

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



**Fatores estruturantes das comunidades de Passeriformes florestais
na ilha de São Miguel, Açores**

Francisca Santos Silva

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação orientada por:
Doutor Ricardo Faustino de Lima (FCUL)
Doutor Tarso de Menezes Macedo Costa (SPEA)

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradecer ao meu orientador, obrigada Ricardo por toda a disponibilidade demonstrada desde o início, por responderes sempre rapidamente a todas as minhas dúvidas, pelos milhares de e-mails e pelas sugestões dadas. Agradecer também ao meu coorientador, obrigada Tarso por teres aceiteado o desafio e me teres acompanhado no trabalho de campo. Um obrigada ao Pablo por toda a ajuda com o trabalho de campo e por todo o conhecimento transmitido. Obrigada à SPEA Açores, em particular à Azucena e ao Rui por terem aceite receber-me no Nordeste e por toda a ajuda e suporte técnico prestado. Agradecer ao programa LIFE que através do projeto “LIFE IP Azores Natura” disponibilizou os meios para a realização do trabalho de campo. Agradecer ainda a todos os estagiários da SPEA Açores que me acompanharam no trabalho de campo.

À minha irmã que acompanhou a minha luta constante para conseguir concluir a tese e que partilhou comigo também a sua luta, obrigada por ouvires todas as lamentações e por nunca me deixares desistir, conseguimos! À minha mãe que nunca duvidou de mim, nem das minhas escolhas, que ao longo de todo o meu percurso académico sempre foi um apoiou incondicional, um obrigada nunca vai ser suficiente. Por fim agradecer ao meu irmão que me fez ver o caminho a seguir e à minha madrinha que sempre me apoiou e se disponibilizou para ajudar em tudo o que fosse preciso durante o meu percurso académico.

Resumo

Os Açores são um arquipélago que pertence à região biogeográfica da Macaronésia, composto por nove ilhas oceânicas. Rica em endemismos, a ilha de São Miguel é a maior, a sua vegetação apresenta elevado grau de invasão, sendo escassas as áreas com vegetação nativa, denominada Laurissilva.

A comunidade de Passeriformes é composta por 13 espécies residentes, uma endémica da ilha e cinco subespécies endémicas do arquipélago. No entanto, esta biodiversidade encontra-se ameaçada pela reduzida área de floresta nativa que persiste. Com este trabalho pretende-se identificar os fatores que afetam as características das comunidades de Passeriformes florestais na ilha de São Miguel, mais precisamente: (1) Comparar a comunidade de floresta nativa e exótica; (2) Comparar a comunidade de Inverno e Primavera; (3) Identificar outras variáveis ambientais determinantes das características da comunidade.

Foram realizados 40 pontos de contagem no Inverno e na Primavera, em duas zonas, cada uma com metade dos pontos em vegetação nativa e outra metade em vegetação exótica.

No total foram observadas 12 espécies de Passeriformes, 11 em ambos os tipos de vegetação. As espécies nativas foram as mais abundantes, estando as endémicas mais associadas à vegetação nativa e as introduzidas à vegetação exótica. A riqueza e a abundância foi idêntica em ambas as estações do ano. A riqueza nos pontos foi maior na Primavera, em vegetação nativa e a altitudes intermédias. A abundância nos pontos foi maior no Inverno, em vegetação nativa, a altitudes intermédias e em pontos ao longo da estrada florestal.

Apesar dos Passeriformes florestais nativos poderem ocorrer tanto na vegetação nativa como na exótica, estão mais associadas à primeira e também parecem preferir áreas de altitude intermédia. Como tal, recomenda-se a conservação e restauro prioritário destas áreas para assegurar a sobrevivência desta comunidade única de Passeriformes.

Palavras-chave: abundância, ecologia de comunidades, riqueza de espécies, vegetação exótica, vegetação nativa.

Abstract

The Azores are an archipelago that belongs to the biogeographic region of Macaronesia, composed by nine oceanic islands. Rich in endemism, the island of São Miguel, is the largest, the vegetation presents a high degree of invasion, with few forest areas with native vegetation, called Laurissilva.

The passerine community is composed of 13 resident species, one endemic of the island, and five subspecies endemics from the archipelago. Nevertheless, this biodiversity is threatened by the small area of native forest that persists. The main objective of this work was to identify the factors that affect the characteristics of the forest passerine communities on the island of São Miguel, more precisely: (1) Comparing the community of native and exotic forest; (2) Comparing the community of winter and spring; (3) Identifying other environmental variables that determine the characteristics of the community.

Fourty sampling points were carried out in winter and in spring, in two different zones, each with half of the points in native vegetation and in exotic vegetation.

In total, 12 species of passerine birds were observed, 11 in both types of vegetation. Native species were the most abundant, with endemic species more associated with native vegetation and introduced species with exotic vegetation. Species richness and abundance were identic in both seasons. Species richness at the sampling points was higher in the spring, in native vegetation and at mid-altitude. The abundance at the sampling points was higher in winter, in native vegetation, as well as in mid-altitude at points along the forest road.

Although the forest passerines may occur in both native and exotic vegetation, they are more associated with native vegetation and seem to prefer mid-altitude areas. As such, priority conservation and restoration of these areas is recommended to ensure the survival of this unique community.

Keywords: abundance, community ecology, species richness, exotic vegetation, native vegetation.

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Biodiversidade.....	1
1.2	Ilhas.....	1
1.3	Florestas	2
1.4	Aves.....	2
2	Métodos	3
2.1	Área de estudo.....	3
2.2	Desenho experimental	4
2.3	Amostragem de aves e plantas	8
2.4	Análise de dados.....	8
3	Resultados	10
3.1	Comunidade de Passeriformes na floresta nativa e exótica.....	12
3.2	Comunidade de Passeriformes no Inverno e na Primavera	14
3.3	Variáveis ambientais determinantes das características da comunidade avifaunística.....	18
4	Discussão	20
4.1	Comunidade de Passeriformes na floresta nativa e exótica.....	20
4.2	Comunidade de Passeriformes no Inverno e na Primavera	21
4.3	Variáveis ambientais determinantes das características da comunidade avifaunística.....	21
4.4	Implicações para a conservação	22
5	Referências.....	23
6	Material suplementar.....	28
6.1	Tabelas	28
6.2	Figuras.....	32
6.3	R Scripts	35

Lista de Tabelas

Tabela 2.1- Altitude em metros dos pontos de contagem nas duas áreas em estudo, na vegetação nativa e na vegetação exótica.....	7
Tabela 2.2- Descrição das variáveis ambientais utilizadas na criação dos modelos para a abundância e riqueza de aves	9
Tabela 3.1 - Espécies de Passeriformes detetadas nos ambientes florestais de São Miguel (Açores) ..	10
Tabela 3.2 – Espécies de plantas encontradas nas parcelas de vegetação e respetiva abundância.....	10
Tabela 3.3 - Valores dos testes para a dispersão, excesso de zeros e presença de outliers nos modelos para a riqueza de aves	19
Tabela 3.4 - Valores dos testes para a dispersão, excesso de zeros e presença de outliers nos modelos para a abundância de aves	19
Tabela 6.1 –Lista de espécies de flora vascular amostrada e respetivo estatuto	28
Tabela 6.2 - Valores dos testes de Kruskal-Wallis para observações independentes com os dados de abundância e riqueza de aves nos diferentes tipos de vegetação e estações do ano	29
Tabela 6.3 – Valores dos testes de Wilcoxon para comparação da abundância de Passeriformes na vegetação nativa e exótica com correção para testes múltiplos	29
Tabela 6.4 – Valores dos testes de Wilcoxon para comparação da abundância de Passeriformes no Inverno e na Primavera com correção para testes múltiplos	30
Tabela 6.5 – Valores dos testes PERMANOVA e PERMDISP para comparar a estrutura da comunidade nos pontos de contagem nos diferentes tipos de vegetação e estações do ano.....	30
Tabela 6.6 - Resumo dos valores obtidos para as variáveis explicativas através do modelo linear generalizado com distribuição normal para a riqueza de Passeriformes.....	30
Tabela 6.7 – Resumo dos valores obtidos para as variáveis explicativas através do modelo linear generalizado com distribuição poisson para a abundância de Passeriformes.....	31
Tabela 6.8 - Importância relativa e coeficiente de correlação das variáveis explicativas em relação à riqueza e abundância de Passeriformes florestais em São Miguel	31

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Localização do arquipélago dos Açores (Portugal) e da ilha de São Miguel com o local exato dos pontos de contagem.....	4
Figura 2.2 - Fotografias da área de vegetação exótica na Mata dos Bispos.....	5
Figura 2.3 - Fotografias da área de vegetação nativa na Serra da Tronqueira, zona do Gradiente	5
Figura 2.4 – Área de estudo: a) Mata dos Bispos e b) Serra da Tronqueira. Imagens do satélite Landsat 8 com a localização exata dos pontos de contagem	6
Figura 3.1 - Riqueza total de Passeriformes detetada nos pontos de contagem na vegetação exótica e nativa	12
Figura 3.2 – Frequência relativa (%) de Passeriformes na vegetação exótica e nativa.....	12
Figura 3.3 – a) Abundância total de Passeriformes detetada nos pontos de contagem na vegetação exótica e nativa; b) Abundância das espécies de Passeriformes detetada nos pontos de contagem na vegetação exótica e nativa.....	13
Figura 3.4 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para a abundância de Passeriformes nos pontos de contagem na vegetação exótica e nativa	14
Figura 3.5 – a) Riqueza total de Passeriformes detetada nos pontos de contagem no Inverno e na Primavera; b) Riqueza total de Passeriformes detetada nos pontos de contagem na vegetação exótica e nativa, no Inverno e na Primavera.....	15

Figura 3.6 – Frequência relativa (%) de Passeriformes no Inverno e na Primavera, na vegetação exótica e nativa	16
Figura 3.7 - a) Abundância total de Passeriformes detetada nos pontos de contagem no Inverno e na Primavera e b) Abundância das espécies de Passeriformes detetada nos pontos de contagem no Inverno e na Primavera.....	16
Figura 3.8 - Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para a abundância de Passeriformes nos pontos de contagem no Inverno e na Primavera.....	17
Figura 3.9 - Análise de Componentes Principais (PCA) representada em duas dimensões para as espécies vegetais nos pontos de contagem.....	18
Figura 6.1 – Curva de rarefação para todas as espécies nos pontos de contagem na vegetação nativa e exótica	32
Figura 6.2 – Curva de rarefação para todas as espécies nos pontos de contagem no Inverno e na Primavera	32
Figura 6.3 – Gráfico do valor de stress da análise NMDS (escalonamento multidimensional não-métrico) para as várias dimensões da ordenação.....	33
Figura 6.4 – Gráfico de Shepard para a análise NMDS (escalonamento multidimensional não-métrico) para os valores de abundância de aves.....	33
Figura 6.5 – Coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para as variáveis em estudo	34

1 Introdução

1.1 Biodiversidade

A biodiversidade pode ser entendida como a soma total da variação biótica desde o nível dos genes até aos ecossistemas, passando pelas espécies (Rawat and Agarwal, 2015). Duas variáveis muito utilizadas para medir a biodiversidade são a riqueza e a abundância, a primeira tem em conta o número de diferentes espécies presentes num dado local (Purvis and Hector, 2000) e a segunda, o número de indivíduos. Essas variáveis permitem estudar a estrutura das comunidades no espaço e no tempo, contribuindo para a conservação das espécies (Magurran and Henderson, 2003).

Em todo o mundo estão descritas aproximadamente 2 milhões de espécies, no entanto esse número pode ser muito superior, com estimativas que vão desde os 5 milhões até os 100 milhões (Pimm et al., 1995; Whittaker et al., 2005). A ação humana sobre os ecossistemas levou a uma crise na biodiversidade, com o ritmo de extinção a ser 1000 vezes superior ao passado (Pimm et al., 1995). As alterações no uso dos solos, o impacto das espécies invasoras, as alterações climáticas, a desflorestação, têm o poder de alterar os ecossistemas e afetar a sua constituição e estrutura (Gurevitch and Padilla, 2004; Foley et al., 2005; Bustamante et al., 2012).

Com a crescente perda de biodiversidade é cada vez mais importante maximizar o nível de proteção dos habitats e espécies. Foram identificados assim hotspots de biodiversidade (Myers et al., 2000), áreas prioritárias ricas em espécies e endemismos sob ameaça. Esta abordagem tornou-se uma das mais conhecidas e utilizadas em todo o mundo, principalmente para estudos focados na conservação de espécies. Atualmente estão definidos 35 hotspots em todo o mundo, que contêm 77% de todas as espécies endémicas, 43% dos vertebrados (incluindo 60% dos mamíferos e aves ameaçadas), e 80% de todos os anfíbios ameaçados (Mittermeier et al., 2011; Williams et al., 2011).

1.2 Ilhas

As ilhas oceânicas resultam de vulcões que se elevaram acima do nível da água do mar (Paulay, 1994). O isolamento a que ficaram sujeitas faz delas laboratórios vivos para compreender os processos adaptativos e evolutivos das espécies (Gillespie, 2007), por apresentarem menor área quando comparadas com os continentes, proporcionam uma melhor compreensão das mudanças na distribuição e variação geográfica das espécies e populações. São locais únicos que albergam uma elevada proporção de espécies endémicas, 20 dos 35 hotspots de biodiversidade são ilhas, ou têm uma importante componente insular (Myers et al., 2000; Williams et al., 2011). A nível global 37 % das espécies ameaçadas de extinção ocorrem em ilhas (Tershy et al., 2015). São muito importantes para a conservação global da diversidade de plantas, aproximadamente um quarto de todas as plantas vasculares conhecidas são endémicas de ilhas (Kreft et al., 2008).

As espécies nas ilhas apresentam uma reduzida extensão de ocorrência com um baixo número de organismos (Frankham, 1998), sendo mais suscetíveis ao impacto das alterações antropogénicas. A taxa de extinção nas ilhas é muito superior à encontrada nos continentes (Steadman, 1995), 61% das extinções conhecidas ocorreram em ilhas (Tershy et al., 2015). A colonização das ilhas oceânicas pelos humanos e a consequente introdução de espécies exóticas alterou as comunidades e a composição dos ecossistemas (Rull et al., 2017). As espécies invasoras representam uma das principais ameaçadas à biodiversidade nas ilhas oceânicas (Caujapé-Castells et al., 2010), ao tornarem se dominantes podem alterar por completo a estrutura das comunidades nativas, chegando mesmo a substituí-las por completo (Asner et al., 2008). Dentro das ilhas as classes de vertebrados mais ameaçadas são os Répteis e as Aves,

com respetivamente, 58% e 52% do total de espécies a serem inseridas nas categorias de “Críticamente em perigo” ou “Em perigo” (Spatz et al., 2017).

1.3 Florestas

As florestas cobrem 30% da superfície do planeta terra e providenciam inúmeros serviços (Lacaze, 2000), que vão desde a regulação do clima, à produção de biomassa, à polinização, são fonte de alimento e de água (Thompson et al., 2011; Mori et al., 2017). O conjunto de plantas, animais e micro-organismos que estão presentes nas florestas constituem a sua biodiversidade (Jenkins and Schaap, 2018), 80% de todas as espécies terrestres com aproximadamente 2/3 das espécies de aves podem ser encontradas nas florestas (Carnus et al., 2003; BirdLife International, 2018).

Entre 2000 e 2012 já tinham sido perdidos 2.3 milhões de km² de floresta a nível global (Hansen et al., 2013), apesar deste acelerado ritmo de destruição apenas 12% das florestas do mundo estão em áreas protegidas (FAO, 2001). As principais ameaças aos ecossistemas florestais são a expansão da agricultura, a exploração de madeira e a introdução de espécies invasoras, com a consequente destruição e alteração dos habitats (Broadbent et al., 2008; Celesti-Grapow et al., 2016). As espécies de plantas invasoras representam uma ameaça global à biodiversidade, podem alterar a estrutura do ecossistema e impor alterações estruturais e funcionais muitas vezes irreversíveis que podem levar ao declínio das comunidades florestais pré-existentes (Powell et al., 2011; Arosa et al., 2012). A destruição ou degradação das áreas florestais apresenta enorme importância para muitas aves que estão dependentes exclusivamente da floresta para sobreviver (Buchanan et al., 2011; BirdLife International, 2018).

O restauro ecológico das áreas invadidas pode alterar o rumo das comunidades e ajudar o ecossistema a restabelecer-se, sendo uma das ferramentas mais importantes para a conservação das florestas (Gorresen et al., 2007; Bennett et al., 2009; Heleno et al., 2010).

1.4 Aves

As aves apresentam um papel muito importante nos ecossistemas, proporcionando diversos serviços que vão desde a dispersão de sementes, à polinização, podem também atuar como controlo para pragas (Bernardello et al., 2006; Whelan et al., 2008). Estima-se que aproximadamente 20% das aves de todo o mundo tenham sido extintas desde o Pleistoceno por causas humanas (Diamond, 1989). A IUCN avaliou 11162 espécies de aves, e concluiu que 13% está atualmente ameaçada de extinção (IUCN, 2022). Do total de aves, 6659 pertencem à ordem Passeriformes, destas 654 inserem-se na categoria de “Críticamente em Perigo”, “Ameaçada” ou “Vulnerável” (IUCN, 2022). Ainda segundo a IUCN 60 espécies de Passeriformes já foram extintas em todo o mundo (IUCN, 2022).

Nas ilhas as aves são particularmente sensíveis à perda, degradação e alteração da floresta e à exploração direta e indireta (Pereira et al., 2010; BirdLife International, 2018). A maioria das aves insulares ameaçadas são espécies florestais (Johnson and Stattersfield, 1990). A introdução de espécies vegetais exóticas altera a estrutura e composição das comunidades florestais e pode ter grande impacto na dinâmica das populações de aves (Caujapé-Castells et al., 2010).

As aves podem ser utilizadas em estudos para análise da diversidade pois são conspícuas, a maior parte diurna sendo mais fácil a sua observação (Blondel, 2000). São bons indicadores biológicos e apresentam um papel fundamental no funcionamento dos ecossistemas florestais (Sekercioglu, 2006). Diversos estudos demonstraram que a distribuição das aves nas florestas está relacionada com as características e composição do habitat a diferentes escalas espaciais (Mitchell et al., 2001; Loehle et al., 2005; Gil-Tena et al., 2007; Naoe et al., 2012). Torna-se assim essencial identificar os fatores que

influenciam a composição avifaunística dos ambientes florestais possibilitando a manutenção da biodiversidade.

2 Métodos

2.1 Área de estudo

Os Açores são um arquipélago constituído por nove ilhas de origem vulcânica e vários ilhéus, localizados no Oceano Atlântico Norte. Pertencem à região biogeográfica da Macaronésia, juntamente com a Madeira, as Canárias e Cabo Verde (Dias et al., 2005), que fazem parte de um dos hotspots de biodiversidade mais importantes na Região do Mediterrâneo (Myers et al., 2000). Encontra-se a aproximadamente 1500 km a oeste do continente europeu e a 965 km a noroeste da Madeira (Borges et al., 2019), sendo um dos arquipélagos mais isolados do mundo. O arquipélago está dividido em três grupos: o Ocidental engloba as ilhas do Corvo e Flores; o Central, a que pertencem as ilhas do Faial, Pico, Graciosa, São Jorge e Terceira; e o Oriental, com as ilhas de São Miguel e Santa Maria (Santos et al., 2004). A maior ilha é São Miguel com 745 km² e a menor é o Corvo com 17 km² (Borges et al., 2019). O clima é oceânico temperado com uma temperatura média anual de 17°C ao nível do mar, sem estações secas e com verões amenos, a humidade relativa é alta e a precipitação média anual vai desde 1500 até 3000 mm/m², aumentando com a altitude e de leste para oeste (Silva and Smith, 2004). O vento tem uma direção prevalente de oeste devido ao anticiclone dos Açores (Santos et al., 2004) e é o fator climático mais determinante da estrutura e distribuição das comunidades naturais (Dias et al., 2005).

O arquipélago dos Açores apresenta especial importância devido ao elevado número de endemismos que possui, tanto a nível da avifauna (Barcelos et al., 2015), como da flora (Dias et al., 2005; Silva et al., 2010), por vezes restritos a apenas uma ilha. Os Açores são uma Área Endémica para as Aves (Stattersfield et al., 1998) e cerca de 24 % do seu território terrestre está classificado como Área Protegida (Calado et al., 2009).

A transformação dos ecossistemas nativos dos Açores tem ocorrido pelo menos desde o século XV (Elias et al., 2016). Diversas atividades têm alterado as comunidades de plantas, tais como a agricultura, a silvicultura e a criação de pastagens para produção de gado (Haddad et al., 2012). A sua economia dependente sobretudo da produção de leite e queijo, da pesca e do turismo (Santos et al., 1995; Haddad et al., 2012; de Almeida et al., 2021).

A Laurissilva dos Açores é uma floresta húmida subtropical a temperada (Dias et al., 2005), composta por árvores de folha persistente em que domina a família das Lauráceas (Dias, 2001). Forma uma copa densa que pode atingir 40 m de altura, sendo difícil a penetração da luz (Guimarães and Olmeda, 2008). Este tipo de habitat é endémico da Macaronésia, apresentando características e espécies únicas em cada arquipélago a diferentes altitudes (Dias et al., 2005). Nos Açores, 23% das plantas são consideradas endémicas (Dias et al., 2005), no entanto aproximadamente 70% das plantas vasculares e 58% dos artrópodes são exóticos, muitos dos quais invasores (Borges et al., 2009). A floresta Laurissilva é hoje escassa e apenas pode ser encontrada a elevadas altitudes (Dias et al., 2005) ou em zonas com declive acentuado (Elias et al., 2016). Está presente em menos de 3% da superfície do arquipélago (Gaspar et al., 2008). A vegetação é constituída maioritariamente por espécies exóticas, muitas das quais com alto poder invasor já estabelecidas na comunidade. Entre as exóticas mais abundantes estão o Incenso, *Pittosporum undulatum*, a Conteira, *Hedychium gardnerianum* e a Cletra, *Clethra arborea* (Silva and Smith, 2006).

Quando da colonização da ilha, os Açores sofreram um decréscimo na abundância de aves, uma vez que estas eram utilizadas para consumo humano. A posterior introdução de predadores e a destruição dos seus habitats também contribuíram para a alteração das comunidades (Rodrigues and Cunha, 2012).

Pelo menos três espécies de aves não voadoras foram extintas (Alcover et al., 2015). No entanto, os Açores continuam a ser um dos locais com elevada relevância para o estudo e observação de aves, devido à presença de duas espécies endémicas, uma terrestre, o Priolo, *Pyrrhula murina* e outra marinha, o Painho-de-monteiro, *Oceanodroma monteiroi*, e a mais 11 subespécies de Passeriformes endémicas (Bolton et al., 2008; Barcelos et al., 2015).

O trabalho de campo decorreu na região oriental de São Miguel, na Zona de Proteção Especial (ZPE) do Pico da Vara/Ribeira do Guilherme. Esta ZPE ocupa uma parte da faixa norte do concelho da Povoação e a faixa central do concelho de Nordeste, tem aproximadamente 6067 hectares e uma altitude média de 595 metros (Gil, 2005; Fig. 2.1). Apresenta elevada diversidade de ecossistemas e espécies, e um elevado número de endemismos com algumas populações dependentes das condições existentes nesses locais (Guimarães and Olmeda, 2008). Dentro da ZPE podem ser encontradas 16 espécies de aves, muitas das quais com elevada importância (Gil, 2005). Engloba ainda o maior fragmento de Laurissilva da ilha (Ramos, 1996), com diversas espécies endémicas dos Açores e da Macaronésia, algumas com estatuto de proteção (Gil, 2005). O terreno é montanhoso e acidentado e a vegetação é densa (Ramos, 1995; Dias et al., 2005).

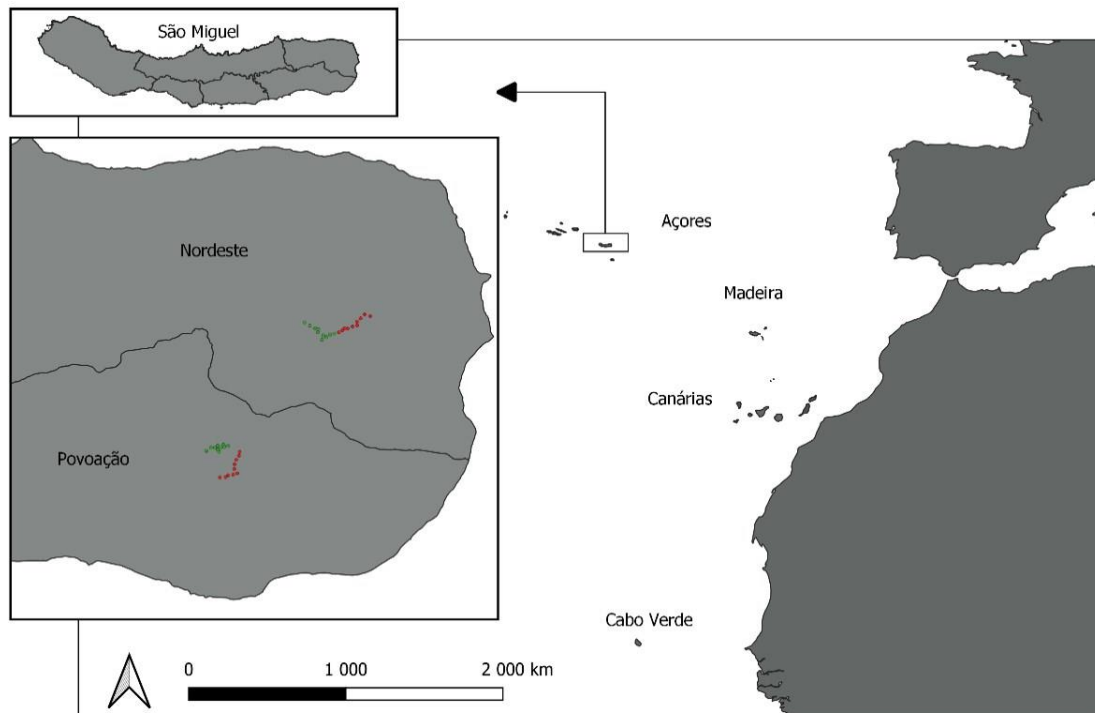


Figura 2.1 – Localização do arquipélago dos Açores em relação ao sudoeste europeu e ao noroeste africano, com destaque para a ilha de São Miguel, e para o local mais a leste na ilha com a localização exata dos pontos de contagem. A verde estão identificados os pontos na vegetação nativa, a vermelho os na vegetação exótica.

2.2 Desenho experimental

A amostragem foi feita em dois locais: Mata dos Bispos (Fig. 2.2) e Serra da Tronqueira (Fig. 2.3). Estes locais foram selecionados para garantir que existia suficiente área acessível para amostragem, com vegetação nativa próxima de vegetação exótica, e em condições ambientais semelhantes. Para tal, recorreu-se a informação fornecida pela equipa da SPEA Açores sobre a localização das áreas que albergam os últimos redutos de floresta nativa, muita da qual resulta de restauro ecológico.

Cada local foi subdividido em duas zonas: uma onde predominava a vegetação nativa e outra onde predominava a vegetação exótica. As zonas com predomínio de vegetação nativa resultam da intervenção de restauro ecológico com controlo de espécies exóticas e plantação de espécies nativas (Coelho, 2008), através de diversos projetos financiados pela União Europeia, alguns já terminados, como o “LIFE Priolo”, o “LIFE+ Laurissilva Sustentável” e o “LIFE+ Terras do Priolo”, e pelo projeto “LIFE IP Azores Natura” que está atualmente em curso.

Em cada local foram estabelecidos 20 pontos de contagem, 10 em cada tipo de vegetação, com pelo menos 150 m de distância entre cada um (Fig. 2.4). A localização de cada ponto foi registada com GPS e sinalizada no terreno com uma fita. A altitude dos pontos foi também registada (Tab. 2.1). Em torno de cada ponto de contagem a vegetação foi amostrada numa parcela com 10 m² (5m x 2m).



Figura 2.2 - Fotografias ilustrativas da área de vegetação exótica na Mata dos Bispos.



Figura 2.3 - Fotografias ilustrativas da área de vegetação nativa na Serra da Tronqueira, zona do Gradiente.

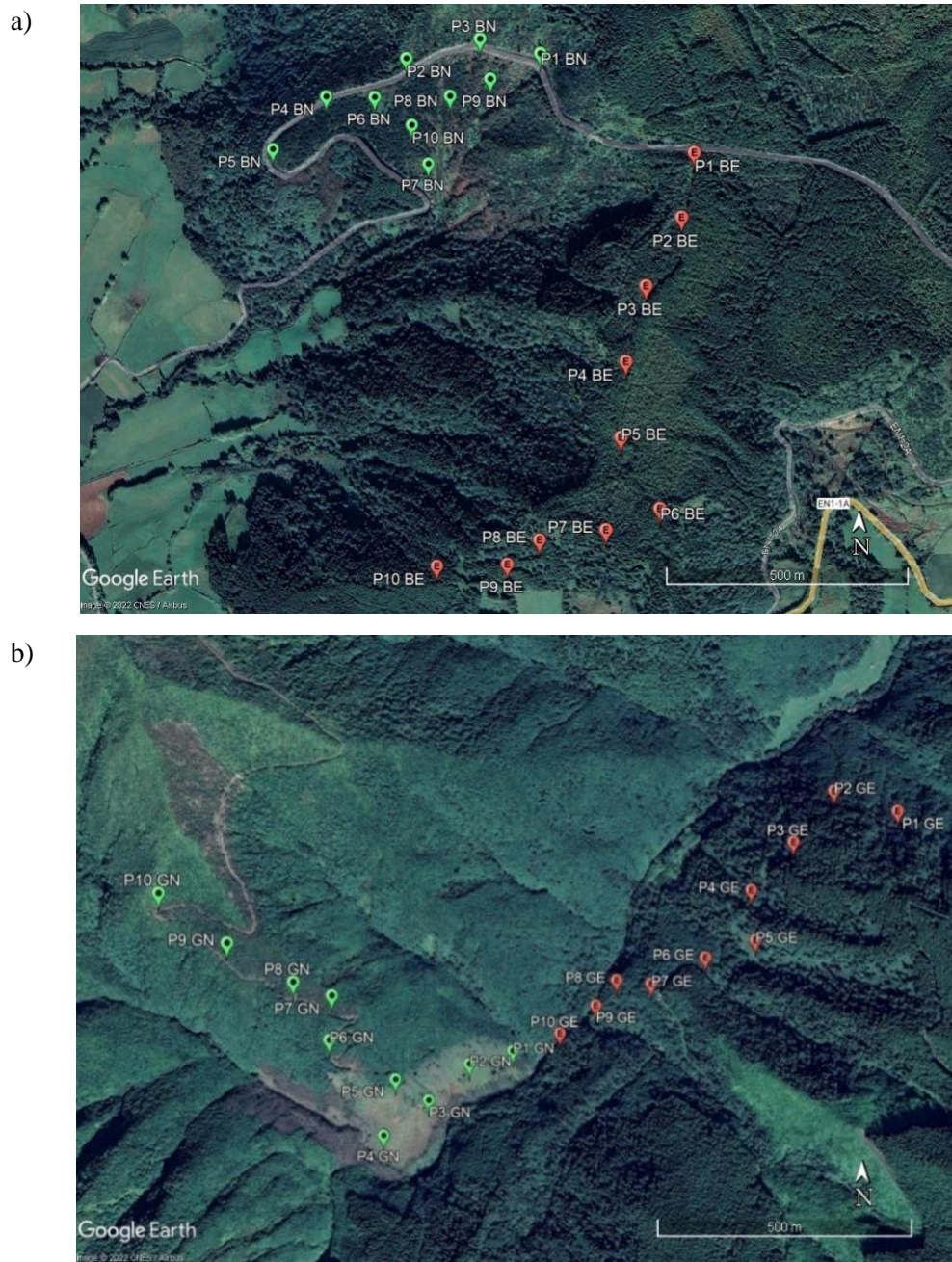


Figura 2.4 - Área de estudo: a) Mata dos Bispos e b) Serra da Tronqueira. A vermelho estão indicados os pontos de contagem em vegetação exótica e a verde os em vegetação nativa. Imagens do satélite Landsat 8, respetivamente de 2020 e 2018, obtidas através do Google Earth Pro.

Tabela 2.1- Altitude em metros dos pontos de contagem nas duas áreas em estudo, na vegetação nativa e na vegetação exótica.

Localização	Ponto	Código	Altitude (m)
Mata dos Bispos- Vegetação Nativa	1	P1 BN	598
Mata dos Bispos- Vegetação Nativa	2	P2 BN	569
Mata dos Bispos- Vegetação Nativa	3	P3 BN	572
Mata dos Bispos- Vegetação Nativa	4	P4 BN	530
Mata dos Bispos- Vegetação Nativa	5	P5 BN	521
Mata dos Bispos- Vegetação Nativa	6	P6 BN	526
Mata dos Bispos- Vegetação Nativa	7	P7 BN	497
Mata dos Bispos- Vegetação Nativa	8	P8 BN	529
Mata dos Bispos- Vegetação Nativa	9	P9 BN	552
Mata dos Bispos- Vegetação Nativa	10	P10 BN	519
Mata dos Bispos- Vegetação Exótica	1	P1 BE	629
Mata dos Bispos- Vegetação Exótica	2	P2 BE	619
Mata dos Bispos- Vegetação Exótica	3	P3 BE	627
Mata dos Bispos- Vegetação Exótica	4	P4 BE	623
Mata dos Bispos- Vegetação Exótica	5	P5 BE	625
Mata dos Bispos- Vegetação Exótica	6	P6 BE	630
Mata dos Bispos- Vegetação Exótica	7	P7 BE	607
Mata dos Bispos- Vegetação Exótica	8	P8 BE	600
Mata dos Bispos- Vegetação Exótica	9	P9 BE	577
Mata dos Bispos- Vegetação Exótica	10	P10 BE	555
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Nativa	1	P1 GN	360
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Nativa	2	P2 GN	358
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Nativa	3	P3 GN	379
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Nativa	4	P4 GN	402
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Nativa	5	P5 GN	435
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Nativa	6	P6 GN	506
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Nativa	7	P7 GN	563
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Nativa	8	P8 GN	572
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Nativa	9	P9 GN	580
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Nativa	10	P10 GN	614
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Exótica	1	P1 GE	441
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Exótica	2	P2 GE	432
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Exótica	3	P3 GE	409
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Exótica	4	P4 GE	410
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Exótica	5	P5 GE	402
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Exótica	6	P6 GE	391
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Exótica	7	P7 GE	398
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Exótica	8	P8 GE	370
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Exótica	9	P9 GE	355
Serra da Tronqueira (Gradiente)- Vegetação Exótica	10	P10 GE	351

2.3 Amostragem de aves e plantas

Todos os pontos de contagem foram realizados uma vez por época, pelos mesmos observadores experientes. A recolha de dados decorreu no Inverno (fevereiro e março) e na Primavera (maio e junho) de 2021, entre as 9:00h e as 10:30h da manhã, evitando condições meteorológicas desfavoráveis, tais como chuva, vento forte e nevoeiro denso. Em cada ponto de contagem foram registadas todas as aves vistas ou ouvidas durante um período de oito minutos, bem como a distância de cada ave ao observador no início da contagem, estimada visualmente (Coelho, 2008; Ceia et al., 2009). Foi incluído um período de um minuto de repouso depois da chegada do observador, seguindo a metodologia utilizada em estudos prévios para comunidades de aves nos Açores (Ceia, 2008; Ceia et al., 2009). Para a caracterização da vegetação foram registadas todas as espécies de flora vascular encontradas dentro da parcela anteriormente definida. As espécies foram identificadas com base num guia de campo para a flora terrestre dos Açores (Schäfer, 2005) e foi estimada a sua abundância. A altura de cada árvore com um diâmetro à altura do peito superior a 5 cm foi também estimada usando uma régua telescópica de sete metros.

2.4 Análise de dados

Todas as análises foram realizadas no R (R Core Team, 2020), exceto indicação em contrário.

A riqueza total de aves foi comparada entre tipos de vegetação e entre estações do ano usando curvas de rarefação criadas no EstimateS versão 9 (Colwell, 2013). A riqueza e a abundância total de aves foi comparada entre tipos de vegetação e entre estações do ano com testes de Kruskal-Wallis (McKight and Najab, 2010). A abundância média das espécies nos pontos entre tipos de vegetação e entre estações do ano com testes de Wilcoxon para amostras emparelhadas com correção para testes múltiplos (Wiedermann and Von Eye, 2013).

Com o objetivo de resumir e visualizar a informação referente à estrutura e composição da vegetação foi realizada uma análise de componentes principais (PCA), tendo em conta a abundância de cada espécie de planta em cada ponto de amostragem. Para resumir a informação foi utilizada a função “PCA” do pacote “FactoMineR” (Lê, et al., 2008), que padroniza automaticamente os dados, e a função “fviz_pca” do pacote “factoextra” (Kassambara and Mundt, 2017), para visualizar os resultados.

Para explorar a estrutura da comunidade avifaunística foi criado um gráfico de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), baseado numa matriz de distâncias calculada a partir do índice de dissimilaridade de Bray-Curtis aplicado aos dados de abundância, cada ponto de amostragem correspondia a uma contagem. O gráfico para os valores de stress da análise nas diferentes dimensões foi obtido através do pacote “goeveg” com a função “dimcheckMDS” (Goral and Schellenberg, 2018) e permitiu selecionar o número de dimensões a reter na análise. Para auxiliar essa escolha foi realizado também o gráfico de Shepard (Goral and Schellenberg, 2018). Para verificar se existiam diferenças entre tipos de vegetação e entre estações do ano foram realizados testes multivariados para análise permutacional de variância (PERMANOVA) e de homogeneidade entre grupos (PERMDISP), usando respetivamente as funções “adonis2” e “betadisper” do pacote “vegan” (Oksanen et al., 2020).

Foram desenvolvidos modelos lineares generalizados (GLMs - Zuur et al., 2009) para explicar a riqueza e abundância das comunidades de aves em função das características de cada ponto de amostragem (Tab.2.2).

Tabela 2.2- Descrição das variáveis ambientais utilizadas na criação dos modelos para a riqueza e abundância de aves.

Variável	Tipo	Descrição	Unidades/categorias
Altitude	Continua	Altitude nos pontos de contagem medida com recurso a GPS	metros
Estação do ano	Catagórica	Estação do ano em que decorreu a recolha de dados	Inverno; Primavera
Tipo de Acesso	Catagórica	Tipo de acesso a cada ponto de contagem	Estrada florestal; Trilho pedestre
Tipo de vegetação	Catagórica	Tipo de vegetação em cada ponto de amostragem	Vegetação nativa; Vegetação exótica
Abundância de árvores	Continua	Abundância das árvores nos pontos de contagem com um DAP > 5cm	
Veg PCA 1	Continua	Valores do primeiro eixo da PCA para os dados da vegetação	
Veg PCA 2	Continua	Valores do segundo eixo da PCA para os dados da vegetação	

A multicolinearidade foi analisada usando a função “chart.Correlation” do pacote “PerformanceAnalytics” (Peterson et al., 2014) e foi criada uma matriz com os coeficientes de correlação de Spearman (ρ) das variáveis em estudo. Foram excluídas dos modelos as variáveis explicativas que apresentavam uma forte correlação entre si e menor correlação com as variáveis resposta. Como os valores de correlação eram muito próximos excluiu-se as variáveis explicativas cujos modelos univariados apresentavam maior valor de Critério de Informação de Akaike corrigido para tamanhos amostrais pequenos (AICc). Para cada variável resposta foram criados GLMs com distribuição poisson, binomial negativa e normal (gaussiana). A adequação dos modelos foi testada usando o pacote “DHARMA” (Hartig and Lohse, 2020), nomeadamente a função “testDispersion” para avaliar a dispersão e a função “simulateResiduals” para avaliar resíduos e excesso de zeros. Foram excluídos da análise os modelos que menos se adequavam aos dados (Zuur et al., 2010), com base no menor valor de AICc (Hurvich et al., 1998).

A lista dos modelos com todas as combinações possíveis de variáveis explicativas foi obtida através da função “dredge” do pacote “MuMIn” (Barton, 2021), a função “model.avg” foi utilizada para selecionar automaticamente as melhores combinações de variáveis nos modelos para a abundância e riqueza com base nos menores valores de AICc. Por fim, foi analisada a importância relativa das variáveis explicativas nos modelos recorrendo à função “importance” do pacote acima referido.

3 Resultados

Foram observadas 12 espécies de Passeriformes em 40 pontos de contagem amostrados duas vezes, incluindo duas espécies introduzidas e dez nativas. Destas, uma é espécie endêmica de São Miguel, outra é subespécie endêmica de São Miguel, cinco são subespécies endêmicas dos Açores, uma é endêmica da Macaronésia e outra é ainda subespécie endêmica da Macaronésia. (Tab. 3.1).

Foram encontradas 44 espécies de plantas das quais 16 são endêmicas dos Açores, uma é subespécie endêmica dos Açores, 10 são nativas, 15 são introduzidas naturalizadas e duas têm ocorrência casual (Tab. 6.1), a abundância de quase todas as espécies variou consoante o tipo de vegetação (Tab. 3.2).

Tabela 3.1 - Espécies de Passeriformes detetadas nos ambientes florestais de São Miguel (Açores) durante os pontos de contagem. As espécies encontram-se ordenadas taxonomicamente (Barcelos et al., 2015).

Nome comum	Nome científico	Estatuto
Estrelinha	<i>Regulus regulus azoricus</i>	Subespécie endêmica de São Miguel
Toutinegra-dos-açores	<i>Sylvia atricapilla gularis</i>	Subespécie endêmica dos Açores
Estorninho-dos-açores	<i>Sturnus vulgaris granti</i>	Subespécie endêmica dos Açores
Melro	<i>Turdus merula azorensis</i>	Subespécie endêmica dos Açores
Pisco-de-peito-ruivo	<i>Erithacus rubecula rubecula</i>	Nativa
Pardal-comum	<i>Passer domesticus domesticus</i>	Introduzida
Bico-de-lacre	<i>Estrilda astrild</i>	Introduzida
Alvéola-cinzenta	<i>Motacilla cinerea patriciae</i>	Subespécie endêmica dos Açores
Pintassilgo	<i>Carduelis carduelis parva</i>	Subespécie endêmica da Macaronésia
Tentilhão-dos-açores	<i>Fringilla coelebs moreletti</i>	Subespécie endêmica dos Açores
Priolo	<i>Pyrrhula murina</i>	Espécie endêmica de São Miguel
Canário-da-terra	<i>Serinus canaria</i>	Espécie endêmica da Macaronésia

Tabela 3.2 - Espécies de plantas encontradas nas parcelas de vegetação e respetiva abundância. As espécies encontram-se ordenadas taxonomicamente (Silva et al., 2010).

ESPÉCIE	ABUNDÂNCIA	
	Vegetação Nativa	Vegetação Exótica
<i>Cladonia macrocarpa</i>	28	10
<i>Cyathea cooperii</i>	20	0
<i>Dicksonia antarctica</i>	36	14
<i>Blechnum spicant</i>	1142	425
<i>Woodwardia radicans</i>	124	0
<i>Pteridium aquilinum</i>	18	31
<i>Dryopteris azorica</i>	32	5
<i>Adiantum hispidulum</i>	30	0

<i>Quercus robur</i>	0	1
<i>Dryopteris affinis</i>	2	0
<i>Pteris incompleta</i>	0	16
<i>Deparia petersenii</i>	141	0
<i>Cryptomeria japonica</i>	1	28
<i>Juniperus brevifolia</i>	2	0
<i>Cupressus sp.</i>	0	5
<i>Laurus azorica</i>	62	1
<i>Morella faya</i>	10	0
<i>Frangula azorica</i>	5	0
<i>Fragaria vesca</i>	190	0
<i>Prunus azorica</i>	6	0
<i>Rubus ulmifolius</i>	95	23
<i>Acacia longifolia</i>	2	5
<i>Hypericum foliosum</i>	32	0
<i>Persicaria capitata</i>	56	34
<i>Clethra arborea</i>	17	96
<i>Calluna vulgaris</i>	12	38
<i>Erica azorica</i>	195	17
<i>Vaccinium cylindraceum</i>	9	14
<i>Myrsine retusa</i>	18	0
<i>Lysimachia azorica</i>	41	38
<i>Picconia azorica</i>	6	0
<i>Scrophularia auriculata</i>	163	0
<i>Solanum mauritianum</i>	4	0
<i>Ilex perado</i>	64	4
<i>Erigeron karvinskianus</i>	141	0
<i>Viburnum treleasei</i>	27	1
<i>Leycesteria formosa</i>	76	4
<i>Hedera azorica</i>	12	9
<i>Pittosporum undulatum</i>	42	12
<i>Smilax azorica</i>	10	0
<i>Juncus effusus</i>	146	0
<i>Luzula purpureosplendens</i>	23	7
<i>Festuca francoi</i>	27	7
<i>Hedychium gardnerianum</i>	65	1779

3.1 Comunidade de Passeriformes na floresta nativa e exótica

Foram detetadas 11 espécies nos dois tipos de vegetação (Fig. 6.1). Na vegetação nativa não se detetou o Pardal-comum (espécie introduzida), enquanto na exótica não se detetou o Estorninho-dos-açores (subespécie endémica; Fig. 3.2). A riqueza de espécies nos pontos foi mais elevada na vegetação nativa do que na exótica ($H(1)=6.46$, $p=0.011$; Fig. 3.1 & Tab. 6.2).

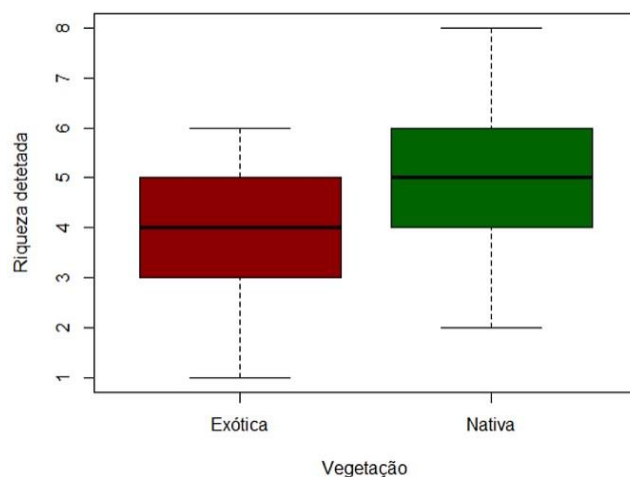


Figura 3.1 - Riqueza total de Passeriformes detetada nos pontos de contagem na vegetação exótica (vermelho) e nativa (verde).

As espécies de aves nativas dominaram a comunidade em ambos os tipos de vegetação (Fig. 3.2 & Fig. 3.3). A Estrelinha (subespécie endémica de São Miguel) foi a única espécie registadas em todos os pontos de contagem na vegetação nativa (Fig. 3.2). Na vegetação exótica, as espécies que estiveram presentes num maior número de pontos foram o Tentilhão-dos-açores e a Estrelinha (Fig. 3.2).

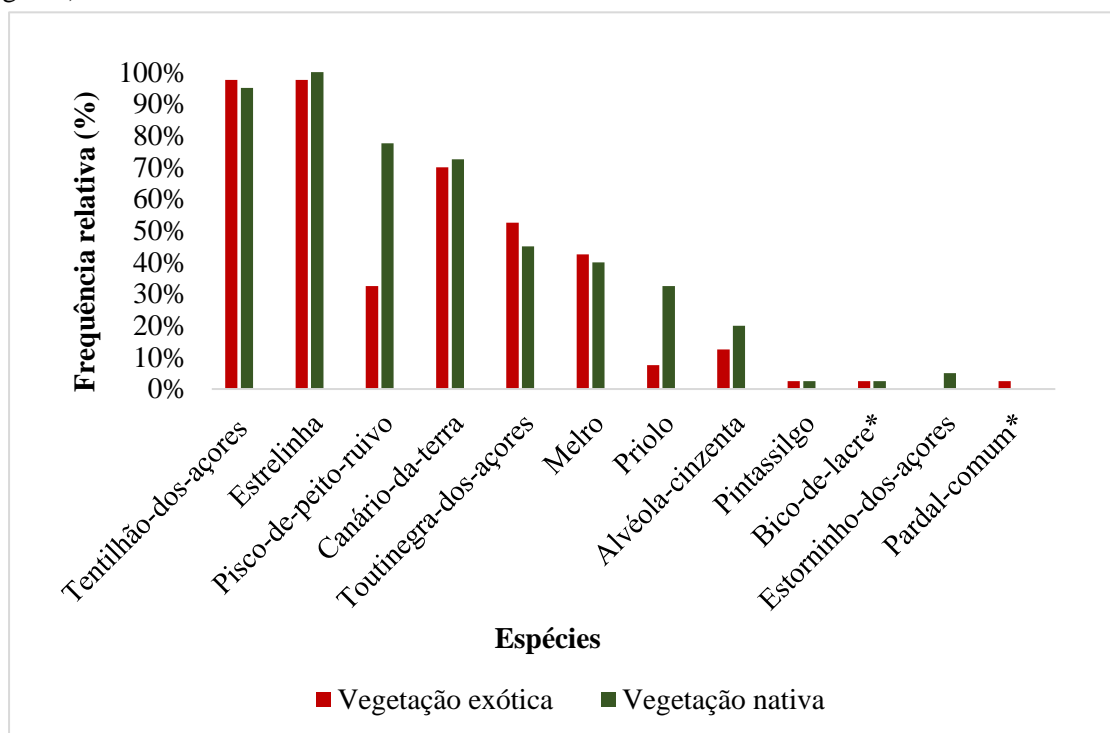


Figura 3.2 – Frequência relativa (%) de Passeriformes na vegetação exótica e nativa. As espécies introduzidas estão sinalizadas com um asterisco (*) por cima do respetivo nome. Realizado no Excel.

A abundância detetada durante os pontos de contagem foi mais elevada na vegetação nativa do que na exótica ($H(1)=21.637$, $p=3.3e-06$; Fig. 3.3 e Tab. 6.2). O Tentilhão-dos-açores foi a espécie mais abundante tanto na vegetação nativa como na vegetação exótica (Fig. 3.3). A abundância detetada foi superior na vegetação nativa para todas as espécies menos para a Toutinegra-dos-açores, o Melro, o Pardal-comum e o Pintassilgo. A diferença de abundância mais acentuada verificou-se no Pisco-de-peito-ruivo, tendo-se registado 87 indivíduos na vegetação nativa e 21 na exótica ($p=6.8e-05$; Tab. 6.3), tendo sido também significativamente mais elevada na vegetação nativa do que na exótica para a Estrelinha ($p=0.0013$; Tab. 6.3), para o Priolo ($p=0.0077$; Tab. 6.3) e para o Canário-da-terra ($p=0.0307$; Tab. 6.3).

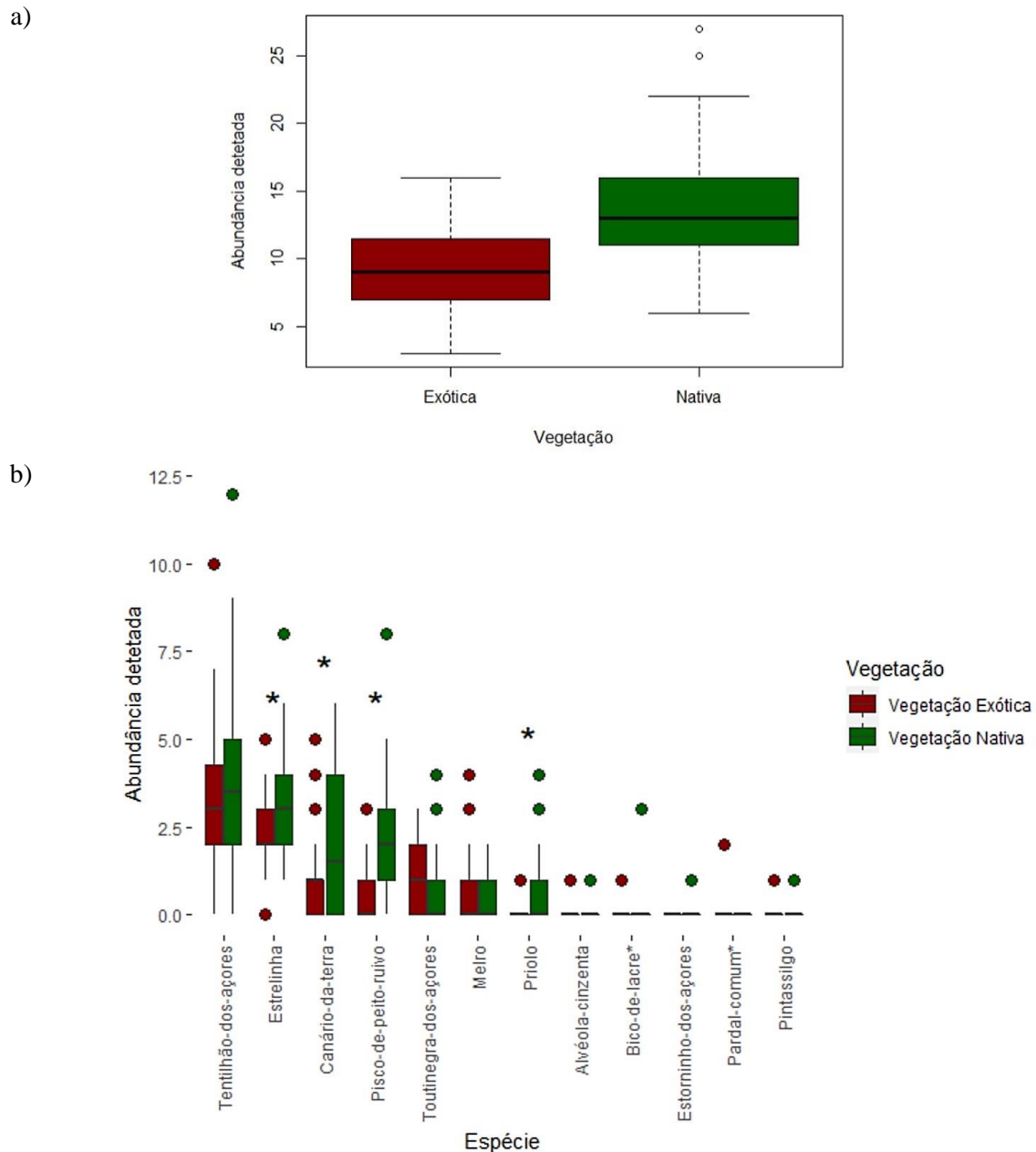


Figura 3.3 – a) Abundância total de Passeriformes detetada nos pontos de contagem na vegetação exótica (vermelho) e nativa (verde). Os círculos representam outliers e b) Abundância das espécies de Passeriformes detetada nos pontos de contagem na vegetação exótica e nativa, as espécies estão ordenadas de acordo com a abundância. As espécies introduzidas estão sinalizadas com um asterisco (*) por cima do nome. As espécies com uma diferença significativa ($p<0.05$) na abundância entre tipos de vegetação estão assinaladas com asteriscos (*) por cima das barras. Os círculos representam outliers.

No NMDS relativo à abundância das espécies de aves nos dois tipos de vegetação, as duas primeiras dimensões apresentam um valor de stress superior a 0.2 (stress=0.227), indicando um possível mau ajuste dos dados (Clarke, 1993). Pela análise dos valores de stress e pelo diagrama de Shepard (Fig. 6.3 & Fig. 6.4) optou-se pela seleção de duas dimensões para a realização do NMDS, apesar do resultado ter de ser interpretado com precaução. A estrutura da comunidade avifaunística (Fig. 3.4 & Tab. 6.5) em vegetação nativa difere em localização da existente em vegetação exótica (PERMANOVA - $F=6.4762$, $R^2=0.0766$, $p=0.001$) mas não em dispersão (PERMDISP - $F=0.6272$, $p=0.4308$).

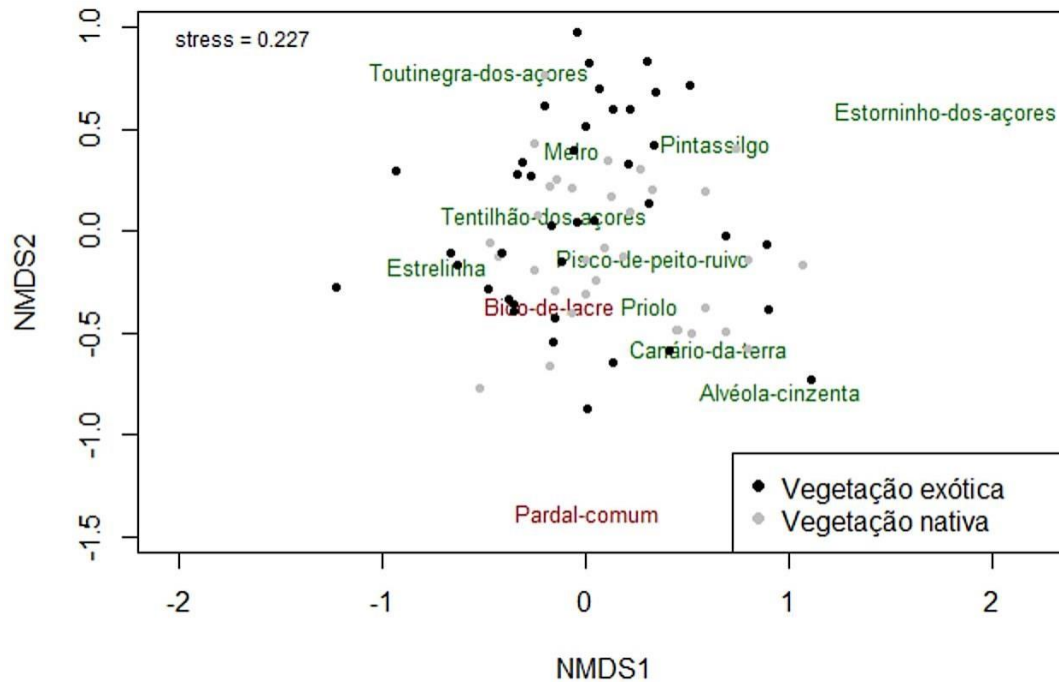
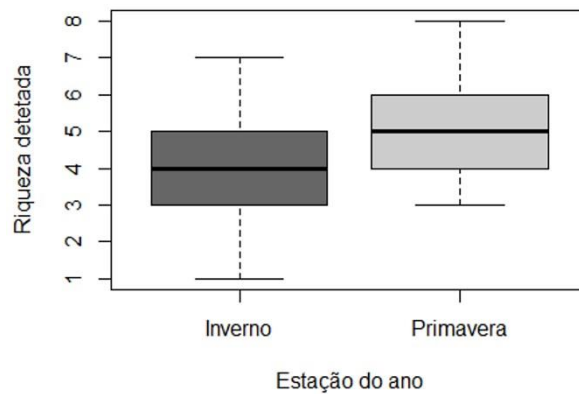


Figura 3.4 - Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para a abundância de Passeriformes nos pontos de contagem na vegetação exótica e nativa. As espécies nativas estão a verde e as introduzidas a vermelho.

3.2 Comunidade de Passeriformes no Inverno e na Primavera

Foram detetadas 11 espécies em ambas as estações do ano amostradas (Fig. 6.2). No Inverno apenas o Bico-de-lacre (espécie introduzida) não foi detetado, já na Primavera o Pardal-comum (espécie introduzida) foi a única espécie a não ser detetada (Fig. 3.6). O Estorninho-dos-açores (subespécie endémica) esteve presente nas duas estações do ano, mas apenas na vegetação nativa e o Pardal-comum esteve presente apenas no Inverno e na vegetação exótica (Fig. 3.6). Não existiu diferença na riqueza de aves ($H(1)=3.4569$; $p=0.0630$, Fig. 3.5 & Tab. 6.2) entre o Inverno e a Primavera.

a)



b)

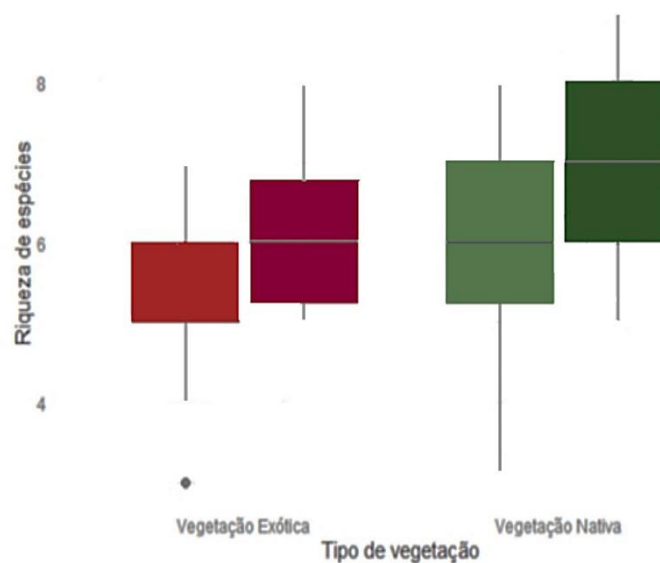


Figura 3.5 – a) Riqueza total de Passeriformes detetada nos pontos de contagem no Inverno (cinzento-escuro) e na Primavera (cinzento-claro); b) Riqueza total de Passeriformes detetada nos pontos de contagem na vegetação exótica, no Inverno (vermelho-claro) e na Primavera (vermelho-escuro), e na vegetação nativa, também no Inverno (verde-claro) e na Primavera (verde-escuro). O círculo representa um outlier.

As espécies nativas estiveram presentes em maior número tanto no Inverno como na Primavera (Fig. 3.6). No Inverno, o Tentilhão-dos-açores foi a espécie mais frequente na vegetação nativa, na vegetação exótica a espécie mais frequente foi a Estrelinha (Fig. 3.6). Na Primavera, a espécie mais frequente nos dois tipos de vegetação foi a Estrelinha (Fig. 3.6). As espécies menos frequentes no Inverno foram, na vegetação nativa, o Pintassilgo e o Estorninho-dos-açores e na vegetação exótica, o Priolo e o Pardal-comum. Na Primavera, as espécies menos frequentes foram, na vegetação nativa, o Estorninho-dos-açores e o Bico-de-lacre e na vegetação exótica o Bico-de-lacre e o Priolo (Fig. 3.6).

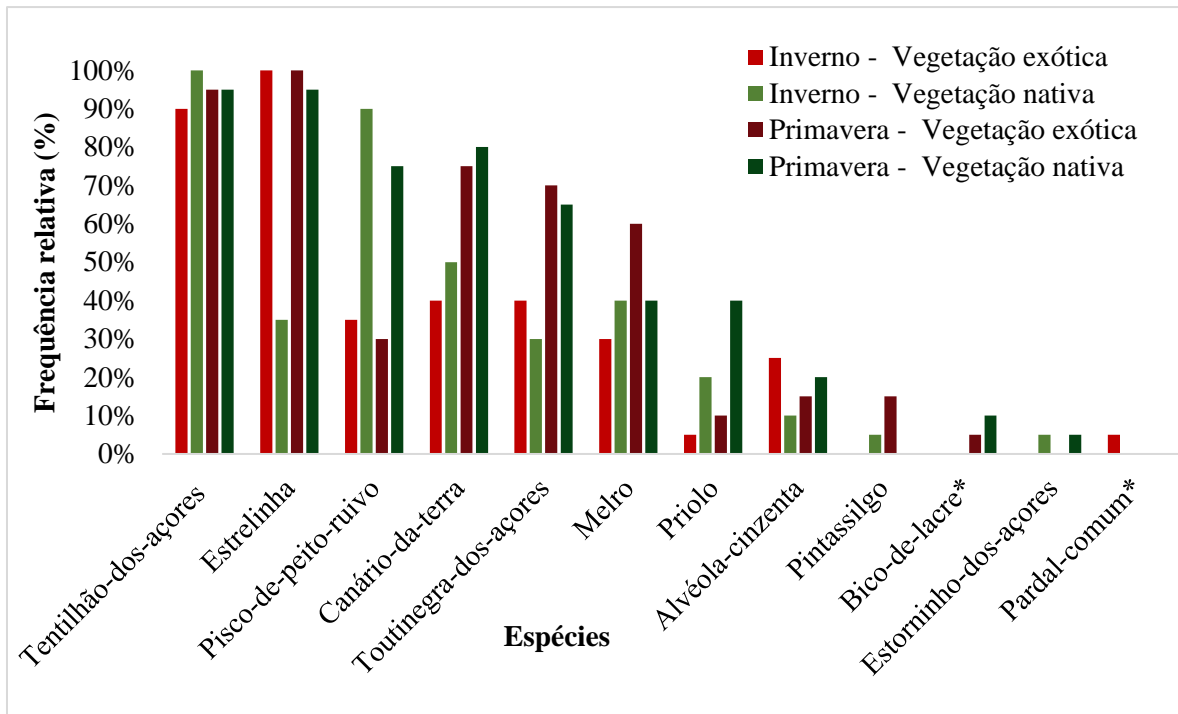
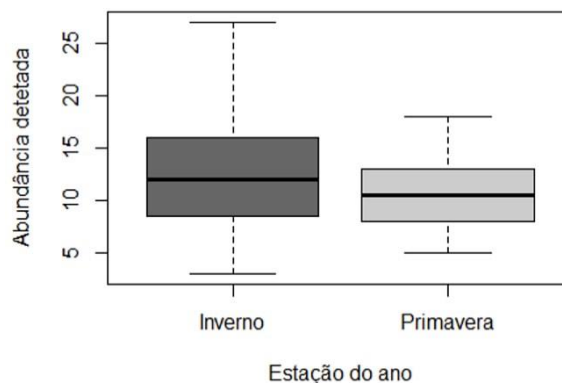


Figura 3.6 – Frequência relativa (%) de Passeriformes no Inverno e na Primavera, na vegetação exótica e nativa. As espécies introduzidas estão sinalizadas com um asterisco (*) por cima do respetivo nome. Realizado no Excel.

Não foram detetadas diferenças na abundância de aves entre o Inverno e a Primavera ($H(1)=3.6143$, $p=0.0573$; Fig. 3.7 & Tab. 6.2). A espécie mais abundante nas duas estações do ano foi o Tentilhão-dos-açores. As espécies nativas foram muito mais abundantes que as espécies introduzidas nas duas estações do ano (Fig. 3.7). A diferença de abundância mais acentuada foi encontrada no Tentilhão-dos-açores ($p=0.0073$; Tab. 6.4) com 173 indivíduos no Inverno e 107 na Primavera. A Estrelinha ($p=0.0003$; Tab. 6.4), o Pisco-de-peito-ruivo ($p=0.0115$; Tab. 6.4) e a Toutinegra-dos-açores (0.0311 ; Tab. 6.4) também apresentaram diferenças significativas na abundância nas duas estações do ano.

a)



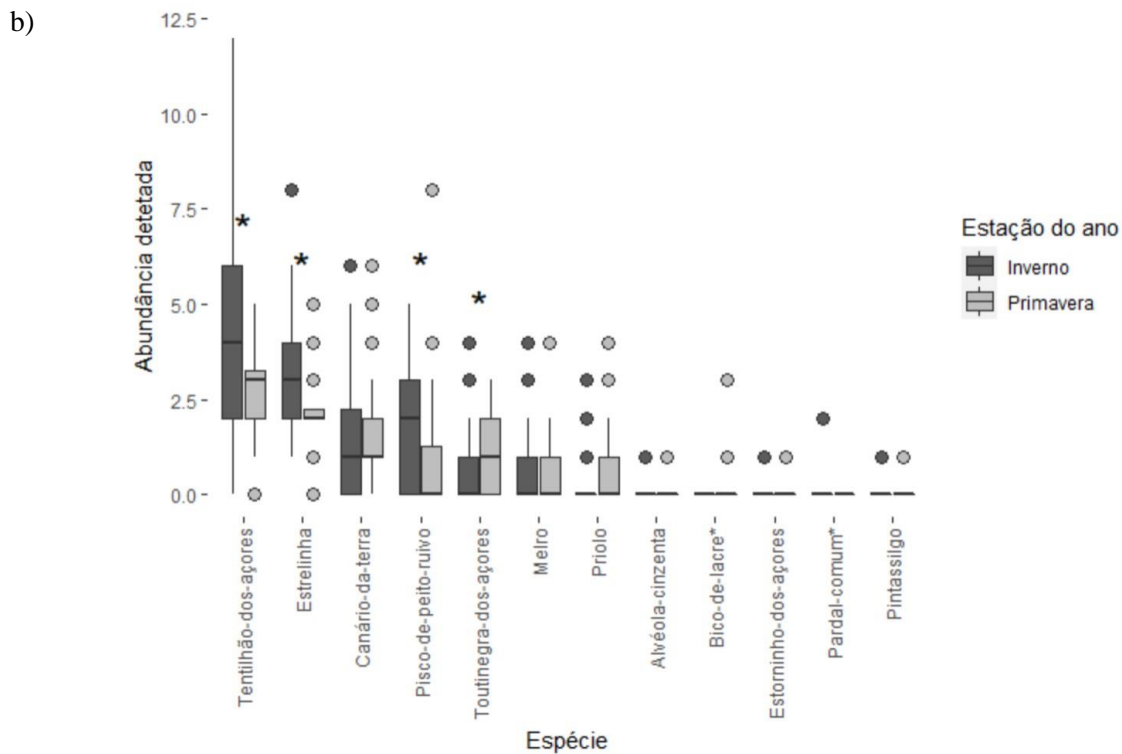


Figura 3.7- a) Abundância total de Passeriformes detetada nos pontos de contagem no Inverno (cinzento-escuro) e na Primavera (cinzento-claro) e b) Abundância das espécies de Passeriformes detetada nos pontos de contagem no Inverno e na Primavera, as espécies estão ordenadas de acordo com a abundância. As espécies introduzidas estão sinalizadas com um asterisco (*) por cima do respetivo nome. As espécies com uma diferença significativa ($p < 0.05$) na abundância entre estações do ano estão assinaladas com asteriscos (*) por cima das barras. Os círculos representam outliers.

Tal como para o gráfico de NMDS anterior, o valor de $\text{stress} = 0.227$ nas duas dimensões foi aceite, apesar da interpretação dos dados ter de ser cautelosa (Clarke, 1993). A estrutura da comunidade avifaunística (Fig. 3.8 & Tab. 6.5) no Inverno difere em localização da da Primavera (PERMANOVA - $F = 9.9805$, $R^2 = 0.1134$, $p = 0.001$), mas não em dispersão (PERMDISP - $F = 0.2194$, $p = 0.6408$).

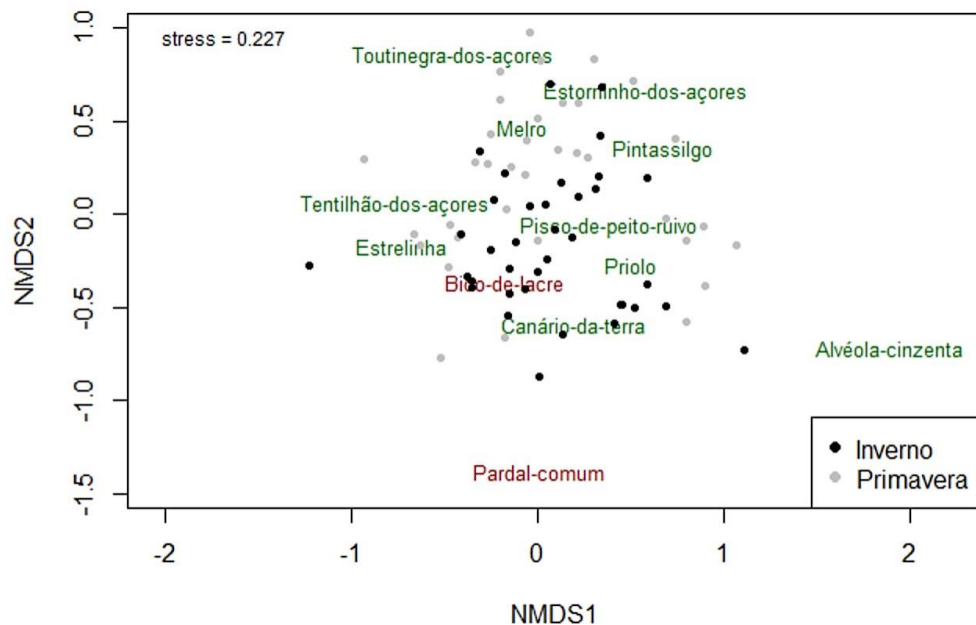


Figura 3.8 - Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para a abundância de Passeriformes nos pontos de contagem no Inverno e na Primavera. As espécies nativas estão a verde e as introduzidas a vermelho.

Tabela 3.3 –Valor dos testes para a dispersão, excesso de zeros e presença de outliers obtidos através do pacote DHARMA (Hartig and Lohse, 2020) para os modelos criados para explicar a riqueza de aves. O valor do AICc para o único modelo que se ajusta aos dados é apresentado na última coluna. O modelo selecionado encontra-se a negrito.

Riqueza de aves	Teste KS	Teste dispersão	Teste outlier	AICc
GLM GAUSSIANA	p=0.97	p=0.76	p=1	260.0
GLM POISSON	p=0.00	p=0	p=1	-
GLM BINOMIAL NEGATIVO	p=0.04	p=0	p=1	-

Tabela 3.4 - Valor dos testes para a dispersão, excesso de zeros e presença de outliers obtidos através do pacote DHARMA (Hartig and Lohse, 2020) para os modelos criados para explicar a abundância de aves. O valor de AICc dos modelos que se ajustam aos dados é apresentado na última coluna. O modelo selecionado encontra-se a negrito.

Abundância de aves	Teste KS	Teste dispersão	Teste outlier	AICc
GLM GAUSSIANA	p=0.62	p=0.76	p=0.13	440.2
GLM POISSON	p=0.73	p=0.94	p=0.96	428.7
GLM BINOMIAL NEGATIVO	p=0.82	p=0.92	p =1	431.1

4 Discussão

Nos 40 pontos de contagem realizados em cada época, foram detetadas 12 espécies de Passeriformes. A riqueza total foi a mesma nas duas estações do ano, no entanto a riqueza pontual aumentou na Primavera e em áreas de vegetação nativa a uma altitude intermédia. A abundância total de aves foi mais elevada no Inverno, nas áreas de vegetação nativa com estradas florestais, e a uma altitude intermédia.

4.1 Comunidade de Passeriformes na floresta nativa e exótica

Foram detetadas 11 espécies em cada tipo de vegetação, das 12 detetadas no total. Na vegetação exótica não foi registada uma subespécie endémica dos açores, enquanto na vegetação nativa não foi registada uma espécie introduzida. A riqueza total foi a mesma nos dois tipos de vegetação sendo possível observar que a maior parte das espécies apresenta um nicho ecológico amplo, ocupando tanto áreas invadidas como não-invadidas. A reduzida competição interespecífica devido à baixa diversidade de Passeriformes na ilha pode explicar a presença das espécies nos diferentes tipos de vegetação (Prodon et al., 2002). Resultados similares foram encontrados também para os Açores (Ceia et al., 2009) e para a ilha da Madeira (Oliveira et al., 1998).

A riqueza pontual foi mais baixa na vegetação exótica, onde mais pontos tiveram um número reduzido de espécies. O que pode ser explicado pela existência de condições menos propícias à presença de aves resultantes da modificação estrutural do habitat pela introdução de espécies invasoras, tornando as comunidades vegetais mais homogêneas, constituídas por poucas espécies muito abundantes (Murray et al., 2007; Heleno et al., 2009; Barnagaud et al., 2014). No entanto, em alguns pontos de tipo de vegetação exótica foi detetado um número elevado de espécies, demonstrando que apesar de tudo é possível esta vegetação reunir condições favoráveis à riqueza de aves.

Tanto a abundância total como a pontual foram mais elevadas na vegetação nativa, em especial para as espécies/subespécies endémicas. Tal como para a riqueza pontual, possivelmente devido à composição e à maior complexidade deste ecossistema (Carrascal et al., 2002), que provavelmente, entre outros fatores, beneficia a disponibilidade de recursos alimentares diversificados para diversas espécies de aves (Ramos, 1995; Heleno et al., 2009). As espécies introduzidas demonstraram maior preferência por vegetação exótica. Resultados idênticos foram obtidos na Nova Zelândia para uma comunidade de aves nativas e exóticas (Barnagaud et al., 2014). As aves nativas foram as mais abundantes nos dois tipos de vegetação, à exceção do Estorninho-dos-açores, que se sabe preferir áreas urbanas (Carrascal and Palomino, 2005; Ceia et al., 2009). A elevada deteção de espécies nativas nos dois tipos de vegetação poderá prender-se com o facto de estas apresentarem um nicho ecológico associado a áreas florestais, enquanto as espécies introduzidas podem preferir áreas não incluídas neste estudo, tais como áreas agrícolas mais abertas e áreas urbanas (Gorresen et al., 2007; Ceia et al., 2009). O Tentilhão-dos-açores foi a espécie mais detetada, possivelmente por apresentar movimentos mais amplos, além de se saber ser um dos Passeriformes mais abundantes da ilha (Equipa Atlas, 2008). O Priolo esteve presente quase exclusivamente na vegetação nativa, por ser possivelmente a espécie mais especialista da comunidade (Ceia et al., 2009; Ceia et al., 2011).

Existiram diferenças na estrutura das comunidades devido à abundância total das espécies diferir entre os dois tipos de vegetação. O mesmo foi observado para uma comunidade de aves no Texas, apesar da riqueza de espécies ser a mesma nos dois tipos de vegetação, a abundância total de cada espécie dentro das áreas florestais foi diferente e estruturou a comunidade (Flanders et al., 2006).

4.2 Comunidade de Passeriformes no Inverno e na Primavera

Nas duas estações do ano foram detetadas 11 espécies de Passeriformes, dez nativas e uma introduzida. As aves nativas tanto no Inverno como na Primavera, estiveram muito mais associadas aos ambientes florestais analisados que as introduzidas (Gorresen et al., 2007; Ceia et al., 2009).

A riqueza e abundância total de aves não apresentaram diferenças significativas consoante a estação do ano, não existindo provavelmente alteração significativa das condições para as aves existentes nesses locais. Cada ponto de contagem foi amostrado apenas uma vez em cada época, fator possivelmente limitante para a deteção de padrões sazonais. Foram detetadas mais espécies ao nível dos pontos na Primavera, o que poderá estar simplesmente relacionado com a maior detetabilidade nesta altura do ano, que coincide com a época reprodutora, em que as aves terão maior nível de atividade (Best, 1981; Gorresen et al., 2007).

As aves nativas apresentaram uma maior preferência pela vegetação nativa nas duas estações do ano, sendo também as mais abundantes. O Tentilhão-dos-Açores foi a espécie mais detetada nas duas estações, verificando-se possivelmente os mesmos padrões que para a análise anterior. As aves nativas muitas das quais subespécies/espécies endémicas, são colonizadoras mais antigas. O tempo de evolução destas no arquipélago criou adaptações específicas para as condições ambientais, que agora limitam a sua capacidade de dispersão. Pode existir assim, uma relação negativa entre os níveis de endemismo e a capacidade em ocupar diferentes áreas, sobretudo áreas invadidas, estruturalmente diferentes (Carrascal et al., 2008).

Entre estações do ano apesar das características gerais da comunidade não se alterarem, a frequência relativa das espécies variou, o que supõe a alteração do uso das áreas pelas diferentes espécies consoante a estação do ano (Ramos, 1995; Neves, 2004). Existiram diferenças na estrutura das comunidades entre as duas estações do ano, resultado das diferenças na abundância das espécies entre as duas épocas nos dois tipos de vegetação.

4.3 Variáveis ambientais determinantes das características da comunidade avifaunística

Os Passeriformes florestais em São Miguel, especialmente as espécies/subespécies endémicas estiveram associadas à vegetação nativa. Apesar da riqueza total ter sido a mesma nas duas estações do ano e nos dois tipos de vegetação, a riqueza nos pontos de contagem foi maior na Primavera e na vegetação nativa. Tal como referido acima, possivelmente pela maior detetabilidade nessa estação do ano e pelo facto dos pontos na vegetação nativa apresentarem melhores condições, quer pela maior disponibilidade de alimento como de abrigo (Best, 1981; Gorresen et al., 2007). A riqueza de espécies esteve relacionada positivamente com a altitude intermédia a que se encontravam os pontos de contagem, as condições climáticas nessa zona parecem favorecer a comunidade de aves, que encontra ventos menos fortes e temperaturas mais amenas (Rahbek, 1995; McCain, 2009).

A abundância de aves foi maior na vegetação nativa, em especial para as espécies/subespécies endémicas. Os ecossistemas mais complexos, com maior número de plantas e de diferentes tipos vegetais, podem estar a beneficiar as aves, ao proporcionar mais recursos, tais como abrigo, alimento e locais para nidificação (Murray et al., 2007). Em São Miguel, estudos já realizados para as comunidades florestais demonstram a importância das áreas de vegetação nativa para a sua manutenção e sobrevivência (Ramos, 1995; Ceia et al., 2009).

Tal como para a riqueza, também a altitude intermédia esteve relacionada positivamente com a abundância de aves, sendo provável a atuação dos mesmos fatores. Quando o acesso aos pontos foi feito através de uma estrada florestal a abundância de aves foi maior, talvez por alguns desses pontos se encontrarem em zonas mais abertas, onde a deteção de aves é mais facilitada. A grande maioria dos trabalhos sobre comunidades de aves desenvolvidos em São Miguel focam-se sobretudo no Priolo, por ser a espécie de Passeriforme mais ameaçada da ilha. Este trabalho revela a importância das áreas de floresta nativa para as restantes espécies da comunidade.

4.4 Implicações para a conservação

Apesar do reduzido número de Passeriformes que habitam o arquipélago dos Açores, a comunidade ganha relevância por ser constituída maioritariamente por espécies e subespécies endémicas dos Açores e da Macaronésia. Embora as espécies possam ocupar diferentes habitats na ilha, apresentam uma distribuição mundial restrita e uma enorme importância ecológica e evolutiva. As espécies de plantas nativas proporcionam recursos mais diversos às aves, sendo preferidos pela maioria das espécies nativas. A destruição contínua dos ecossistemas florestais nativos de São Miguel coloca em causa a sobrevivência das aves nativas e em especial dos endemismos, que devido à sua singularidade são as mais valiosas da ilha (Rodrigues and Cunha, 2010; Barcelos et al., 2015). A espécie de Passeriforme mais carismática de São Miguel, o Priolo, é uma espécie guarda-chuva dos Passeriformes florestais e da própria floresta nativa da ilha. A conservação e restauro da sua área de ocorrência está a permitir proteger a Laurissilva. Foram criados dois planos de ação para a espécie (Ramos, 1996; Teodósio et al., 2009), que está abrangida pela Diretiva Aves, pela Convenção de Berna e pelo CITES (Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Fauna e da Flora Selvagem Ameaçadas de Extinção) (Teodósio et al., 2009).

Em São Miguel, devido à escassez de vegetação nativa, o restauro ecológico, com remoção das espécies invasoras e plantação de espécies nativas e endémicas apresenta um papel central na conservação das comunidades florestais. Os trabalhos de restauro dentro da ZPE onde se inseriu este estudo, já apresentaram provas da sua eficácia, sendo a principal a recuperação da população de Priolo (SPEA, 2020). Em pouco tempo, depois da remoção das espécies invasoras, o aumento da produção de sementes e a floração das espécies nativas levou a que esses locais apresentassem maior disponibilidade de recursos alimentares (Ceia et al., 2011). O ritmo da remoção e recuperação das áreas restauradas é superior ao avanço de novas invasões (Heleno et al., 2010), tornando o restauro viável e eficaz e aumentando as áreas de vegetação nativa disponível para as aves. Desde o ano de 2003 diversos projetos LIFE têm permitido restaurar e recuperar habitats prioritários (Teodósio et al., 2009), em 2018 a área de Laurissilva já tinha aumentado em mais de 300 hectares (Coelho, 2008). Seria assim importante dar continuidade a estas ações de restauro ecológico e conservação da floresta nativa, nomeadamente dentro da ZPE do Pico da Vara/Ribeira do Guilherme, continuando a aumentar a área de floresta nativa.

Este trabalho reforça a ideia de que as comunidades de aves podem ser úteis na determinação das áreas a proteger e conservar (Rodrigo and Cunha, 2012), pois estão muitas vezes associadas a características específicas dos ecossistemas. Os resultados vão ao encontro do obtido em estudos similares para as comunidades de Passeriformes nas florestas da Macaronésia (Oliveira et al., 1998; Carrascal and Palomino, 2005; Carrascal et al., 2008; Ceia et al., 2009; Ceia et al., 2011). Com este estudo foi possível aumentar o conhecimento sobre a comunidade de Passeriformes florestais em São Miguel, analisando também diferenças sazonais. Devido a limitações de calendário apenas foi possível amostrar cada área uma vez em cada época, em trabalhos futuros seria recomendável aumentar o esforço amostrar. As medidas para proteção das espécies devem passar por dar continuidade aos trabalhos de remoção e controlo de espécies não nativas invasoras, com plantação de espécies nativas e endémicas, que muito têm contribuído para a persistência da comunidade de Passeriformes em São Miguel. A gestão e planeamento florestal com o intuito de aumentar o conhecimento sobre o estado atual da floresta açoreana é também muito importante.

5 Referências

(De acordo com as regras de citação da revista Biological Conservation)

- Alcover, J.A., Pieper, H., Pereira, F., Rando, J.C., 2015. Five new extinct species of rails (Aves: Gruiformes: Rallidae) from the Macaronesian Islands (North Atlantic Ocean). *Zootaxa* 4057, 151–190.
- Arosa, M. L., Ceia, R. S., Quintanilla, L. G., Ramos, J. A., 2012. The tree fern *Dicksonia antarctica* invades two habitats of European conservation priority in São Miguel Island, Azores. *Biological Invasions*, 14(7), 1317-1323.
- Asner, G.P., Hughes, R.F., Vitousek, P.M., Knapp, D.E., Kennedy-Bowdoin, T., Boardman, J., Martin, R.E., Eastwood, M., Green, R.O., Performed, R.O.G., 2008. Invasive plants transform the three-dimensional structure of rain forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(11), 4519-4523.
- Barcelos, L.M.D., Rodrigues, P.R., Bried, J., Mendonça, E.P., Gabriel, R., Borges, P.A.V., 2015. Birds from the Azores: An updated list with some comments on species distribution. *Biodiversity Data Journal* 3.
- Barnagaud, J. Y., Barbaro, L., Papaix, J., Deconchat, M., Brockerhoff, E. G., 2014. Habitat filtering by landscape and local forest composition in native and exotic New Zealand birds. *Ecology*, 95(1), 78-87.
- Barton, K., 2021. MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.44. 3/r480.
- Bennett, A.F., Haslem, A., Cheal, D.C., Clarke, M.F., Jones, R.N., Koehn, J.D., Lake, P.S., Lumsden, L.F., Lunt, I.D., MacKey, B.G., Mac Nally, R., Menkhorst, P.W., New, T.R., Newell, G.R., O’Hara, T., Quinn, G.P., Radford, J.Q., Robinson, D., Watson, J.E.M., Yen, A.L., 2009. Ecological processes: A key element in strategies for nature conservation. *Ecological Management and Restoration*, 10(3), 192-199.
- Bernardello, G., Anderson, G.J., Stuessy, T.F., Crawford, D.J., 2006. The angiosperm flora of the Archipelago Juan Fernandez (Chile): Origin and dispersal. *Canadian Journal of Botany*, 84(8), 1266-1281.
- Best, L. B., 1981. Seasonal changes in detection of individual bird species. *Studies in Avian Biology* 6, 252–261.
- BirdLife International (2018) State of the world’s birds: taking the pulse of the planet. Cambridge, UK: BirdLife International.
- Blondel, J., 2000. Evolution and ecology of birds on islands: trends and prospects. *Evolution and ecology of birds on islands: trends and prospects. Vie et Milieu* 50, 205-220.
- Bolton, M., Smith, A.L., Gómez-Díaz, E., Friesen, V.L., Medeiros, R., Bried, J., Roscales, J.L., Furness, R.W., 2008. Monteiro’s Storm-petrel *Oceanodroma monteiroi*: a new species from the Azores, *Ibis*, 150(4), 717-727.
- Borges, P.A. V., Azevedo, E.B., Borba, A., Dinis, F.O., Gabriel, R., Silva, E., 2009. Cap. 14: Ilhas Oceânicas. *Ecossistemas e Bem-Estar Humano em Portugal* 463–510.
- Borges, P.A.V., Santos, A.M.C., Elias, R.B., Gabriel, R., 2019 The azores archipelago: Biodiversity erosion and conservation biogeography, in: *Encyclopedia of the World’s Biomes*. Elsevier 101-113.
- Broadbent, E.N., Asner, G.P., Keller, M., Knapp, D.E., Oliveira, P.J.C., Silva, J.N., 2008. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation* 141, 1745–1757.
- Buchanan, G.M., Donald, P.F., Butchart, S.H.M., 2011. Identifying priority areas for conservation: A global assessment for forest-dependent birds. *PLoS ONE* 6(12), e29080.
- Bustamante, M., Nardoto, G.B., Jcf, Takahashi, F., Vieira, L., 2012. Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems, *Brazilian journal of biology*. 72(3), 655–671.

- Calado, H., Lopes, C., Porteiro, J., Paramio, L., Monteiro, P., 2009. Legal and Technical Framework of Azorean Protected Areas. *Journal of Coastal Research*, 1179–1183.
- Carnus, J.M., Parrotta, J., Brockerhoff, E., Arbez, M., Jactel, H., Kremer, A., Lamb, D., O'hara, K., Walters, B., 2003. Planted Forests and Biodiversity. In 3. Session of the United Nations forum on forests. 15, 33. IUFRO.
- Carrascal, L. M., Palomino, D., Lobo, J. M. 2002. Patrones de preferencias de hábitat y de distribución y abundancia invernal de aves en el centro de España. Análisis y predicción del efecto de factores ecológicos. *Animal Biodiversity and Conservation*, 25(1), 7-40.
- Carrascal, L. M., Palomino, D., 2005. Preferencias de hábitat, densidad y diversidad de las comunidades de aves en Tenerife (Islas Canarias). *Animal Biodiversity and Conservation*, 28(2), 101-119.
- Carrascal, L. M., Seoane, J., Palomino, D., Polo, V., 2008. Explanations for bird species range size: ecological correlates and phylogenetic effects in the Canary Islands. *Journal of Biogeography*, 35(11), 2061-2073.
- Caujapé-Castells, J., Tye, A., Crawford, D.J., Santos-Guerra, A., Sakai, A., Beaver, K., Lobin, W., Vincent Florens, F.B., Moura, M., Jardim, R., Gómes, I., Kueffer, C., 2010. Conservation of oceanic island floras: Present and future global challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12, 107–129.
- Ceia, R. 2008. Monitorização da população de Priolo. Relatório da acção F6 do Projecto LIFE Priolo. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa.
- Ceia, R., Heleno, R., Ramos, J. A., 2009. Summer abundance and ecological distribution of passerines in native and exotic forests in São Miguel, Azores. *Ardeola*, 56(1), 25-39.
- Ceia, R.S., Sampaio, H.L., Parejo, S.H., Heleno, R.H., Arosa, M.L., Ramos, J.A., Hilton, G.M., 2011. Throwing the baby out with the bathwater: Does laurel forest restoration remove a critical winter food supply for the critically endangered Azores bullfinch? *Biological Invasions* 13, 93–104.
- Celesti-Grapow, L., Bassi, L., Brundu, G., Camarda, I., Carli, E., D'Auria, G., Del Guacchio, E., Domina, G., Ferretti, G., Foggi, B., Lazzaro, L., Mazzola, P., Peccenini, S., Pretto, F., Stinca, A., Blasi, C., 2016. Plant invasions on small Mediterranean islands: An overview. *Plant Biosystems* 150, 1119–1133.
- Clarke, K. R., 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18, 117-143.
- Coelho, R., 2018. Monitorização de Priolo *Pyrrhula murina* 2018. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa (relatório não publicado).
- Colwell, R. K., 2013. Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9. User's Guide and Application. <http://purl.oclc.org/estimates>.
- de Almeida, A.M., Alvarenga, P., Figueiro, D., 2021. The dairy sector in the Azores Islands: possibilities and main constraints towards increased added value. *Tropical Animal Health and Production* 53.
- Diamond, J.M., 1989. The present, past and future of human-caused extinctions. *Philosophical Transactions - Royal Society of London*, 325(1228), 469-477.
- Dias, E., 2001. Ecologia e Classificação da Vegetação Natural dos Açores. *Cuadernos de Botânica* 3, 1-29.
- Dias, E., Mendes, C., Melo, C., Pereira, D., Elias, R., 2005. Azores Central Islands Vegetation and Flora Field guide, *Quercetea* 7, 123-173.
- Elias, R. B., Gil, A., Silva, L., Fernández-Palacios, J. M., Azevedo, E. B., Reis, F., 2016. Natural zonal vegetation of the Azores Islands: characterization and potential distribution. *Phytocoenologia*, 46(2), 107-123.
- Equipa atlas. 2008. Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (1999-2005). Instituto de Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Parque Natural da Madeira e Secretaria Regional do Ambiente e do Mar, Assírio & Alvim. Lisboa, 590 p.
- FAO. 2001. The Global Forest Resources Assessment 2000 – main report. FAO Forestry Paper No. 140. Rome, FAO.
- Flanders, A. A., Kuvlesky Jr, W. P., Ruthven III, D. C., Zaiglin, R. E., Bingham, R. L., Fulbright, T. E., Hernández, F., Brennan, L. A., Brennan, L. A., 2006. Effects of invasive exotic grasses on south Texas rangeland breeding birds. *The Auk*, 123(1), 171-182.
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Stuart Chapin, F., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Colin, I., Ramankutty, N., Snyder, P.K., 2005. *Science* 309, 570-574.
- Frankham, R., 1998. Inbreeding and Extinction: Island Populations, *Conservation Biology* 12(3), 665-

- Gaspar, C., Borges, P. A., Gaston, K. J., 2008. Diversity and distribution of arthropods in native forests of the Azores archipelago. *Marine Sciences*, 25, 01-30.
- Gil, A., 2005. Pico da Vara/Ribeira do Guilherme Special Protected Area Management Plan. Lisboa: SPEA.
- Gillespie, R., 2007. Oceanic Islands: Models of Diversity. *Encyclopedia of Biodiversity*, 1-13.
- Gil-Tena, A., Saura, S., Brotons, L., 2007. Effects of forest composition and structure on bird species richness in a Mediterranean context: Implications for forest ecosystem management. *Forest Ecology and Management* 242, 470–476.
- Goral, F., Schellenberg, J., 2018. Package ‘goeveg’. Functions for Community Data and Ordinations, R package. Version, 0.4, 2.
- Corresen, P. M., Camp, R. J., Pratt, T. K., 2007. Forest Bird Distribution, Density and Trends in the Ka'u Region of Hawai'i Island. Open-File Report, (2007-1076).
- Guimarães, A., Olmeda, C., 2008. Management of Natura 2000 habitats. 9360 *Macaronesian laurel forests (*Laurus*, *Ocotea*). European Commission 1–26.
- Gurevitch, J., Padilla, D.K., 2004. Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends in Ecology and Evolution* 19, 470–474.
- Haddad, E., Silva, V., Porsse, A., Dentinho, T., 2012. Multipliers in an Island Economy: The Case of the Azores, Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo (NEREUS).
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., Townshend, J. R. G., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342, 850-853, 6160 pp.
- Hartig, F., Lohse, L., 2020. DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models.
- Heleno, R. H., R. S. Ceia, J. A. Ramos, J. Memmott., 2009. The effect of alien plants on insect abundance and biomass: a food web approach. *Conservation Biology* 23, 410–419.
- Heleno, R., Lacerda, I., Ramos, J.A. and Memmott, J., 2010. Evaluation of restoration effectiveness: community response to the removal of alien plants. *Ecological Applications*, 20, 1191-1203.
- Hurvich, C. M., Simonoff, J. S., & Tsai, C. L., 1998. Smoothing parameter selection in nonparametric regression using an improved Akaike information criterion. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, 60(2), 271-293.
- IUCN 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-1. <https://www.iucnredlist.org> (acedido em junho 2022).
- Jenkins, M., Schaap, B., Forest Ecosystem Services In United Nations Forum on Forests. April 2018.
- Johnson, T.H., Stattersfield, A.J., 1990. A global review of island endemic birds. *Ibis*, 132, 167-180.
- Kassambara, A., Mundt, F., 2017. Package ‘factoextra’. Extract and visualize the results of multivariate data analyses, 76(2).
- Kreft, H., Jetz, W., Mutke, J., Kier, G., Barthlott, W., 2008. Global diversity of island floras from a macroecological perspective. *Ecology Letters* 11, 116–127.
- Lacaze, J.F., 2000. Forest management for recreation and conservation: new challenges. *Forestry* 73,137–141.
- Lê, S., Josse, J., Husson, F., 2008. FactoMineR: An R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software* 25, 1–18.
- Loehle, C., Wigley, T.B., Rutzmoser, S., Gerwin, J.A., Keyser, P.D., Lancia, R.A., Reynolds, C.J., Thill, R.E., Weih, R., White, D., Wood, P.B., 2005. Managed forest landscape structure and avian species richness in the southeastern US. *Forest Ecology and Management* 214, 279–293.
- Magurran, A. E., Henderson, P. A., 2003. Explaining the excess of rare species in natural species abundance distributions. *Nature*, 422(6933), 714-716.
- McCain, C. M., 2009. Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 18(3), 346-360.
- McKight, P.E., Najab, J., 2010. Kruskal-Wallis Test. In *The Corsini Encyclopedia of Psychology* (eds I.B. Weiner and W.E. Craighead).
- Mitchell, M.S., Lancia, R.A., Gerwin, J.A., 2001. Using landscape-level data to predict the distribution of birds on a managed forest: effects of scale, *Ecological Applications* 11(6), 1692-1708.
- Mittermeier, R.A., Turner, W.R., Larsen, F.W., Brooks, T.M., Gascon, C., 2011. Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots, in: *Biodiversity Hotspots*. Springer Berlin Heidelberg, 3–22.

- Mori, A.S., Lertzman, K.P., Gustafsson, L., 2017. Biodiversity and ecosystem services in forest ecosystems: a research agenda for applied forest ecology. *Journal of Applied Ecology* 54, 12–27.
- Murray, B. R., Dickman, C. R., Robson, T., Haythornthwaite, A., Cantlay, A. J., Dowsett, N., Hills, N., 2007. Effects of exotic plants in native vegetation on species richness and abundance of birds and mammals. *Pest or guest: the zoology of overabundance*, 216-221.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J., 2000. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. *Nature*, 403, 853-858.
- Naoe, S., Sakai, S., Masaki, T., 2012. Effect of forest shape on habitat selection of birds in a plantation-dominant landscape across seasons: Comparison between continuous and strip forests. *Journal of Forest Research* 17, 219–223.
- Neves, V., Ramos, J. A., Pereira, J., Silva, A. G., 2004. Ocorrência, utilização de habitat e dieta da Toutinegra-de-barrete-Macaronésica *Sylvia atricapilla gularis* na Ilha do Pico, Açores. *Airo*, 14, 29-40.
- Oksanen, A.J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., Minchin, P.R., Hara, R.B.O., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., 2020. *vegan: Community Ecology. Package. R package version 2.5-7.*
- Oliveira, P., Neves, H. C., Silva, I., 1998. Composition, structure and density changes of passerine communities in laurel forest, exotic forest and agricultural fields on Madeira Island.
- Paulay, G., 1994. Biodiversity on Oceanic Islands: Its Origin and Extinction. *American Zoologist*, 34, 134-144.
- Pereira, H.M., Leadley, P.W., Proença, V., Alkemade, R., Scharlemann, J.P.W., Fernandez-Manjarrés, J.F., Araújo, M.B., Balvanera, P., Biggs, R., Cheung, W.W.L., Chini, L., Cooper, H.D., Gilman, E.L., Guénette, S., Hurr, G.C., Huntington, H.P., Mace, G.M., Oberdorff, T., Revenga, C., Rodrigues, P., Scholes, R.J., Sumaila, U.R., Walpole, M., 2010. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science* 330(6010), 1496-1501.
- Peterson, B.G., Carl, P., Boudt, K., Bennett, R., Ulrich, J., Zivot, E., Lestel, M., Balkissoon, K., Wuertz, D., 2014. *PerformanceAnalytics: Econometric tools for performance and risk analysis. R package.*
- Pimm, S.L., Russell, G.J., Gittleman, J.L., Brooks, T.M., 1995. The future of biodiversity. *Science* 269, 347–350.
- Powell, K.I., Chase, J.M., Knight, T.M., 2011. A synthesis of plant invasion effects on biodiversity across spatial scales. *American Journal of Botany* 98, 539–548.
- Prodon, R., Thibault, J. C., Dejaifve, P. A., 2002. Expansion vs. compression of bird altitudinal ranges on a Mediterranean island. *Ecology*, 83(5), 1294-1306.
- Purvis, A., Hector, A., 2000. Getting the Measure of Biodiversity. *Nature*, 405, 212-9.
- Rahbek, C., 1995. The Elevational Gradient of Species Richness: A Uniform Pattern? *Ecography*, 18(2), 200-205.
- Ramos, J.A., 1995. The diet of the azores bullfinch *Pyrrhula murina* and floristic variation within its range, *Biological Conservation* 71(3), 237-249.
- Ramos, J. A. 1996. Action plan for the Azores Bullfinch (*Pyrrhula murina*) In: Heredia, B.; Rose, L.; Painter, M. (ed.), *Globally threatened birds in Europe: action plans*, pp. 347-352. Council of Europe and BirdLife International, Strasbourg.
- Rawat., U.S., Agarwal, N., 2015. Biodiversity: Concept, Threats and Conservation. *Environment Conservation Journal*, 16, 19-28.
- Rodrigues, P., Cunha, R., 2010. Azorean birds—a natural heritage. *Açoreana*, Suppl, 7, 319-330.
- Rodrigues, P., Cunha, R.T., 2012. Birds as a tool for island habitat conservation and management. *American Journal of Environmental Sciences* 8, 5–10.
- Rull, V., Lara, A., Rubio-Inglés, M.J., Giralt, S., Gonçalves, V., Raposeiro, P., Hernández, A., Sánchez-López, G., Vázquez-Loureiro, D., Bao, R., Masqué, P., Sáez, A., 2017. Vegetation and landscape dynamics under natural and anthropogenic forcing on the Azores Islands: A 700-year pollen record from the São Miguel Island. *Quaternary Science Reviews* 159, 155–168.
- Santos, F. D., Valente, M. A., Miranda, P. M. A., Aguiar, A., Azevedo, E. B., Tomé, A. R., Coelho, F., 2004. Climate change scenarios in the Azores and Madeira Islands. *World Resource Review*, 16(4), 473-491.
- Santos, R.S., Hawkins, S., Monteiro, L.R., Alves, M., Isidro, E.J., 1995. Marine research, resources and conservation in the Azores. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 5, 311-354.
- Schäfer, H., 2005. *Flora of the Azores: A Field Guide*. Margraf Verlag, 346 pp.
- Sekercioglu, C.H., 2006. Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology and Evolution* 21(8), 464-471.

- Silva, L., Moura, M., Schaefer, H., Rumsey, F., Dias, E. F., 2010. Cap. 6: LISTA DAS PLANTAS VASCULARES (Tracheobionta). 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.) A list of the terrestrial and marine biota from the Azores. pp.117-146, Príncipe, Cascais, 432 pp.
- Silva, L., Smith, C.W., 2004. A characterization of the non-indigenous flora of the Azores Archipelago. *Biological Invasions* 6, 193–204.
- Silva, L., Smith, C.W., 2006. A quantitative approach to the study of non-indigenous plants: An example from the Azores Archipelago. *Biodiversity and Conservation* 15, 1661–1679.
- Spatz, D.R., Zilliacus, K.M., Holmes, N.D., Butchart, S.H.M., Genovesi, P., Ceballos, G., Tershy, B.R., Croll, D.A., 2017. Globally threatened vertebrates on islands with invasive species. *Science advances*, 3(10), e1603080.
- SPEA 2020. Relatório Final do Projeto LIFE+ Terras do Priolo - Proteção ativa da população do Priolo e seus habitats e gestão sustentável das ZPE do Pico da Vara / Ribeira do Guilherme. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Nordeste (relatório não publicado).
- Stattersfield, A.J., Crosby, M.J., Long, A.J. and Wege, D.C., 1998. Endemic Bird Areas of the World. Priorities for biodiversity conservation. BirdLife Conservation Series 7. Cambridge: BirdLife International.
- Steadman, D.W., 1995. Prehistoric extinctions of Pacific Island birds: Biodiversity meets zooarchaeology. *Science* 267, 1123–1131.
- Teodósio J.; Ceia, R., Costa, L., 2009. Species Action Plan for the Azores Bullfinch *Pyrrhula murina* in the European Union. 19 pp.
- Tershy, B.R., Shen, K.W., Newton, K.M., Holmes, N.D., Croll, D.A., 2015. The importance of islands for the protection of biological and linguistic diversity. *BioScience*, 65(6), 592–597.
- Thompson, I.D., Okabe, K., Tylianakis, J.M., Kumar, P., Brockerhoff, E.G., Schellhorn, N.A., Parrotta, J.A., Nasi, R., 2011. Forest biodiversity and the delivery of Ecosystem goods and services: Translating science into Policy. *BioScience* 61, 972–981.
- Whelan, C.J., Wenny, D.G., Marquis, R.J., 2008. Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1134, 25–60.
- Whittaker, R.J., Araújo, M.B., Jepson, P., Ladle, R.J., Watson, J.E.M., Willis, K.J., 2005. Conservation Biogeography: assessment and prospect, *Diversity and Distributions*, 11, 3-23.
- Wiedermann, W., Von Eye, A., 2013. Robustness and power of the parametric t test and the nonparametric Wilcoxon test under non-independence of observations. *Psychological Test and Assessment Modeling* 55, 39–61.
- Williams, K.J., Ford, A., Rosauer, D.F., De Silva, N., Mittermeier, R., Bruce, C., Larsen, F.W., Margules, C., 2011. Forests of East Australia: The 35th Biodiversity Hotspot, in: *Biodiversity Hotspots*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 295–310.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A., Smith, G.M., 2009. GLM and GAM for Count Data. In: *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Statistics for Biology and Health. Springer, New York, NY.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Elphick, C.S., 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution* 1, 3–14.

6 Material suplementar

6.1 Tabelas

Tabela 6.1– Lista de espécies da flora vascular amostrada e respetivo estatuto (Silva et al., 2010).

Nome científico	Nome comum	Estatuto
<i>Culcita macrocarpa</i>	Feto-do-cabelinho	Nativa
<i>Cyathea cooperi</i>	Feto-arbóreo-australiano	Naturalizada
<i>Dicksonia antarctica</i>	Feto-arbóreo-da-Tasmânia	Naturalizada
<i>Blechnum spicant</i>	Feto-pente	Nativa
<i>Woodwardia radicans</i>	Feto-do-botão	Nativa
<i>Pteridium aquilinum</i>	Feto-dos-montes	Nativa
<i>Dryopteris affinis</i>	Falso-feto-macho	Nativa
<i>Dryopteris azorica</i>	-	Endémica dos Açores
<i>Adiantum hispidulum</i>	Feto-avenca	Naturalizada
<i>Pteris incompleta</i>	Feto-de-palma	Nativa
<i>Deparia petersenii</i>	Feto-dama-japonesa	Naturalizada
<i>Cryptomeria japonica</i>	Criptoméria	Naturalizada
<i>Juniperus brevifolia</i>	Cedro-das-ilhas	Endémica dos Açores
<i>Cupressus sp.</i>	Cedro	Casual
<i>Laurus azorica</i>	Louro-da-terra	Endémica dos Açores
<i>Quercus robur</i>	Carvalho-alvarinho	Casual
<i>Morella faya</i>	Samouco	Nativa
<i>Frangula azorica</i>	Sanguinho	Endémica dos Açores
<i>Fragaria vesca</i>	Morango-silvestre	Naturalizada
<i>Prunus azorica</i>	Ginja	Endémica dos Açores
<i>Rubus ulmifolius</i>	Silva	Naturalizada
<i>Acacia longifolia</i>	Acácia-de-espigas	Naturalizada
<i>Hypericum foliosum</i>	Furalha	Endémica dos Açores
<i>Persicaria capitata</i>	Tapete-inglês	Naturalizada
<i>Clethra arborea</i>	Cletra	Naturalizada
<i>Calluna vulgaris</i>	Urze	Nativa
<i>Erica azorica</i>	Vassoura	Endémica dos Açores
<i>Vaccinium cylindraceum</i>	Uva-da-serra	Endémica dos Açores
<i>Myrsine retusa</i>	Tamujo	Endémica dos Açores
<i>Lysimachia azorica</i>	Morrião-dourado	Endémica dos Açores
<i>Picconia azorica</i>	Pau-branco	Endémica dos Açores
<i>Scrophularia auriculata</i>	Erva-das-escaldadelas	Nativa
<i>Solanum mauritianum</i>	Tabaqueira	Naturalizada
<i>Ilex perado subsp. azorica</i>	Azevinho	Subespécie Endémica dos Açores
<i>Erigeron karvinskianus</i>	Vitadânia-das-floristas	Naturalizada
<i>Viburnum treleasei</i>	Folhado	Endémica dos Açores
<i>Leycesteria formosa</i>	Silvado-manso	Naturalizada
<i>Hedera azorica</i>	Hera	Endémica dos Açores

<i>Pittosporum undulatum</i>	Incenso	Naturalizada
<i>Smilax azorica</i>	Salsaparrilha	Endémica dos Açores
<i>Juncus effusus</i>	Junco-solto	Nativa
<i>Luzula purpureosplendens</i>	Saragasso	Endémica dos Açores
<i>Festuca francoi</i>	Bracel	Endémica dos Açores
<i>Hedychium gardnerianum</i>	Conteira	Naturalizada

Tabela 6.2 – Valor de probabilidade obtido através do teste de Kruskal-Wallis para observações independentes e variáveis ordinais; dados de abundância e riqueza de aves nos diferentes tipos de vegetação e estações do ano. A negrito estão assinalados os valores de probabilidade significativos estatisticamente ($P < 0.05$).

	Tipo de Vegetação (valor de p)	Estação do ano (valor de p)
Abundância	3.295 e-06	0.05728
Riqueza	0.01103	0.06299

Tabela 6.3 - Teste de Wilcoxon para comparação da abundância de Passeriformes na vegetação nativa e exótica, com correção para testes múltiplos. As espécies que apresentam diferenças significativas ($p < 0.05$) estão assinaladas a negrito.

	Vegetação Nativa - Vegetação Exótica (Valor de p-ajustado)
Tentilhão-dos-açores	0.5054
Estrelinha	0.0013
Pisco-de-peito-ruivo	6.8e-05
Canário-da-terra	0.0307
Toutinegra-dos-açores	0.2344
Melro	0.1516
Priolo	0.0077
Alvéola-cinzenta	0.4968
Pardal-comum	1.0000
Estorninho-dos-açores	0.4189
Pintassilgo	1.0000
Bico-de-lacre	0.4889

Tabela 6.4- Teste de Wilcoxon para comparação da abundância de Passeriformes no Inverno e na Primavera, com correção para testes múltiplos. As espécies que apresentam diferenças significativas ($p < 0.05$) estão assinaladas a negrito.

	Inverno
	-
	Primavera
	(Valor de p-ajustado)
Tentilhão-dos-açores	0.0073
Estrelinha	0.0003
Pisco-de-peito-ruivo	0.0115
Canário-da-terra	0.5468
Toutinegra-dos-açores	0.0311
Melro	0.5678
Priolo	0.1665
Alvéola-cinzenta	0.1665
Pardal-comum	0.3625
Estorninho-dos-açores	1.0000
Pintassilgo	1.0000
Bico-de-lacre	0.2095

Tabela 6.5 – Comparação da estrutura da comunidade em todos os pontos de contagem para o tipo de vegetação e as estações do ano. Foi utilizado o teste de emparelhamento PERMANOVA para detetar diferenças na localização dos dois grupos e o teste PERMDISP para testar a dispersão.

Tipo de Vegetação	DF	SS	R ²	F	Pr(>F)
PERMANOVA	1	0,7494	0.0766	6.4762	0.001
PERMDISP	1	0.0067	-	0.6272	0.4308
Estação do ano					
PERMANOVA	1	1.1089	0.1134	9.9805	0.001
PERMDISP	1	0.0027	-	0.2194	0.6408

Tabela 6.6– Resumo dos valores obtidos para as variáveis explicativas, através do modelo linear generalizado com distribuição normal para a riqueza de Passeriformes. O AICc foi 260.0.

	Erro padrão	Valor de t	P(> t)
Estação do ano	0.261	2.171	0.0332 *
Tipo de Vegetação	0.281	3.199	0.0020 **
Altitude	0.001	-2.456	0.0164 *
Tipo de acesso	0.314	-1.848	0.0685 .
Abundância de árvores	0.099	-0.745	0.4585
Código de significância 0 ^{****} 0.001 ^{***} 0.01 ^{**} 0.05 [*] 0.1 ^ˆ			

Tabela 6.7 – Resumo dos valores obtidos para as variáveis explicativas, através do modelo linear generalizado com distribuição poisson para a abundância de Passeriformes. O AICc foi 428.7.

	Erro padrão	Valor de Z	P(> Z)
Estação do ano	0.067	-3.102	0.0019 **
Tipo de Vegetação	0.074	6.163	7.13e-10 ***
Altitude	0.000	-2.122	0.0338 *
Tipo de acesso	0.075	-3.168	0.0015 **
Abundância de árvores	0.025	-0.573	0.5666
Códigos de significância	0****	0.001***	0.01**

Tabela 6.8 - Importância relativa e coeficiente de correlação das variáveis explicativas em relação à riqueza e abundância de Passeriformes florestais em São Miguel. Nas linhas estão as variáveis explicativas, nas colunas as variáveis resposta. Primeira linha de cada célula: importância relativa de cada variável explicativa; segunda linha: coeficiente e erro padrão ajustado referentes à média condicional. Os valores foram obtidos através da função *Model averaging*. Os maiores valores de importância relativa para cada modelo estão destacados a negrito.

	Riqueza de espécies	Abundância de espécies
Estação do ano	0.80 0.585 (0.268)	0.98 -0.207 (0.067)
Tipo de Vegetação	0.98 0.916 (0.283)	1.00 0.464 (0.073)
Altitude	0.92 -0.004 (0.002)	0.79 -0.001 (0.000)
Tipo de Acesso	0.68 -0.626 (0.334)	0.98 -0.244 (0.077)
Abundância de árvores	0.30 -0.079 (0.104)	0.28 -0.016 (0.026)

6.2 Figuras

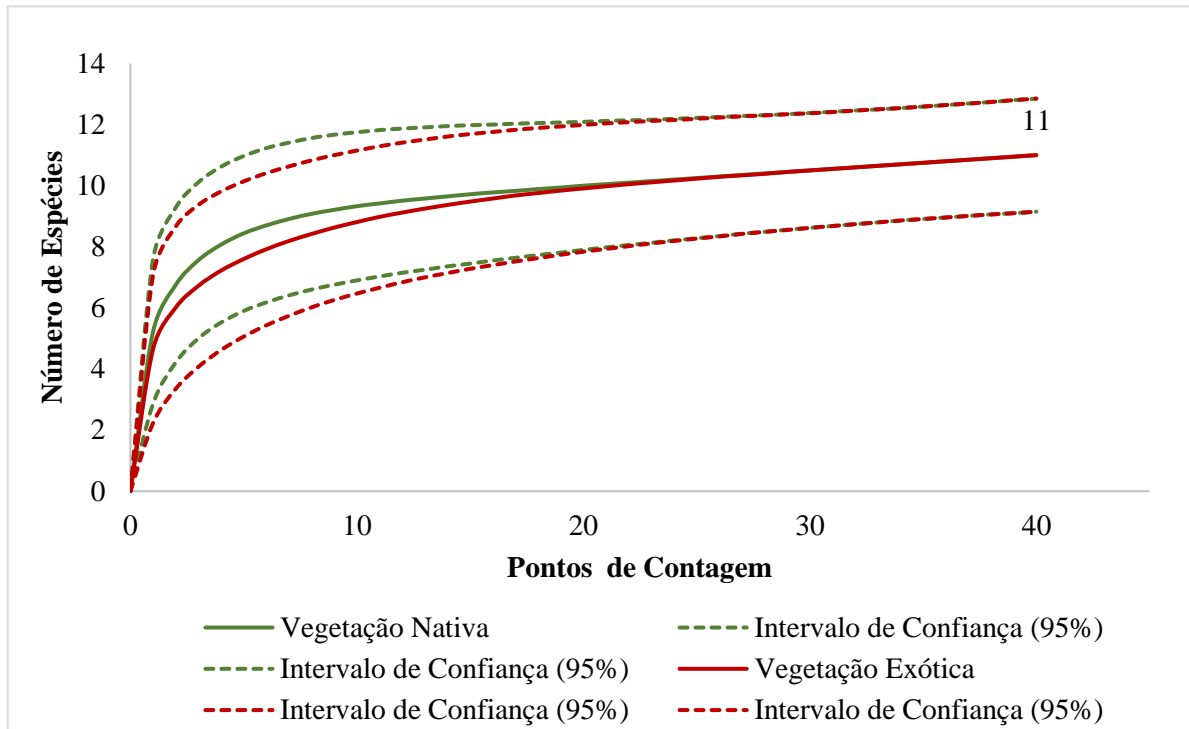


Figura 6.1 – Curva de rarefação para todas as espécies nos pontos de contagem na vegetação nativa - linha a verde e na vegetação exótica – linha a vermelho. As linhas a tracejado correspondem aos intervalos de confiança de 95% para os dois tipos de vegetação. O número de espécies encontra-se escrito em frente às curvas.

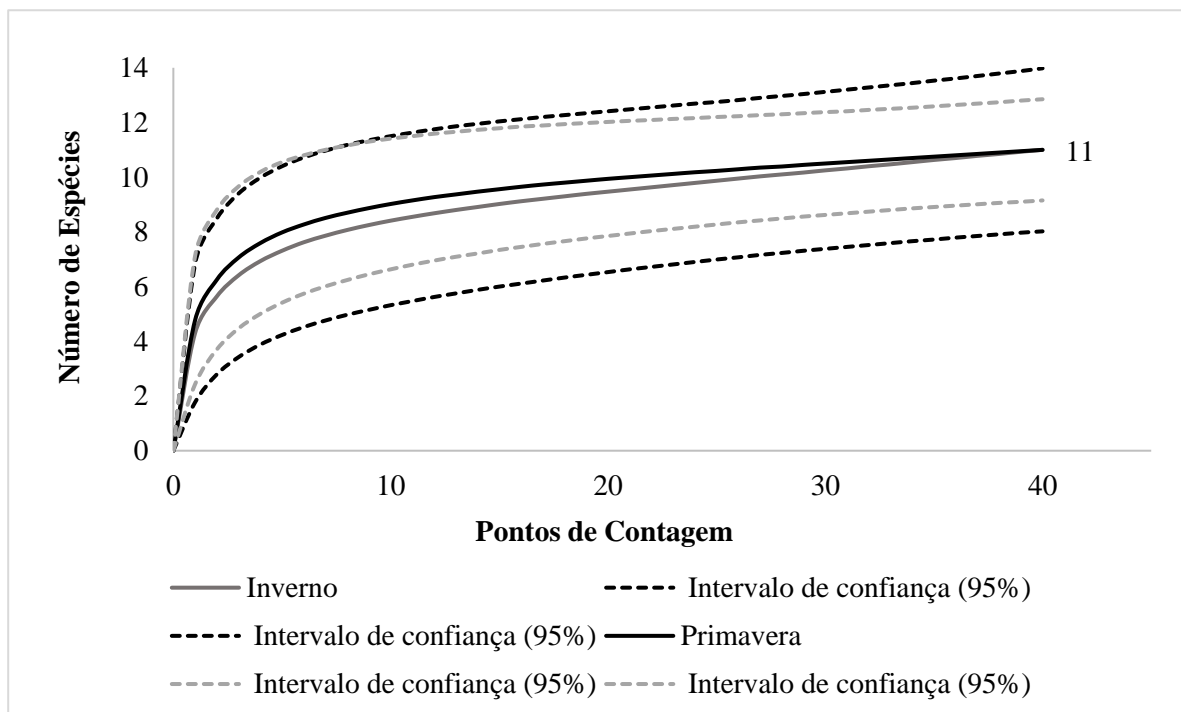


Figura 6.2 – Curva de rarefação para todas as espécies nos pontos de contagem no Inverno- linha a cinzento e na Primavera– -linha a preto. As linhas a tracejado correspondem aos intervalos de confiança de 95% para as duas estações do ano. O número de espécies encontra-se escrito em frente às curvas.

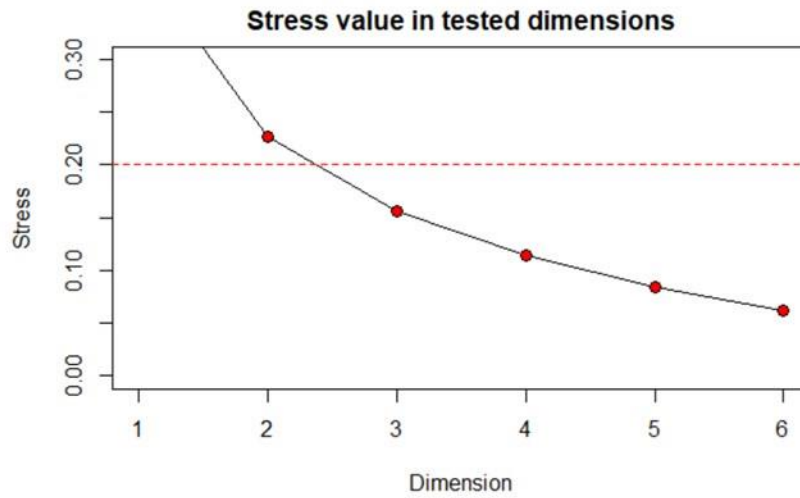


Figura 6.3 - Valor de stress da análise NMDS (escalamento multidimensional não-métrico) para as várias dimensões da ordenação, a linha vermelha a tracejado marca o valor de stress abaixo do qual o ajuste das distâncias e a sua projeção se encontra bem representada.

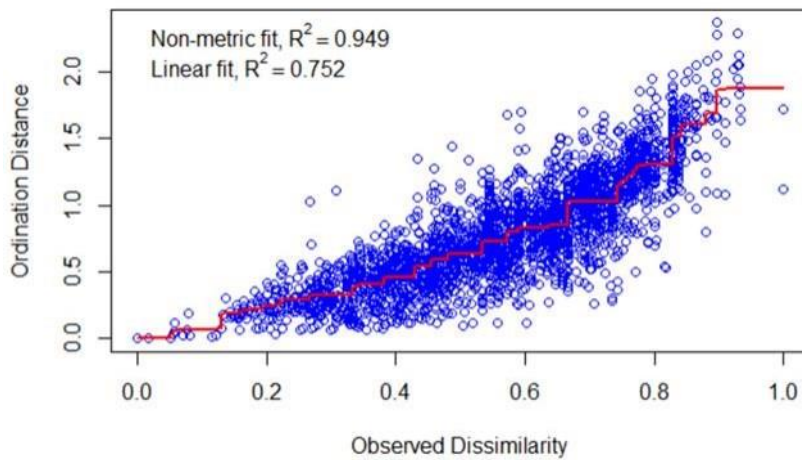


Figura 6.4 - Gráfico de Shepard para a análise NMDS (escalamento multidimensional não-métrico) para os valores de abundância de aves.

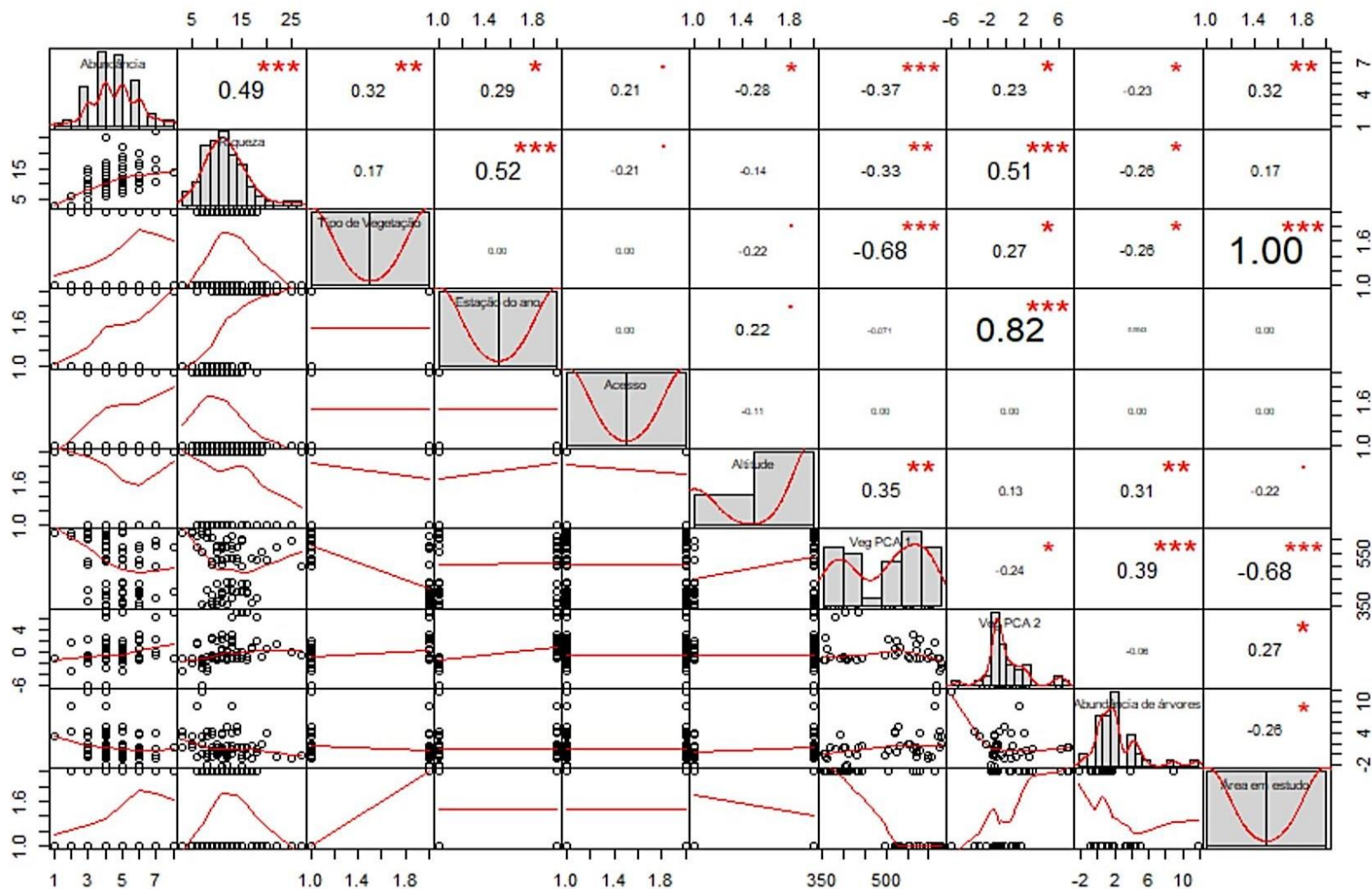


Figura 6.5- Coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para as variáveis em estudo. Os respectivos níveis de significância estão assinalados com estrela a vermelho (zero estrelas a variável não é significativa estatisticamente, uma, duas ou três estrelas, assinalam as variáveis com um nível de significância de 1%, 5% e 10%, respetivamente). São também apresentados os histogramas e as linhas de regressão para as variáveis.

6.3 R Scripts

{O mesmo código foi utilizado para as estações do ano}
*São apresentados apenas os passos principais

#Importar os dados

```
library(readxl)
GLM_dados <- read_excel("C:/Users/francisca/Desktop/EXCEL análises/GLM_dados.xlsx")
View(GLM_dados)
Dados_glm<-GLM_dados[,-1]
View(Dados_glm)
```

#Gráfico de barras da riqueza de aves detetada nos dois tipos de vegetação com teste de Kruskal-Wallis

```
boxplot(Dados_glm$Riqueza~Dados_glm$`Tipo de vegetação`, data = Dados_glm, xlab =
"Vegetação",ylab = "Riqueza detetada", col = c("darkred","darkgreen"), names = c("Exótica","Nativa"))
kruskal.test(Riqueza~(`Tipo de vegetação`))
```

#Gráfico de barras da abundância de aves detetada nos dois tipos de vegetação com teste de Kruskal-Wallis

```
boxplot(Dados_glm$Abundância~Dados_glm$`Tipo de vegetação`,data = Dados_glm, xlab =
"Vegetação",ylab = "Abundância detetada", col = c("darkred","darkgreen"), names =
c("Exótica","Nativa"))
kruskal.test(Abundância~(`Tipo de vegetação`))
```

#Gráfico de barras da abundância das espécies de Passeriformes detetada nos pontos de contagem nos dois tipos de vegetação com teste de Wilcoxon

```
library(ggplot2)
abundancia_por_ponto<-read_excel("C:/Users/francisca/Desktop/EXCEL
análises/abundancia_por_ponto.xlsx")
View(abundancia_por_ponto)
g<-ggplot(data=abundancia_por_ponto,aes(x=reorder(Espécie,-Abundância,na.rm = TRUE),
y=Abundância,fill=Vegetação))+geom_boxplot(aes(fill=Vegetação),outlier.shape=21,outlier.size=3)+
scale_x_discrete(guide = guide_axis(angle = 90))+scale_fill_manual(values = c("darkred",
"darkgreen")) +ylab("Abundância detetada")+ xlab("Espécie")+ theme(panel.grid =
element_blank(),panel.background = element_blank())
g + annotate("text", x = 2, y = 6,5, label = "*",size = 7) + annotate("text", x = 3, y = 7, label = "*",size
= 7)+ annotate("text", x = 4, y = 6,5, label = "*",size = 7)+ annotate("text", x = 7, y = 5, label = "*",size
= 7)
pairwise.wilcox.test(abundancia_por_ponto$Abundância,abundancia_por_ponto$`Espécie_estação`,
paired = TRUE,p.adjust.method = "BH")
```

#Análise NMDS

```
library(vegan)
library(goeveg)
dados_NMDS <- read_excel("C:/Users/francisca/Desktop/EXCEL análises/dados_NMDS.xlsx")
View(dados_NMDS)
str(dados_NMDS)
```

```

especies <- dados_NMDS[,2:13]
View(especies)
dimcheckMDS(especies)
dist.bray <- vegdist(especies, method = "bray")
resultado<-metaMDS(especies,previous.best=dist.bray,k=2,trymax = 100)
stressplot(resultado)
resultado$stress

```

Objeto para colorir as espécies

```

grp<factor(c("Nativa","Nativa","Nativa","Nativa","Nativa","Nativa","Nativa","Nativa","Nativa",
"Exótica","Nativa","Exótica"))
cols <- c('darkred', 'darkgreen')

```

#Objeto para colorir os pontos

```

grp2<-factor(rep(c('Vegetação exótica', 'Vegetação nativa'), each = 40))
grp2
cols2<-c('black', 'gray')
cols[grp]

```

#Gráfico NMDS da comunidade de Passeriformes nos pontos de contagem na vegetação nativa e exótica

```

ordiplot(resultado, type = "n")
ordipointlabel(resultado,display = "species",add = TRUE,col = cols[grp])
orditorp(resultado, display = "sites",labels = T, pch = 16,col=cols2[grp2])
legend("bottomright",legend=unique(grp2), col=unique(cols2), pch = 16)
legend("topleft", "stress = 0.227", bty = "n", cex = 0.75)

```

#PERMNOVA

```

adonis2(dados_NMDS[,2:13]~`Tipo de Vegetação`,data = dados_NMDS)

```

#PERMDISP

```

diss<-vegdist(dados_NMDS[,2:13],"bray")
perm<-betadisper(diss,group = dados_NMDS$`Tipo de Vegetação`)
anova(perm)
plot (perm)

```

#Análise de Componentes Principais (PCA) para a vegetação

```

library(FactoMineR)
library(factoextra)
library(vegan)
dados<-read_excel("C:/Users/francisca/Desktop/EXCEL análises/pca_veg.xlsx")
dados.pca<-dados[,3:46]
View(dados.pca)
pca<-PCA(dados.pca, scale.unit=TRUE,graph=FALSE)
summary(pca)

```

#Extrair a proporção de variância dos valores dos componentes principais

```
var<-get_eigenvalue(pca)
fviz_eig(pca,addlabels = TRUE)
```

#Gráfico para a PCA da vegetação

```
fviz_pca_var(pca, geom.var= c("point", "text"), repel=TRUE)
```

Espécies que mais contribuem para os componentes principais

```
fviz_contrib(pca, choice = "var", axes = 2, top = 15)
fviz_contrib(pca, choice = "var", axes = 1, top = 15)
```

#Eixos para incluir nos modelos

```
eixos.pca=data.frame(pca$ind$coord)
rownames(eixos.pca)=dados$Coluna1
write_xlsx(eixos.pca, "eixos.xlsx")
```

#Análise de multicolinearidade

```
library(PerformanceAnalytics)
z<-cbind(Dados_glm$Riqueza,Dados_glm$Abundância,Dados_glm$`Área em estudo`,
Dados_glm$`Tipo de vegetação`, Dados_glm$`Estação do ano`,Dados_glm$Acesso,
Dados_glm$Altitude, Dados_glm$`Veg PCA 1`, Dados_glm$`Veg PCA 2`+Dados_glm$`Abundância
Árvores`, Dados_glm$`Área em estudo`)
colnames(z)<-c("Abundância","Riqueza","Tipo de Vegetação","Estação do ano","Acesso",
"Altitude","Veg PCA 1","Veg PCA 2","Abundância de árvores","Área em estudo")
```

```
panel.cor <- function(x, y, digits = 2, prefix = "", cex.cor, ...) {
  usr <- par("usr")
  on.exit(par(usr))
  par(usr = c(0, 1, 0, 1))
  r <- abs(cor(x, y, use = "complete.obs",method="spearman"))
  txt <- format(c(r, 0.123456789), digits = digits)[1]
  txt <- paste(prefix, txt, sep = "")
  if (missing(cex.cor)) cex.cor <- 0.8/strwidth(txt)
  text(0.5, 0.5, txt, cex = cex.cor * (1 + r) / 2)
}
panel.hist <- function(x, ...) {
  usr <- par("usr")
  on.exit(par(usr))
  par(usr = c(usr[1:2], 0, 1.5) )
  h <- hist(x, plot = FALSE)
  breaks <- h$breaks
  nB <- length(breaks)
  y <- h$counts
  y <- y/max(y)
  rect(breaks[-nB], 0, breaks[-1], y, col = "white", ...)
}
pairs (z,upper.panel = panel.cor,diag.panel = panel.hist,lower.panel = panel.smooth)
chart.Correlation(z, histogram=TRUE,method = c("spearman"))
```

#Modelos para a riqueza de Passeriformes

#GLM GAUSSIAN

```
library(DHARMA)
glmgaus<-glm(Riqueza~`Estação do ano`+`Tipo de Vegetação`+Acesso+Altitude+`Abundância
Árvores`,family=gaussian,data = Dados_glm)
summary(glmgaus)
testDispersion(glmgaus)
simulationOutput_1 <- simulateResiduals(fittedModel = glmgaus, plot = F)
plot(simulationOutput_1)
```

#Modelos univariados

```
glmgaus_1<-glm(Riqueza~`Estação do ano`+`Tipo de vegetação`+Acesso+Altitude+`Abundância
Árvores`,family=gaussian,data = Dados_glm)
glmgaus_2<-glm(Riqueza~`Veg PCA 1`+`Veg PCA 2`+Acesso+Altitude+`Abundância
Árvores`,family=gaussian,data = Dados_glm)
```

```
AICc(glmgaus_1,glmgaus_2)
```

#GLM POISSON

```
glmpois<-glm(Riqueza~`Estação do ano`+`Tipo de Vegetação`+Acesso+Altitude+`Abundância
Árvores`, data=Dados_glm,family="poisson")
summary(glmpois)
testDispersion(glmpois)
simulationOutput_2 <- simulateResiduals(fittedModel = glmpois, plot = F)
plot(simulationOutput_2)
```

#GLM BINOMIAL NEGATIVO

```
glmnb<-glm.nb(Riqueza~`Estação do ano`+`Tipo de Vegetação`+Acesso+Altitude+`Abundância
Árvores`,data = Dados_glm)
summary(glmnb)
testDispersion(glmnb)
simulationOutput_3 <- simulateResiduals(fittedModel = glmnb, plot = F)
plot(simulationOutput_3)
```

#Critério de Informação de Akaike corrigido para tamanhos amostrais pequenos (AICc)

```
AICc(glmgaus)
```

#Seleção das variáveis que melhor explicam o modelo

#DREDGE

```
library(MuMIn)
options(na.action=na.fail)
dd<-dredge(glmgaus)
summary(dd)
plot(dd)
```

Model-averaging

```
avgdd<-model.avg(dd)
summary(avgdd)
```

Importância relativa das variáveis

```
importance(avgdd)
```

Modelos para a Abundância de Passeriformes

#GLM GAUSSIAN

```
glmgaus_abu<-glm(Abundância~`Estação do ano`+`Tipo de  
vegetação`+Acesso+Altitude+`Abundância Árvores`,family=gaussian,data = Dados_glm)  
summary(glmgaus_abu)  
testDispersion(glmgaus_abu)  
simulationOutput_4 <- simulateResiduals(fittedModel = glmgaus_abu, plot = F)  
plot(simulationOutput_4)
```

#GLM POISSON

```
glmpois_abu<-glm(Abundância~`Estação do ano`+`Tipo de vegetação`  
+Acesso+Altitude+`Abundância Árvores`, data=Dados_glm,family="poisson")  
summary(glmpois_abu)  
testDispersion(glmpois_abu)  
simulationOutput_5 <- simulateResiduals(fittedModel = glmpois_abu, plot = F)  
plot(simulationOutput_5)
```

#Modelos univariados

```
glmpois_abu_1<-glm(Abundância~`Estação do ano`+`Tipo de vegetação`  
+Acesso+Altitude+`Abundância Árvores`, data=Dados_glm,family="poisson")  
glmpois_abu_2<-glm(Abundância~Acesso+Altitude+`Abundância Árvores`+`Veg PCA 1`+`Veg PCA  
2`, data=Dados_glm,family="poisson")
```

```
AICc(glmpois_abu_1,glmpois_abu_2)
```

#GLM BINOMIAL NEGATIVO

```
glmnb_abu<-glm.nb(Abundância~`Estação do ano`+`Tipo de vegetação`  
+Acesso+Altitude+`Abundância Árvores`,data = Dados_glm)  
summary(glmnb_abu)  
testDispersion(glmnb_abu)  
simulationOutput_6 <- simulateResiduals(fittedModel = glmnb_abu, plot = F)  
plot(simulationOutput_6)
```

#Seleção do modelo pelo Critério de Informação de Akaike corrigido para tamanhos amostrais pequenos (AICc)

```
AICc(glmgaus_abu, glmpois_abu,glmnb_abu)
```

#Seleção das variáveis que melhor explicam o modelo

#DREDGE

```
options(na.action=na.fail)  
dd_2<-dredge(glmpois_abu)  
summary(dd_2)  
plot(dd_2)
```

```
# Model-averaging  
avgdd_2<-model.avg(dd_2)  
summary(avgdd_2)  
# Importância relativa das variáveis  
importance(avgdd_2)
```