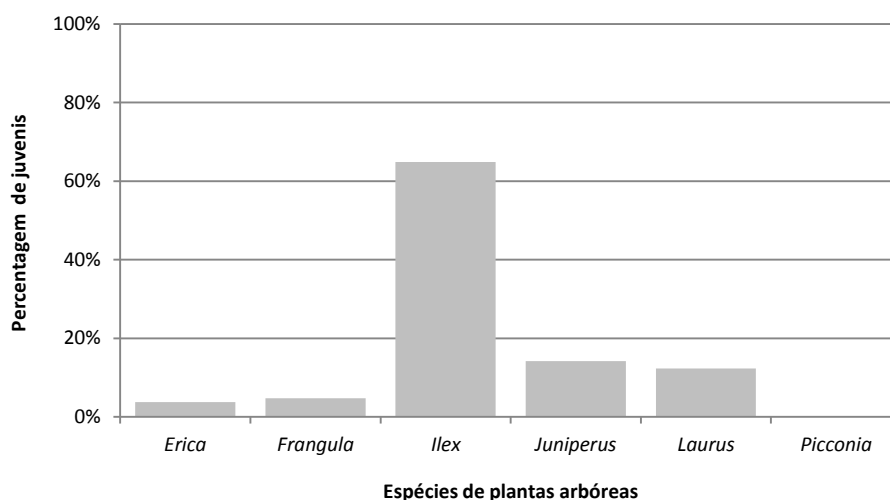
### **Como se distribuem as seis espécies vegetais arbóreas nos transectos estudados**

As três espécies arbóreas dominantes, considerando apenas os indivíduos adultos, nos nove transectos estudados são, por ordem decrescente, *Juniperus brevifolia*, *Laurus azorica* e *Ilex perado subsp. azorica*. A espécie *J. brevifolia* é claramente dominante com mais de metade dos indivíduos (58%), seguindo-se *L. azorica* com 23,5% e *I. azorica* com 13,8%, e depois, em percentagens muito baixas, *F. azorica* com apenas 2,3% dos indivíduos, *E. azorica* com 1,9% e *P. azorica* com apenas 0,5% (Figura 35).



**Figura 35:** Percentagem de indivíduos adultos (> 1,50 m altura) das espécies de plantas vasculares arbóreas identificadas nos nove transectos.

Considerando apenas os juvenis identificados nos mesmos transectos, a espécie *Ilex perado* subsp. *azorica* é claramente dominante (64,9%), seguindo-se *Juniperus brevifolia* e *Laurus azorica* em percentagens semelhantes (14,2% e 12,3% respectivamente), *Frangula azorica* e *Erica azorica* com valores inferiores a 5% (4,8% e 3,7%, respectivamente) e *Picconia azorica* com apenas 0,1% dos indivíduos mais jovens do coberto florestal nativo (Figura 36).



**Figura 36:** Percentagem de indivíduos juvenis (< 1,50 m altura) das espécies de plantas vasculares arbóreas identificadas nos nove transectos.

### **Como varia o diâmetro dos indivíduos das espécies arbóreas nos transectos estudados**

Nas figuras abaixo apresentadas estão os gráficos de distribuição de todos os indivíduos, das espécies arbóreas, por classes de diâmetro, para os transectos em que os

indivíduos dessa espécie representam mais do que 5% do total de indivíduos das diferentes espécies para esses mesmos transectos.

✓ ***Erica azorica*** – os indivíduos dessa espécie não representam mais do que 5% do total de indivíduos do transecto em nenhum dos nove transectos estudados. No Biscoito da Ferraria (T01, T02 e T41) todos os indivíduos apresentam um diâmetro entre os 0-5 cm, enquanto que nos transectos da Terra Brava (T15, T16 e T18) apresentam diâmetros acima dos 5 cm. Em dois dos transectos da Serra de Santa Bárbara (T07 e T09) não se registaram presenças de *Erica azorica* enquanto no transecto T49 se registaram apenas dois indivíduos.

✓ ***Frangula azorica*** – está presente em mais do que 5% do total de indivíduos do transecto em dois transectos da Terra Brava (T15 e T18). Nestes transectos a distribuição dos indivíduos pelas classes de diâmetro consideradas não é uniforme. Os indivíduos encontram-se distribuídos pelo menos em três classes diferentes, maioritariamente na classe dos 0-5 cm (Figura 37).

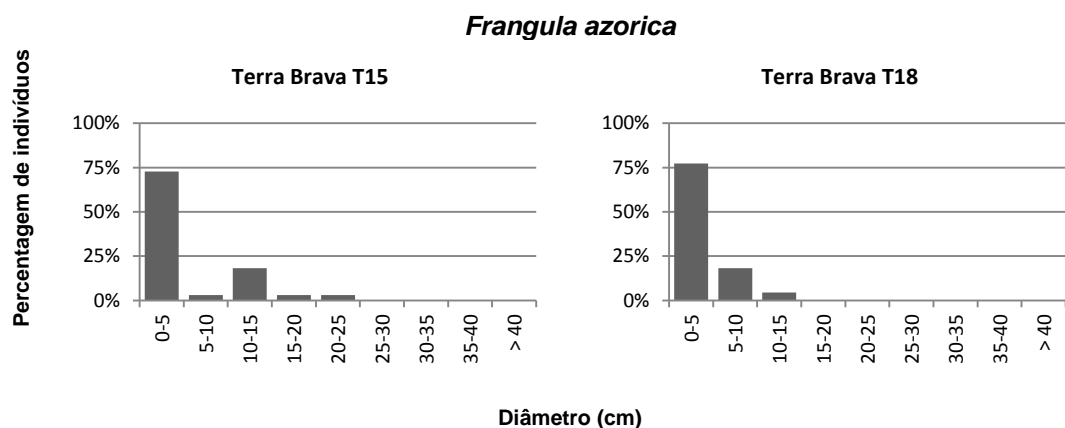


Figura 37: Distribuição dos indivíduos de *Frangula azorica* nas diferentes classes de diâmetros.

✓ ***Ilex perado subsp. azorica*** - está presente em mais do que 5% do total de indivíduos do transecto nos nove transectos (Figura 38). Em todos eles mais de 75% dos indivíduos estão na classe dos 0-5 cm de diâmetro. Verifica-se que no transecto do Biscoito da Ferraria (T41), da Serra de Santa Bárbara (T07) e nos três da Terra Brava (T15, T16 e T18) os indivíduos estão distribuídos em pelo menos quatro classes de diâmetro, atingindo excepcionalmente valores de diâmetro superiores a 40 cm (T16; T18).

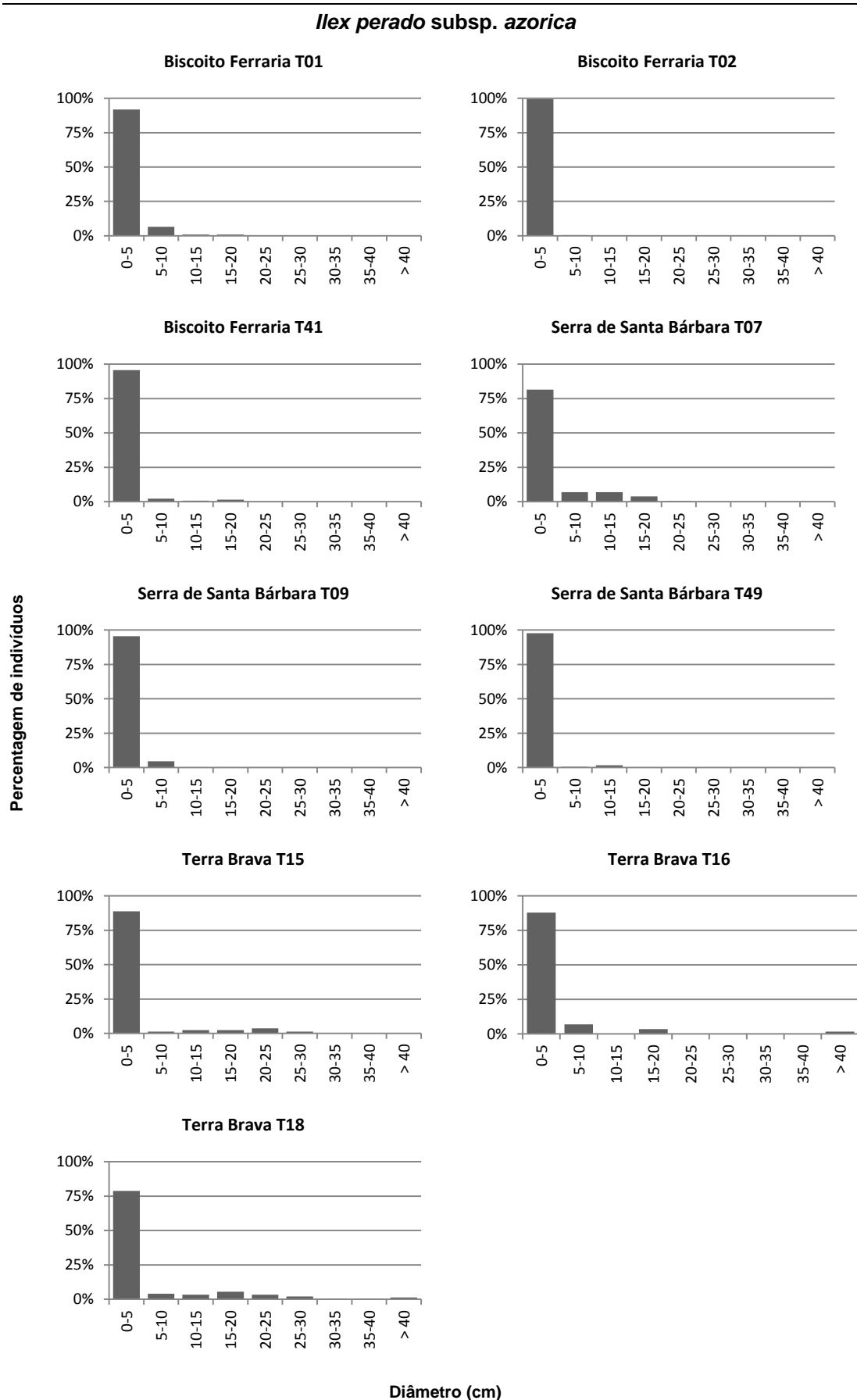


Figura 38: Distribuição dos indivíduos de *Ilex perado* subsp. *azorica* nas diferentes classes de diâmetros.

✓ ***Juniperus brevifolia*** – está presente nos nove transectos estudados numa percentagem superior a 5% do total de indivíduos do transecto (Figura 39).

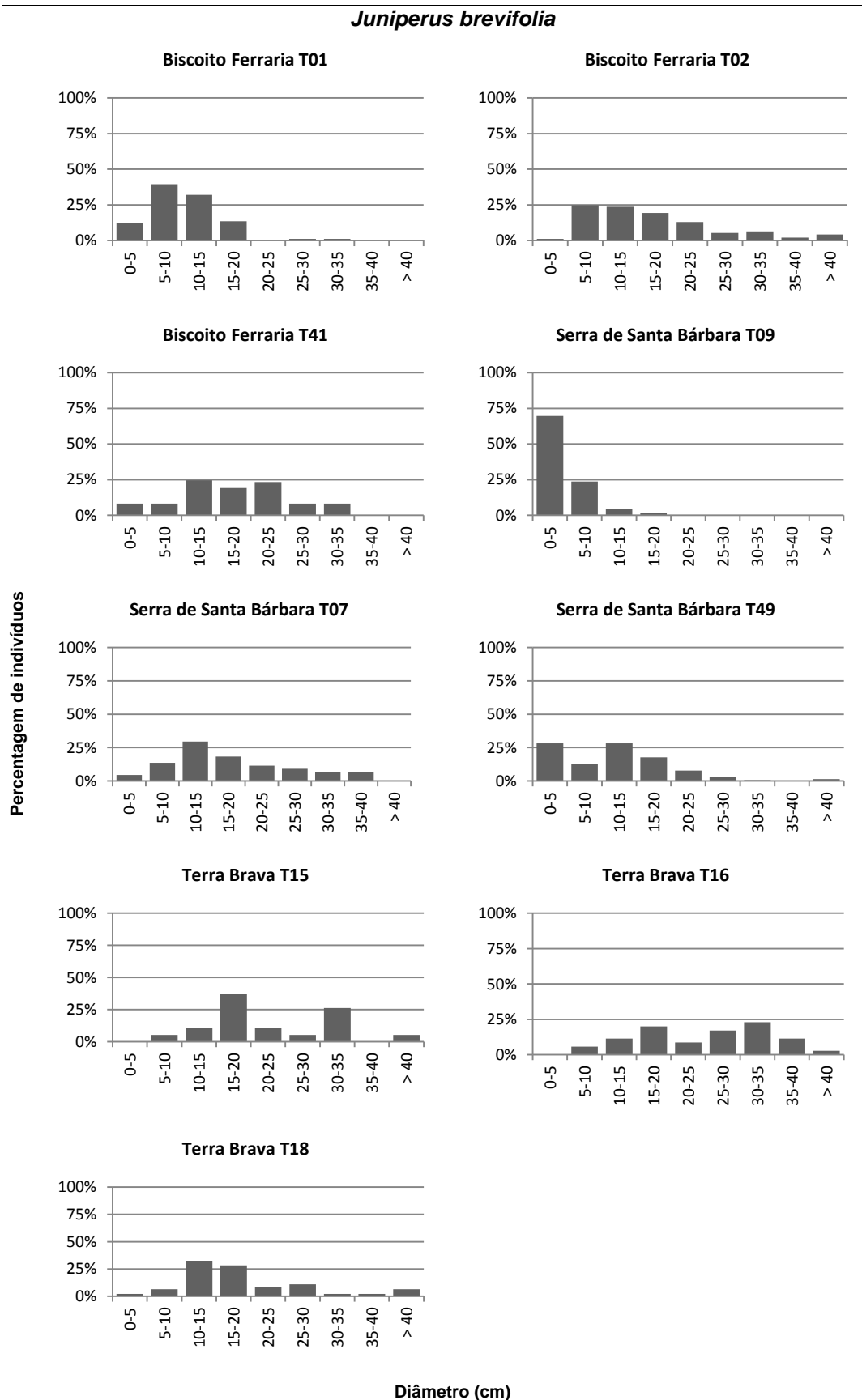


Figura 39: Distribuição dos indivíduos de *Juniperus brevifolia* nas diferentes classes de diâmetros.

O *Juniperus brevifolia* apresenta um padrão de distribuição diferente das espécies anteriormente apresentadas devido à presença maioritária de indivíduos adultos nos diferentes transectos. À do transecto da Serra de Santa Bárbara (T09), em que os indivíduos apresentam maioritariamente diâmetros inferiores a 5 cm, em todos os outros transectos a espécie apresenta diâmetros muito variados.

✓ **Laurus azorica** – está presente em mais do que 5% do total de indivíduos do transecto em seis dos transectos estudados. Nos transectos do Biscoito da Ferraria (T01 e T41) e Serra de Santa Bárbara (T07) apresenta um padrão de distribuição concentrado nas três classes de diâmetro que vão até aos 15 cm, de forma decrescente. A distribuição nos três transectos da Terra Brava é muito mais alargada e uniforme nas diferentes classes de diâmetro, existindo alguns indivíduos que apresentam diâmetro superior a 40 cm, nos transectos T16 e T18 (Figura 40).

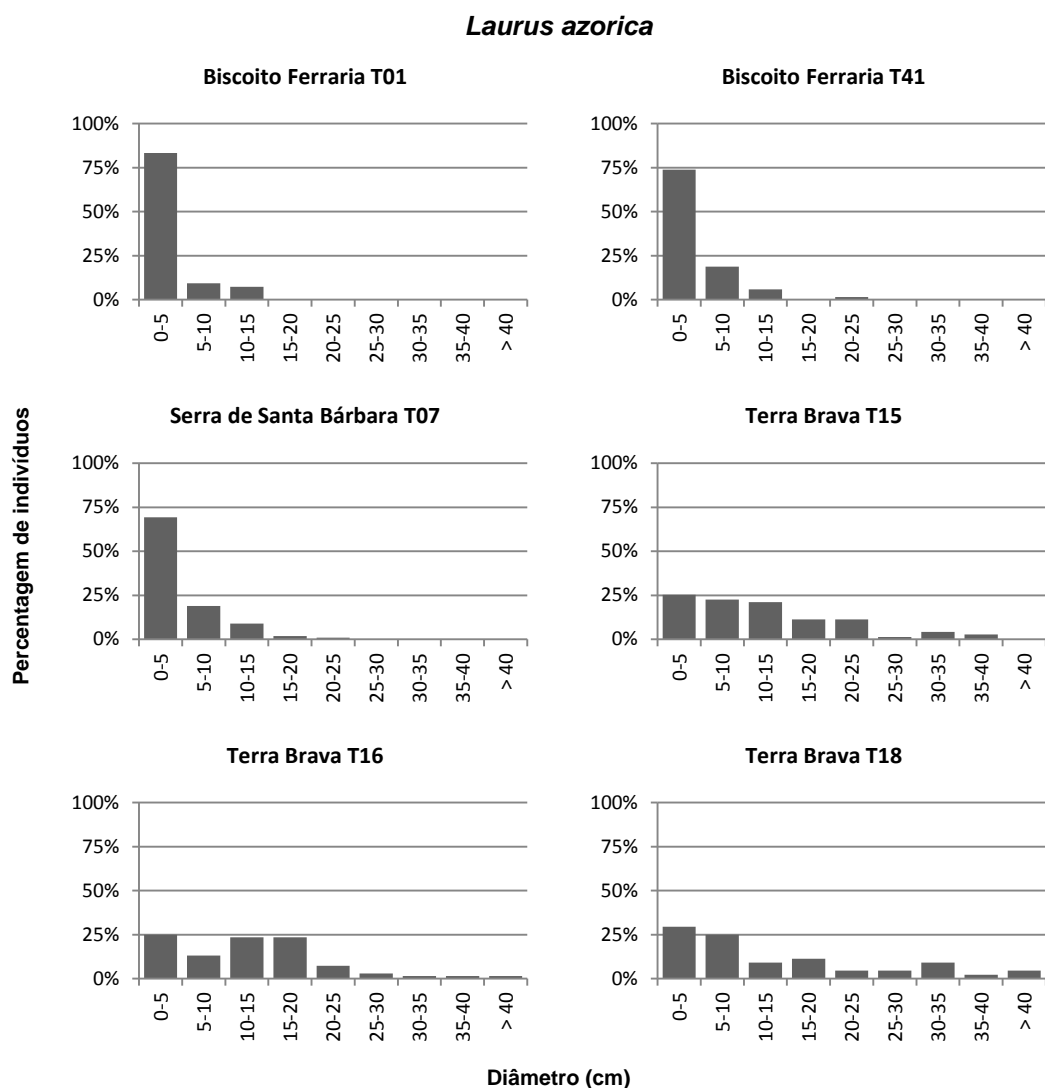


Figura 40: Distribuição dos indivíduos de *Laurus azorica* nas diferentes classes de diâmetros.

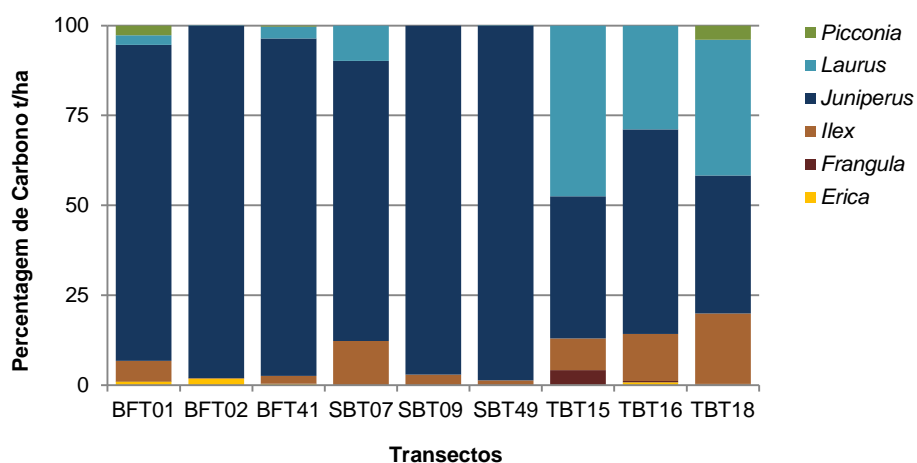
*Qual a quantidade de carbono acumulada no coberto florestal nativo da ilha Terceira*

A partir do DBH obtido para os 1.111 indivíduos adultos identificados nos nove transectos estudados, e aplicando a equação de Fernández-Palácios *et al.* (1991), estima-se em 478,34 t/ha a biomassa média da floresta nativa das Reservas Naturais da Terceira o que, assumindo que o carbono sequestrado corresponde a 50% da biomassa (Brown & Lugo, 1984), corresponde a cerca de 239,17 tC/ha sequestrado (Quadro 29; Figura 41).

**Quadro 29:** Valores de biomassa e de carbono (t/ha), obtidos para cada um dos nove transectos efectuados na Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira.

Transecto	Biomassa total (t/ha)	Carbono total (t/ha)	Biomassa de <i>Juniperus brevifolia</i> (t/ha)	Carbono de <i>Juniperus brevifolia</i> (t/ha)
Biscoito da Ferraria T01	163,27	81,63	143,50	71,75
Biscoito da Ferraria T02	864,87	432,4	847,93	423,96
Biscoito da Ferraria T41	506,38	253,9	475,30	237,65
Serra de Santa Bárbara T07	419,26	209,3	326,48	163,24
Serra de Santa Bárbara T09	238,62	119,1	231,56	115,78
Serra de Santa Bárbara T49	535,03	267,2	528,07	264,04
Terra Brava T15	295,85	147,3	116,83	58,42
Terra Brava T16	471,91	235,5	268,52	134,26
Terra Brava T18	809,84	404,2	310,92	155,46
<b>Total</b>	<b>4305,03</b>	<b>2152,52</b>	<b>3249,11</b>	<b>1624,55</b>
<b>Média</b>	<b>478,34</b>	<b>239,17</b>	<b>361,01</b>	<b>180,51</b>

Uma vez que a frequência de cada espécie da floresta é variável em cada transecto, bem como a sua estrutura etária (adulto/juvenil), procurou-se observar-se qual a percentagem de carbono sequestrado (t/ha), por espécie e por transecto (Figura 41).



**Figura 41:** Valor do carbono sequestrado por espécie arbórea, tC/ha, nos nove transectos estudados.

Analisando a Figura 41 pode-se observar que o *Juniperus brevifolia* é a espécie que mais contribui para o sequestro de carbono nos nove transectos efectuados nas Reservas Naturais da ilha Terceira, o que estará relacionado com o facto de esta ser também a espécie com maior número de indivíduos adultos em cada transecto. Essa contribuição é superior a três quartos nos transectos do Biscoito da Ferraria (T01, T02 e T41) e nos da Serra de Santa Bárbara (T07, T09 e T49), atingindo o mínimo no transecto T07 (78%) e o máximo no T49 (98%), ambos na Serra de Santa Bárbara.

Esta dominância de *Juniperus brevifolia*, relativamente ao contributo para o sequestro de carbono, verifica-se apenas num dos três transectos da Terra Brava (T16). De facto, no transecto T15 *J. brevifolia* é responsável por 39,5% do carbono sequestrado enquanto *Laurus azorica* é responsável por 47,5%; no T16, *Juniperus brevifolia* é responsável por 56,9% do carbono sequestrado enquanto *L. azorica* é responsável apenas por 28,8%; finalmente, no T18, 38,4% do carbono sequestrado é realizado por *Juniperus brevifolia* e 37,8% por *Laurus azorica*, devendo salientar-se neste transecto o contributo de *Ilex perado* subsp. *azorica* (19,6%).

### 2.7.3. Discussão

Os resultados obtidos permitem responder à segunda questão de investigação deste trabalho bem como às questões associadas: Quanto carbono é sequestrado (t/ha) pela floresta nativa do Parque de ilha da Terceira? Esse sequestro é semelhante ao verificado em outros estudos em diferentes tipos de floresta, nomeadamente ao referido para a floresta Laurisilva das Canárias?

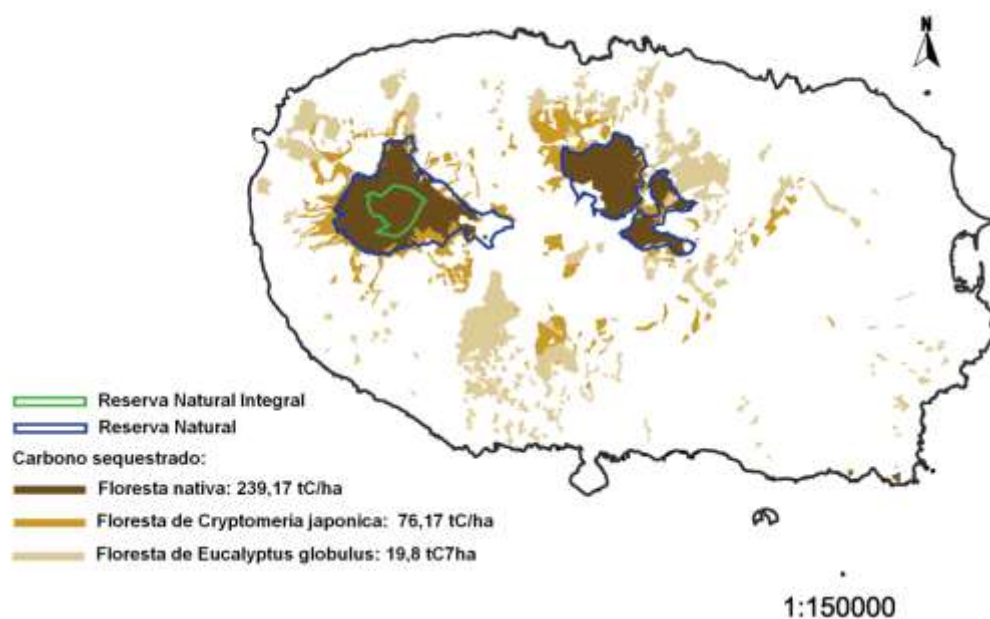
Segundo os dados obtidos nos nove transectos efectuados na floresta nativa da Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira, *Juniperus brevifolia* é a espécie arbórea dominante, seguindo-se o *Laurus azorica* e o *Ilex perado* subsp. *azorica*. Verificando-se uma proporção muito inferior de indivíduos de *Frangula azorica*, *Erica azorica* e *Picconia azorica*. Elias e colaboradores (2011) também referem a gimnospérmica *Juniperus brevifolia* como sendo a espécie arbórea dominante nas florestas de montanha dos Açores, nomeadamente nas chamadas florestas de *Juniperus-Laurus*, *Juniperus-Ilex* e *Juniperus-Sphagnum* (Elias *et al.*, 2011). A caracterização ecológica e sintaxonómica efectuada por Dias (1996) nas florestas dos Açores dá maior destaque às formações dominadas por *Laurus azorica*, que neste trabalho dominam apenas na zona da Terra Brava.

Se tivermos em conta as três espécies arbóreas dominantes nos nove transectos, observamos que as espécies que dominam no estado adulto (Figura 34) são o *Juniperus brevifolia* e *Laurus azorica* que são também as que apresentam menor percentagem de indivíduos juvenis (Figura 35). E que o *Ilex perado* subsp. *azorica* é das três a que apresenta menor número de indivíduos adultos e maior número de indivíduos juvenis.

Nos nove transectos estudados as seis espécies de plantas vasculares arbóreas registadas apresentam diferentes padrões de distribuição de tamanhos. Os indivíduos de *Erica*

*azorica*, de *Frangula azorica* e de *Ilex perado* subsp. *azorica* encontram-se maioritariamente distribuídos na classe de diâmetro dos 0-5 cm, enquanto que os indivíduos de *Juniperus brevifolia* e *Laurus azorica* se encontram distribuídos por classes de diâmetro superiores. Este facto não se verifica para o *Juniperus brevifolia* no transecto da Serra de Santa Bárbara T09 possivelmente devido às condições climáticas ou do solo associadas a esse ponto, que é o mais alto dos nove estudados e que apresenta maiores níveis de precipitação média anual e menor nível de temperatura média anual (Quadro 23). Elias (2007) referiu que populações de montanha apresentam indivíduos de pequenas dimensões e prostrados aparentemente como resposta à elevada exposição ao vento e precipitação, baixas temperaturas e deficiência de nutrientes.

A floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira terá presentemente uma média de 239,17 tC/ha (Quadro 29). Este valor é muito elevado quando comparado com os valores obtidos da literatura para povoamentos com espécies exóticas. Por exemplo é um valor cerca de três vezes superior ao da floresta de *Cryptomeria japonica* no Japão (ex. 76,81 tC/ha em Fukuda *et al.*, 2003) e cerca de 12 vezes superior ao das florestas plantadas de *Eucalyptus globulus* (ex. 19,8 tC/ha em Ditt *et al.*, 2010) (Figura 42).



**Figura 42:** Mapa da distribuição do carbono sequestrado, em t/ha, na floresta nativa da Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira, na floresta de *Cryptomeria japonica* e na floresta de *Eucalyptus globulus*.

O facto da floresta nativa sequestrar maior quantidade de carbono do que as florestas plantadas, parece ir de encontro aos resultados obtidos em diversos estudos que comparam estes dois tipos de ecossistemas e que defendem que as florestas naturais por possuírem maior diversidade de espécies são capazes de sequestrar mais carbono (ex. Ruiz-Jaen & Potvin, 2011). Isto porque as florestas naturais possuem estratificação mais complexa,

enquanto que as florestas destinadas à produção de madeira como as de eucalipto e criptoméria.

Os resultados obtidos sugerem que a floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira sequestra cerca do dobro do carbono sequestrado pela floresta Laurisilva das Canárias. Isto tendo em conta os valores obtidos por Fernández-Palácios *et al.* (1991) (127,55 tC/ha), Fernández-Palácios *et al.* (1992) (139,80 tC/ha), Morales *et al.* (1996) (204 tC/ha) e Aboal *et al.* (2005) em estudos realizados nas ilhas de Tenerife (79,74–155,29 tC/ha) e La Gomera (32,82-176,34 tC/ha) (Quadro 18). O facto dos resultados mostrarem que a floresta nativa da ilha Terceira produz mais biomassa e conseqüentemente sequestra mais carbono, a partir das suas espécies arbóreas pode dever-se a vários factores: à maior densidade da floresta nos Açores (Elias *et al.* 2011), à presença de maior estratificação na sua estrutura, à aplicabilidade da fórmula desenvolvida nas ilhas Canárias à floresta da ilha Terceira ou dever-se ao facto do esforço de amostragem realizado neste estudo não ser o óptimo para representar de forma realística a floresta nativa da ilha.

#### 2.7.4. Conclusões

A floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira sequestra em média 239,17 tC/ha. Essa quantidade de carbono sequestrado representa aproximadamente o dobro do valor referido na literatura para a floresta Laurisilva das Canárias (127,55 tC/ha). O *Juniperus brevifolia* contribui para cerca de 75% desse sequestro. Esse facto revela muito sobre a importância conhecida desta espécie na floresta nativa dos Açores e da ilha Terceira.

O sequestro de carbono efectuado por esta floresta é também muito superior ao verificado em diferentes estudos para florestas plantadas de *Eucalyptus globulus* (19,8 tC/ha) e *Cryptomeria japonica* (76,81 tC/ha).

Contudo e para se obter uma confirmação dos valores obtidos, considera-se importante expandir a área de amostragem de forma a obter uma área amostrada que represente mais significativamente a floresta nativa do Parque de ilha da Terceira. E idealmente desenvolver, a partir de um estudo mais aprofundado, uma equação alométrica baseada nas espécies arbóreas existentes nessa floresta e nas características específicas que apresentam.

Porém considera-se que o valor obtido de 239,17 tC/ha é um valor que pode ser usado como indicador da importância desta floresta, nomeadamente do sequestro de carbono, que é um serviço que os ecossistemas florestais prestam, contribuindo para o aumento da qualidade de vida local e regional.

## **2.8. Relação entre a biodiversidade de plantas vasculares arbóreas e o carbono sequestrado pela floresta nativa da ilha Terceira**

### **2.8.1. Introdução**

Durante as últimas duas décadas tem vindo a aumentar o interesse em perceber-se como a diversidade de espécies afecta o funcionamento dos ecossistemas e os serviços por estes prestados (Cardinale *et al.*, 2007).

Por fazerem a ligação entre a baixa atmosfera e a água subterrânea, as florestas participam na regulação do clima regional. Aumentam o desenvolvimento do solo com as raízes penetrando nas rochas e injectando matéria orgânica no solo, intervém no ciclo do carbono e dos nutrientes incorporando grandes quantidades dos mesmos nos seus tecidos lenhosos e produzindo matéria orgânica, habitat e microclima para além de fornecerem alimento e abrigo a uma série de organismos incluindo os humanos. Contudo e devido à perda contínua de espécies que se tem verificado neste e noutros ecossistemas, surge a questão se esses serviços continuarão a ser prestados pelas florestas com um menor número de espécies de árvores? Ou seja, tem a biodiversidade de espécies arbóreas alguma relação com a produtividade do ecossistema e com o serviço que presta ao Homem ao sequestrar e armazenar carbono? (Naeem *et al.*, 2009).

Alguns estudos confirmam uma relação positiva entre diversidade de árvores e serviços relacionados com a produtividade, comunidade biótica e parâmetros do solo, sendo que a maior parte deles revela efeitos mais fortes quando se tem em conta a identidade das espécies em vez da diversidade das mesmas (Nadrowski *et al.*, 2010). A relação entre a diversidade e o funcionamento dos ecossistemas tem sido mais intensivamente estudada em pastagens temperadas, onde uma diminuição no número de espécies tem efeitos negativos na produtividade das plantas (ex. Tilman *et al.*, 1996; Schwartz *et al.*, 2000). Em ecossistemas florestais, são poucos os estudos que relacionam a produtividade da floresta com a diversidade de árvores, devido em parte à complexidade e ao longo ciclo de vida dos ecossistemas florestais (Liang, 2007).

No presente estudo o primeiro passo antes de se testar a relação entre a biodiversidade de plantas vasculares arbóreas e o carbono sequestrado pela floresta nativa da ilha Terceira, foi verificar a existência de alguma relação entre as variáveis ambientais que possuíamos para cada transecto (Quadro 23) e o valor de carbono sequestrado para cada transecto obtido a partir deste estudo apresentado no Quadro 29 em t/ha. Com esta etapa pretende-se verificar se existe uma explicação puramente ambiental para a produtividade do ecossistema estudado. Finalmente, os resultados desta investigação vão permitir responder à terceira questão de investigação proposta neste estudo: existe uma relação entre a riqueza de espécies arbóreas e o carbono sequestrado pela floresta nativa do Parque de ilha da Terceira? E caso exista, qual das hipóteses ecológicas que relacionam o funcionamento dos

ecossistemas com a riqueza de espécies melhor representa essa relação: hipótese nula, dos rebites, dos condutores/passageiros, linear ou idiossincrática.

## 2.8.2. Metodologia

Primeiramente testamos a possível relação entre o valor de carbono sequestrado total, em t/ha, e os valores de precipitação, temperatura, humidade relativa, pH e % de matéria orgânica para cada transecto (Quadro 23) para isso os dados foram sujeitos a um teste de normalidade usando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov através do software “IBM SPSS Statistics 20” (Statistical Package for the Social Sciences). Como os dados apresentaram distribuição normal não foi necessário efectuar qualquer transformação dos mesmos (Anexo 1).

Nos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural do Parque de ilha da Terceira identificou-se e contabilizou-se todos os indivíduos de espécies arbóreas. A partir do número de indivíduos adultos e juvenis (Quadro 28) das seis espécies identificadas (*Erica azorica*, *Frangula azorica*, *Ilex perado* subsp. *azorica*, *Juniperus brevifolia*, *Laurus azorica* e *Picconia azorica*) foi calculado para cada transecto para as plantas vasculares vários índices de diversidade, já que consoante o índice utilizado pode existir ou não uma relação, dependendo das características desse índice (Zhang *et al.*, 2012): a riqueza de espécies (S), índice de Shannon-Wiener (H'), índice de Simpson ( $D_{\text{Simpson}}$ ), índice de dominância de Berger-Parker (d) e a Equitabilidade para o índice de Shannon-Wiener (E). Para tal usou-se o software “Species Diversity & Richness IV”.

Sendo que:

**S** = Número de espécies por transecto. A riqueza específica (S) é a forma mais simples de medir a biodiversidade uma vez que se baseia unicamente no número de espécies presentes, não tendo em conta o valor de importância das mesmas (Moreno, 2001).

**H'** =  $-\sum (p_i) (\ln p_i)$ , sendo  $p_i = n_i/N$ , em que  $n_i$  é o número de indivíduos por espécie e N é o número total de indivíduos no transecto. É uma medida de diversidade utilizada para determinar a quantidade de ordem existente num sistema, atribui maior peso às espécies raras (Krebs, 1999).

**$D_{\text{Simpson}}$**  =  $\sum p_i^2$ , sendo  $p_i = n_i/N$ , em que  $n_i$  é o número de indivíduos por espécie e N é o número total de indivíduos no transecto. Este índice reflecte o grau de dominância de uma comunidade (Moreno, 2001).

**d** =  $N_{\text{máx.}}/N_{\text{total}}$ , em que  $N_{\text{máx.}}$  é o número de indivíduos da espécie mais abundante e  $N_{\text{total}}$  é o número total de indivíduos no transecto. Expressa a importância relativa das espécies mais abundantes. Uma diminuição no valor deste índice interpreta-se como um aumento da equidade e uma diminuição da dominância (Moreno, 2001). De forma a estabelecer direccionalidade entre este índice e o índice de Shannon-Wiener (H') o valor deste índice é geralmente expresso pelo seu inverso  $1/d$  (Magurran, 2003).

$E = H'/LN(S)$ , em que  $H'$  é o índice de Shannon-Wiener desse transecto e  $S$  é o número de espécies nesse transecto. O “Evenness” ou equitabilidade expressa a relação entre a diversidade real e a diversidade máxima teórica, sendo uma medida de uniformidade da comunidade. Varia entre 0 e 1 em que 1 corresponde às situações onde todas as espécies são igualmente abundantes (Moreno, 2001; Magurran, 2003).

Os valores dos índices de diversidade das plantas vasculares e os valores de carbono sequestrado, em t/ha, para cada transecto, foram sujeitos a um teste de normalidade usando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov através do software “IBM SPSS Statistics 20” (Statistical Package for the Social Sciences). Os dados apresentaram distribuição normal não tendo sido necessário efectuar qualquer tipo de transformação dos mesmos (Anexo 2).

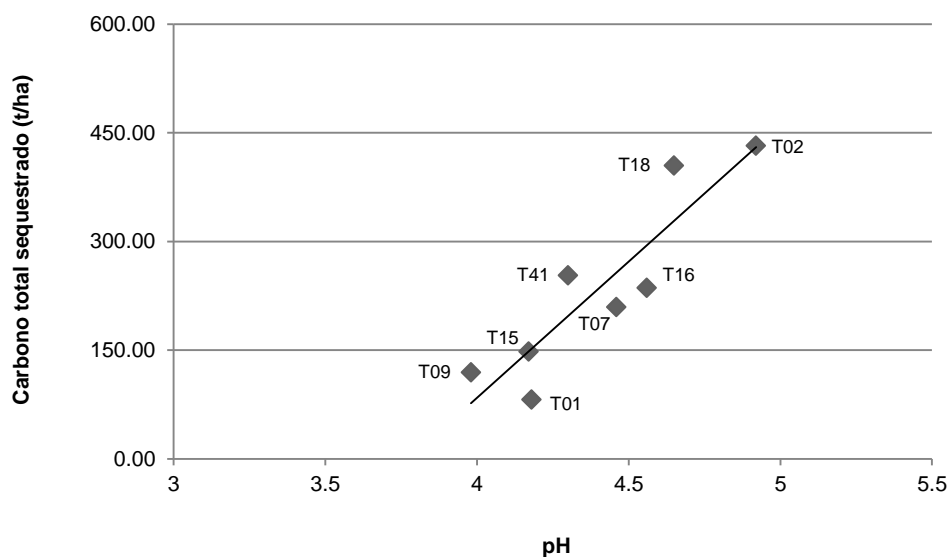
A partir dos dados obtidos realizaram-se regressões polinomiais de ordem dois, obtendo-se as equações, valores de  $r^2$  e de significância ( $p$ ) para cada uma das cinco relações. Utilizou-se uma regressão polinomial para testar a existência das hipóteses dos rebites e dos condutores/passageiros. Realizaram-se igualmente regressões lineares para testar a hipótese linear. Na análise de regressão a diversidade de plantas vasculares de cada transecto constitui a variável independente (explicadora) e os valores de carbono, em t/ha, constituem a variável dependente (resposta).

### 2.8.3. Resultados

A partir da Figura 43 pode verificar-se a existência de uma relação linear positiva entre o valor de carbono sequestrado (t/ha) e o pH em oito dos nove transectos ( $r^2 = 0,81$ ;  $p = 0,02$ ;  $y = 376x - 1419,7$ ). O facto de não se ter utilizado o transecto da Serra de Santa Bárbara T49 (Pico Pinheiro) fica a dever-se à ausência de dados de pH para o mesmo. Não se verificou qualquer relação significativa para as relações com a altitude, precipitação média anual, temperatura média anual, humidade relativa e % de matéria orgânica (Quadro 30).

**Quadro 30:** Valores de  $r$  de Pearson obtidos a partir das regressões entre o valor de carbono total sequestrado ( t/ha) e a altitude, precipitação, temperatura, Humidade relativa, pH e % de matéria orgânica referente aos transectos estudados.

	Altitude	Precipitação	Temperatura	Humidade Relativa	pH	% OM
<b>Carbono total</b>	$r = -0,347$ $p = 0,360$ $N = 9$	$r = -0,349$ $p = 0,358$ $N = 9$	$r = 0,392$ $p = 0,296$ $N = 9$	$r = -0,495$ $p = 0,175$ $N = 9$	$r = 0,900$ $p = 0,002$ $N = 8$	$r = -0,537$ $p = 0,170$ $N = 8$



**Figura 43:** Curva de relação entre o carbono sequestrado em t/ha e o pH nos nove transectos realizados na floresta nativa do Parque de ilha da Terceira.

A única relação estatisticamente significativa entre o carbono sequestrado (CS) e a diversidade de plantas vasculares arbóreas nos nove transectos estudados, foi a obtida aquando da aplicação do índice de diversidade  $D_{\text{Simpson}}$  (Quadro 31) ( $r^2 = 0,73$ ;  $p = 0,02$ ;  $CS = -460,78 D^2 + 2476,8 D - 2973,2$ ). Não se verificou qualquer relação polinomial significativa entre o carbono sequestrado e a riqueza de espécies, diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), inverso de Berger-Parker ( $1/d$ ) e Evenness (E) para os nove transectos em causa.

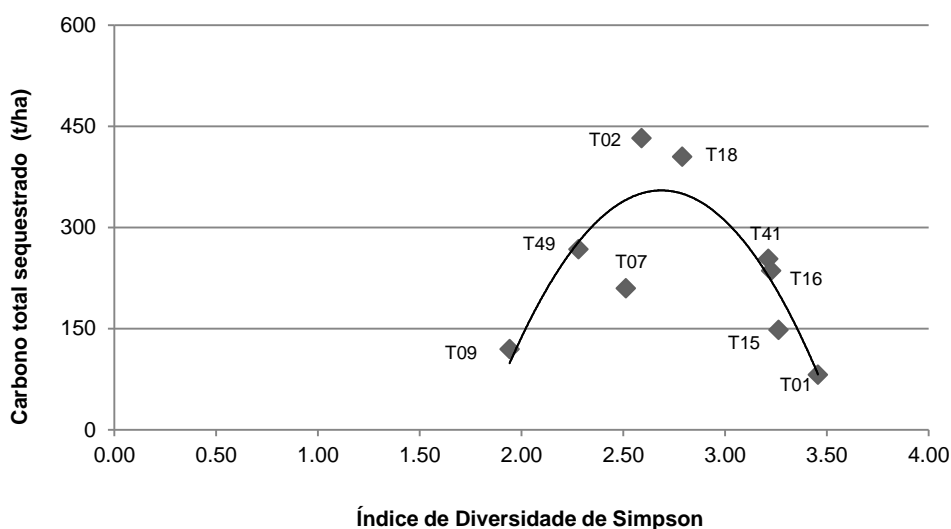
**Quadro 31:** Regressões polinomiais entre o valor de carbono sequestrado em t/ha para cada transecto e a riqueza de espécies arbóreas, índice de diversidade de Shannon-Wiener, índice de  $D_{\text{Simpson}}$ , inverso de Berger-Parker ( $1/d$ ) e equitabilidade (E).

Índice	Equação	$r^2$	p	Significância
S	$Y = -8,90D^2 + 102,45D - 40,15$	0,03	0,90	n.s.
$H'$	$Y = -2440,46D^2 + 5361,12D - 2600,21$	0,40	0,21	n.s.
$D_{\text{Simpson}}$	<b><math>y = -460,78D^2 + 2476,77D - 2973,23</math></b>	<b>0,73</b>	<b>0,02</b>	<b>p &lt; 0,05</b>
$1/d$	$y = -479,89D^2 + 1880,7D - 1542,7$	0,30	0,34	n.s.
Evenness	$y = -4071,05D^2 + 5933,40D - 1889,64$	0,17	0,57	n.s.

n.s.: Não significativo

A Figura 44 representa a relação observada entre o carbono sequestrado e a diversidade das seis espécies de plantas vasculares arbóreas utilizadas para o calcular. Verifica-se que o sequestro de carbono é máximo no ponto intermédio de diversidade verificado nos nove transectos.

Do lado esquerdo do gráfico, correspondendo à menor diversidade (estimada a partir do Índice de Simpson) encontra-se o transecto da Serra de Santa Bárbara T09 ( $D_{\text{Simpson}} = 1,94$ ), que corresponde ao segundo valor mais baixo de carbono sequestrado (119,31 t/ha). Outros transectos, com níveis de diversidade intermédia, correspondem a valores superiores de sequestro do carbono (ex. T02, T18). Quando o índice de diversidade de Simpson atinge o valor 2,81 (que corresponde ao valor médio de diversidade dos nove transectos), o valor do volume de carbono sequestrado vai baixando até ao mínimo de 81,63 tC/ha observado no transecto do Biscoito da Ferraria (T01) que apresenta também o maior valor de diversidade ( $D_{\text{Simpson}} = 3,46$ ) dos nove transectos estudados.



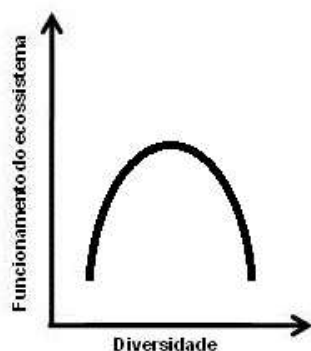
**Figura 44:** Curva de relação entre o carbono sequestrado em t/ha e o índice de diversidade  $D_{\text{Simpson}}$ , calculado para as seis espécies arbóreas identificadas.

#### 2.8.4. Discussão

Um dos resultados mais interessantes deste estudo foi a verificação de uma relação linear entre o pH do solo e o carbono sequestrado pela floresta nativa do Parque de ilha da Terceira (Figura 43). A relação verificada é linear e fortemente positiva ( $r^2 = 0,81$ ;  $p = 0,02$ ) e indica que de alguma forma quanto mais alto o pH (pH menos ácido) maior é a capacidade da floresta em sequestrar carbono, ou seja este factor funciona como indicador de processos ecofisiológicos na floresta. O pH parece ser assim um parâmetro do solo que funciona como indicador da produção de biomassa da floresta e conseqüentemente na sua capacidade de sequestrar carbono. Gabriel & Bates (2005) indicaram a existência de correlações fortes entre a distribuição das espécies de briófitas, na floresta nativa, e algumas variáveis ambientais como a disponibilidade de água e o pH do substrato (Gabriel & Bates, 2005). Sabe-se que valores de pH muito baixos são nocivos para os processos biológicos (Schuur *et al.*, 2001), já que diminuem a disponibilidade de oxigénio para os microorganismos no solo. Deste modo os

valores de pH parecem funcionar como indicadores de processos metabólicos importantes nas florestas nativas dos Açores.

No que diz respeito à relação entre produtividade-diversidade, observou-se que a única relação estatisticamente significativa se verificou entre a diversidade das seis espécies arbóreas identificadas, calculada a partir do índice de diversidade  $D_{\text{Simpson}}$  e o carbono total sequestrado. A relação não equivale a nenhuma das cinco hipóteses apresentadas na Figura 27 como representativas da relação entre riqueza específica e funcionamento do ecossistema. Mas mostra que este serviço prestado pela floresta nativa do Parque de ilha da Terceira (sequestro de carbono) tem uma relação positiva, com a diversidade de plantas arbóreas inventariadas, até um nível médio de diversidade, verificando-se uma inflexão da curva a partir desse ponto médio de diversidade. A curva por nós obtida equivale a uma das três hipóteses simples propostas por Nadrowski *et al.* (2010) que permitem relacionar a diversidade de árvores e o funcionamento do ecossistema (Figura 45).



**Figura 45:** Curva convexa entre a diversidade de espécies arbóreas de um ecossistema e o funcionamento do mesmo (adaptado de Nadrowski *et al.*, 2010).

Com base no modelo proposto por Nadrowski *et al.* (2010) para diferentes níveis de diversidade obtém-se o mesmo valor de carbono sequestrado, ou seja, se traçarmos uma linha horizontal paralela ao eixo do x verificamos que existem dois pontos que apresentam diversidade diferente e em que o sequestro de carbono é igual. No sistema estudado o sequestro de carbono está relacionado com a diversidade sendo baixo quando a diversidade é baixa (elevada dominância) e quando a diversidade é alta (baixa dominância). Verifica-se assim que a acumulação de carbono na floresta nativa do Parque de ilha da Terceira, depende até certa medida da diversidade de plantas vasculares existentes, com um pico no sequestro de carbono quando a diversidade é intermédia. Os índices de diversidade utilizados apenas têm em conta o número de indivíduos enquanto as diferenças de biomassa/dimensão dos indivíduos é ignorada. O facto de que níveis muito elevados de biomassa, e ensombramento limitam a regeneração da maioria das espécies arbóreas (ex. *Juniperus*, *Erica*, *Laurus* e *Frangula*) (Elias & Dias 2009, 2009b), diminuindo o número de indivíduos por espécie pode explicar o facto de que a partir de um determinado valor, o sequestro de carbono (biomassa)

diminui com o aumento da diversidade, porque a diminuição da biomassa permite um aumento do número de juvenis da maioria das espécies arbóreas.

### **2.8.5. Conclusão**

O tipo de relação existente entre a diversidade e o funcionamento de um ecossistema depende do ecossistema em causa, verificando-se por exemplo em alguns estudos efectuados em pastagens temperadas que as policulturas produzem maior biomassa do que as monoculturas. Trabalhos realizados em ecossistemas florestais têm demonstrado existir efeitos positivos, insignificantes ou mesmo negativos da diversidade de espécies na produtividade (Zhang *et al.*, 2012). Uma das causas possíveis é a escolha dos índices de diversidade, o que neste trabalho se verificou importante, uma vez que obtivemos uma relação significativa estatisticamente aquando da aplicação do índice de diversidade de Simpson, não se tendo verificado, contudo, nenhum outro tipo de relação estatisticamente significativa aquando da aplicação da riqueza de espécies e índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Berger-Parker ( $1/d$ ) e Evenness ( $E$ ).

Neste estudo verificou-se existir uma forte relação entre o pH do solo e o carbono sequestrado pela floresta nativa ( $r^2 = 0,81$ ;  $p = 0,02$ ) existindo maior sequestro quanto menos ácido é o pH do solo. Verificou-se também a existência de uma relação entre a diversidade de espécies arbóreas da floresta nativa e o carbono sequestrado pelas mesmas ( $r^2 = 0,73$ ;  $p = 0,02$ ), numa parte inicial da curva a relação é positiva inflectindo para uma relação negativa a partir do ponto médio de diversidade dos nove transectos estudados.

## **2.9. Relação entre a produtividade da floresta nativa da ilha Terceira e a biodiversidade de briófitos e artrópodes**

É de grande interesse identificar padrões que possam ser úteis na previsão da diversidade de espécies especialmente ao nível da conservação. E embora esses padrões não pareçam ter importância à escala global são-no com certeza quando temos em conta escalas e condições ecológicas específicas (Gjerde *et al.*, 2005). Neste sentido, pretende-se responder à quarta questão de investigação proposta neste estudo: Existirá alguma relação entre a a diversidade de briófitos e artrópodes e a produtividade gerada pelas espécies arbóreas da floresta nativa do Parque de ilha da Terceira? Se existir, qual a forma da curva que representa essa relação: convexa (unimodal), forma de U (unimodal negativa), monotónica positiva, monotónica negativa ou nenhuma delas? Isto é, pretende verificar-se se o carbono sequestrado pela floresta é um bom indicador do que se passa na comunidade de briófitos e artrópodes das florestas nativas da ilha Terceira.

### **2.9.1. Metodologia**

#### **2.9.1.1. Briófitos**

Os dados referentes aos briófitos provêm do trabalho de inventariação das comunidades de briófitos que decorre desde 1998, coordenado pela Doutora Rosalina Gabriel.

Apenas cinco dos nove transectos estudados neste trabalho, incluem dados comparáveis de briófitos: Serra de Santa Bárbara (T07), Biscoito da Ferraria (T02), e os três transectos da Terra Brava (T15, T16 e T18) (Gabriel & Bates, 2005).

Os briófitos, sendo um grupo polifilético e com grande capacidade de ocupação de vários microhabitats, foram analisados em cinco categorias: i) briófitos totais, ii) musgos, iii) hepáticas, iv) briófitos presentes em troncos de árvores (espécies epífitas) e v) briófitos no terreno (solo e rocha). Para cada espécie de briófito, de cada um destes agrupamentos, foi calculado o seu “Valor de Importância” (VI) de acordo com Brown *et al.* (1989) e Evans (1988) *cit. in* Borges (1997).

A partir dos valores de importância (VI) obtidos para cada espécie, e para além do valor de riqueza de espécies (S), calcularam-se os índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Simpson ( $D_{\text{Simpson}}$ ), Berger-Parker (d) e Evenness (E) como descrito no ponto 2.7.1., utilizando-se o software “Species Diversity & Richness IV”. O valor de carbono sequestrado utilizado para cada transecto foi o obtido a partir deste estudo apresentado no Quadro 29.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para apreciar a normalidade dos dados (realizou-se com a utilização do IBM SPSS Statistics, versão 20.0), tendo-se verificado que estes possuíam uma distribuição normal, pelo não foi necessário proceder a qualquer tipo de transformação dos mesmos (Anexo 3 e 4). Para os modelos de regressão considerou-se o carbono sequestrado nos transectos em estudo como variável independente ou explicadora e

os índices de diversidade para os cinco grupos de briófitos como variável dependente ou resposta. Por fim repetiu-se o processo mas desta vez usando como variável independente o carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* (Quadro 29), que é a espécie que mais contribuiu para o total de carbono sequestrado nos transectos.

### 2.9.1.2. Artrópodes

Os dados referentes à biodiversidade de artrópodes, nos nove transectos em estudo, foram obtidos a partir da base de dados do projecto BALA, coordenado pelo doutor Paulo A. V. Borges desde 1997, e já anteriormente referido (ex. Gaspar *et al.*, 2008).

As espécies de artrópodes foram organizadas em quatro grupos: artrópodes totais (epígeos + copa), artrópodes epígeos do solo, artrópodes da copa, artrópodes herbívoros da copa. Os dados são correspondentes aos anos de 1999, 2001, 2002 e 2003, e foram seleccionados de forma a que para cada transecto se obtivessem dados correspondentes a duas técnicas de amostragem: “pitfall” (Ver Borges, 1997) (amostragem no solo) com uso de duas soluções (etileno e turquin) e batimentos (Ver Gaspar *et al.*, 2008) em três espécies de plantas. No transecto da Serra de Santa Bárbara T49 foi amostrada apenas uma espécie (*Juniperus brevifolia*) por ser largamente dominante (cf. Quadro 29) (Quadro 32).

**Quadro 32:** Ano e técnicas de amostragem seleccionadas, por transecto, para a obtenção dos dados de diversidade de artrópodes da floresta nativa do Parque Natural de ilha da Terceira (ver igualmente Gaspar *et al.*, 2008).

Transecto	Ano	Pitfall		Batimentos					
		Etileno	Turquin	<i>Erica azorica</i>	<i>Ilex perado</i> subsp. <i>azorica</i>	<i>Juniperus brevifolia</i>	<i>Laurus azorica</i>	<i>Myrsine africana</i>	<i>Vaccinium cylindraceum</i>
Biscoito da Ferraria T01	1999	x	x		x	x	x		
Biscoito da Ferraria T02	1999	x	x			x		x	x
Biscoito da Ferraria T41	2003	x	x		x	x	x		
Serra de Santa Bárbara T07	1999	x	x		x	x	x		
Serra de Santa Bárbara T09	1999	x	x		x	x		x	
Serra de Santa Bárbara T49	2003	x	x			x			
Terra Brava T15	1999	x	x						
	2001				x	x	x		
Terra Brava T16	1999	x	x						
	2001			x		x	x		
Terra Brava T18	2002	x	x		x	x	x		

Para cada um dos nove transectos em estudo foram calculadas várias métricas que quantificam a diversidade biológica da fauna de artrópodes, usando-se para tal o software “Species Diversity & Richness IV”: a riqueza de espécies (S), o índice de Shannon-Wiener (H’),

o índice de Simpson ( $D_{\text{Simpson}}$ ), o índice de Berger-Parker ( $d$ ) e a Equitabilidade para o índice de Shannon-Wiener ( $E$ ), como descrito no ponto 2.7.1.

O valor de carbono sequestrado em cada transecto foi o obtido a partir deste estudo apresentado no Quadro 27 em t/ha.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para verificar a normalidade das variáveis, e como estes apresentam distribuição normal não foi necessário proceder a qualquer tipo de transformação dos mesmos (Anexo 5 e 6).

Para os modelos de regressão considerou-se o carbono sequestrado nos nove transectos em estudo como variável independente ou explicadora e os índices de diversidade para os quatro grupos de artrópodes, como variável dependente ou resposta. O processo foi repetido, mas desta vez usando como variável independente o carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* (Quadro 29), que é a espécie que mais contribuiu para o carbono total sequestrado. Todas as análises foram realizadas no SPSS (versão 20.0).

## 2.9.2. Resultados

### 2.9.2.1. Briófitos

Tanto o carbono sequestrado pelas espécies arborescentes e arbóreas da floresta nativa (carbono total) (Quadro 29), como o carbono sequestrado pela espécie com maior expressão nesse ecossistema, *Juniperus brevifolia* (Quadro 29), foram correlacionadas com a riqueza de espécies ( $S$ ) e com os índices de diversidade de espécies de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Simpson ( $D_{\text{Simpson}}$ ), Inverso de Berger-Parker ( $1/d$ ) e Evenness ( $E$ ) para as cinco categorias de briófitos consideradas: briófitos totais, musgos, hepáticas, briófitos epífitos e briófitos no terreno (solo e rocha) (Quadro 33 e 34).

Na maioria dos casos, as correlações não se revelaram significativas, à exceção do que sucedeu com o carbono total sequestrado e a diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) dos briófitos do terreno (Figura 46) e entre o carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* e a riqueza ( $S$ ) (Figura 47) e a diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) de musgos (Figura 48).

**Quadro 33:** Valores de r de Pearson obtidos a partir das regressões entre, os índices de diversidade (riqueza de espécies (S); índice de Shannon-Wiener (H'); índice de Simpson (D), inverso de Berger-Parker (1/d); Equitabilidade de H' (E)) e o valor de carbono total sequestrado (em t/ha) para os briófitos totais nos cinco transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.

CARBONO TOTAL	Riqueza de espécies (S)	Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H')	Índice de Simpson (D <sub>Simpson</sub> )	Índice inverso de Berger-Parker (d)	Evenness (E)
i) briófitos totais,	r=0,243 p=0,694 N=5	r=-0,299 p=0,626 N=5	r=-0,210 p=0,735 N=5	r=0,179 p=0,773 N=5	r=-0,452 p=0,445 N=5
ii) musgos	r=-0,546 p=0,341 N=5	r=-0,853 p=0,066 N=5	r=-0,877 p=0,051 N=5	r=-0,138 p=0,824 N=5	r=-0,672 p=0,214 N=5
iii) hepáticas	r=0,673 p=0,213 N=	r=0,720 p=0,170 N=5	r=0,801 p=0,103 N=5	r=0,811 p=0,096 N=5	r=-0,219 p=0,723 N=5
iv) briófitos epífitos	r=0,414 p=0,489 N=5	r=0,490 p=0,403 N=5	r=0,471 p=0,423 N=5	r=0,358 p=0,554 N=5	r=0,544 p=0,343 N=5
v) briófitos no terreno	r=0,363 p=0,548 N=5	r=0,963 p=0,008 N=5	r=0,420 p=0,482 N=5	r=-0,315 p=0,605 N=5	r=0,182 p=0,770 N=5

**Legenda:** r: Valor da correlação de Pearson; p: valor da significância do teste; testes significativos indicados pelas células a sombreado).

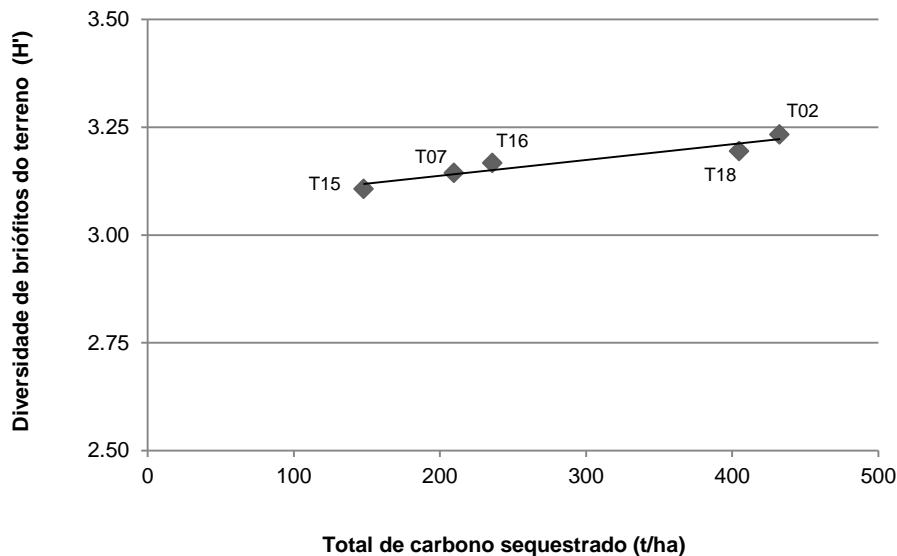
**Quadro 34:** Valores de r de Pearson obtidos a partir das regressões entre, os índices de diversidade (riqueza de espécies (S); índice de Shannon-Wiener (H'); índice de Simpson (D<sub>Simpson</sub>), inverso de Berger-Parker (1/d); Equitabilidade de H' (E)) e o valor de carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* (em t/ha) para os musgos, hepáticas, briófitos epífitos e briófitos no terreno (solo e rocha) nos cinco transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.

CARBONO <i>Juniperus brevifolia</i>	Riqueza de espécies (S)	Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H')	Índice de Simpson (D <sub>Simpson</sub> )	Índice inverso de Berger-Parker (d)	Evenness (E)
i) briófitos totais,	r=0,243 p=0,694 N=5	r=-0,299 p=0,626 N=5	r=-0,210 p=0,735 N=5	r=0,179 p=0,773 N=5	r=-0,452 p=0,445 N=5
ii) musgos	r=-0,905 p=0,035 N=5	r=-0,908 p=0,033 N=5	r=-0,733 p=0,159 N=5	r=0,429 p=0,471 N=5	r=-0,057 p=0,927 N=5
iii) hepáticas	r=0,235 p=0,703 N=5	r=0,395 p=0,510 N=5	r=0,675 p=0,212 N=5	r=0,764 p=0,133 N=5	r=0,349 p=0,565 N=5
iv) briófitos epífitos	r=0,269 p=0,661 N=5	r=0,361 p=0,550 N=5	r=0,260 p=0,672 N=5	r=-0,060 p=0,923 N=5	r=0,468 p=0,427 N=5
v) briófitos no terreno	r=0,659 p=0,226 N=5	r=0,824 p=0,086 N=5	r=0,138 p=0,824 N=5	r=-0,500 p=0,391 N=5	r=-0,099 p=0,875 N=5

**Legenda:** r: Valor da correlação de Pearson; p: valor da significância do teste; testes significativos indicados pelas células a sombreado).

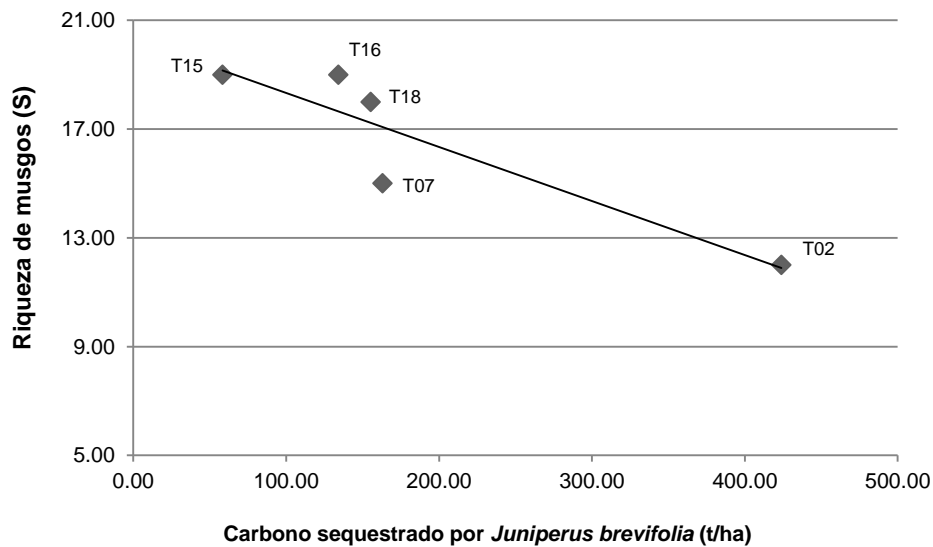
Se tivermos em conta o carbono total sequestrado pela floresta e a diversidade de briófitos do terreno, calculada através do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H')

verifica-se uma relação linear positiva ( $r^2 = 0,91$ ;  $p = 0,01$ ;  $y = 0,0004x + 3,0645$ ) (Figura 46). O que revela que uma maior quantidade de carbono sequestrado pela floresta pode ser um indicador de maior diversidade de briófitos no terreno (solo e rocha) nessa mesma floresta.



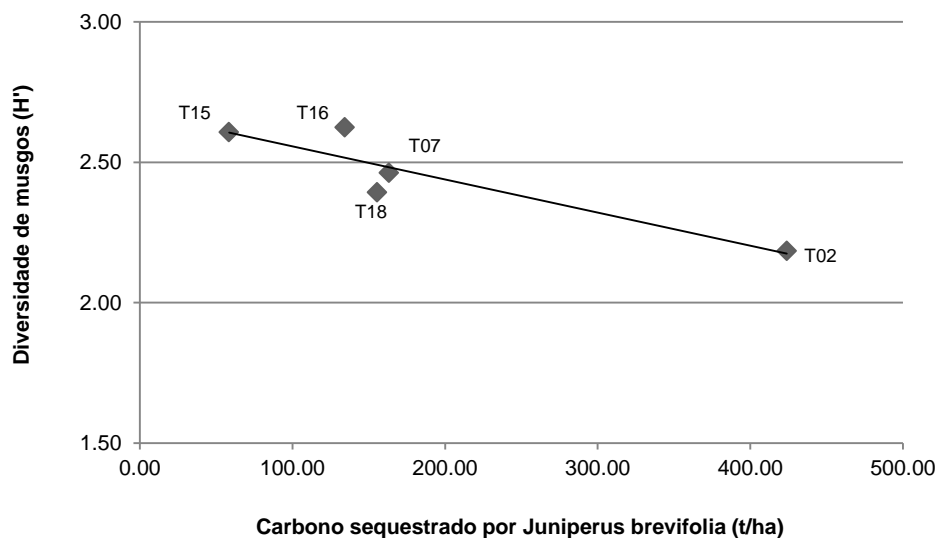
**Figura 46:** Curva de regressão entre a diversidade de briófitos no terreno em cada transecto, calculada a partir do índice de Shannon-Wiener e o carbono total sequestrado, (t/ha).

Verificou-se uma relação linear negativa entre riqueza (S) de musgos e a quantidade de carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* na floresta nativa do Parque de ilha da Terceira ( $r^2 = 0,81$ ;  $p = 0,03$ ;  $y = - 0,0199x + 20,319$ ) (Figura 47).



**Figura 47:** Curva de regressão entre a riqueza de musgos em cada transecto e o carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* (t/ha).

Observou-se igualmente relação linear negativa entre a diversidade de musgos calculada a partir do índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e o carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* ( $r^2 = 0,83$ ;  $p = 0,03$ ;  $y = - 0,0012x + 2,6753$ ) (Figura 48).



**Figura 48:** Curva de correlação entre o carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia*, (t/ha), e a diversidade de musgos em cada transecto, calculada a partir do índice de Shannon-Wiener.

### 2.9.2.2. Artrópodes

Das 20 regressões calculadas entre os índices de diversidade de artrópodes e o valor de carbono total sequestrado, em t/ha nenhuma é significativa para nenhum dos dois níveis de significância: 1% e 5% (Quadro 35).

**Quadro 35:** Valores de r de Pearson obtidos a partir das regressões entre, os índices de diversidade (riqueza de espécies (S); índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ); índice de Simpson (D), inverso de Berger-Parker (1/d); Equitabilidade de  $H'$  (E)) e o valor de carbono total sequestrado (em t/ha) para os artrópodes totais (ArtTot), artrópodes do solo (ArtSolo), artrópodes da copa (ArtCopa) e artrópodes herbívoros da copa (CopaHerb), nos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.

CARBONO TOTAL	Riqueza de espécies (S)	Índice de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ )	Índice de Simpson ( $D_{Simpson}$ )	Índice inverso de Berger-Parker (d)	Evenness (E)
i) artrópodes totais	$r=0,448$ $p=0,227$ N=9	$r=0,234$ $p=0,545$ N=9	$r=0,379$ $p=0,315$ N=9	$r=0,561$ $p=0,116$ N=9	$r=-0,093$ $p=0,811$ N=9
ii) artrópodes no solo	$r=0,616$ $p=0,078$ N=9	$r=-0,181$ $p=0,641$ N=9	$r=-0,335$ $p=0,379$ N=9	$r=-0,480$ $p=0,191$ N=9	$r=-0,368$ $p=0,330$ N=9
iii) artrópodes na copa	$r=0,151$ $p=0,698$ N=9	$r=0,302$ $p=0,429$ N=9	$r=0,466$ $p=0,206$ N=9	$r=0,639$ $p=0,064$ N=9	$r=0,326$ $p=0,392$ N=9
iv) artrópodes herbívoros na copa	$r=-0,108$ $p=0,782$ N=9	$r=0,378$ $p=0,316$ N=9	$r=0,449$ $p=0,226$ N=9	$r=0,549$ $p=0,126$ N=9	$r=0,469$ $p=0,203$ N=9

**Legenda:** r: Valor da correlação de Pearson; p: valor da significância do teste; testes significativos indicados pelas células a sombreado).

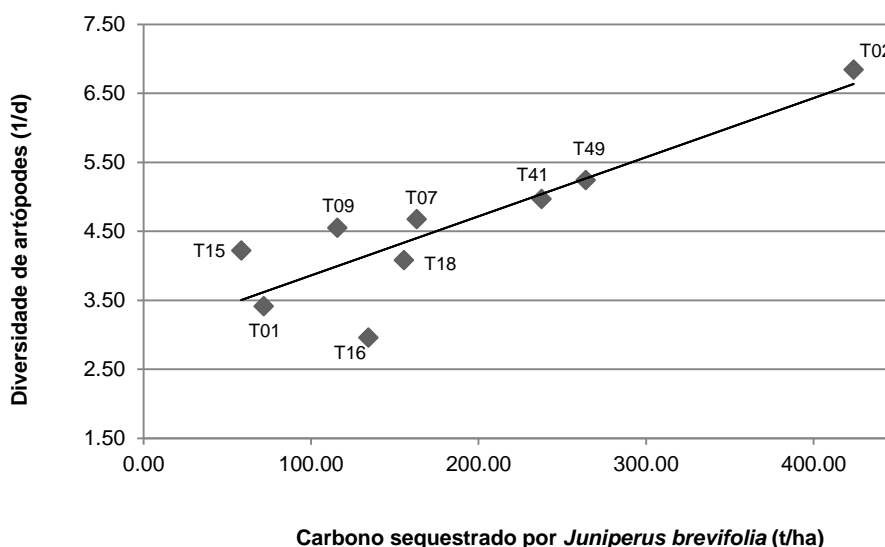
Por sua vez das 20 regressões calculadas entre os índices de diversidade de artrópodes e o carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia*, apenas uma é estatisticamente significativa e resulta da relação entre a diversidade de artrópodes totais calculada a partir do inverso de diversidade de Berger-Parker (1/d) e o sequestro de carbono por *Juniperus brevifolia*, com um nível de significância de 1% (Quadro 36).

**Quadro 36:** Valores de r de Pearson obtidos a partir das regressões entre, os índices de diversidade (riqueza de espécies (S); índice de Shannon-Wiener (H'); índice de Simpson (D<sub>Simpson</sub>), inverso de Berger-Parker (1/d); Equitabilidade de H' (E)) e o valor de carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* (em t/ha) para os artrópodes totais (ArtTot), artrópodes do solo (ArtSolo), artrópodes da copa (ArtCopa) e artrópodes herbívoros da copa (CopaHerb), nos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.

CARBONO TOTAL	Riqueza de espécies (S)	Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H')	Índice de Simpson (D <sub>Simpson</sub> )	Índice inverso de Berger-Parker (d)	Evenness (E)
<b>i) artrópodes totais</b>	r=-0,024 p=0,950 N=9	r=0,423 p=0,257 N=9	r=0,658 p=0,054 N=9	r=0,868 p=0,002 N=9	r=0,396 p=0,292 N=9
<b>ii) artrópodes no solo</b>	r=0,330 p=0,385 N=9	r=0,156 p=0,689 N=9	r=-0,092 p=0,814 N=9	r=-0,278 p=0,469 N=9	r=0,032 p=0,934 N=9
<b>iii) artrópodes na copa</b>	r=-0,326 p=0,391 N=9	r=-0,002 p=0,997 N=9	r=0,167 p=0,667 N=9	r=0,480 p=0,191 N=9	r=0,473 p=0,199 N=9
<b>iv) artrópodes herbívoros na copa</b>	r=-0,329 p=0,388 N=9	r=0,133 p=0,733 N=9	r=0,165 p=0,672 N=9	r=0,147 p=0,706 N=9	r=0,392 p=0,296 N=9

**Legenda:** r: Valor da correlação de Pearson; p: valor da significância do teste; testes significativos indicados pelas células a sombreado).

Essa correlação é linear positiva com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,868 ( $r^2 = 0,75$ ;  $p = 0,002$ ;  $y = 0,0086x + 3,0015$ ) (Figura 49).



**Figura 49:** Relação entre a diversidade de artrópodes em cada transecto calculada a partir do inverso do índice de Berger-Parker (1/d) e a produtividade da floresta medida com base no carbono sequestrado pelo cedro-do-mato (t/ha).

Segundo estes dados os transectos T01 e T15 são aqueles em que se verifica menor sequestro de carbono por *Juniperus brevifolia* e em particular o T01 é um daqueles que a diversidade de artrópodes é menor. No outro extremo da linha temos os transectos T49 e T02 que são os que apresentam maior sequestro de carbono por *Juniperus brevifolia* e são também aqueles em que a diversidade de artrópodes é maior.

### 2.9.3. Discussão

#### 2.9.3.1. Briófitos

A relação linear positiva entre a produtividade da floresta, aqui representada pela totalidade de carbono sequestrado e a diversidade de briófitos do terreno calculada pelo índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) mostra que florestas mais altas e mais complexas tendem a ter maior "estabilidade" (maior equilíbrio na proporção de espécies) de briófitos no solo e na rocha. Isto porque os dois transectos T18 e T02 que são os que apresentam maior diversidade ( $H'$ ), logo menor dominância, são também os que apresentam maior quantidade total de carbono sequestrado (Figura 46). Neste caso poderá considerar-se que o sequestro de carbono feito pela floresta é um bom indicador da diversidade e estabilidade de briófitos no solo e na rocha. Mais uma vez chamo a atenção para o número de transectos estudados que poderão não ser representativos da floresta nativa do Parque de ilha da Terceira.

A relação linear negativa obtida da relação entre a produtividade da floresta, representada pelo sequestro de carbono efectuado por *Juniperus brevifolia*, e a riqueza de musgos diz-nos que diversidade de musgos é superior em florestas com menor sequestro de carbono efectuado por esta espécie (Figura 47). E isso verifica-se também quando usamos a diversidade de musgos calculada a partir do índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) como variável dependente (Figura 48).

Os três transectos da Terra Brava (T15, T16, T18) e um da Serra de Santa Bárbara (T07) são dos cinco transectos em causa os que apresentam maior equilíbrio entre o carbono sequestrado dividido por três espécies: *Juniperus brevifolia*, *Laurus azorica* e *Ilex perado* subsp. *azorica*. E são os que apresentam maior riqueza de musgos e maior sequestro de carbono realizado por *Ilex perado* subsp. *azorica* (Figura 41) que é uma espécie associada a florestas hiper-húmidas (Dias, 1996) facto este que também ajudará a justificar a maior riqueza de espécies de musgos.

Por sua vez o transecto T02 (Biscoito da Ferraria) é o transecto que apresenta maior sequestro de carbono por *Juniperus brevifolia* e o que apresenta menor diversidade de musgos; este factor pode ficar a dever-se à dominância verificada por espécies de géneros *Leucobryum*, *Hypnum*, *Dicranum* e *Thuidium* que são espécies de grandes dimensões (entre os musgos) que surgem em substratos terrestres (sobretudo a espécie *Thuidium tamariscinum*) e sobre as árvores (os restantes exemplos) o que não facilitará a presença de outras espécies.

Essa maior dominância de musgos de grandes dimensões é confirmada pelo menor valor de diversidade ( $H'$ ) obtido para esse transecto (T02) (Figura 48).

A explicação para esta relação linear negativa, entre o sequestro de carbono efectuado por *Juniperus brevifolia* e a riqueza e diversidade de musgos calculada a partir do índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), poderá assim ter a ver com factores como a disponibilidade de água, o pH e fenómenos de competição interespecífica. Contudo há que salientar que por limitações várias (ex. recursos e tempo) estamos a correlacionar dados de apenas cinco transectos o que não será o suficiente para representar a realidade da floresta nativa do Parque de ilha da Terceira.

### 2.9.3.2. Artrópodes

Na última década as comunidades de artrópodes das florestas naturais dos Açores têm sido estudadas em detalhe (ex. Borges & Brown, 2001; Borges *et al.*, 2006; Gaston *et al.*, 2006; Cardoso *et al.*, 2007, 2009; Ribeiro & Borges, 2010; Meijer *et al.*, 2011). Borges & Brown (2001) demonstraram que para as pastagens dos Açores a estrutura da vegetação determina a abundância de vários grupos de artrópodes e Ribeiro & Borges (2010) demonstraram que as árvores endémicas dos Açores com copas mais complexas acomodam uma maior abundância de insectos herbívoros e aranhas.

No presente estudo observámos uma relação linear positiva, a diversidade de artrópodes totais calculada a partir do inverso de Berger-Parker ( $1/d$ ) e o sequestro de carbono realizado por *Juniperus brevifolia* (Figura 49). O que estes resultados sugerem é que a produtividade da floresta, medida pelo sequestro de carbono efectuado por *Juniperus brevifolia*, poderá ser um bom predictor da abundância relativa das várias espécies de artrópodes. Deste modo, este resultado parece indicar que as florestas com maior produtividade dos Açores dominadas por cedro-do-mato tem um maior equilíbrio nas abundâncias relativas das espécies de artrópodes, isto é menor dominância. Sendo o cedro-do-mato uma das plantas estruturantes para as comunidades de artrópodes dos Açores (Ribeiro *et al.*, 2005; Ribeiro & Borges 2010), este resultado é extremamente relevante e poderá servir de inspiração para estudos mais detalhados sobre o impacto da produtividade primária na diversidade de artrópodes dos Açores.

Os processos ecológicos envolvidos na relação observada não são neste momento conhecidos. No entanto, sabemos que as comunidades de artrópodes são sensíveis à estrutura da floresta e como incluem praticamente todos os grupos tróficos, de Verão ser dependentes da existência uma grande diversidade de recursos. Assim, o sequestro de carbono realizado por *Juniperus brevifolia* será um bom indicador da produtividade da floresta nativa dos Açores e da diversidade das comunidades de artrópodes.

Apesar de apenas uma das regressões ser estatisticamente significativa, o valor da correlação é elevado e a relação tem sentido biológico. Em adição, o índice de Berger-Parker é considerado como sendo um dos índices de diversidade mais robusto, não sendo sensível ao

esforço de amostragem (Magurran, 2003). Contudo mais uma vez consideramos que estes resultados teriam de ser confirmados com a realização de um maior número de transectos de amostragem na floresta nativa do Parque de ilha da Terceira, que confirmassem ou não o padrão verificado.

## **2.9.4. Conclusões**

### **2.9.4.1. Briófitos**

A relação linear positiva entre a produtividade da floresta, representada pelo carbono total sequestrado e a diversidade de briófitos do terreno ( $H'$ ) indica que as florestas mais altas e complexas tendem a ter maior "estabilidade" de briófitos no solo e na rocha.

A relação linear negativa obtida da relação entre a produtividade da floresta, representada pelo sequestro de carbono efectuado por *Juniperus brevifolia*, e a riqueza (S) e a diversidade ( $H'$ ) de musgos diz-nos que a diversidade de musgos é superior em florestas com menor sequestro de carbono efectuado por *Juniperus brevifolia* (Figuras 47 e 48). E os factores que parecem estar a contribuir para essa relação são a disponibilidade de água, o pH e eventualmente a competição inter-específica.

É de realçar que os modelos significativos apresentam sempre uma forma linear (positiva ou negativa) e que os resultados são interpretáveis. Por outro lado, consideramos que o número de correlações significativas (três) em relação à totalidade de correlações experimentadas (50) é muito baixo o que demonstra a necessidade de se amostrar um número mais alargado de transectos na floresta para reforçar ou não os padrões obtidos.

### **2.9.4.2. Artrópodes**

A obtenção de uma relação positiva entre o sequestro de carbono realizado por *Juniperus brevifolia* e uma menor dominância nas comunidades de artrópodes foi o resultado mais relevante e tem significado ecológico. Por outro lado, sendo o impacto das espécies de artrópodes exóticos nas comunidades naturais, um dos maiores problemas para o equilíbrio dos ecossistemas nativos do arquipélago (ex. Cardoso *et al.*, 2007, 2009), sugerimos que se deverá no futuro testar experimentalmente a relação entre a produtividade primária das nossas florestas e a abundância relativa das espécies indígenas e exóticas de artrópodes.

## Conclusões Gerais

Conclui-se neste trabalho que na ilha Terceira (Açores) os serviços de produção têm maior expressão nas florestas nativas e exóticas, seguindo-se os pomares e vinhas, as zonas de culturas arvenses, hortícolas e florícolas, as pastagens intensivas e as lagoas. Porque neste grupo de serviços consideramos não só a produção de alimento mas a produção de água e madeira não aparecem aqui em primeiro lugar as pastagens intensivas mas sim as florestas pelo papel importantíssimo que tem na captação e armazenamento de água.

As florestas naturais são também as mais importantes no fornecimento de serviços de regulação e de suporte, não sendo as mais importantes apenas no que respeita aos serviços culturais em que as zonas urbanas e costeiras são as mais relevantes.

Estes resultados vão de encontro a um outro estudo realizado nos Açores, na área de protecção especial do Pico da Vara/Ribeira do Guilherme, em São Miguel, por Cruz & Benedicto (2009). Consideramos, contudo, que estes resultados poderiam sofrer algumas alterações consoante os critérios de valoração e que esta abordagem é importante na medida em que foi a primeira realizada para a ilha Terceira, que pode levantar algumas questões e interesse numa abordagem mais aprofundada no futuro.

Continuando na temática dos serviços prestados pelos ecossistemas, mais concretamente no sequestro de carbono, que é um serviço importante no contexto das alterações climáticas, neste estudo obtêm-se pela primeira vez um valor de sequestro de carbono por unidade de área (ha) para a floresta nativa da ilha Terceira. Este valor é de aproximadamente 239,17 tC/ha, sendo o *Juniperus brevifolia* a espécie que mais contribui para este montante uma vez que, por si só, sequestrará em média, cerca de 180,51 tC/ha na floresta nativa disponível na ilha. Salientamos, contudo que este estudo foi limitado ao estudo detalhado de nove transectos de 150 m de extensão, o que poderá não constituir uma área de amostragem óptima na representação da floresta nativa do Parque Natural de ilha da Terceira.

Os dados obtidos para o sequestro de carbono foram correlacionados com dados de físicos e de diversidade de plantas arbóreas inventariadas ao longo dos nove transectos do estudo. Verificou-se uma forte relação positiva entre o pH do solo e o carbono sequestrado pela floresta nativa, revelando-se o pH um bom indicador para a quantidade de carbono sequestrado; ou seja, quanto mais elevado o pH maior foi a capacidade da floresta nativa em sequestrar carbono. A curva resultante da relação entre o carbono sequestrado e a diversidade de espécies arbóreas assume uma forma convexa. Esta curva não se assemelha às curvas inicialmente apresentadas como possibilidade (Figura 27) mas sim à curva referida por Nadrowski *et al.*, (2010) (Figura 45), em que o ecossistema sequestra mais carbono no ponto intermédio de diversidade.

Assume-se que a capacidade de sequestrar carbono pelas espécies arbóreas dos Açores possa influenciar, além da biomassa, a arquitectura da floresta e estas variáveis possam estar relacionadas com a diversidade de outros grupos biológicos. Assim, foram pesquisadas as relações entre a produtividade da floresta (medida a partir do volume de

carbono fixado) e a diversidade de briófitos e artrópodes. No que respeita à hipotética relação existente entre a biodiversidade de briófitos e o sequestro de carbono efectuado pela floresta nativa da ilha Terceira, verifica-se que as florestas que apresentam menor carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* são mais diversas em espécies de musgos o que poderá estar relacionado com a disponibilidade de água desses ecossistemas e com o pH do solo. Também se confirmou que os fragmentos de florestas nativas mais complexas e altas tendem a apresentar uma maior diversidade de briófitos no solo e na rocha.

O sequestro de carbono por *Juniperus brevifolia* mostrou estar positivamente correlacionado com a biodiversidade de artrópodes totais dos fragmentos florestais estudados, revelando que as áreas com maior quantidade de carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia* são as que apresentam maior homogeneidade na diversidade de artrópodes.

Este é um estudo preliminar, para a ilha Terceira (Açores), que identifica os serviços prestados pelos ecossistemas e qual a sua importância. Constitui também a primeira tentativa de quantificar o sequestro de carbono na maior mancha de floresta natural dos Açores. Também se oferecem algumas pistas para perceber se esse serviço (sequestro de carbono) está relacionado com a biodiversidade e produtividade desse ecossistema. Consideramos que este é um ponto de partida para uma investigação mais profunda sobre os serviços dos ecossistemas nos Açores e um ponto de apoio para as decisões necessárias à conservação da natureza no arquipélago.

## Referências bibliográficas

- Aboal, J. R., Arevalo, J. R. & Fernandez, A., 2005. Allometric relationships of different tree species and stand above ground biomass in the Gomera laurel forest (Canary Islands). *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, **200**: 264-274.
- Alters, S. 2000. *Biology: understanding life*. Jones & Bartlett publishers. London.
- Amaro, P. 2007. *A política de redução dos riscos dos pesticidas em Portugal*. ISA/Press. Lisboa.
- Anderson, B. J., Armsworth, P. R., Eigenbrod, F., Thomas, C. D., Gillings, S., Heinemeyer, A., Roy, D. B. & Gaston, K. J. 2009. Spatial covariance between biodiversity and other ecosystem service priorities. *Journal of Applied Ecology*, **46**: 888-896.
- Atlantis Tierra 2.0. Base de dados da biodiversidade dos Açores. Grupo da Biodiversidade dos Açores. Universidade dos Açores e Centro de Ciência de Angra do Heroísmo. Angra do Heroísmo.
- Azevedo, B., Rodrigues, M. C. & Fernandes, J. F. 2004. O clima dos Açores. Pp. 25-48. In Forjaz, V. H. *et al.* (Eds.). *Atlas Básico dos Açores*. Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores. Ponta Delgada.
- Bale, J. S., Lenteren, J. C. & Bigler, F. 2008. Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **363**: 761-776.
- Bannerman, D. A. & Bannerman, W. M. 1966. *Birds of the Atlantic Islands*. Volume 3. Oliver & Boyd. Edinburgh and London.
- Barata, F. 2002. *A avifauna aquática nas zonas húmidas da costa leste da Ilha Terceira – um contributo para a sua conservação*. Tese de Mestrado. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Başkent, E. Z., Keleş, S., Kadioğulları, A. I. & Bingöl, Ö. 2010. Quantifying the Effects of Forest Management Strategies on the Production of Forest Values Timber, Carbon, Oxygen, Water, and Soil. *Environmental Modelling & Assessment*, **16**: 145-152.
- Belote, R. T., Prisley, S., Jones, R. H., Fitzpatrick, M., & de Beurs, K. 2011. Forest productivity and tree diversity relationships depend on ecological context within mid-Atlantic and Appalachian forests (USA). *Forest Ecology and Management*, **261**: 1315-1324.

- Bolund, P. & Hunhammar, S. 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, **29**: 293–301.
- Borges, P. A. V. & Brown, V. K. 2001. Phytophagous insects and web-building spiders in relation to pasture vegetation complexity. *Ecography*, **24**: 68-82.
- Borges, P. A. V. & Gabriel, R. G. 2009. *Predicting extinctions on oceanic islands: arthropods and bryophytes*. Celebrating the BES Award for Excellence in the Conservation of Biodiversity in Portugal, 2008. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Borges, P. A. V. 1997. *Pasture arthropod community structure in Azorean islands of different geological age*. Tese de Doutoramento. Imperial College of Science, Technology and Medicine. Department of Biology. Silwood Park, Ascot, Berkshire.
- Borges, P. A. V., Azevedo, E. B., Borba, A., Dinis, F. O., Gabriel, R. & Silva, E. 2009. Ilhas Oceânicas. Pp. 461-508. *In* Pereira, H. M., Domingos, T. & Vicente, L. (Eds.). *Ecossistemas e Bem-Estar Humano. Avaliação para Portugal do Millenium Ecosystem Assessment*. Escolar Editora. Lisboa.
- Borges, P. A. V., Costa, A., Cunha, R., Gabriel, R., Gonçalves, V., Martins, A. F., Melo, I., Parente, M., Raposeiro, P., Rodrigues, P., Santos, R. S., Silva, L., Vieira, P., Vieira, V., Mendonça, E. & Boeiro, M. 2010a. Descrição da Biodiversidade terrestre e marinha dos Açores. Pp. 9-33. *In* Borges, P. A. V., Costa, A., Cunha, R., Gabriel, R., Gonçalves, V., Martins, A. F., Melo, I. Parente, M., Raposeiro, P., Rodrigues, P., Santos, R. S., Silva, L., Vieira, P. & Vieira, V. (Eds.). *Listagem dos organismos terrestres e marinhos dos Açores*. Princípia. Cascais.
- Borges, P. A. V., Gabriel, R., Arroz, A., Costa, A., Cunha, R., Silva, L., Mendonça, E., Martins, A. F., Reis, F. & Cardoso, P. 2010c. The Azorean Biodiversity Portal: an internet database for regional biodiversity outreach. *Systematics and Biodiversity*, **8**: 423-434.
- 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., 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., Ugland, K. I., Dinis, F. O. & Gaspar, C. S. 2008. Insect and spider rarity in an oceanic island (Terceira, Azores): True rare and pseudo-rare species. Pp. 47-70. *In* Fattorini, S. (Ed.). *Insect Ecology and Conservation* India. Research Signpost. India.
- Borges, P. A.V., Vieira, V., Amorim, I. R. Bicudo, N., Fritzén, N., Gaspar, C., Heleno, R., Hortal, J., Lissner, J., Logunov, D., Machado, A., Marcelino, J., Meijer, S. S. Melo, C., Mendonça, E. P., Moniz, J., Pereira, F., Santos, A. M., Simões, A. M. & Torrão, E. 2010b. Lista dos artrópodes (Arthropoda). Pp. 179-246. *In* Borges, P. A. V., Costa, A., Cunha, R., Gabriel, R., Gonçalves, V., Martins, A. F., Melo, I. Parente, M., Raposeiro, P., Rodrigues, P., Santos, R. S., Silva, L., Vieira, P. & Vieira, V. (Eds.). *Listagem dos organismos terrestres e marinhos dos Açores*. Príncipeia. Cascais.
- Boyd, J. 2008. Location, location, location: the geography of ecosystem services. *Resources for the Future*, 11-15.
- Brauman, K. A., Daily, G. C., Duarte, T. K. & Mooney, H. A. 2007. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environment and Resources*, **32**: 67–98.
- Brown, S. & Iverson, L. R. 1992. Biomass estimates for tropical forests. *World Resources Review*, **4**: 366-384.
- Brown, S. & Lugo A. E. 1984. Biomass of tropical forests - a new estimate based on forest volumes. *Science*, **223**: 1290–1293.
- Brown, S. 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer*. Forest Resources Assessment Publication 134. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Roma.
- Brown, S., Gillespie, A. J. R. & Lugo, A. E. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, **35**: 881-902.
- Calado, L., Dentinho, T. & Silva, V. 2008. Estudo da viabilidade da floresta face à agropecuária. Apresentação de uma metodologia de análise. *Silva Lusitana*, **16**: 115 – 122.
- Cardinale B. J., Wright, J. P., Cadotte, M. W., Carroll, I. T., Hector, A., Srivastava, D. S., Loreau, M. & Weis, J. J. 2007. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **104**: 18123-18128.

- Cardinale, B. J., Bennett, D. M., Nelson, C. E. & Gross, K. 2009. Does productivity drive diversity or vice versa? A test of the multivariate productivity–diversity hypothesis in streams. *Ecology*, **90**: 1227–1241.
- Cardoso, P., Borges, P. A. V. & Gaspar, C. 2007. Biotic integrity of the arthropod communities in the natural forests of Azores. *Biodiversity and Conservation*, **16**: 2883-2901.
- Cardoso, P., Lobo, J. M., Aranda, S. C., Dinis, F., Gaspar, C. & Borges, P. A. V. 2009. A spatial scale assessment of habitat effects on arthropod communities of an oceanic island. *Acta Oecologica*, **35**: 590-597.
- CDB. Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica. 2010a. *O panorama da biodiversidade global 3*. Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica. Montreal, Canada.
- CDB. Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica. 2010b. *Revised and updated strategic plan: technical rationale and suggested milestones and indicators*. Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica. Montreal, Canada.
- Chase, J. M. & Leibold, M. A. 2002. Spatial scale dictates the productivity-biodiversity relationship. *Nature*, **416**: 427–30.
- CLIMAAT. Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos. 2011. Rede de informação, Divulgação e Cooperação Científica. Acedido em 10/10/2011 de <http://www.climaat.angra.uac.pt/>.
- CMAH. Câmara Municipal de Angra do Heroísmo. 2012. Tabelas de taxas municipais. Acedido em 19/10/2012 de <http://www.cm-ah.pt/showPG.php?Id=405>.
- Costanza, R. & Daly, H. E. 1992. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, **6**: 37–46.
- Costanza, R. & Farber, S. 2002. Introduction to the special issue on the dynamics and value of ecosystem services: integrating economic and ecological perspectives. *Ecological Economics*, **41**: 367–373.
- Costanza, R., d'Arge, R., Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. & Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystems services and natural capital. *Nature*, **387**: 253-260.

- Cruz, A. & Benedicto, J. 2009. *Assessing socio-economic benefits of Natura 2000 – a case study on the ecosystem service provided by SPA Pico da Vara/Ribeira do Guilherme*. Output of the project Financing Natura 2000: Cost estimate and benefits of Natura 2000.
- Cruz, A., Benedicto, J. & Gil, A. 2011. Socio-economic benefits of Natura 2000 in Azores Islands – a Case Study approach on ecosystem services provided by a Special Protected Area. *Journal of Coastal Research*, **64**: 1955–1959.
- Cymbron, R., Pacheco, D. M., Gonçalves, V., Cabral, M., Cruz, J. V., Raposeiro, P., Costa, A., Marques, H., Domingos, M. & Nunes, J. 2006. Monitorização da qualidade das águas interiores das ilhas de Santa Maria e São Miguel da Região Autónoma dos Açores. Pp. 295-334. In Instituto Tecnológico das Canárias SA. (Ed.). *Técnicas e métodos para a gestão sustentável da água na Macaronésia, Islas Canárias*. Canárias.
- Daily G. C., Söderqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P., Folke, C., Jansson, A-M., Jansson, B-O., Kautsky, N., Levin, S., Lubchenco, J., Mäler, K-G., Simpson, D., Starrett, D., Tilman, D. & Walker, B. 2000. The value of nature and the nature of value. *Science*, **289**: 395–396.
- Daily, G. C. 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press. Washington. Acedido em 5/10/2011 de [http://www.amazon.com/Natures-Services-Societal-Dependence-Ecosystems/dp/1559634766#reader\\_1559634766](http://www.amazon.com/Natures-Services-Societal-Dependence-Ecosystems/dp/1559634766#reader_1559634766).
- Daily, G. C., Alexander, S., Ehrlich, P., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P. A., Mooney, H. A., Postel, S., Schneider, S. H., Tilman, D. & Woodwell, G. M. 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*, **2**: 1-16.
- Davies, Z. G., Edmondson, J. L., Heinemeyer, A., Leake, J. R. & Gaston, K. J. 2011. Mapping an urban ecosystem service: quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale. *Journal of Applied Ecology*, **48**: 1125–1134.
- Decreto Legislativo Regional n.º 11/2011/A, de 20 de Abril (Parque Natural da Terceira), Diário da República, I Série, N.º 78, pp. 2355-2373.
- Decreto Legislativo Regional n.º 16/89/A, de 30 de Agosto (Reservas Florestais de Recreio), Diário da República, I Série, N.º 199, pp. 3688-3700.

Decreto-Lei n.º 11/87, de 7 de Abril (Lei de Bases do Ambiente), Diário da República, I Série-A, N.º 15, pp. 258-265.

Dentinho, T. P., Silva, V. M., Gil, F. S., Silveira, P. A. & Sanchez, A. F. 2010. *Alteração do Leito da Ribeira da Agualva: Dimensionamento do canal, análise das perspectivas dos interessados e propostas para novos atravessamentos e realojamentos*. Gabinete de Gestão e Conservação da Natureza, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.

Dias, E. 1986. *Estudo bio-ecológico da bacia da Lagoa do Negro*. Relatórios e Comunicações do Departamento de Biologia, 16: 1-131.

Dias, E. 1991. Carta da vegetação da ilha Terceira. Pp. 169-185. In Dias, E., Carretas, J. P. & Cordeiro P. (Eds.) *1<sup>as</sup> Jornadas Atlânticas de Protecção do Meio Ambiente (Açores, Madeira, Canárias e Cabo Verde)*. Secretaria Regional do Turismo e Ambiente e Câmara Municipal de Angra do Heroísmo. Angra do Heroísmo.

Dias, E. 1996. *Vegetação natural dos Açores: ecologia e sintaxonomia das florestas naturais*. Tese de Doutoramento. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.

Dias, E., Elias, R. B., Melo, C. & Mendes, C. 2007. Biologia e ecologia das florestas das ilhas - Açores. Pp.51-80. In J. S. Silva, (Ed.). *Árvores e florestas de Portugal: Açores e Madeira – A floresta das ilhas*. Público, Comunicação Social, SA. Lisboa.

Diaz, S., Wardle, D. A. & Hector, A. 2011. Incorporating biodiversity in climate change mitigation initiatives. Pp.149-166. In Kareiva, P., Tallis, H., Ricketts, T. H., Daily, G. C. & Polasky, S. (Eds.). *Natural Capital – Theory and practice of mapping ecosystem services*. Oxford University Press. Oxford.

Ditt, E. H., Mourato, S., Ghazoul, J. & Knight, J. 2010. Forest conversion and provision of ecosystem services in the Brazilian atlantic forest. *Land Degradation & Development*, 21: 591-603.

DROTRH. Direcção Regional do Ordenamento do Território e Recursos Hídricos. 2001. *Plano Regional da água*. Secretaria Regional do Ambiente. Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos. Ponta Delgada.

DROTRH. Direcção Regional do Ordenamento do Território e Recursos Hídricos. 2008. *Carta de ocupação do solo da Região Autónoma dos Açores*. Secretaria Regional do

- Ambiente. Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos. Ponta Delgada.
- DRRF. Direcção Regional dos Recursos Florestais. 2007. Inventário Florestal da Região Autónoma dos Açores. Direcção Regional dos Recursos Florestais. Ponta Delgada.
- EASAC. European Academies Science Advisory Council. 2009. *Ecosystem services and biodiversity in Europe*. Policy Report 9. European Academies Science Advisory Council. Clyvedon Press Ltd, Cardiff, UK.
- Elias, R. B. & Dias, E. 2009. Gap dynamics and regeneration strategies in *Juniperus-Laurus* forests of the Azores Islands. *Plant Ecology*, **200**: 179-189.
- Elias, R. B. & E. Dias. 2009b. Cyclic patch dynamics in a Macaronesian island forest. *Community Ecology*, **10**: 25-34.
- Elias, R. B. 2007. *Ecologia das florestas de Juniperus dos Açores*. Tese de Doutoramento. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Elias, R. B., Dias, E. & Pereira, F. 2011. Disturbance, regeneration and the spatial pattern of tree species in Azorean mountain forests. *Community Ecology*, **12**: 23-30.
- Evrendilek, F., Berberoglu, S., Taskinsu-meydan, S. & Yilmaz, E. 2006. Quantifying carbon budgets of conifer mediterranean forest ecosystems, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **119**: 527–543.
- Fernández-Palácios, J. M., Garcia Esteban, J. J., López, R. J. & Luzardo, M. C. 1991. Aproximación a la estima de la biomassa y producción primaria neta aéreas en una estación de la Laurisilva tinerfeña. *Vieraea*, **20**: 11-20.
- Fernández-Palacios, J. M., López, R., Luzardo, C. & García Esteban, J. 1992. Descripción ecológica y evaluación de la producción primaria neta de cuatro estaciones representativas de los ecosistemas más característicos de Tenerife (Islas Canarias). *Studia Oecologica*, **9**: 105-124.
- Forjaz, V. H. *et al.*, 2004. *Atlas Básico dos Açores*. Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores. Ponta Delgada.
- França, Z., Cruz, J. V., Nunes, J. C. & Forjaz, V. H. 2005. Geologia dos Açores: uma perspectiva actual. *Açoreana*, **10**: 1-141.

- Fukuda, M., Lehara, T. & Matsumoto, M. 2003. Carbon stock estimates for sugi and hinoki forests in Japan. *Forest Ecology and Management*, **184**: 1–16.
- Gabriel, R. & Bates, J. W. 2005. Bryophyte community composition and habitat specificity in the natural forests of Terceira, Azores. *Plant Ecology*, **177**: 125-144.
- Gabriel, R. 1994. *Briófitos de pastagem. Algumas noções de ecologia*. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Gabriel, R. 2000. *Ecophysiology of Azorean forest bryophytes*. Tese de Doutoramento. Imperial College of Science, Technology and Medicine. Department of Biology. Silwood Park, Ascot, Berkshire.
- Gabriel, R. 2009. Turfeiras. Pp. 104-117. In Cardoso, P., Gaspar, C., Borges, P. A. V., Gabriel, R., Amorim, I. R., Martins, A. F., Maduro-Dias, F., Porteiro, J. M., Silva, L. & Pereira, F. (Eds.). *Açores - um retrato natural*. Veraçor. Ponta Delgada.
- Gabriel, R., Borges, P. A. V. & Silva, E. 2007. A biodiversidade. Pp. 157-189. In Silva, E. & Gabriel, R. (Coord.) *As atitudes face ao ambiente em regiões periféricas*. Fundação para a Ciência e Tecnologia & Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Gabriel, R., Maciel, E. & Rodrigues, F. 2009. *Using Sphagnum palustre to measure heavy metal concentrations in the urban centres of Terceira island (Azores, Portugal)*. XVII Simpósio de Botânica Criptogâmica. 23-26 de Setembro de 2009. Tomar. Portugal.
- Gabriel, R., Sjögren, E., Schumacker, R., Sérgio, C., Aranda, S. C., Claro, D., Homem, N. & Martins, B. 2010. Lista de briófitos. Pp. 99-115. In Borges, P. A. V., Costa, A., Cunha, R., Gabriel, R., Gonçalves, V., Martins, A. F., Melo, I. Parente, M., Raposeiro, P., Rodrigues, P., Santos, R. S., Silva, L., Vieira, P. & Vieira, V. (Eds.). *Listagem dos organismos terrestres e marinhos dos Açores*. Princípia. Cascais.
- Gaspar, C., Borges, P. A. V. & Gaston, K. J. 2008. Diversity and distribution of arthropods in native forests of the Azores archipelago. *Arquipélago. Life and Marine Sciences*, **25**: 01-30.
- Gaspar, C., Gaston, K. J., Borges, P. A. V. & Cardoso, P. 2011. Selection of priority areas for arthropod conservation in the Azores archipelago. *Journal of Insect Conservation*, **15**: 671-684.

- Gaston, K. G. & Spicer, J. I. (2004). *Biodiversity an introduction*. Blackwell Publishing Company. Australia.
- 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.
- GCCMPV. Gabinete de Comunicação da Câmara Municipal da Praia da Vitória. 2012. *Notícia publicada a 19 de Abril de 2012*. Acedido em 3/09/2012 de <http://www.cmpv.pt/index.php?op=noticias&pagant=&codnoticia=1055>.
- Gjerde, I., Sætersdal, M., Rolstad, J., Storaunet, K. O., Blom, H. H., Gundersen, V. & Heegaard, E. 2005. Productivity-diversity relationships for plants, bryophytes, lichens, and polypore fungi in six northern forest landscapes. *Ecography*, **28**: 705-720.
- Goldstein, J., Daily, G. C., Friday, J. B., Matson, P. A., Naylor, R. L. & Vitousek, P. M. 2006. Business strategies for conservation on private lands: Koa forestry as a case study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **103**: 10140-10145.
- Gonçalves, V. 1996. Algas de água doce de algumas lagoas da ilha Terceira, Açores. I – Diatomáceas (Bacillariophyceae). Relatórios e Comunicações do Departamento de Biologia, **23**: 1-6.
- Goulder, L. H. & Kennedy, D. 2011. Interpreting and estimating the value of ecosystem services. Pp.15-33. In Kareiva, P., Tallis, H., Ricketts, T. H., Daily, G. C. & Polasky, S. (Eds.). *Natural Capital – Theory and practice of mapping ecosystem services*. Oxford University Press. Oxford.
- Groot, R. S., Wilson, M. A. & Boumans, R. M. J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, **41**: 393–408.
- Guo, Q. & Berry, W. L. 1998. Species richness and biomass: dissection of the hump-shaped relationships. *Ecology*, **79**: 2555–2559.
- Harrison, P. A., Vandewalle, M., Sykes, M. T., Berry, P. M., Bugter, R., Bello, F., Feld, C. K., Grandin, U., Harrington, R., Haslett, J. R., Jongman, R. H. G., Luck, G. W., Silva, P. M., Moora, M., Settele, J., Sousa, J. P. & Zobel, M. 2010. Identifying and prioritising

- services in European terrestrial and freshwater ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, **19**: 2791-2821.
- Hector, A., Beale, A. J., Minns, A., Otway S. J. & Lawton, J. H. 2000. Consequences of the reduction of plant diversity for litter decomposition: effects through litter quality and microenvironment. *Oikos*, **90**: 357-371.
- Hillel, D. & Rosenzweig, C. 2008. Sustaining life: biodiversity and food production. Pp. 325-381. *In* Chivian, E. & Bernstein, A. (Eds.). Oxford University Press. Oxford.
- Homem, N. & Gabriel, R. 2008. *Briófitos raros dos Açores*. Príncipeia. Lisboa.
- Hooper, D. U. & Vitousek, P. M. 1998. Effects of plant composition and diversity on nutrient cycling. *Ecological Monographs*, **68**: 121-149.
- Hunter, M. L. 1999. *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press. Cambridge.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2000. *Land use, land-use change, and forestry*. Special Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. Montreal, Canada.
- ITN. Ilha Terceira Net. 2010. Regulamentos das touradas à corda. A Festa Brava - Ilha Terceira (Açores). Acedido em 15/04/2012 de <http://regulamentostouradascorda.ilhaterceira.net/>.
- Keddy, P. A. 2010. *Wetland ecology: principles and conservation*. Cambridge University Press. Cambridge. UK. Acedido em 19/10/2012 de [http://www.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=eVeaSqFy2VgC&oi=fnd&pg=PR5&dq=wetland+ecology+principles+and+conservation&ots=MdU3jb7MGd&sig=PCflwsXpLpSPqFhmgQzvHDNYNUY&redir\\_esc=y](http://www.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=eVeaSqFy2VgC&oi=fnd&pg=PR5&dq=wetland+ecology+principles+and+conservation&ots=MdU3jb7MGd&sig=PCflwsXpLpSPqFhmgQzvHDNYNUY&redir_esc=y).
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological methodology*. Addison Wesley Longman. USA.
- Leal, C. 2011a. *Requalificação Sócio-Ambiental do Paul da Pedreira do Cabo da Praia (Ilha Terceira - Açores)*. Tese de Mestrado. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Leal, C. 2011b. *Caderno de identificação de aves - Paul da Praia da Vitória e Paul da Pedreira do Cabo da Praia*. Universidade dos Açores e Centro de Ciência de Angra do Heroísmo. Angra do Heroísmo.

- Lévêque, C. 2002. *Ecologia: do ecossistema à biosfera*. Instituto Piaget. Lisboa.
- Liang, J., Buongiorno, J., Monserud, R. A., Kruger, E. L. & Zhou, M. 2007. Effects of diversity of tree species and size on forest basal area growth, recruitment, and mortality. *Forest Ecology and Management*, **243**: 116–127.
- Lopes, D. J. H. 1999. *A tomada de decisão no combate ao escaravelho japonês (Popillia japonica Newman: Coleoptera - Scarabaeidae) na ilha Terceira*. Tese de Doutoramento. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Lopes, D. J. H., Cabrera, R., Pereira, A., Mumford, J. & Mexia, A. 2008. *Problemas fitossanitários e fauna auxiliar dos citrinos*. Centro de Biotecnologia dos Açores. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Loreau, M. 2010. Linking biodiversity and ecosystems: towards a unifying ecological theory. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **365**: 49–60.
- Maddicken, K. G., Wolf, G. V. & Briscoe, C. B. 1991. *Standard research methods for multipurpose trees and shrubs*. International Institute for Agricultural Development. Arlington.
- Madigan, M. T. & Martinko, J. M. 1997. *Brock biology of microorganisms*. Prentice Hall Inc. New Jersey, USA.
- Magurran, A. E. 2003. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing. London.
- Matthews, E., Payne, R., Rohweder, M. & Murray, S. 2000. *Pilot analysis of global ecosystems – Forest ecosystems*. World Resources Institute. Washington, DC. USA.
- Medeiros C., Carvalho, C., Lopes, D. J. H. 2005. *Folhas divulgativas: macieira*. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Meijer, S. S., Whittaker, R. J. & Borges, P. A. V. 2011. The effects of land-use change on arthropod richness and abundance on Santa Maria Island (Azores): unmanaged plantations favour endemic beetles. *Journal of Insect Conservation*, **15**: 505-522.
- Melo, C. 2010. *Arbuscular Mycorrhizal Fungal diversity and composition in pastures of the Azores: assessing the impact of management practices*. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Coimbra.

- Mendes, C. 2010. *A dimensão ecológica das zonas húmidas na gestão e conservação dos ZEC terrestres dos Açores*. Tese de mestrado. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Mendes, I. M. & Lopes, D. J. H. 2005. A lagarta da pastagem (*Pseudaletia unipuncta* Haworth) (Lep: Noctuidae) na bacia leiteira do paul, ilha Terceira, Açores. *Pastagens e Forragens*, **26/27**: 185-198.
- Moniz, J., Santos, A. M. C., Borges, P. A. V. & Mendonça, E. 2011. Os artrópodes auxiliares generalistas associados às bananeiras na ilha Terceira (Açores). Pp. 51-69. In Ventura, L. B., Lopes, D. H., Cabrera, R. P., Borges, P. A. V., Mumford, J. D. & Mexia, A. (Eds.). *Problemas Fitossanitários e Fauna Auxiliar das Bananeiras na Ilha Terceira*. Centro de Investigação Tecnológica Agrária dos Açores. Universidade dos Açores.
- Moniz, J., Santos, A. M. C., Mendonça, E. & Borges, P. A. V. 2009. Os artrópodes auxiliares generalistas associados às Macieiras na ilha Terceira (Açores). Pp. 61-77. In Pimentel, R., Lopes, D. H., Cabrera, R., Borges, P. A. V., Machado, A. C., Mumford, J. D. & Mexia, A. (Eds.). *Problemas fitossanitários e fauna auxiliar das Macieiras na ilha Terceira*. Centro de Biotecnologia dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Morales, D., Gonzalez-Rodriguez, A. M. & Cermak, J. 1996. Laurel forests in Tenerife, Canary Islands I. The site, stand structure and stand leaf area distribution. *Trees*, **11**: 34-40.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis, Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España.
- Morton, B., Britton, J. C. & Martins, A. M. F. 1997. The former marsh at Praia da Vitória, Terceira, Azores, and the case for the development of a new wetland by rehabilitation of the quarry at Cabo da Praia. *Açoreana*, **8**: 285-307.
- Morton, B., Britton, J. C. & Martins, A. M. F. 1998. *Ecologia costeira dos Açores*. Sociedade Afonso Chaves - Associação de Estudos Açoreanos. Ponta Delgada.
- Nadrowski, K., Wirth, C. & Scherer-Lorenzen, M. 2010. Is forest diversity driving ecosystem function and service? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **2**: 75-79.
- Naeem, S., Bunker, D. E., Hector, A., Loreau, M. & Perrings, C. 2009. Introduction: the ecological and social implications of changing biodiversity. An overview of a decade of biodiversity and ecosystem functioning research. Pp. 3-13. In Naeem, S., Bunker, D. E.,

- Hector, A., Loreau, M. & Perrings, C. (Eds.). *Biodiversity, ecosystem functioning, and human wellbeing. An ecological and economic perspective*. Oxford University Press. Oxford.
- Naeem, S., Bunker, D. E., Hector, A., Loreau, M. & Perrings, C. 2009. *Biodiversity, ecosystem functioning & Human wellbeing: an ecological and economic perspective*. Oxford University Press. Oxford.
- Naeem, S., Emmett, D. J. & Zavaleta, E. 2012. The functions of biological diversity in an age of extinction. *Science*, **336**: 1401-1406.
- Naeem, S., Loreau, M. & Inchausti, P. 2002. Biodiversity and ecosystem functioning: the emergence of a synthetic ecological framework. Pp. 3-11. *In* Loreau, M., Naeem, S. & Inchausti, P. (Eds.). *Biodiversity and ecosystem functioning: synthesis and perspectives*. Oxford University Press. Oxford.
- Naidoo, R., Balmford, A, Costanza, R., Fisher, B., Green, R. E., Lehner, B., Malcolm, T. R. & Ricketts, T. H. 2008. Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **105**: 495-500.
- Nelson, E., Montgomery, C., Conte, M. & Polasky, S. 2011. The provision value of timber and non-timber forest products. Pp.129-149. *In* Kareiva, P., Tallis, H., Ricketts, T. H., Daily, G. C. & Polasky, S. (Eds.). *Natural Capital – Theory and practice of mapping ecosystem services*. Oxford University Press. Oxford.
- Ninan, K. N. 2011. Biodiversity, ecosystem services and human well-being. Pp. 1-22. *In* Ninan, K. N. (Ed.). *Conserving and Valuing Ecosystem Services and Biodiversity: Economic, Institutional and Social Challenges*. Earthscan. London.
- Nowak, D. J. & Crane, D. E. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, **116**: 381–389.
- Nowak, D. J. 1994. Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest. Pp. 83–94. *In* McPherson, E.G., Nowak, D. J. & Rowntree, R. A. (Eds.). *Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago urban forest climate project*. Department of agriculture of United States. Radnor. USA.

- Obrist, M. K. & Duelli, P. 2010. Rapid biodiversity assessment of arthropods for monitoring average local species richness and related ecosystem services. *Biodiversity Conservation*, **19**: 2201-2220.
- Oliveira, J. N. B. 1989. *A pastagem permanente da ilha de São Miguel (Açores): estudo fitossociológico, fitoecológico e primeira abordagem do ponto de vista agrónomico*. Tese de Doutoramento. Departamento de Biologia, Universidade dos Açores. Ponta Delgada.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W. A., McGuire, D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S. & Hayes, D. 2011. A Large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, **333**: 988-993.
- Pereira, H. M., Domingos, T., Proença, V., Vicente, L. & Rodrigues, P. 2009. Estrutura conceptual do Millennium Ecosystem Assessment. Pp. 19-42. *In* Pereira, H. M., Domingos, T. & Vicente, L. (Eds.). *Ecossistemas e Bem-Estar Humano. Avaliação para Portugal do Millenium Ecosystem Assessment*. Escolar Editora. Lisboa.
- Perrings, C., Naeem, S., Ahrestani, F. S., Bunker, D. E., Burkill, P., Canziani, G., Elmqvist, T., Fuhrman, J. A., Jaksic, F. M., Kawabata, Z., Kinzig, A., Mace, G. M., Mooney, H., Prieur-Richard, A., Tschirhart, J. & Weisser, W. 2011. Ecosystem services, targets, and indicators for the conservation and sustainable use of biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **9**: 512–520.
- Pimentel, T., Lopes, D. J. H, Cabrera, R., Borges, P. A. V., Câmara Machado, A., Mumford, J. D. & Mexia, A. 2009. *Problemas fitossanitários e fauna auxiliar das macieiras na ilha Terceira*. Centro de Biotecnologia dos Açores. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Pinheiro, J. V. F. 1990. *Estudo dos principais tipos de solos da ilha Terceira (Açores)*. Tese de Doutoramento. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Porteiro, J. 2000. *Lagoas dos Açores. Elementos de suporte ao planeamento integrado*. Tese de Doutoramento. Departamento de Biologia, Universidade dos Açores. Ponta Delgada.
- Porteiro, J. M. 2009. Lagoas e Ribeiras. Pp. 84-95. *In* Cardoso, P., Gaspar, C., Borges, P. A. V., Gabriel, R., Amorim, I. R., Martins, A. F., Maduro-Dias, F., Porteiro, J. M., Silva, L. & Pereira, F. (Eds.). *Açores - um retrato natural*. Veraçor. Ponta Delgada.

- Porteiro, J., Calado, H., Pereira, M., Ventura, J. E. & Paramio, L. 2005. *Planeamento biofísico e gestão de ecossistemas lacustres: as lagoas dos Açores*. Actas X Colóquio Ibérico de Geografia "A Geografia Ibérica no Contexto Europeu". 22 a 24 de Setembro de 2005. Universidade de Évora. Évora.
- Power, A. G. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **365**: 2959–2971.
- PROTA. *Plano Regional de Ordenamento do Território*. 2008. Secretaria Regional do Ambiente. Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos. Ponta Delgada.
- Quesada, M., Rosas, F., Herrerias-Diego, Y., Aguilar, R., Lobo, J. A. & Sanchez-Montoya, G. 2008. Evolutionary ecology of pollination and reproduction of tropical plants. *In* International Commission on Tropical Biology and Natural Resources (Eds.) *Encyclopedia of Life Support Systems*. Eolss Publishers. Oxford.
- Rajaniemi, T. K. 2003. Explaining productivity-diversity relationships in plants. *Oikos*, **101**: 449–457.
- RCS. Ramsar Convention Secretariat. 2006. *The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands*. Ramsar Convention Secretariat. Gland, Switzerland.
- Ribeiro, S. P. & Borges, P. A. V. 2010. Canopy habitat area effect on the arthropod species densities in the Azores: pondering the contribution of tourist species and other life histories. Pp. 89-114. *In* Serrano, A. R. M., Borges, P. A. V. Boieiro, M. & Oromí, P. (Eds.). *Terrestrial arthropods of Macaronesia – Biodiversity, Ecology and Evolution*. Sociedade Portuguesa de Entomologia. Lisboa.
- Ribeiro, S. P., Borges, P. A. V., Gaspar, C., Melo, C., Serrano, A. R. M., Amaral, J., Aguiar, C., André, G. & Quartau, J. A. 2005. Canopy insect herbivores in the Azorean Laurisilva forests: key host plant species in a highly generalist insect community. *Ecography*, **28**: 315-33.
- Rodebrand, S. 2004. *Birding Azores*. Acedido em 17/02/2012 de <http://www.birdingazores.com>.
- Rodrigues, F. C. 2002. *Hidrologia da ilha Terceira (Açores – Portugal)*. Tese de Doutoramento. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.

- Ruivo, L., Silva, P., Lourenço, R. & Rodrigues, F. 2012. *Recuperação e aproveitamento hidroelétrico de uma azenha*. Actas do II Forum Internacional de Pedagogia. 12 e 13 de Abril de 2012. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Ruiz-Jaen, M. C., & Potvin, C. 2011. Can we predict carbon stocks in tropical ecosystems from tree diversity? Comparing species and functional diversity in a plantation and a natural forest. *The New phytologist*, **189**: 978-87.
- Santos, A. M. C., Borges, P. A. V., Hortal, J. & Lopes, D. J. H. 2005. Riqueza de espécies e diversidade ecológica de himenópteros parasitóides (Hymenoptera, Parasitica) em culturas frutícolas da ilha Terceira (Açores). Pp. 137-151. *In* Lopes, D. J. H., Pereira, A., Mexia, A., Mumford, J. & Cabrera, R. (Eds.). *A Fruticultura na Macaronésia - O contributo do projecto INTERFRUTA para o seu desenvolvimento*. Angra do Heroísmo.
- Santos, M. M. P. B. S. R. 2002. *Caracterização Molecular de três populações de videira selvagem através de microssatélites*. Tese de Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Schumann, M. & Joosten, H. 2006. *A global peatland restoration manual: A very first draft*. Internacional Peat Society & Internacional Mire Conservation Group. Greifswald, Germany.
- Schuur, E. A., Chadwick, O. A. & Matson, P. A. 2001. Carbon cycling and soil carbon storage in mesic to wet Hawaiian montane forests. *Ecology*, **82**: 3182-3196.
- Schwartz, M. W., Brigham, C. A., Hoeksema, J. D., Lyons, K. G., Mills, M. H., Mantgem, P. J. 2000. Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology. *Oecologia*, **122**: 297–305.
- Silva, I. 2008. A festa brava na ilha Terceira. Festa na Ilha. *Revista Taurina Açoreana*, **12**: 70-72.
- Silva, I. C. 2012. *A Ribeira dos Moinhos de Angra do Heroísmo. Memória Histórica e Gestão Patrimonial*. Novagráfica Lda. Ponta Delgada.
- Silva, L., Moura, M., Schaefer, H., Rumsey, F. & Dias, E. F. 2010. Lista das plantas vasculares (Tracheobionta). Pp. 117-146. *In* Borges, P. A. V., Costa, A., Cunha, R., Gabriel, R., Gonçalves, V., Martins, A. F., Melo, I. Parente, M., Raposeiro, P., Rodrigues, P.,

- Santos, R. S., Silva, L., Vieira, P. & Vieira, V. (Eds.). *Listagem dos organismos terrestres e marinhos dos Açores*. Príncipeia. Cascais.
- Silva, L., Ojeda Land, E. & Rodríguez Luengo, J. L. 2008. *Flora e fauna terrestre invasora na Macaronésia. TOP 100 nos Açores, Madeira e Canárias*. ARENA. Ponta Delgada.
- SILVEIRA, L. M. A. 2007. *Aprender com a história: modos de interacção com a natureza na ilha Terceira, do povoamento ao século XX*. Departamento de Ciências Agrárias e de Ciências da Educação. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Simões, N., Laumond, C. & Bonifassi, E. 1993. Effectiveness of *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis* against *Popillia japonica* in the Azores. *Journal of Nematology*, **25**: 480-485.
- Sjögren, E. 1973. Recent changes in the vascular flora and vegetation of the Azores Islands. *Memórias da Sociedade Broteriana*, **22**: 1-453.
- SREA. Serviço Regional de Estatística dos Açores. 2011. Acedido em 12/9/2011 de <http://estatistica.azores.gov.pt/>.
- SREF. Secretaria Regional da Educação e Formação. 2012. Acedido em 25/10/2012 de <http://www.azores.gov.pt/Portal/pt/entidades/sref-dref>.
- Stewart, R. L., Dunson, A. J., Hellin, j. j. & Hughes, C. E. 1992. *Wood biomass estimation of Central America dry zone species*. Commonwealth Forestry Institute. Oxford.
- Tavares, J. 1992. A importância económica da lagarta-das-pastagens *Mythimna unipuncta* (Haworth) (Lep., Noctuidae). *Açoreana*, **7**: 407-414.
- Tilman, D., Lehman, C. I. & Thomson, K. T. 1997. Plant diversity and ecosystem productivity: theoretical considerations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **94**: 1857–1861.
- Tilman, D., Wedin, D. & Knops, J. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grasslands ecosystems. *Nature*, **379**: 718-720.
- Turner, R. K., Paavola, J., Cooper, P., Farber, S., Jessamy, V. & Georgiou, S. 2003. Valuing nature: lessons learned and future research directions. *Ecological Economics*, **46**: 493–510.

- UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. 2007. *Climate change: impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Vanderpoorten, A. & Goffinet, B. 2009. *Introduction to bryophytes*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Ventura, L. B., Lopes, D. J. H., Cabrera, R. P., Borges, P. A. V., Mumford, J. D. & Mexia, A. M. M. 2011. *Problemas fitossanitários e fauna auxiliar das bananeiras*. Centro de Investigação de tecnologias Agrárias dos Açores. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- Waide, R. B., Willig, M. R., Steiner, C. F., Mittelbach, G., Gough, L., Dodson, S. I., Juday, G. P. & Parmenter, R. 1999. The relationship between productivity and species richness. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **30**: 257-300.
- WBI. World Bird Info. sd. Citations, Notes and Scientific Synonyms. Acedido em 17/10/2012 de <http://www.worldbirdinfo.net/Pages/BirdCitationView.aspx?BirdID=32696&Source=%2FPages%2FBirdsSearch.aspx%3FBirdField%3D6%26BirdSearch%3DRALLIDAE%253ARails%252CGallinules>.
- Whittaker, R. J. & Heegaard, E. 2003. What is the observed relationship between species richness and productivity? *Ecology*, **84**: 3384-3390.
- Whittaker, R. J. 2010. Meta-analyses and mega-mistakes: calling time on meta-analysis of the species richness–productivity relationship. *Ecology*, **91**: 2522–2533.
- Worrall, F., Reed, M., Warburton, J. & Burt, T. 2003. Carbon budget for a British upland peat catchment. *The Science of the Total Environment*, **312**: 133–146.
- Yachi, S. & Loreau, M. 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **96**: 1463–1468.
- Yu, X., Kai, A., Gaudi, X., Chunxia, L. & Biao, Z. 2011. Carbon sequestration in forest vegetation of Beijing at subplot level. *Chinese Geographical Science*, **21**: 279–289.
- Zhang, Y., Chen, H. Y. H. & Reich, P. B. 2012. Forest productivity increases with evenness, species richness and trait variation: a global meta-analysis. *Journal of Ecology*, **100**: 742-749.

- Zhang, Y., Duan, B., Xian, J., Korpelainen, H. & Li, C. 2011. Links between plant diversity, carbon stocks and environmental factors along a successional gradient in a subalpine coniferous forest in Southwest China. *Forest Ecology and Management*, **262**: 361–369.
- Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R. & Mencuccini, M. 2005. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica Monographs*, **4**: 1-63.

# **ANEXOS**

**Anexo 1:** Resultado do teste One-Sample Kolmogorov-Smirnov para o valor de carbono sequestrado total, em t/ha, e os valores de precipitação, temperatura, humidade relativa, pH e % de matéria orgânica nos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.

	<b>Null Hypothesis</b>	<b>Test</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decision</b>
<b>1</b>	The distribution of Altitude is normal with mean 688,39 and standard deviation 86,53.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,280	Retain the null hypothesis.
<b>2</b>	The distribution of Precipitação is normal with mean 2.570,49 and standard deviation 381,53.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,588	Retain the null hypothesis.
<b>3</b>	The distribution of Temperatura is normal with mean 13,48 and standard deviation 0,53.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,887	Retain the null hypothesis.
<b>4</b>	The distribution of HumidadeRelativa is normal with mean 98,18 and standard deviation 0,68.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,998	Retain the null hypothesis.
<b>5</b>	The distribution of pH is normal with mean 4,40 and standard deviation 0,30.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,997	Retain the null hypothesis.
<b>6</b>	The distribution of MO is normal with mean 54,28 and standard deviation 25,36.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,539	Retain the null hypothesis.
<b>7</b>	The distribution of CarbTonHa is normal with mean 235,62 and standard deviation 127,23.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,921	Retain the null hypothesis.

**Anexo 2:** Resultado do teste One-Sample Kolmogorov-Smirnov para o valor de carbono sequestrado total, em t/ha, riqueza de espécies (S) e índice de Shannon-Wiener (H'), Simpson ( $D_{\text{Simpson}}$ ), inverso de Berger-Parker (1/d) e Evenness (E) para as seis espécies de plantas vasculares arbóreas identificadas nos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.

	<b>Null Hypothesis</b>	<b>Test</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decision</b>
<b>1</b>	The distribution of CarbTotalTonha is normal with mean 239,17 and standard deviation 119,49.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,921	Retain the null hypothesis.
<b>2</b>	The distribution of SPlantas is normal with mean 7,67 and standard deviation 1,50.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,590	Retain the null hypothesis.
<b>3</b>	The distribution of Hplantas is normal with mean 1,62 and standard deviation 0,16.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,903	Retain the null hypothesis.
<b>4</b>	The distribution of DSimpsonPlantas is normal with mean 4,45 and standard deviation 0,66.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,674	Retain the null hypothesis.
<b>5</b>	The distribution of BergerParkerPlantas is normal with mean 3,08 and standard deviation 0,49.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,736	Retain the null hypothesis.
<b>6</b>	The distribution of EvennessPlantas is normal with mean 0,80 and standard deviation 0,07.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,542	Retain the null hypothesis.

**Anexo 3:** Resultado do teste One-Sample Kolmogorov-Smirnov para o valor de carbono sequestrado total, em t/ha, riqueza de espécies (S) índice de Shannon-Wiener (H'), Simpson ( $D_{\text{Simpson}}$ ), inverso de Berger-Parker e Evenness para os briófitos totais nos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.

	<b>Null Hypothesis</b>	<b>Test</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decision</b>
<b>1</b>	The distribution of Ctonha is normal with mean 286,17 and standard deviation 125,49.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,900	Retain the null hypothesis.
<b>2</b>	The distribution of HBriTot is normal with mean 3,46 and standard deviation 0,07.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,945	Retain the null hypothesis.
<b>3</b>	The distribution of SimpBriTot is normal with mean 24,51 and standard deviation 2,54.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,959	Retain the null hypothesis.
<b>4</b>	The distribution of SBriTot is normal with mean 47,20 and standard deviation 5,63.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1,000	Retain the null hypothesis.
<b>5</b>	The distribution of InversoParkerBriTot is normal with mean 10,77 and standard deviation 2,65.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,997	Retain the null hypothesis.
<b>6</b>	The distribution of EvennessBriTot is normal with mean 0,90 and standard deviation 0,02.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,759	Retain the null hypothesis.

**Anexo 4:** Resultado do teste One-Sample Kolmogorov-Smirnov para o valor de carbono sequestrado total, em t/ha, riqueza de espécies (S) índice de Shannon-Wiener (H'), Simpson ( $D_{\text{Simpson}}$ ), inverso de Berger-Parker (1/d) e Evenness (E) para os musgos, hepáticas, briófitos epífitos e briófitos no terreno (solo e rocha) nos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.

	<b>Null Hypothesis</b>	<b>Test</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decision</b>
<b>1</b>	The distribution of CTotatonha is normal with mean 286,17 and standard deviation 125,49.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,900	Retain the null hypothesis.
<b>2</b>	The distribution of CJuniptonha is normal with mean 187,07 and standard deviation 138,77.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,507	Retain the null hypothesis.
<b>3</b>	The distribution of SBriMus is normal with mean 16,60 and standard deviation 3,05.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,838	Retain the null hypothesis.
<b>4</b>	The distribution of HBriMus is normal with mean 2,45 and standard deviation 0,18.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,986	Retain the null hypothesis.
<b>5</b>	The distribution of SimpBriMus is normal with mean 10,07 and standard deviation 1,54.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,984	Retain the null hypothesis.
<b>6</b>	The distribution of InversoParkerBriMus is normal with mean 5,62 and standard deviation 0,78.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,986	Retain the null hypothesis.
<b>7</b>	The distribution of EvennessBriMus is normal with mean 0,88 and standard deviation 0,03.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,759	Retain the null hypothesis.
<b>8</b>	The distribution of SBriHep is normal with mean 30,60 and standard deviation 4,51.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,999	Retain the null hypothesis.
<b>9</b>	The distribution of HBriHep is normal with mean 3,05 and standard deviation 0,10.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,985	Retain the null hypothesis.
<b>10</b>	The distribution of SimpBriHep is normal with mean 16,91 and standard deviation 1,83.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1,000	Retain the null hypothesis.
<b>11</b>	The distribution of InversoParkerBriHep is normal with mean 8,76 and standard deviation 1,66.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,991	Retain the null hypothesis.
<b>12</b>	The distribution of EvennessBriHep is normal with mean 0,89 and standard deviation 0,01.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,941	Retain the null hypothesis.
<b>13</b>	The distribution of SBriEpi is normal with mean 30,40 and standard deviation 6,73.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,840	Retain the null hypothesis.
<b>14</b>	The distribution of HBriEpi is normal with mean 2,91 and standard deviation 0,22.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,707	Retain the null hypothesis.

Continuação do anexo 4:

<b>15</b>	The distribution of SimpBriEpi is normal with mean 14,80 and standard deviation 3,05.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,731	Retain the null hypothesis.
<b>16</b>	The distribution of InversoParkerBriEpi is normal with mean 6,80 and standard deviation 1,70.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,920	Retain the null hypothesis.
<b>17</b>	The distribution of EvenessBriEpi is normal with mean 0,86 and standard deviation 0,01.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,492	Retain the null hypothesis.
<b>18</b>	The distribution of SBriGround is normal with mean 33,80 and standard deviation 3,11.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,918	Retain the null hypothesis.
<b>19</b>	The distribution of HBriGround is normal with mean 3,17 and standard deviation 0,05.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1,000	Retain the null hypothesis.
<b>20</b>	The distribution of SimpBriGround is normal with mean 18,04 and standard deviation 1,73.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,556	Retain the null hypothesis.
<b>21</b>	The distribution of InversoParkerBriGround is normal with mean 7,94 and standard deviation 1,78.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1,000	Retain the null hypothesis.
<b>22</b>	The distribution of EvenessBriGround is normal with mean 0,90 and standard deviation 0,02.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,879	Retain the null hypothesis.

**Anexo 5:** Resultado do teste One-Sample Kolmogorov-Smirnov para o valor de carbono sequestrado total, em t/ha, riqueza de espécies (S) índice de Shannon-Wiener (H'), Simpson ( $D_{\text{Simpson}}$ ), inverso de Berger-Parker (1/d) e Evenness (E) para os artrópodes totais (ArtTot), no solo, na copa e herbívoros da copa, nos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of CarbTotalTonha is normal with mean 239,17 and standard deviation 119,49.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,921	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of SArtTot is normal with mean 53,89 and standard deviation 10,43.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,860	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of HArtTot is normal with mean 2,87 and standard deviation 0,17.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,927	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of DSimpArtTot is normal with mean 10,30 and standard deviation 2,23.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,996	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of BergerParkerArtTot is normal with mean 4,55 and standard deviation 1,12.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,978	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of EvennessArtTot is normal with mean 0,72 and standard deviation 0,05.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,836	Retain the null hypothesis.
7	The distribution of SArtSolo is normal with mean 26,56 and standard deviation 5,90.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,976	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of HArtSolo is normal with mean 2,35 and standard deviation 0,44.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,615	Retain the null hypothesis.
9	The distribution of DSimpArtSolo is normal with mean 7,80 and standard deviation 3,50.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,987	Retain the null hypothesis.
10	The distribution of BergerParkerArtSolo is normal with mean 3,97 and standard deviation 1,70.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,674	Retain the null hypothesis.
11	The distribution of EvennessArtSolo is normal with mean 0,72 and standard deviation 0,13.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,487	Retain the null hypothesis.
12	The distribution of SArtCopa is normal with mean 33,44 and standard deviation 7,94.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,942	Retain the null hypothesis.
13	The distribution of HArtCopa is normal with mean 2,47 and standard deviation 0,20.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,818	Retain the null hypothesis.
14	The distribution of DSimpArtCopa is normal with mean 7,49 and standard deviation 1,95.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,996	Retain the null hypothesis.

Continuação do Anexo 5:

<b>15</b>	The distribution of BergerParkerArtCopa is normal with mean 3,61 and standard deviation 0,93.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,990	Retain the null hypothesis.
<b>16</b>	The distribution of EvenessArtCopa is normal with mean 0,71 and standard deviation 0,04.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,235	Retain the null hypothesis.
<b>17</b>	The distribution of SArtCopaHerb is normal with mean 15,67 and standard deviation 4,12.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,977	Retain the null hypothesis.
<b>18</b>	The distribution of HArtCopaHerb is normal with mean 1,88 and standard deviation 0,29.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	1,000	Retain the null hypothesis.
<b>19</b>	The distribution of DSimpArtCopaHerb is normal with mean 5,02 and standard deviation 1,95.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,987	Retain the null hypothesis.
<b>20</b>	The distribution of BergerParkerArtCopaHerb is normal with mean 2,97 and standard deviation 1,18.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,828	Retain the null hypothesis.
<b>21</b>	The distribution of EvenessArtCopaHerb is normal with mean 0,69 and standard deviation 0,10.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,997	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

**Anexo 6:** Resultado do teste One-Sample Kolmogorov-Smirnov para o valor de carbono sequestrado por *Juniperus brevifolia*, em t/ha, riqueza de espécies (S) índice de Shannon-Wiener (H'), Simpson ( $D_{\text{Simpson}}$ ), inverso de Berger-Parker (1/d) e Evenness (E) para os artrópodes totais (ArtTot), no solo, na copa e herbívoros da copa, nos nove transectos realizados na floresta nativa da Reserva Natural da ilha Terceira.

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of CarbJuniperusTonha is normal with mean 180,51 and standard deviation 113,74.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,743	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of SArtTot is normal with mean 53,89 and standard deviation 10,43.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,860	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of HArtTot is normal with mean 2,87 and standard deviation 0,17.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,939	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of DSimpArtTot is normal with mean 10,30 and standard deviation 2,23.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,996	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of BergerParkerArtTot is normal with mean 4,55 and standard deviation 1,12.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,978	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of EvennessArtTot is normal with mean 0,72 and standard deviation 0,05.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,894	Retain the null hypothesis.
7	The distribution of SArtSolo is normal with mean 26,56 and standard deviation 5,90.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,976	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of HArtSolo is normal with mean 2,35 and standard deviation 0,44.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,613	Retain the null hypothesis.
9	The distribution of DSimpArtSolo is normal with mean 7,80 and standard deviation 3,50.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,987	Retain the null hypothesis.
10	The distribution of BergerParkerArtSolo is normal with mean 3,97 and standard deviation 1,70.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,675	Retain the null hypothesis.
11	The distribution of EvennessArtSolo is normal with mean 0,72 and standard deviation 0,13.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,479	Retain the null hypothesis.
12	The distribution of SArtCopa is normal with mean 33,44 and standard deviation 7,94.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,942	Retain the null hypothesis.
13	The distribution of HArtCopa is normal with mean 2,47 and standard deviation 0,20.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,771	Retain the null hypothesis.
14	The distribution of DSimpArtCopa is normal with mean 7,49 and standard deviation 1,95.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,996	Retain the null hypothesis.
15	The distribution of BergerParkerArtCopa is normal with mean 3,61 and standard deviation 0,93.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,989	Retain the null hypothesis.
16	The distribution of EvennessArtCopa is normal with mean 0,71 and standard deviation 0,04.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,160	Retain the null hypothesis.

Continuação do Anexo 6:

17	The distribution of SArtCopaHerb is normal with mean 15,67 and standard deviation 4,12.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,977	Retain the null hypothesis.
18	The distribution of HArtCopaHerb is normal with mean 1,88 and standard deviation 0,29.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,999	Retain the null hypothesis.
19	The distribution of DSimpArtCopaHerb is normal with mean 5,02 and standard deviation 1,95.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,987	Retain the null hypothesis.
20	The distribution of BergerParkerArtCopaHerb is normal with mean 2,97 and standard deviation 1,18.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,825	Retain the null hypothesis.
21	The distribution of EvenessArtCopaHerb is normal with mean 0,69 and standard deviation 0,10.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	,995	Retain the null hypothesis.