

Instituto Politécnico de Castelo Branco

Escola Superior Agrária

Avaliação do efeito da ocupação do solo na dinâmica populacional das aves estepárias e de rapina na área do Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva

Tiago André Rodrigues Caldeira

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica em Recursos Agro-Florestais e Ambientais, Especialização em Análise de Informação Geográfica, realizada sob a orientação científica do Mestre e Especialista Paulo Alexandre Justo Fernandez, Professor Adjunto da Unidade Técnico Científica de Recursos Naturais e Desenvolvimento Sustentável da Escola Superior Agrária de Castelo Branco do Instituto Politécnico de Castelo Branco e co-orientação científica do Doutor Luís Cláudio de Brito Brandão Guerreiro Quinta-Nova, Professor Adjunto da Unidade Técnico Científica de Recursos Naturais e Desenvolvimento Sustentável da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Agradecimentos

Aos meus pais, que durante a elaboração desta tese apoiaram, incentivaram, e mostraram que os momentos difíceis servem para nos superarmos e evoluirmos.

Ao professor Paulo Fernandez e ao Doutor Luís Quinta-Nova pela orientação, ajuda e conselhos prestados.

Às empresas EDIA, SA. e Mãe d'Água Lda. pela cedência dos elementos necessários para a concretização deste trabalho.

Um agradecimento especial ao Ricardo Lima pela disponibilidade constante, pela orientação e apoio prestado no tratamento estatístico dos dados. A sua ajuda permitiu-me aprofundar os meus conhecimentos e a construção de um trabalho com um melhor fundamento.

Ao Carlos Pacheco e ao Rui Rufino pela contínua ajuda e orientação técnica sobre os temas em estudo.

Ao Pedro Silva, Guida Veiga, Sofia Proença, Eunice Ramos, Natália Escada, Natália Roque pela amizade, apoio, pelos conselhos e correcções ao texto.

Ao Ricardo Silva, Madalena Martins, Pedro Henriques, Carlos Silva, Catarina Silva, Eduardo Silva, Miguel Vidigal pelo contante incentivo e amizade.

E a todos aqueles que me inspiraram de certa maneira para este trabalho, agradeço. Cada um teve um papel especial na sua concretização.

Palavras chave:

Alterações de uso do solo, aves estepárias, efeito de orla e fragmentação de habitat.

Resumo

Na área de influência do Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva ocorrem alterações ao nível da paisagem agrícola. Estas consistem no incremento das culturas arvenses de regadio, olival intensivo e vinhas. Na presente dissertação foram avaliadas as consequências das modificações dos padrões de uso do solo nas aves estepárias e nas comunidades de aves existentes, em dois períodos (2007/2008 e 2010/2011), numa área influenciada pela implementação de um sistema de regadio. Para analisar os possíveis efeitos das alterações das ocupações do solo foi realizada uma análise espacial e cálculo de métricas da paisagem da área de estudo. Identificaram-se as relações existentes entre as aves estepárias e os usos de solo utilizando-se a Análise Canónica de Correspondência. Os resultados demonstraram que, de uma forma geral, as aves estepárias escolhem áreas extensas e pouco fragmentadas de habitat de sequeiro (culturas arvenses de sequeiro, áreas de pousio e pastagem). Modelos Lineares Generalizados foram usados para identificar os factores que influenciam a riqueza específica total e a riqueza específica de aves estepárias nos períodos em estudo nas épocas de Inverno e Primavera. Demonstrou-se que a diversidade total de aves foi influenciada positivamente pelo incremento de água, pela densidade de orla (Inverno), e por áreas pequenas a médias de habitat de sequeiro (Primavera). Verificou-se que, no Inverno, a presença de áreas arbustivas e arbóreas e densidades de orla superiores a 10.000 m/ha influenciam negativamente as aves estepárias. Na época de Primavera, constatou-se que quanto mais extensos são os habitats de sequeiro maior é a sua importância para a diversidade de aves estepárias. Concluiu-se que, a conservação das aves estepárias obriga ao cumprimento de um conjunto de requisitos ecológicos, nomeadamente, na baixa fragmentação de habitat e áreas extensas de habitat contínuo. É sugerido a criação de um plano de gestão adequado com base nos valores limitantes obtidos neste estudo para as aves estepárias.

Keywords

Edge effects, habitat fragmentation, land use changes and steppe birds.

Abstract

In the area of influence of the “Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva” changes have occurred at the level of the agricultural landscape. These consist in the increase of irrigated arable land, intensive olive groves and vineyards. In this thesis we evaluate the consequences of changes in land use patterns in the steppe birds and bird communities existing in two periods (2007/2008 and 2010/2011), in an area influenced by the implementation of an irrigation system. To examine the possible effects of changes in land soil occupation in the study area, a spatial analysis and calculation of landscape metrics was carried out. Relationships between the steppe birds and land use were identified by using the Canonical Correspondence Analysis. Results showed that, in general, steppe birds choose wide areas with little fragmented habitat and extensive dry crops (rainfed arable crops, fallow land and pasture). Generalized Linear Models were used to identify the factors that influence the overall species richness and species richness of steppe birds in periods of study during winter and spring. It was shown that the local diversity of birds was positively affected by an increase of water, edge density (winter), and by small to medium areas of dry habitat (spring). It was found that in winter, the presence of shrubs or trees and areas with edge densities greater than 10 000 m/ha had a negative influence in steppe birds. In spring, values showed that the higher the extensive dry crops areas are, the greater its importance to the diversity of steppe birds is. It was concluded that the conservation of steppe birds requires the fulfillment of a set of ecological requirements, particularly a low habitat fragmentation and extensive areas of continuous habitat. It is suggested the creation of an appropriate management plan based on limit values obtained in this study for steppe birds.

Índice geral

1.	Introdução e Objectivos	1
2.	Aves e agricultura	3
2.1	Aves estepárias.....	5
2.1.1	Ecologia das aves estepárias.....	5
2.1.2	Ameaças e Conservação	6
3.	Metodologia.....	9
3.1	Área de estudo	9
3.1.1	Caracterização da área de estudo	10
3.2	Censos das aves	11
3.3	Ocupação do solo	13
3.4	Variáveis de ocupação de solo e métricas da paisagem	21
3.5	Análise dos dados	23
3.5.1	Relação entre as comunidades de aves e usos do solo nos períodos 2007/08 e 2010/11.....	23
3.5.2	Factores que influenciam a riqueza específica total e a riqueza específica de aves estepárias.....	24
4.	Apresentação dos resultados	27
4.1	Evolução da paisagem agrícola entre o período 2007/08 e 2010/11	27
4.2	Evolução da comunidade de aves	28
4.3	Relação entre as comunidades de aves e uso do solo por época e nos períodos 2007/08 e 2010/11	31
4.4	Factores que influenciam a riqueza específica total e a riqueza específica de aves estepárias	34
4.4.1	Época de Inverno - Riqueza específica total	34
4.4.2	Época de Inverno - Riqueza específica de aves estepárias	35
4.4.3	Época de Primavera - Riqueza específica total	37
4.4.4	Época de Primavera - Riqueza específica de aves estepárias.....	38
4.4.5	Resultados das modelações	39

5. Discussão	40
5.1 Relação entre as aves estepárias e usos do solo por época e nos períodos 2007/08 e 2010/11	40
5.1.1 Aves invernantes	40
5.1.2 Aves residentes.....	41
5.1.3 Aves nidificantes.....	41
5.2 Factores que influenciam a riqueza específica total e a riqueza específica de aves estepárias	43
5.2.1 Riqueza específica total	43
5.2.2 Riqueza específica de aves estepárias	44
6. Conclusão	46
Referências bibliográficas.....	47
ANEXOS	51

Índice de figuras

Figura 1 - Localização geográfica da área em estudo.	9
Figura 2 - Enquadramento das quadrículas 1x1km utilizadas nos censos de aves.	12
Figura 3 - Carta da ocupação de solo para o período 2007/08 da área de estudo com classes e percentagens de uso do solo.	17
Figura 4 - Carta da ocupação de solo da área de estudo para o período 2010/11 com classes e percentagens de uso do solo.	19
Figura 5 - Unidade de amostragem (quadrícula Hayford Gauss 1x1 km) sobre a ocupação de solo de uma região da área de estudo.	21
Figura 6 - Fluxograma do cálculo das percentagens de ocupação de solo e métricas da paisagem em ArcGIS 10.0.	22
Figura 7 - Fluxograma da metodologia aplicada em R para ajustamento do modelo.	26
Figura 8 - Variação percentual das diferentes ocupações de solo na área de estudo do período de referência - 2007/08 para 2010/11.	27
Figura 9 - Alterações da ocupação de solo entre os períodos: 2007/2008 e 2010/2011.	28
Figura 10 - Carta da distribuição da riqueza específica total por unidade de amostragem na época de Inverno (2007/08 e 2010/11).	29
Figura 11 - Carta da distribuição da riqueza específica total por unidade de amostragem na época de Primavera (2007/08 e 2010/11).	29
Figura 12 - Carta da distribuição da riqueza específica de estepárias por unidade de amostragem na época de Inverno (2007/08 e 2010/11).	30
Figura 13 - Carta da distribuição da riqueza específica de estepárias por unidade de amostragem na época de Primavera (2007/08 e 2010/11).	30
Figura 14 - Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canónica (CCA) das espécies de aves com as variáveis independentes (ano e variáveis ambientais) na época de Inverno.	32
Figura 15 - Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canónica (CCA) das espécies de aves com as variáveis independentes (ano e variáveis ambientais) na época de Primavera.	33
Figura 16 - Boxplots do modelo previsto da riqueza específica total e dos factores: ano e água, na época de Inverno e para os períodos de 2007/08 (0) e 2010/11 (1).	35
Figura 17 - Valores previstos (vermelho) pelo modelo ajustado sobre os valores reais (preto) da riqueza específica total por diversidade de orla na época de Inverno dos períodos 2007/08 e 2010/11.	35

Figura 18 - Riqueza específica total de estepárias sobre áreas arbustivas e arbóreas. Valores previstos, pelo melhor modelo ajustado (vermelho), sobre os valores reais (preto) na época de Inverno para os períodos 2007/08 e 2010/11.	36
Figura 19 - Riqueza específica total de estepárias sobre a densidade de orla. Valores previstos, pelo melhor modelo ajustado (vermelho), sobre os valores reais (preto) na época de Inverno para os períodos 2007/08 e 2010/11.	36
Figura 20 - Riqueza específica total sobre os termos, ano e território artificializado (infr), do modelo previsto na época de Primavera para os períodos de 2007/08 (0) e 2010/11 (1).	37
Figura 21 - Riqueza específica total por habitat de sequeiro (seq) na época de Primavera para os períodos 2007/08 e 2010/11. Valores previstos (vermelho) sobre os valores reais (preto).	37
Figura 22 - Riqueza específica total de aves estepárias por habitat de sequeiro. Valores ajustados (vermelho) sobre os valores reais (preto) na época de Primavera nos períodos de 2007/08 e 2010/11.	38
Figura 23 - Riqueza específica total de aves estepárias por densidade de orla. Valores ajustados (vermelho) sobre os valores reais (preto) na época de Primavera nos períodos de 2007/08 e 2010/11.	38

Índice de tabelas

Tabela 1 - Descrição e localização dos blocos de rega da área de estudo por concelho e distrito e respectiva área	9
Tabela 2 - Datas das visitas sistemáticas e suplementares nos períodos 2007/08 e 2010/11 e nas épocas de Inverno e Primavera.....	12
Tabela 3 - Especificações técnicas usadas na construção das cartas de ocupação e uso do solo de 2007 e 2011 para área de estudo	13
Tabela 4 - Associação das classes da COS2007, nível 3 com 43 classes, com a classificação utilizada para as cartas temáticas da ocupação do solo de 2007 e 2011 para a área de estudo. .	15
Tabela 5 - Nomenclatura das classes de ocupação do solo no modelo raster.	21
Tabela 6 - Lista de espécies de aves estepárias.....	23
Tabela 7 - Características dos elementos das matrizes de dados para as épocas de Inverno e Primavera	24
Tabela 8 - Associação das ocupações de solo da área de estudo com os novos habitats criados para modelação em R.	25
Tabela 9 - Evolução da paisagem agrícola no período 2007/08 e 2010/11.....	27
Tabela 10 - Dados da riqueza específica total e riqueza específica de estepárias por unidade de amostragem e por época (Inverno e Primavera) nos períodos: 2007/08 e 2010/11.	28
Tabela 11 - Sumário dos resultados da análise canónica de correspondência na época de Inverno por variável.....	31
Tabela 12 - Quadro resumo das correlações existentes entre as espécies de aves estepárias e as variáveis explicativas.....	32
Tabela 13 - Sumário dos resultados da análise canónica de correspondência na época de Primavera por tipo de variável.	33
Tabela 14 - Quadro resumo das correlações existentes entre as espécies de aves estepárias e as variáveis explicativas.....	34
Tabela 15 - Sumário dos resultados dos modelos de regressão logística, indicando para a riqueza específica total e de estepárias as variáveis seleccionadas, o seu valor estimado, e os valores de significância ($*p<0,05$; $**p<0,01$; e $***p<0,001$)	39

Lista de abreviaturas

AIC - Akaike Information Criterion (Critérios de informação de Akaike)

CCA - Canonical Correlation Analysis (Análise Canónica de Correspondência)

COS'2007 - Carta de Ocupação e Uso do Solo de 2007

EDIA - Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas do Alqueva, S.A.

EFMA - Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva

GAM - Generalized Additive Model (Modelo Aditivo Generalizado)

GLM - Generalized Linear Model (Modelo Linear Generalizado)

IGP - Instituto Geográfico Português

IGP / DGRF - Instituto Geográfico Português / Direcção Geral dos Recursos Florestais

IGP / IFAP - Instituto Geográfico Português / Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas

PAC - Política Agrícola Comum

SAF - Sistemas Agro-Florestais

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

VIF - Variation Inflation Factor

ZPE - Zona de Protecção Especial

Lista de anexos

Anexo I - Análise dos dados - Relação entre as comunidades de aves e habitat nos períodos 2007/08 e 2010/11

Anexo II - Análise dos dados - Factores que influenciam a riqueza específica total e a riqueza específica de estepárias

Anexo III - Aves amostradas nos períodos 2007/08 e 2010/11

1. Introdução e Objectivos

As estepes caracterizam-se por serem paisagens com um relevo suave dominado por planícies, onde a vegetação herbácea e a escassez de árvores predominam. Em Portugal não existem verdadeiras estepes, no entanto a centenária agricultura extensiva moldou, essencialmente nas planícies alentejanas, um habitat com características semelhantes denominado de pseudo-estepe, estepe cerealífera ou planície cerealífera (Alcazar 2012). Este habitat consolidou-se com a aprovação em 1899 de leis protecionistas destinadas a reduzir a importação do trigo, num processo que culminou nos anos 30 do século XX com a Campanha do Trigo no Alentejo (Elias 1998). O aumento da área cerealífera proporcionou o habitat adequado para muitas espécies de aves, a maioria das quais com estatuto de conservação actual desfavorável como são o caso: a abetarda (*Otis tarda*), o sisão (*Tetrax tetrax*), o cortiçol (*Pterocles spp.*), ou o francelho (*Falco naumanni*) (Tucker e Heath 1994). É importante referir que a presença destas aves na Península Ibérica, nomeadamente da abetarda, data do Neolítico, altura em que foram feitas as pinturas rupestres da Província de Cádiz e Castellón (4.000 a 6.000 a.C). Em Mértola (Alentejo), referências nas informações paroquiais (inquérito de 1732) dão conta das aves estepárias caçadas na zona da Serra de Araceli: “Da caça do ar he abundante, e traz perdizes, avetardas, codornizes e cizões” (Rocha 2012).

A paisagem agrícola extensiva, caracterizada pela rotação entre culturas de cereal, de sequeiro (trigo e aveia) e de pousio, e por zonas de pastagem extensas, define-se economicamente como um sistema agrícola marginal. Por conseguinte, encontra-se ameaçada: pela agricultura intensiva em áreas de solos mais produtivos, pelo abandono agrícola, pela florestação de áreas agrícolas de solos pobres e mais geralmente pela alteração de regime de acordo com políticas agrícolas (Suárez *et al.* 1997).

Desde os meados do século XX foi implementado um plano de rega com o objectivo de desenvolver a região do Alentejo no contexto sócio-económico. Este plano visava abranger uma área de 161.700 ha e integrava dois grandes sistemas de aproveitamentos: o Sistema do Alto Alentejo (origem no rio Tejo) e o sistema do Baixo Alentejo (origem no rio Guadiana). A construção da barragem do Alqueva, pertencente ao sistema do Baixo Alentejo, foi referida em 1966 no parecer do Conselho Superior de Obras Públicas em que se pressupunha a existência de uma grande albufeira para a regularização dos caudais e reserva de água necessária à rega a partir do Rio Guadiana (Despacho n.º 3860/2010 2010). O projecto Alqueva, iniciado em 1993, foi constituído pelas infraestruturas do Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva (EFMA) e concebido pela Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas do Alqueva, S.A. (EDIA). Este tem como objectivos: proporcionar o desenvolvimento económico e social, e criar as condições para um acréscimo efectivo do Produto Interno Bruto regional (EDIA 2012). A implementação do sistema de regadio na região possibilitou aos proprietários agrícolas a introdução de novas culturas mais exigentes no que diz respeito aos recursos hídricos, mas também mais produtivas e rentáveis (EDIA 2012), concretizando-se em uma alteração progressiva do modelo tradicional de sequeiro para um modelo intensivo de culturas de regadio. Para além de usufruírem das estruturas de rega, os agricultores têm acesso a fundos da política agrícola comum (PAC) da

União Europeia que promovem sobretudo a produção agrícola intensiva e o abandono de áreas menos produtivas (Pienkowski 1997 em García *et al.* 2007).

As alterações ao nível da paisagem e da parcela agrícola são as principais ameaças às espécies de aves de habitats agrícolas na Europa (Tucker e Heath 1994, Cabral *et al.* 2005, García *et al.* 2007). Para as aves estepárias as principais ameaças à sua conservação resumem-se nos seguintes factores: fragmentação dos habitats pseudoestepários, a alteração de regimes agrícolas, a florestação de terrenos agrícolas, o sobrepastoreio, a utilização de pesticidas ou a colisão com linhas eléctricas (Cabral *et al.* 2005, Mãe d'Água 2009).

O presente trabalho tem o propósito de analisar os efeitos das alterações de uma paisagem agrícola, em dois períodos diferentes, sobre as comunidades de aves existentes. Os resultados ajudarão no apoio à criação/implementação de políticas de gestão do território, para que, quer a conservação da natureza, quer o desenvolvimento sócio-económico, sejam assegurados. Adicionalmente, as ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilitam novas perspectivas na investigação ecológica, pois induzem questões que antes não se colocavam e aumentam a capacidade de resposta a questões antigas devido à sua capacidade de análise espacial.

Os objectivos específicos deste estudo são: (a) identificar as relações existentes entre o uso do solo e as espécies de aves estepárias em dois períodos diferentes (anterior e posterior à implementação do sistema de regadio) e em duas épocas, Inverno e Primavera; e (b) determinar os factores que influenciam a riqueza específica total e riqueza específica total de espécies de aves estepárias nesses períodos e nas épocas de Inverno e Primavera.

A estrutura deste trabalho divide-se em duas partes. A primeira parte, correspondente ao segundo capítulo, consiste no estado de arte, onde é exposta a problemática dos efeitos das alterações das ocupações/usos do solo nas aves e os requisitos ecológicos para as aves estepárias. Na segunda parte é explicitada a metodologia utilizada na realização do estudo, e são apresentados e discutidos os resultados, bem como as conclusões.

2. Aves e agricultura

A superfície agrícola, por todo o mundo, está frequentemente associada a um mosaico ou a uma manta de retalhos, sendo a sua heterogeneidade amplamente reconhecida como uma influência na forte abundância e diversidade de espécies que estas paisagens suportam (Vickery e Arlettaz 2012).

Os padrões da paisagem existem devido a vários factores e resultam da variabilidade de condições abióticas, como o clima, a topografia e os solos; das interações bióticas que geram padronização espacial, mesmo sob condições ambientais homogéneas; e dos padrões passados e presentes da ocupação humana e uso do solo. As formas como os seres humanos utilizam o espaço são importantes contribuintes para o padrão da paisagem e do seu processo (Turner 2001). A nível mundial a quantidade de terra dedicada à produção de alimento, fibra e outros recursos para a sociedade humana ocupa uma proporção substancial do ambiente terrestre, e tudo indica que com o crescimento populacional a pressão sobre o ambiente e natureza aumentará (Houghton 1994, Tilman *et al.* 2001, em Bennett *et al.* 2006).

Uma mudança dos elementos paisagísticos provoca uma alteração das comunidades biológicas existentes. Wiens (1995) explica que a composição explícita e a forma espacial de um mosaico paisagístico afecta os sistemas ecológicos de forma que seria diferente se a composição do mosaico ou arranjo fossem outros. Assim sendo, as alterações na biota devem-se às mudanças na extensão do habitat, da composição da paisagem e pela configuração espacial (Bennett *et al.* 2006).

A dimensão de um habitat influencia uma espécie, principalmente pelo efeito no tamanho da população, na medida em que quando a extensão do habitat diminui, o tamanho da população global também diminui (Bennett *et al.* 2006). Os padrões de resposta específica da espécie à área da mancha de habitat estão associados aos requisitos mínimos de área com base na presença ou não de determinadas espécies em fragmentos de tamanho diferente (Reino 2009). Segundo Reino (2009) uma espécie pode estar ausente de um fragmento ou mancha de habitat de determinado tamanho devido a uma variedade de razões, não necessariamente relacionadas com a área (por exemplo, falha na nidificação ou recursos inadequados). Complementarmente, a presença de certas espécies num dado fragmento não implica o estabelecimento de populações nidificantes (Wiens 1989).

A composição da superfície agrícola refere-se ao tipo dos diferentes elementos presentes e às suas proporções relativas. Os elementos podem ser categorizados em ocupação e uso do solo ou em relação a características da vegetação, florísticas ou estruturais. A composição da paisagem afecta a distribuição dos animais de muitas maneiras, nomeadamente através da variação na topografia, dos tipos de solo e na variabilidade da humidade, estas influenciam a ocorrência de comunidades de vegetação natural, que por sua vez, determinam a disponibilidade de habitat para as espécies animais (Bennet *et al.* 2006).

Para além dos factores referidos, os animais são também afectados pela configuração espacial das seguintes formas: (i) subdivisão de mosaicos de habitat, (ii) influência do tamanho das manchas de habitat nas espécies, (iii) nível estrutural de conectividade existente na paisagem, e (iv) variação do efeito de orla (Bennet *et al.* 2006). A subdivisão de mosaicos de

habitat resulta num aumento de barreiras e na quebra das dinâmicas das populações, provocando um efeito de fragmentação. Franklin *et al.* (2002 em Reino 2009) define o processo de fragmentação do habitat como o conjunto de mecanismos que conduzem à descontinuidade na distribuição espacial dos recursos e das condições existentes numa área, a uma determinada escala, tendo efeitos na ocupação, reprodução e sobrevivência de uma determinada espécie. Uma das maiores influências sobre as espécies é o tamanho das manchas de habitat, de maneira que, a redução da área de habitat resulta numa diminuição no tamanho das populações, causando o desaparecimento de algumas espécies em manchas pequenas e o aumento da sensibilidade das populações remanescentes aos eventos casuais (Wiens 1997). A existência de conectividade entre habitats na paisagem facilita o acesso aos recursos e uma maior permuta entre subpopulações, possibilitando o aumento e a persistência de certas espécies ou de grupos de espécies que necessitam desses habitats (Bennet *et al.* 2006). De uma forma geral, o efeito de orla tem consequências sobre as espécies, na medida em que algumas beneficiam e outras são prejudicadas pelo aumento do habitat de orla (Bennet *et al.* 2006). Wiens (1997) refere que o efeito de orla tem como consequência o controlo das dinâmicas populacionais e das comunidades dentro de uma mancha, através de factores externos como a predação, o parasitismo ou as perturbações físicas.

A introdução de novas culturas e técnicas modernas agrícolas (agricultura intensiva) propiciam uma diminuição da heterogeneidade das espécies existentes nos campos agrícolas e a longo prazo uma maior homogeneidade da paisagem. A evolução da paisagem rural tem um longo registo histórico, desde as suas origens no este do Mediterrâneo há 10.000 anos atrás, até à atualidade, em que a paisagem rural é uma das formas mais difundidas de uso do solo da Europa (Stoate *et al.* 2001). Esta evolução possibilitou o desenvolvimento de uma única, adaptada e diversa fauna e flora (Potts 1991, 1997 em Stoate *et al.* 2001). Porém, na segunda metade do século XX tem havido um aumento da preocupação dos impactos da agricultura “moderna” nos ecossistemas agrários e na sustentabilidade dos sistemas cultiváveis. Os impactos ambientais da agricultura moderna surgem das técnicas utilizadas e estão associadas a mudanças na paisagem, plantas e comunidades de animais, e a uma deterioração do solo, da água e da qualidade do ar (Stoate *et al.* 2001). Tucker (1994) estimou que a agricultura intensiva provocou na Europa declínios de 42 % na riqueza específica de aves de meios agrícolas.

O habitat diverso, típico da agricultura tradicional, tornou-se severamente uniforme em resultado da implementação da agricultura moderna (Vickery e Arlettaz 2012). A redução na complexidade dos habitats agrícolas esteve relacionada, pelo menos em parte, a um declínio na biodiversidade da paisagem agrícola, incluindo plantas e vertebrados (Smart *et al.* 2000; Sotherton e Self 2000; Oliver *et al.* 2010 em Vickery e Arlettaz 2012).

Alguns estudos permitiram avaliar os impactos da agricultura intensiva e das alterações na paisagem. Fuller *et al.* (1995) mostraram que numa paisagem agrícola de várzea na Grã-Bretanha, entre 1970 e 1990, 86% (n=28) das espécies de aves tiveram uma redução da extensão do seu habitat e 83% (n=18) tiveram um declínio em abundância. A redução populacional coincidiu com um período de mudanças nas práticas agrícolas, nomeadamente a grande redução na sementeira primaveril de cereais, a simplificação na rotação das colheitas, o aumento na

aplicação de fertilizantes inorgânicos e pesticidas químicos, e o manejo mais intensivo das pastagens (Fuller *et al.* 1995).

Em outro estudo, aponta para a intensificação agrícola como causadora dos padrões de mudança na abundância de 13 aves especialistas de meios agrícolas, em que 11 espécies tiveram um declínio e apenas 2 tiveram um aumento. Destas 11 espécies, as populações em 1995 eram em média 52% do tamanho que tinham em 1968 (Siriwardena *et al.* 1998).

2.1 Aves estepárias

O termo aves estepárias é atribuído às aves que habitam em estepe: existente nas extensas planícies da Mongólia, Sibéria, Rússia e China, onde o frio, a reduzida precipitação e a pobreza do solo conferem uma vegetação herbácea; e às aves de habitats estruturalmente semelhantes em outras regiões, como: as pradarias da América do Norte, as pampas Sul-Americanas, as savanas Africanas, o semideserto Australiano e as pseudo-estepes (De Juana 2005).

De Juana (2005) concluiu que as aves consideradas estepárias apresentam um denominador comum (adaptações a habitats abertos, padrões de comportamento e de reprodução), sendo as características as seguintes:

- (i) Nidificam no solo ou perto deste;
- (ii) Apresentam uma coloração críptica, semelhante às colorações da terra;
- (iii) Têm tendência para se mover caminhando ou correndo, o que implica uma adaptação morfológica;
- (iv) Têm um forte comportamento gregário;
- (v) Têm um comportamento adaptado a uma forte exposição solar e à escassez de água, incluindo os banhos de areia;
- (vi) Apresentam uma tendência forte para o canto aéreo na época de cortejo, excepto em espécies maiores;
- (vii) Exibem diferentes adaptações de forma a reduzir o impacto de predação.

2.1.1 Ecologia das aves estepárias

Os principais factores que intervêm na hora de diferenciar as distintas comunidades de aves estepárias são a dialéctica entre a bioclimatologia e a estrutura da vegetação, dependendo esta última do uso do meio por parte do homem (Martínez e Purroy 1993). Embora as preferências relativas às características dos habitats estepários difiram entre espécies, podemos considerar como importantes e necessários para as aves estepárias os seguintes factores (International Council for Bird Preservation s.d.):

- i) Áreas abertas e paisagens não fragmentadas, importantes para as espécies grandes ou tímidas como a abetarda;
- ii) Um mosaico constituído por terras aráveis, restolho, solo lavrado e pousio. Providenciando uma variedade de habitats para áreas de parada nupcial, nidificação e alimentação;
- iii) Actividade humana reduzida e pouca perturbação;

- iv) Calendarização das actividades agrícolas, por exemplo: plantação e colheita, de forma a minimizar o risco de destruição de ninhos ou mortalidade de crias.

Moreira *et al.* (2004) identificaram diferentes tipos de habitat utilizados pela abetarda ao longo do ano. Na época pós-reprodução esta espécie escolhe áreas de restolho e áreas marginais de ribeiras e na época de Inverno tem preferência pelas culturas de cereal ou por zonas de pousio. Durante a época de reprodução os machos seleccionam o pousio enquanto as fêmeas preferem zonas de cultivo cerealífero.

Estudos com o sisão (Silva *et al.* 2004) na época de Inverno mostraram a sua predilecção pelo pousio e pela vegetação herbácea com tamanho médio (11 - 20 cm) e densidade média (11-50 % de cobertura). Indivíduos desta espécie têm tendência a concentrarem-se no topo das colinas e a evitar áreas com perturbação perto de casas ou estradas. Num outro trabalho realizado por Silva *et al.* (2010) mostraram que existe uma maior probabilidade de ocorrência de machos em parcelas maiores e com o tamanho de vegetação inferior a 40 cm, e em que a variável tamanho de parcela explicou 46% da variabilidade da densidade de machos.

Já o francelho escolhe os locais de nidificação com base na presença de presas, em termos de disponibilidade, quantidade e acessibilidade para que as aves as possam caçar. Por este motivo, as colónias situam-se em zonas de clima quente, com grande disponibilidade de alimento e vegetação pouco densa, evitando as áreas florestadas, zonas húmidas ou cultivos agrícolas mais intensivos (Cramp e Simmons 1980). Na África do Sul, área de Invernada, este falcão utiliza áreas de pastagens, cultivos agrícolas e outros habitats com reduzida vegetação em zonas mais secas, como as savanas (Simmons e Brown 2006).

A fragmentação do habitat, medida através da fragmentação de orla, é um factor importante na densidade de aves estepárias nidificantes. Reino *et al.* (2009) identificaram os graus de sensibilidade das aves ao efeito de orla. Por exemplo, a cotovia-montesina (*Galerida teklae*) foi identificada como mais abundante em paisagens com pequenas parcelas de pastagem e elevada densidade de orla, ao passo que a calhandra-real (*Melanocorypha calandra*) foi mais abundante em grandes extensões de habitat agrícola aberto contínuo. Densidades de sisão e de calhandrinha-comum (*Calandrella brachydactyla*) diminuíram em habitats altamente fragmentados, embora tenha sido verificado que toleram e até beneficiam de níveis baixos de fragmentação de habitat.

2.1.2 Ameaças e Conservação

Como referido anteriormente, as alterações efectuadas pelo homem nas últimas décadas resultaram em mudanças quer nos padrões da paisagem agrícola, quer ao nível local, nas parcelas agrícolas.

Na Europa mediterrânea, as principais consequências das alterações das paisagens agrícolas nas aves estepárias são (Stoate *et al.* 2001, Cabral *et al.* 2005, Moreira *et al.* 2012):

- (i) O abandono das actividades em áreas marginais, levando a uma perda de campos agrícolas, desenvolvimento de matos e florestação em áreas agrícolas;

- (ii) Intensificação agrícola na maior parte da área produtiva, com consequências na substituição de culturas de sequeiro pelas de regadio, na diminuição ou perda de áreas de pousio, pastagem, ou de outras culturas improdutivas.

As florestações em áreas agrícolas abertas propiciam a fragmentação da extensão do habitat pseudoestepário, o aumento das zonas de orla e o aparecimento de predadores generalistas, como os corvídeos e os carnívoros (Pita *et al.* 2009, Reino *et al.* 2010a). Para as aves características destes meios agrícolas, a florestação tem efeitos negativos, já que diminui a dimensão do habitat (Bota *et al.* 2005, Reino 2010a) e aumenta os riscos de predação, na medida em que os predadores têm mais actividade em zonas de orla e predam os ninhos das aves que nidificam no solo. Diversos trabalhos realizados em 2008, 2009 e 2010, por Reino *et al.* analisaram o efeito da fragmentação sobre as aves estepárias concluindo que as fragmentações produzidas pelas plantações podem aumentar a diversidade e abundância de aves em áreas agrícolas adjacentes, embora à custa das aves estepárias com interesse de conservação. Nem todas as espécies estepárias respondem da mesma maneira à fragmentação ou ao efeito de orla. Por exemplo, a cotovia-montesina e a calhandrinha-comum mostraram ter tendência a atingir densidades altas perto das orlas e de terem aparentemente beneficiado com a fragmentação, enquanto os dados relativos ao sisão sugeriram que embora possa tolerar níveis moderados de fragmentação, a abundância tende a diminuir em áreas abertas bastante fragmentadas (Reino *et al.* 2009).

A intensificação agrícola visa sobretudo a obtenção de uma maior produção por unidade de área. Martínez e Purroy (1993) indicam que as principais práticas intensivas que põem em perigo o desaparecimento das aves estepárias são a maquinaria agrícola, o adiantamento temporal nas colheitas, os pesticidas, o desaparecimento de pousio e ecótonos, os seguros agrários (cultivo em terrenos de fraca rentabilidade) e as transformações para regadio.

Para além das diferentes consequências ao nível da paisagem agrícola nas aves estepárias anteriormente descritas, outras ameaças e efeitos afectam estas aves ao nível das parcelas agrícolas, nomeadamente (Tucker e Evans 1997):

- (i) A melhoria das culturas, que se traduz num rápido crescimento e na alta densidade inadequados para a nidificação e para a alimentação;
- (ii) O uso dos pesticidas, que provoca uma redução difundida de invertebrados, vertebrados e recursos vegetais alimentares;
- (iii) O sobrepastoreio, que proporciona um aumento do risco de pisoteio dos ovos e das crias e uma baixa e esparsa vegetação;
- (iv) A florestação, que provoca uma diminuição do habitat e um aumento da fragmentação;
- (v) O cultivo de áreas de pastagem, que se traduz numa perda de local de nidificação e de oportunidades de alimento;
- (vi) A perda da diversidade dos cultivos (perda de rotações, especializações das culturas, aumento do tamanho da parcela), que produz uma redução da área de nidificação e de alimento, e uma diminuição da população de invertebrados;
- (vii) A ruína de edifícios antigos, que reduz as oportunidades de nidificação em cavidades. Espécies como o francelho utilizam este tipo de locais para nidificar.

O estatuto de prioridade das espécies é identificado com base na lista das espécies “Europeias com Estatuto de Ameaça”, de A a D, e definidas por Tucker e Heath, em 1994, e pela importância do habitat para a população Europeia (Tucker e Evans 1997). Os habitats estepários na Europa (estepe primária, estepe secundária ou pseudoestepe) têm 65 aves prioritárias e apresentam 7 espécies com estatuto de prioridade A e 24 espécies com prioridade B (Collar *et al.* 1994). Noutras palavras, uma elevada proporção do habitat destas espécies tem um estatuto de conservação desfavorável, havendo 43% das espécies com as suas populações concentradas em habitats estepários (Tucker e Evans 1997). As sete espécies prioritárias de nível A, como a águia-imperial (*Aquila heliaca*), o francelho, o sisão e a abetarda, apresentam um estatuto de ameaça global e todas, menos uma, têm a maioria da sua população Europeia no interior do habitat em alguma fase do seu ciclo anual (Tucker e Evans 1997).

Dos habitats estepários existentes na Europa, a Península Ibérica alberga as áreas mais importantes para a conservação e manutenção de comunidades de aves estepárias. A composição e a distribuição da avifauna estepária nesta região é resultado de uma interação complexa de influências naturais e antropogénicas (Santos e Suárez 2005).

A importância global da comunidade de aves estepárias Ibéricas é suportada pelos seguintes factos:

- (i) Todas as espécies estepárias, que ocorrem na Europa, estão representadas na Península Ibérica;
- (ii) No contexto europeu, algumas espécies são exclusivas da Ibéria, como o cortiçol-de-barriga-branca (*Pterocles alchata*), a calhandra-de-Dupont (*Chersophilus duponti*), ou a calhandrinha-das-marismas (*Calandrella rufescens*);
- (iii) Três espécies estão confinadas à Península Ibérica: a abetarda, o cortiçol-de-barriga-preta (*Pterocles orientalis*) e a cotovia-montesina (*Galerida theklae*);
- (iv) Das 18 espécies europeias, 13 espécies têm as suas maiores populações na Península Ibérica, e uma a segunda maior população.

Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia, explicada no capítulo seguinte, de forma a analisar o impacto das alterações das ocupações do solo nas aves estepárias numa região no Sul de Portugal.

3. Metodologia

3.1 Área de estudo

A área de estudo, localizada na região do Alentejo, consiste em três zonas abrangidas pelo plano de regadio do EFMA e na área remanescente da Zona de Protecção Especial (ZPE) de Cuba (Mãe d'Água, 2009), cobrindo uma área de 34153 ha (Tabela 1, Figura 1). A análise efectuada refere-se a dois períodos: em 2007, anterior à construção das infra-estruturas de rega do EFMA e outro, em 2011, após a construção dessas mesmas infra-estruturas.

Tabela 1 - Descrição e localização dos blocos de rega da área de estudo por concelho e distrito e respectiva área.

Área de estudo	Concelho	Distrito	Áreas (ha)
Bloco de rega de Monte Novo	Évora e Portel	Évora	11928,6
Bloco de rega de Alvito e Pisão	Cuba, Beja, Vidigueira e Alvito	Beja	15374,0
Bloco de rega de Pisão	Beja e Ferreira do Alentejo	Beja	4987,7
ZPE de Cuba	Beja e Cuba	Beja	5049,0

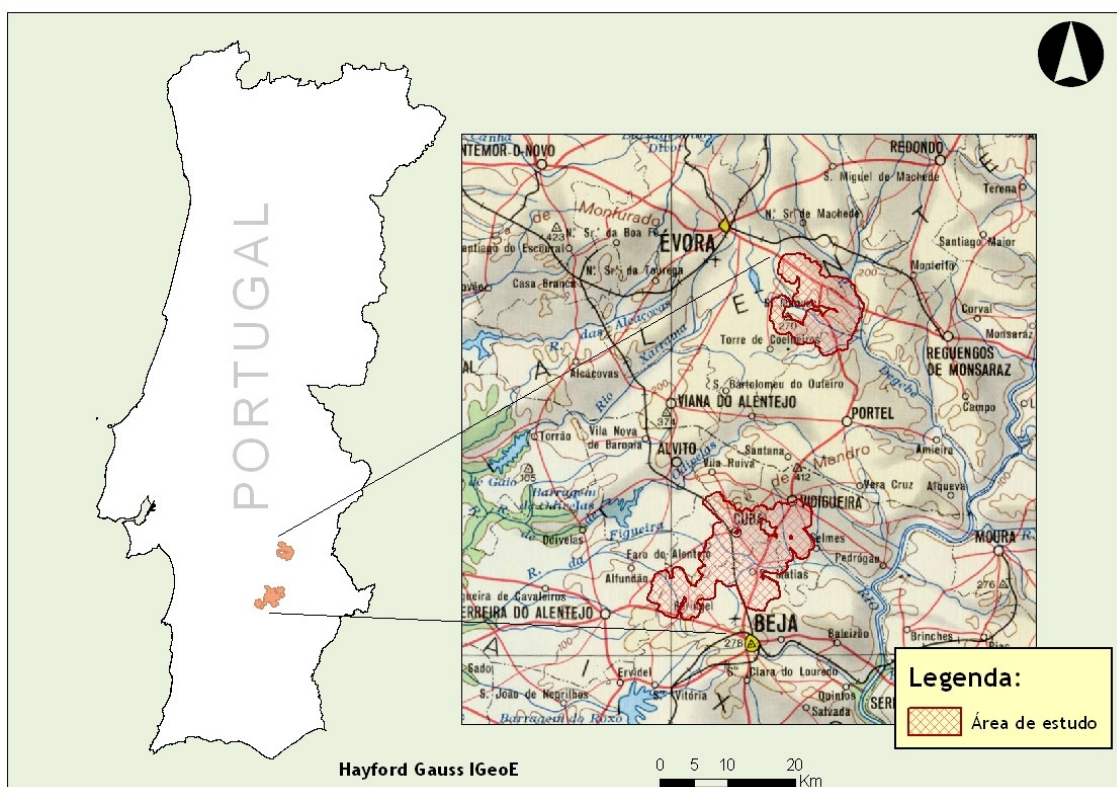


Figura 1 - Localização geográfica da área em estudo.

3.1.1 Caracterização da área de estudo

No que se refere ao clima e segundo a classificação de Köppen (1918-1936), a área de estudo é do tipo mesotérmico húmido com duas estações: um Verão quente e seco e um Inverno frio e húmido (GPAa 2004). No distrito de Évora, onde se insere o Bloco de Rega de Monte Novo, entre 1981 e 2010, a temperatura média máxima foi de 31,1 °C (Julho e Agosto) e a temperatura média mínima de 5,8 °C (Janeiro). Para este distrito no mesmo período os valores médios de precipitação mensal oscilam entre os 4,1 mm de Julho e os 95,1 mm de Dezembro. No distrito de Beja, onde se situa a restante área de estudo, durante o mesmo período, foi registada uma temperatura máxima média de 33,3 °C (Julho) e uma média mínima de 5,4 °C (Janeiro), com valores médios de precipitação mensal de 2,4 mm em Julho e os 97,7 mm em Dezembro. O clima nesta região possui ainda um regime de ventos fracos a moderados, de temperaturas elevadas e de fraca nebulosidade nos meses de Verão.

Segundo a EDIA (2005, 2006) predominam, nos diferentes locais de implementação do regadio, os solos mediterrâneos Pardos, Vermelhos ou Amarelos, de elevada aptidão agrícola. Existem também solos com maior aptidão para as pastagens permanentes, matos e áreas de exploração florestal (EDIA 2005, EDIA 2006).

Os usos de solo que predominam na área em estudo são as culturas arvenses de sequeiro, onde se incluem as áreas de pastagem e pousio, aparecendo com menor expressão as culturas de regadio, olival, vinha, áreas de montado esparsas com culturas anuais no sub-coberto e os montados de azinho e sobro (EDIA 2005). Entre os diferentes usos de solo existentes, os que apresentam maior interesse biológico de conservação são os montados de azinho e sobro, pois suportam uma maior diversidade de flora e fauna, e as culturas de sequeiro, porque apresentam uma elevada importância para as aves estepárias, grupo com um elevado número de espécies ameaçadas ou que apresentam declínios continuados das suas populações (Cтры e Pacheco 2008). A elevada presença humana na região, através das actividades agrícolas nos habitats existentes, provocou uma ausência de áreas de matos mediterrâneos e de montados com matos em sub-coberto, bem como a degradação da vegetação ripícola (EDIA 2005).

Sobreposto parcialmente à área afectada pelo regadio de Alvito e Pisão, está a ZPE de Cuba com aproximadamente 2000 ha. Esta é uma zona considerada importante para a conservação de aves estepárias, destacando-se a nidificação da abetarda, a elevada densidade de machos de sisão durante a Primavera (ICNB 2006), e também a presença de cinco colónias de nidificação de francelho (Mãe d'Água 2009). Segundo o ICNB (2006), a gestão desta área deve ser dirigida prioritariamente para este grupo de aves, sendo fundamental a manutenção da cultura cerealífera extensiva assente numa rotação cultural e a promoção de uma gestão de pastagens e de gado compatível com a conservação destas aves. Confinado à área de estudo aparece o Sítio de Interesse Comunitário Alvito / Cuba, onde os habitats criados pelos "Barros de Beja" propícia o aparecimento da *Linaria ricardoi*, espécie endémica presente no Sudeste alentejano e que aufer de protecção legal, sendo uma espécie prioritária da directiva Habitats (92/43/CEE) (ICNB s.d.).

A importância ecológica da região e a elevada diversidade biológica existente aparece comprovada pelos estudos de impacto ambiental realizados pela EDIA (2005 e 2006) no período

anterior à construção das infra-estruturas de regadio. Na área do bloco de rega de Monte Novo foi identificada a presença de 183 espécies de plantas e de várias espécies faunísticas, nomeadamente: 18 de peixes, 13 de anfíbios, 20 de répteis, 174 de aves e 42 de mamíferos (EDIA 2005). Para o bloco de rega de Alvito e Pisão foram inventariadas 219 espécies: 14 de peixes, 12 de anfíbios, 10 de répteis, 148 de aves e 35 de mamíferos. Em ambos os estudos foi registada a presença de espécies raras e protegidas pela lei nacional e internacional, e destas, 72 espécies identificadas estão incluídas no Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal (Cabral *et al.* 2005) com o estatuto de conservação desfavorável, o que torna a região em estudo extremamente relevante em termos de biodiversidade (EDIA 2006).

A paisagem caracteriza-se na sua maioria pela presença de áreas abertas, ocupada pelos cultivos cerealíferos de sequeiro e regadio e em minoria por formações arbóreas e arbustivas densas e semiabertas, designadamente: florestas de eucalipto e pinheiro manso, montado de azinho e sobre, pomares e olival e pelas ocupações arbustivas: olival intensivo e vinha. O relevo é dominado por planícies ondulantes e por vales pouco encaixados, tendo as linhas de água pouca expressão nesta paisagem agrícola.

3.2 Censos das aves

Os dados referentes às aves utilizados neste trabalho foram cedidos pela empresa Mãe d'Água Lda., após autorização da EDIA, no âmbito do Estudo Integrado de Impacte Ambiental do Empreendimento Global do Alqueva. Os dados são provenientes de censos tipo Atlas e têm como objectivo determinar o padrão geral de ocorrência e abundância das espécies numa determinada região. A metodologia utilizada nos censos consiste na prospecção de quadrículas de dimensão 1x1km, no sistema de coordenadas Hayford-Gauss, em que mais de 50% da área da quadrícula tem de estar incluída dentro dos limites da área de estudo (Mãe d'Água 2009). Na figura 2 é apresentada a sobreposição da grelha 1x1km sobre a área de estudo.

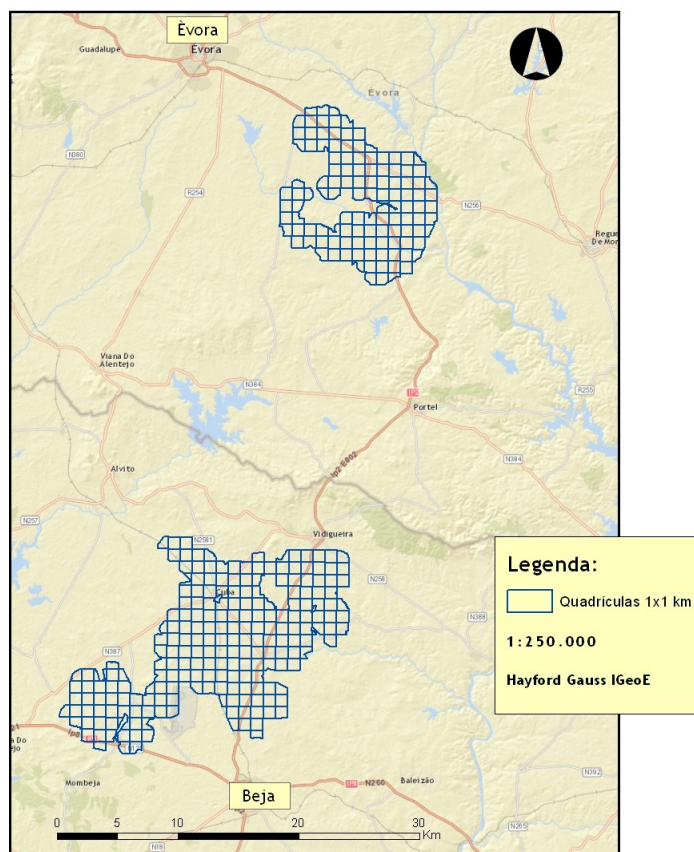


Figura 2 - Enquadramento das quadrículas 1x1km utilizadas nos censos de aves.

Os dados das espécies foram obtidos através de prospecções das quadrículas e com visitas, sistemáticas e suplementares. Em cada visita, a prospecção consistiu num transecto a pé com uma duração exacta de 20 minutos e em que se procurou visitar todos os habitats presentes na quadrícula (Mãe d’Água 2009). A amostragem decorreu nos períodos 2007/08 e de 2010/11 e em cada um foram realizadas prospecções em duas épocas: Inverno e Primavera (Tabela 2). Estes censos permitem estimar a abundância de cada espécie detectada, bem como o número de espécies para cada quadrícula, por período e época.

Os valores de abundância das espécies foram calculados através dos resultados das visitas sistemáticas, enquanto os de distribuição advêm da junção dos resultados das visitas sistemáticas e suplementares.

Tabela 2 - Datas das visitas sistemáticas e suplementares nos períodos 2007/08 e 2010/11 e nas épocas de Inverno e Primavera.

Período	Época	Visitas sistemáticas	Visitas suplementares
2007 / 2008	Inverno	04/12/2007 a 01/03/2008	27/12/2007 a 29/02/2007
	Primavera	25/04/2007 a 15/07/2007	16/04/2007 a 18/07/2007
2010 / 2011	Inverno	08/01/2011 a 25/02/2011	09/01/2011 a 25/02/2011
	Primavera	06/04/2011 a 17/06/2011	04/04/2011 a 07/07/2011

3.3 Ocupação do solo

Para determinar a influência das alterações efectuadas na paisagem sobre a comunidade de aves estepárias foi feita uma fotointerpretação da área em estudo antes e depois da implementação das condutas de rega. Essa análise permitiu obter duas cartas de ocupação e uso do solo, uma referente ao período 2007/08 e outra ao período posterior à implementação das condutas de rega, período 2010/11.

A produção da carta para o período 2007/08 foi realizada a partir da fotointerpretação das fotografias aéreas do voo de 2004 da IGP/DGRF (Instituto Geográfico Português/Direcção Geral dos Recursos Florestais). Para o período pós implementação do regadio, a fotointerpretação foi realizada através das imagens datadas de 2011 referentes ao último voo do IGP/IFAP (Instituto Geográfico Português/Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas), disponíveis através da *layer World User Imagery* do ArcGIS 10.0 (ESRI 2010).

A produção de ambas as cartas foi efectuada de acordo com a metodologia usada na Carta de Ocupação e Uso do Solo de 2007 (COS'2007) para Portugal Continental do Instituto Geográfico Português (IGP 2010). A cartografia, para ambos os períodos, foi completada até ao detalhe temático de nível 3, segundo os critérios de nomenclatura da COS2007, embora com algumas especificações técnicas diferentes (Tabela 3). Na produção cartográfica não foram aplicados valores mínimos das distâncias entre linhas ou polígonos porque neste estudo é relevante cartografar superfícies como as condutas de água ou as estradas. É de referir que no processo de produção das cartas temáticas apenas se utilizou o código de ocupação de solo, que está associado à nomenclatura da COS2007.

Tabela 3 - Especificações técnicas usadas na construção das cartas de ocupação e uso do solo de 2007 e 2011.

Dados de base à produção	Imagens aéreas orto-rectificadas (voo DGRF / IGP de 2004 e 2011)
Modelo de dados	Vectorial
Estrutura dos dados	Polígonos
Unidade Mínima Cartografada (UMC)	0,5 ha
Distância mínima entre linhas	Não aplicada
Largura mínima de polígonos	Não aplicada
Projecção cartográfica	Hayford Gauss Militar
Nomenclatura	COS'2007

Após a obtenção das cartas temáticas para ambos os períodos foi efectuado um reagrupamento de classes em 12 novos *clusters* de ocupação e uso do solo (Tabela 4). O motivo desta associação foi a simplificação dos elementos em estudo e a adequação dos mesmos à área de estudo e à ecologia das aves estepárias, para possibilitar uma análise quantitativa robusta.

As áreas urbanas, redes viárias e ferroviárias, outras estruturas construídas ou locais associados a obras foram agrupadas em *Território artificializado*. As culturas temporárias de sequeiro e as culturas temporárias de regadio e vinhas mantiveram o mesmo nível de classificação. As áreas de olival existentes na área de estudo foram caracterizadas consoante o compasso entre oliveiras e o tipo de porte (árvore ou arbustivo). Foram classificados em Olivais

os que apresentavam um compasso inferior a 6x6 m e com compasso superior foram denominadas de Culturas temporárias e/ou pastagens. O primeiro tema obteve a nova classificação de *Olival intensivo* e o segundo de *Olival tradicional*. A nova classe *Pomar/hortas* consistiu no agrupamento dos temas Pomares e dos Sistemas culturais e parcelares complexos. A associação das classes, pastagens permanentes e vegetação herbácea natural, deu origem à classe *Pousio/pastagem*. Com o objectivo de diferenciar a área de montado consoante a densidade de árvores, a classe sistemas agro-florestais (SAF) originou duas novas classes, a de *Montado aberto* em que a sua produção teve em conta uma densidade de árvores inferior a 30%, e a de *Montado fechado* na qual a densidade de árvores é superior a 30%. A nova classe *Floresta* incluiu áreas de floresta de diferentes espécies, zonas de matos e novas plantações. As barragens, charcas, linhas de água e canais de rega, presentes nas classes nível 3, foram agrupadas em *Corpos de água*. O tema *Sem ocupação* foi criado para as classes que não estão presentes na área de estudo. Através da ferramenta de geoprocessamento, operação *dissolve* do ArcGIS 10.0, procedeu-se à agregação dos polígonos que representam igual classe de ocupação/uso do solo. Como resultado deste processo são as cartas de ocupação do solo para os períodos em estudo (Figura 3 e 4).

Tabela 4 - Agregação das classes nível 3 da COS2007, para a classificação utilizada nas cartas temáticas da ocupação do solo de 2007 e 2011.

COS 2007 - Nível 3 - 43 classes	Carta de Uso dos Solos 2007 e 2011 da área de estudo - 12 clusters
1.1.1 Tecido urbano contínuo	Território artificializado
1.1.2 Tecido urbano descontínuo	
1.2.1 Indústria, comércio e equipamentos gerais	
1.2.2 Redes viárias e ferroviárias e espaços associados	
1.2.3 Áreas portuárias	
1.2.4 Aeroportos e aeródromos	
1.3.1 Áreas de extracção de inertes	
1.3.2 Áreas de deposição de resíduos	
1.3.3 Áreas em construção	
1.4.1 Espaços verdes urbanos	
1.4.2 Equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas	
2.1.1 Culturas temporárias de sequeiro	Culturas arvenses de sequeiro
2.1.2 Culturas temporárias de regadio	Culturas arvenses de regadio
2.2.1 Vinhas	Vinhas
2.2.2 Pomares	Pomar / hortas
2.4.2 Sistemas culturais e parcelares complexos	
2.2.3 Olivais	Olival intensivo (compasso inferior a 6x6 m)
2.3.1 Pastagens permanentes	Pousio / pastagem
3.2.1 Vegetação herbácea natural	
2.4.1 Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes	Olival tradicional
2.4.4 Sistemas agro-florestais (SAF)	Montado aberto (densidade de árvores < a 30%) Montado fechado (densidade de árvores > a 30%)
2.4.3 Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	Floresta
3.1.1 Florestas de folhosas	
3.1.2 Florestas de resinosas	
3.1.3 Florestas mistas	
3.2.2 Matos	
3.2.3 Vegetação esclerófito	
3.2.4 Florestas abertas, cortes e novas plantações	
5.1.1 Cursos de água	
5.1.2 Planos de água	
3.3.1 Praias, dunas e areais	Sem ocupação
3.3.2 Rocha nua	
3.3.3 Vegetação esparsa	
3.3.4 Áreas áridas	
4.1.1 Pauis	
4.1.2 Turfeiras	
4.2.1 Sapais	
4.2.2 Salinas e aquicultura litoral	
4.2.3 Zonas entre-marés	
2.1.3 Arrozais	
5.2.1 Lagoas costeiras	
5.2.2 Desembocaduras fluviais	
5.2.3 Oceano	

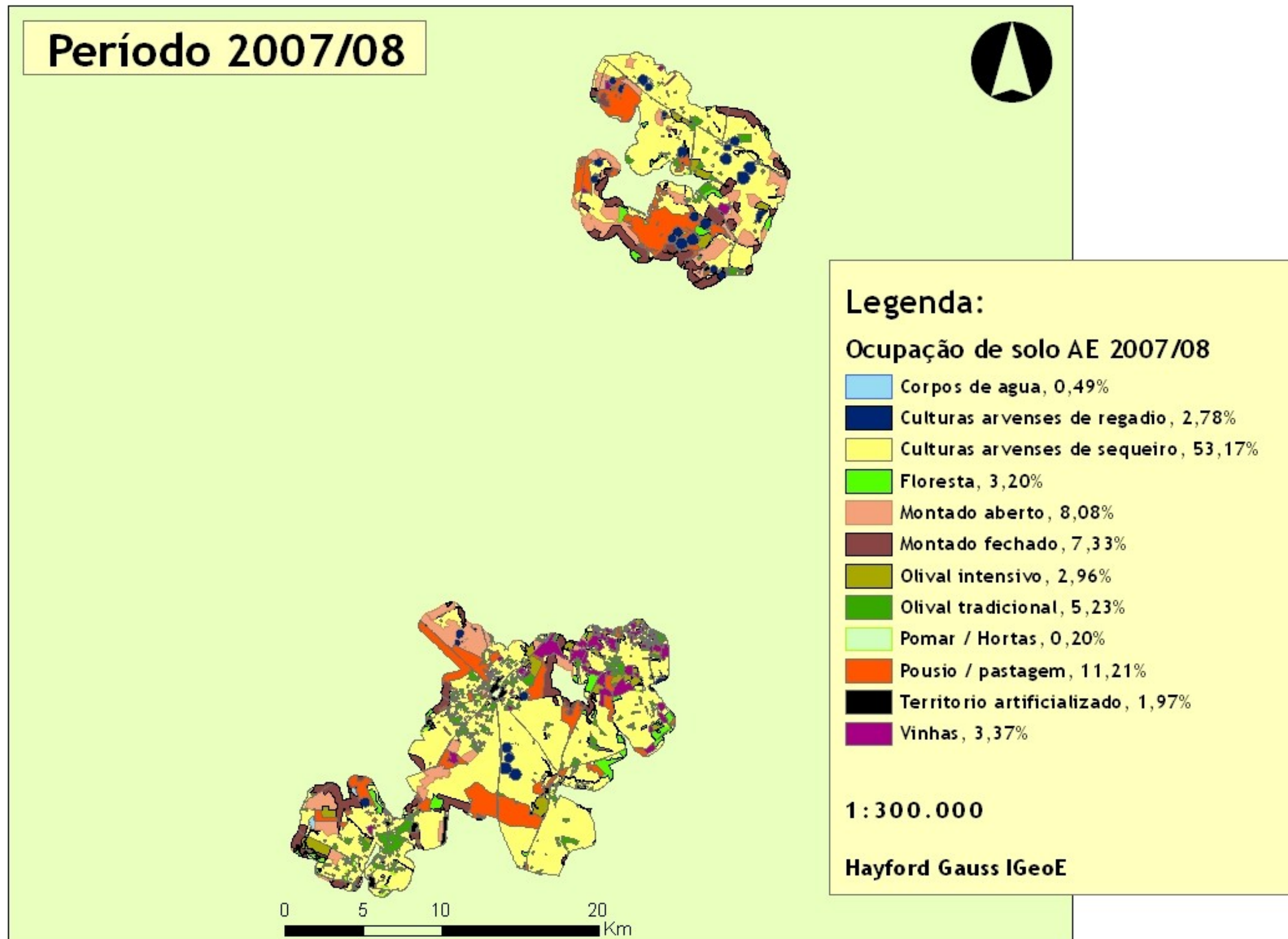


Figura 3 - Carta da ocupação de solo para o período 2007/08 da área de estudo com classes e percentagens de uso do solo.

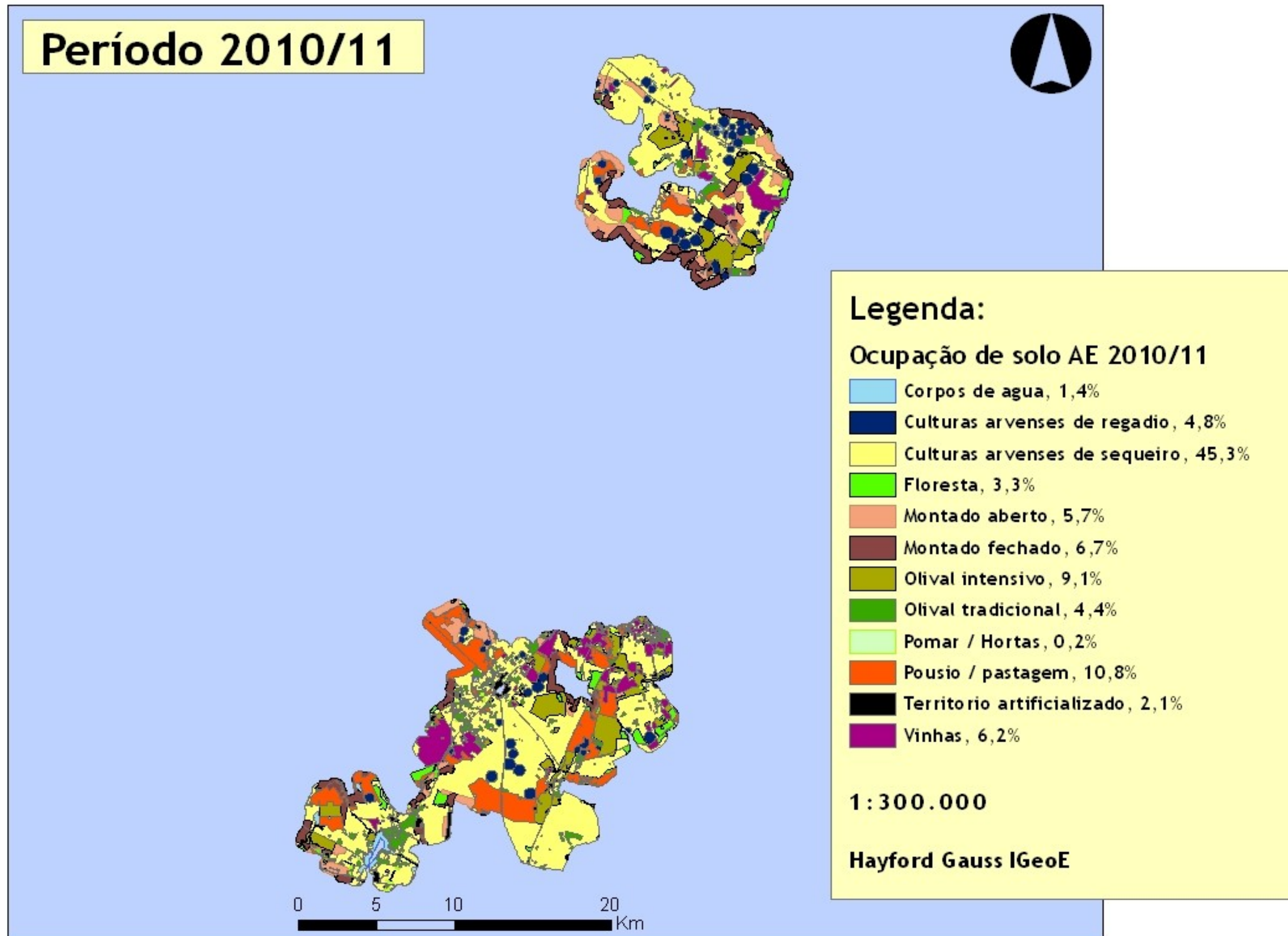


Figura 4 - Carta da ocupação de solo da área de estudo para o período 2010/11 com classes e percentagens de uso do solo.

3.4 Variáveis de ocupação de solo e métricas da paisagem

Após a obtenção das cartas finais das ocupações de solo da área de estudo para os dois períodos em análise, 2007/08 e 2010/11, estas foram convertidos para o formato *raster* com o tamanho de célula 20x20 m. Este tamanho permitiu uma correcta caracterização da paisagem e, conseqüentemente, das suas métricas. Esta conversão permitiu a análise espacial dos elementos de ocupação de solo e o cálculo das métricas da paisagem sobre a área de amostragem, que neste estudo foi a grelha de quadrículas de 1x1 km (Figura 5). Para facilitar a visualização dos resultados foi atribuído a cada tema de ocupação de solo e ao valor em *raster* uma sigla (Tabela 5).

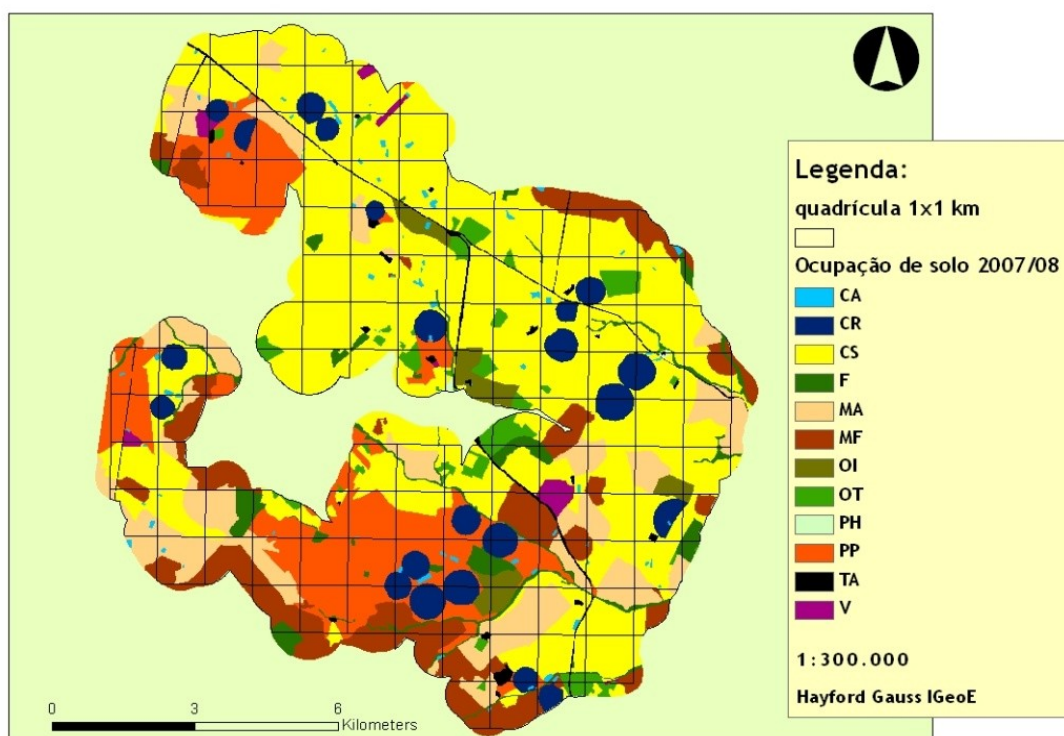


Figura 5 - Unidade de amostragem (quadrícula Hayford Gauss 1x1 km) sobre a ocupação de solo de uma região da área de estudo.

Tabela 5 - Nomenclatura das classes de ocupação do solo no modelo raster.

Classificação da Ocupação/Use de Solo	Acrónimo	Valor raster
Corpos de água	CA	1
Culturas arvenses de regadio	CR	2
Culturas arvenses de sequeiro	CS	3
Floresta	F	4
Montado aberto	MA	5
Montado fechado	MF	6
Olival intensivo	OI	7
Olival tradicional	OT	8
Pomar / hortas	PH	9
Pousio / pastagem	PP	10
Território artificializado	TA	11
Vinhas	V	12

Para determinar as percentagens e os valores das métricas por unidade de amostragem para ambos os períodos foi utilizada a ferramenta *Regional Statistics* da extensão *Patch Grid* para ArcGIS 10.0. Introduziram-se os seguintes elementos para análise estatística espacial: cartas raster de ocupação de solo de 2007/08 e 2010/2011 e as quadrículas da área de estudo. Em ambos os cálculos foi utilizada a opção, *Landscape* (paisagem) ao nível da análise, permitindo assim, obter os resultados das métricas em cada unidade de amostragem (Figura 6).

No produto resultante, em formato *.dbf*, foram selecionadas e exportadas para *excel* as colunas relativas ao nome da quadrícula, classe de ocupação de solo, proporção da classe na unidade de amostragem e métricas da paisagem ao nível da paisagem - tamanho médio da parcela (mps) e densidade de orla (ed). Os dados foram organizados por coluna de forma a ter por cada unidade de amostragem as diferentes classes de ocupação de solo e as métricas da paisagem.

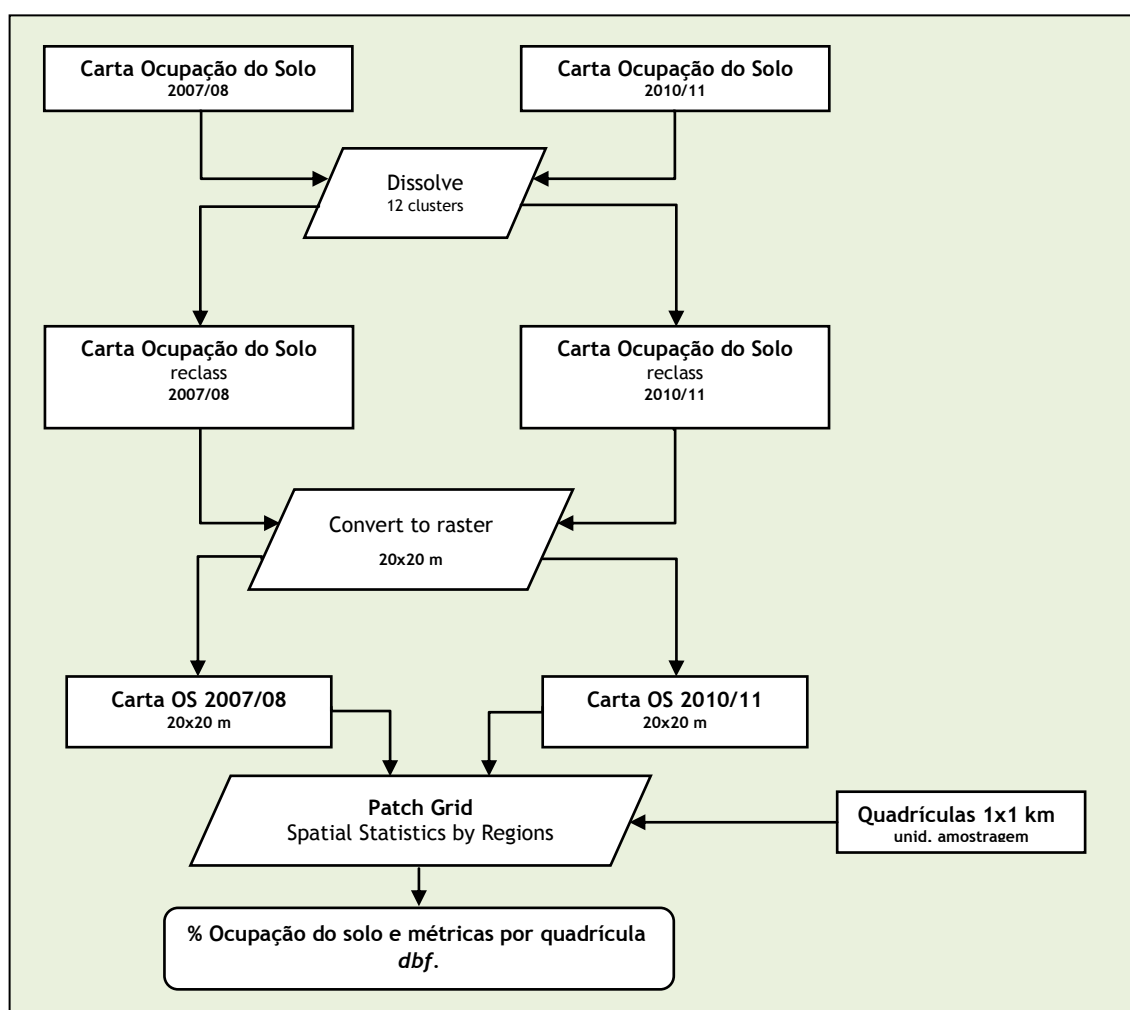


Figura 6 - Fluxograma do cálculo das percentagens de ocupação de solo e métricas da paisagem em ArcGIS 10.0.

3.5 Análise dos dados

3.5.1 Relação entre as comunidades de aves e usos do solo nos períodos 2007/08 e 2010/11

Para identificar as relações entre espécie e ambiente, bem como a sua classificação em termos de preferências quanto ao uso do solo, foi utilizada a técnica de análise estatística, Análise Canónica de Correspondência (correspondente à sigla CCA derivada do inglês *Canonical Correlation Analysis*). Ter Braak (1987) demonstrou que esta técnica permite analisar questões específicas sobre as respostas das espécies em unidades amostrais às variáveis ambientais, possibilitando uma análise directa dos seus gradientes. A utilização desta técnica permitiu avaliar as relações entre dois grupos de variáveis, em que o primeiro grupo (espécies) constitui as variáveis dependentes múltiplas e o segundo grupo as variáveis independentes que supostamente influenciam as variáveis do primeiro grupo, sendo essas: ano, ocupação de solo e métricas da paisagem.

A classificação das aves como estepárias foi feita com base na lista de espécies de aves prioritárias de habitats agrícolas e de pastoreio da Europa (Tucker e Evans 1997 - Tabela 6).

Tabela 6 - Lista de espécies de aves estepárias. Legenda: PT - estatuto de conservação em Portugal continental; IUCN - estatuto de conservação segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza; LC - Pouco Preocupante (Least Concern); NT - Quase Ameaçado (Near Threatened); VU - Vulnerável (Vulnerable); EN - Em Perigo (Endangered); CR - Criticamente em Perigo (Critically Endangered).

Acrónimo	Nome científico	Nome comum	Categoria	
			PT	IUCN
Alaarv	<i>Alauda arvensis</i>	Laverca	LC	LC
Antcamp	<i>Anthus campestris</i>	Petinha-dos-campos	LC	LC
Antpra	<i>Anthus pratensis</i>	Petinha-dos-prados	LC	LC
Buroed	<i>Burhinus oediconemus</i>	Alcaravão	VU	LC
Calbra	<i>Calandrella brachydactyla</i>	Calhandrinha	LC	LC
Circya	<i>Circus cyaneus</i>	Tartaranhão-cinzento	CR	LC
Cirpyg	<i>Circus pygargus</i>	Tartaranhão-caçador	EN	LC
Corgar	<i>Coracia garrulus</i>	Rolieiro	CR	LC
Cotcot	<i>Cotornix cotornix</i>	Codorniz	LC	LC
Falnau	<i>Falco naummani</i>	Francelho	VU	VU
Galsp	<i>Galerida sp</i>	Cotovia-de-poupa / Cotovia-montesina	LC	LC
Grugru	<i>Grus grus</i>	Grou-comum	VU	LC
Melcal	<i>Melanocorypha calandra</i>	Calhandra-real	NT	LC
Milcal	<i>Miliaria calandra</i>	Trigueirão	LC	LC
Oenhis	<i>Oenanthe hispanica</i>	Chasco-ruivo	VU	LC
Otitar	<i>Otis tarda</i>	Abetarda	EN	VU
Pluapr	<i>Pluvialis apricaria</i>	Tambola-dourada	LC	LC
Pteori	<i>Pteroles orientalis</i>	Cortiçol-de-barriga-preta	EN	LC
Tettet	<i>Tetrax tetrax</i>	Sisão	VU	NT
Vanvan	<i>Vanellus vanellus</i>	Abibe	LC	LC

Para proceder à CCA utilizou-se o programa de estatística R (R Development Core Team 2013) os dados foram organizados como indicado na Tabela 7, para cada época do ano.

Tabela 7 - Características dos elementos das matrizes de dados para as épocas de Inverno e Primavera

Grupos de variáveis	Nome das variáveis	Descrição das variáveis
Sítio	quad	acrónimo da quadrícula 1x1 km
Dependentes, Y	espécies de aves	valor da abundância de cada espécie para cada sítio
Variáveis independentes, X	ano	valor 0 (zero) para o ano de 2007 e 1 (um) para o ano de 2011
	ca	percentagem da ocupação de solo por sítio (%)
	cr	
	cs	
	f	
	ma	
	mf	
	oi	
	ot	
	ph	
	pp	
	ta	
	v	
	mps	
	ed	

Foi realizada uma CCA para cada época do ano através do *Vegan, Community Ecology Package* (Oksanen *et al.* 2013) do R (2013).

Para compreender a influência das alterações de cobertura do solo nas comunidades de aves foi necessário na CCA remover sequencialmente: as espécies aquáticas (Catry e Pacheco 2008), as raras (todas as espécies que apresentam uma ocorrência inferior a 5%, ou seja menos de 32 presenças no total das quadrículas em estudo) e as influentes (espécies que têm um número elevado de abundância por sítio).

3.5.2 Factores que influenciam a riqueza específica total e a riqueza específica de aves estepárias

Para perceber que factores explicam as variações na comunidade de aves recorreu-se a modelos lineares generalizados (GLM do inglês *Generalized Linear Model*) utilizando o software R (2013). A metodologia aplicada, com base em Zuur *et al.* (2009), permite interações, selecção, validação e interpretação de modelos. Foram utilizadas como variáveis independentes a época do ano (Inverno e Primavera), o ano de amostragem (2007 ou 2011) e, variáveis ambientais de ocupação de solo e das métricas da paisagem, para explicar o número de espécies (riqueza específica) total e de aves estepárias observado em cada quadrícula de amostragem.

Para diminuir o número de variáveis ambientais usadas nos modelos, os habitats foram agrupados em concordância com os resultados obtidos nas CCA para as épocas de Inverno e de Primavera (Tabela 8).

Tabela 8 - Associação das ocupações de solo da área de estudo com os novos habitats criados para modelação em R.

Ocupação de solo	Habitats
Corpos de água	Corpos de água
Cultura de regadio	Culturas de regadio
Cultura de sequeiro	Cultura de sequeiro
Pousio / pastagem	
Montado aberto	Montado aberto
Floresta	Área arbórea e arbustiva
Montado fechado	
Olival intensivo	
Olival tradicional	
Pomar / hortas	
Vinhas	
Território artificializado	Território artificializado

O primeiro passo na modelação consistiu no estudo dos dados, visualização de *outliers* e existência de multicolinearidade entre as variáveis em estudo. O método utilizado para seleccionar variáveis não colineares foi o da análise dos factores de inflação da variância ou VIF (sigla derivada de *Variation Inflation Factor*). Adicionou-se o package *lme4* (*Linear-mixed effects models using Eigen and Eigenpack*; Bates 2013) ao R para relacionar as variáveis escolhidas com a variável dependente em análise (riqueza específica total ou riqueza específica de aves estepárias) e criar diferentes modelos lineares generalizados: com ou sem interacção e utilizando as famílias Gaussianas ou de Poisson, de forma a determinar qual o modelo que melhor se ajusta à distribuição dos dados. Utilizou-se o critério *Akaike Information Criterion* - AIC (Sakamoto *et al.* 1986) para escolher o modelo com o valor mais baixo de AIC, sendo esse o que melhor se ajusta aos resultados. A função *step*, que exclui e inclui variáveis existentes na fórmula, foi aplicada ao modelo seleccionado pelo AIC para determinar se com a eliminação de alguma variável o modelo se ajusta melhor à distribuição dos dados.

Modelos aditivos generalizados ou GAM (*Generalized Additive Model*) foram aplicados porque permitem uma maior flexibilidade na especificação da dependência da resposta com as covariáveis e o seu uso pode trazer mais informação do que o modelo linear paramétrico. Os GAM diferenciam-se dos modelos lineares pela substituição do preditor linear por um preditor aditivo formado por funções não-paramétricas das variáveis explicativas (Júnior, 2007). Para determinar qual o modelo que melhor se ajusta aos dados, foi efectuado uma AIC entre o modelo GLM ajustado e o GAM com a mesma fórmula, tendo-se para tal adicionado o package *mgcv* - *Mixed GAM Computation Vehicle with GCV/AIC/REML smoothness estimation* (Wood, 2013) ao R. Se o modelo GAM apresentar o menor valor de AIC, é realizada manualmente a função *step*, até obtermos uma fórmula com o menor número de variáveis possível e menor valor de AIC. A análise de variância ANOVA é aplicada ao modelo final para determinar quais as variáveis significativas que se mantêm no modelo (*p-value* <0,05) e quais podem ser excluídas do modelo final.

Após a obtenção do modelo final fez-se uma validação do mesmo através do cumprimento dos seguintes pressupostos: inexistência de outliers e colinearidade entre as variáveis resposta; normalidade e homocedasticidade dos resíduos, ou seja, que estes apresentem uma distribuição normal e que tenham uma variância constante; e Independência das observações.

Na figura 7 é apresentada a metodologia em R e o modelo que melhor se ajusta à variação das variáveis dependentes pelas variáveis, temporal e ambientais.

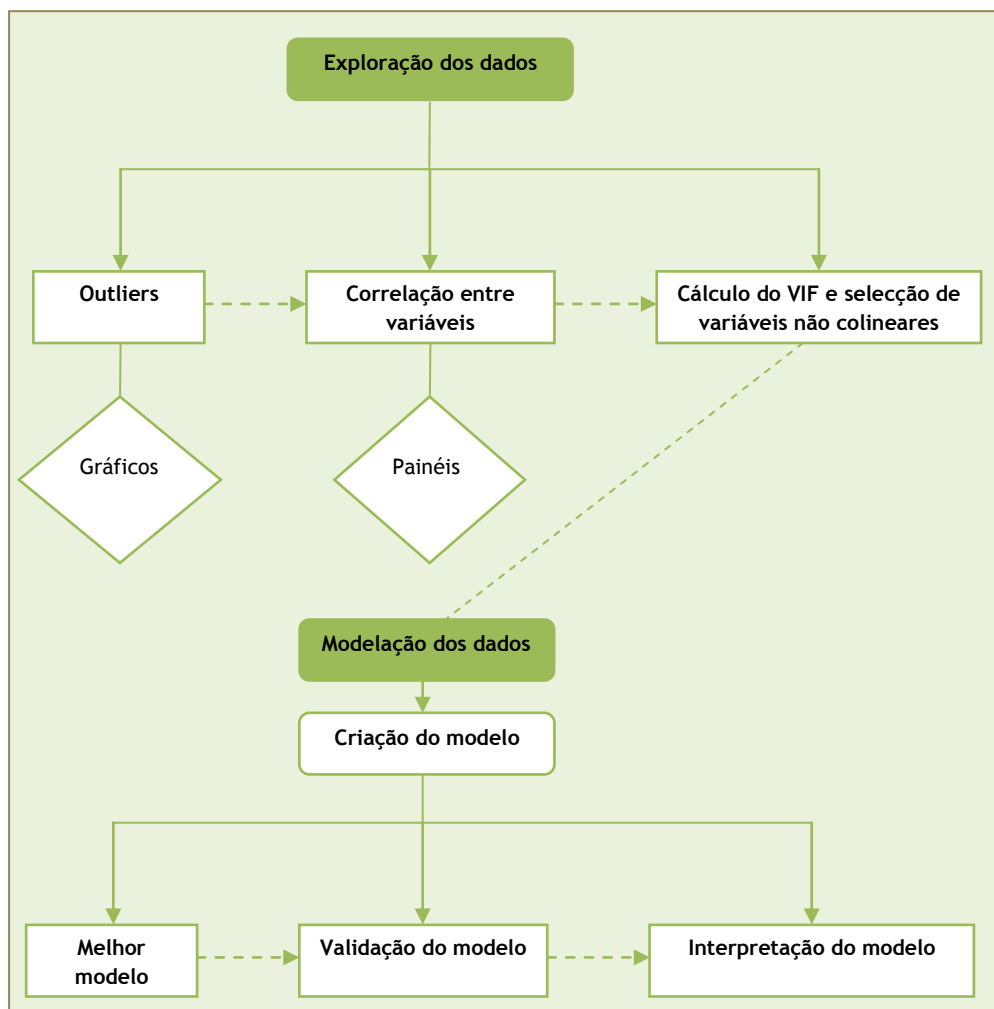


Figura 7 - Fluxograma da metodologia aplicada em R para ajustamento do modelo.

4. Apresentação dos resultados

4.1 Evolução da paisagem agrícola entre o período 2007/08 e 2010/11

Antes da implementação do sistema de regadio na área de estudo (período 2007/08) as principais ocupações de solo existentes eram: as culturas arvenses de sequeiro, as áreas de pousio/pastagens e o montado aberto (Tabela 9). Com a construção e o início do sistema de rega (período 2010/11) as culturas arvenses de regadio, o olival intensivo e a vinha, aumentaram consideravelmente a sua área, especialmente em detrimento da área ocupada pelas culturas arvenses de sequeiro (Tabela 9; Figura 8). A superfície alterada entre os dois períodos foi de 9506 ha, correspondendo a 28% da área total (Figura 9). As alterações deram-se em toda a extensão dos blocos de rega, tendo sido abrangente no bloco de Monte Novo, nas zonas a este e oeste do bloco de Alvito-Pisão, e noroeste do bloco de Pisão. Na ZPE de Cuba, e apesar das restrições existentes, houve uma perda em aproximadamente 550 ha das culturas arvenses de sequeiro e montado aberto, para os usos de solo: culturas arvenses de regadio, floresta, olival intensivo e vinhas.

Tabela 9 - Evolução da paisagem agrícola no período 2007/08 e 2010/11.

Ocupação do solo	2007/08		2010/11		Variações
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	%
Corpos de água	166,17	0,49%	480,1	1,41%	188,92%
Culturas arvenses de regadio	951,15	2,78%	1648,11	4,82%	73,28%
Culturas arvenses de sequeiro	18167,43	53,18%	15460,86	45,25%	-14,90%
Floresta	1092,93	3,2%	1118,75	3,27%	2,36%
Montado aberto	2761,74	8,08%	1943,65	5,69%	-29,62%
Montado fechado	2505,66	7,33%	2281,54	6,68%	-8,94%
Olival intensivo	1012,94	2,96%	3099,24	9,07%	205,96%
Olival tradicional	1787,3	5,23%	1513,89	4,43%	-15,30%
Pomar / Hortas	66,64	0,2%	78,96	0,23%	18,49%
Pousio / pastagem	3828,3	11,21%	3687,95	10,79%	-3,67%
Território artificializado	673,2	1,97%	730,73	2,14%	8,55%
Vinhas	1150,25	3,37%	2122,1	6,21%	84,49%

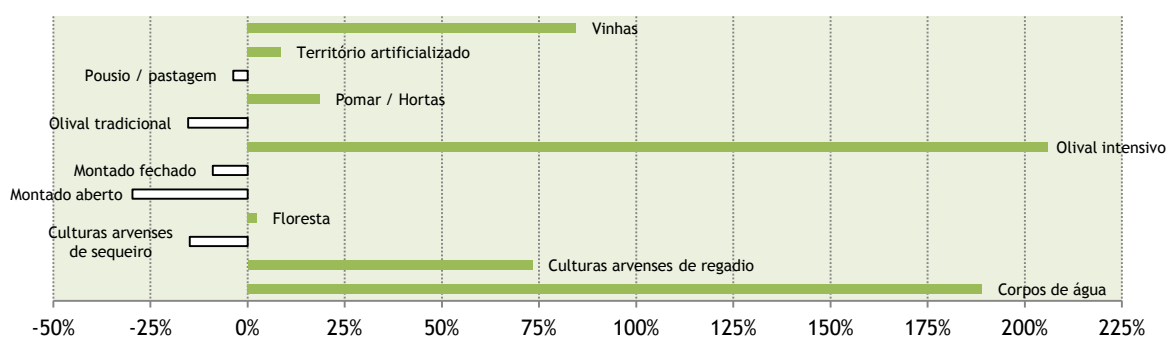


Figura 8 - Variação percentual das diferentes ocupações de solo na área de estudo do período de referência - 2007/08 para 2010/11.

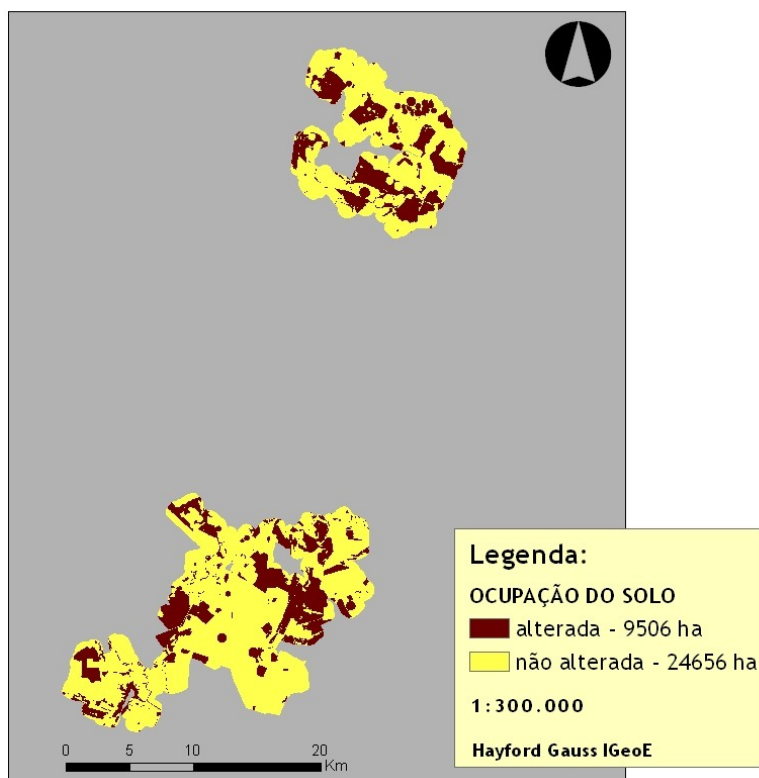


Figura 9 - Alterações da ocupação do solo entre os períodos: 2007/2008 e 2010/2011.

4.2 Evolução da comunidade de aves

Os resultados dos censos de aves indicaram que a riqueza específica total e a riqueza específica de aves estepárias tiveram uma relação inversamente proporcional, aumentando a primeira e diminuindo a segunda do período de referência para o de 2010/11 (Tabela 10). É de realçar o aumento médio das aves estepárias por quadrícula na época de Primavera entre estes períodos.

Tabela 10 - Dados da riqueza específica total e riqueza específica de estepárias por unidade de amostragem e por época (Inverno e Primavera) nos períodos: 2007/08 e 2010/11.

		Inverno		Primavera	
		2007/2008	2010/2011	2007/2008	2010/2011
Riqueza específica total	N.º máximo	33	35	33	35
	Média	14,1	16,1	15,2	20,4
	Desvio padrão	5,3	5,3	5,7	4,5
Riqueza específica de estepárias	N.º máximo.	10	8	11	9
	Média	3,5	3,3	2,8	3,1
	Desvio padrão	1,6	1,4	1,8	1,5

Verificou-se um aumento e expansão da diversidade total por quadrícula na área de estudo entre os períodos em estudo e em ambas as épocas, Inverno (Figura 10) e Primavera (Figura 11).

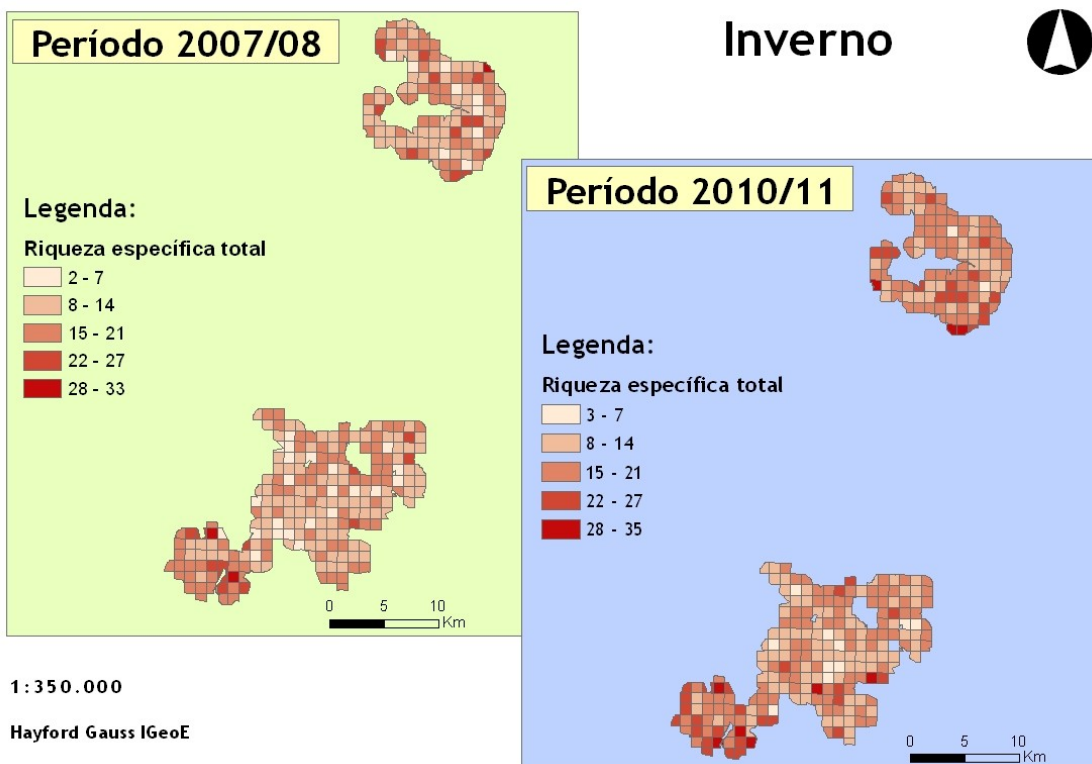


Figura 10 - Carta da distribuição da riqueza específica total por unidade de amostragem na época de Inverno (2007/08 e 2010/11).

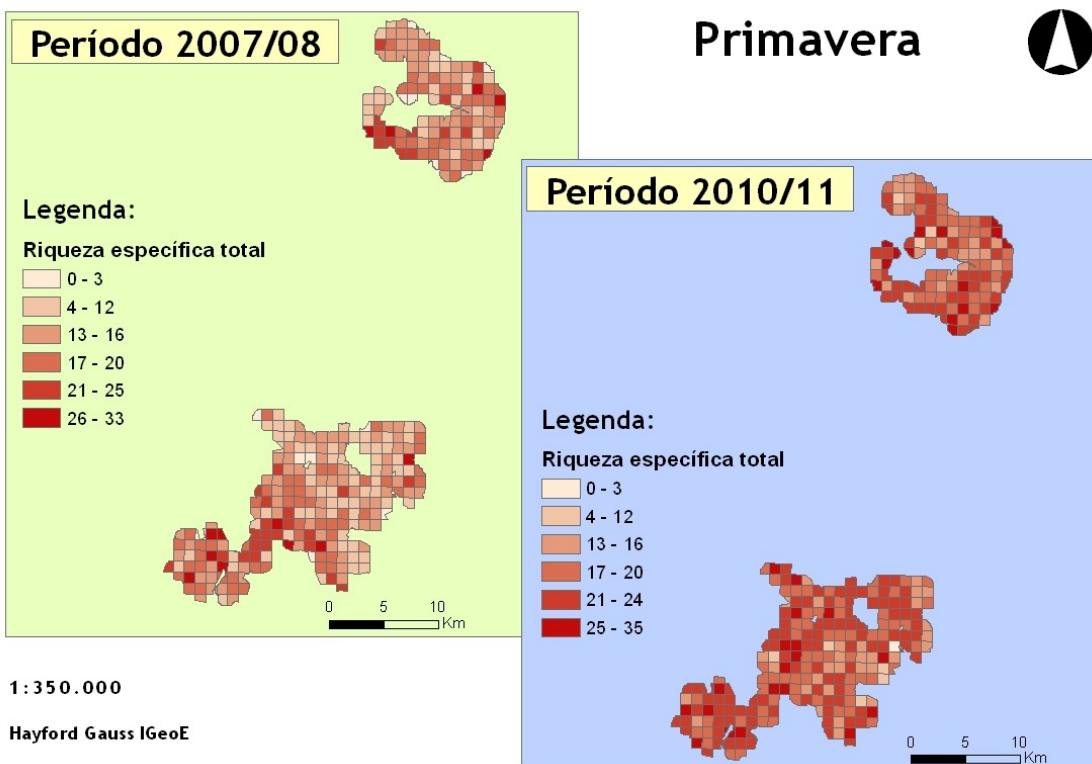


Figura 11 - Carta da distribuição da riqueza específica total por unidade de amostragem na época de Primavera (2007/08 e 2010/11).

Na época de Inverno, entre os períodos 2007/08 para o 2010/11, houve uma redução na riqueza de aves estepárias na área de estudo (Figura 12). Observou-se para a Primavera um decréscimo da diversidade de aves estepárias mas um aumento na sua área de distribuição (Figura 13).

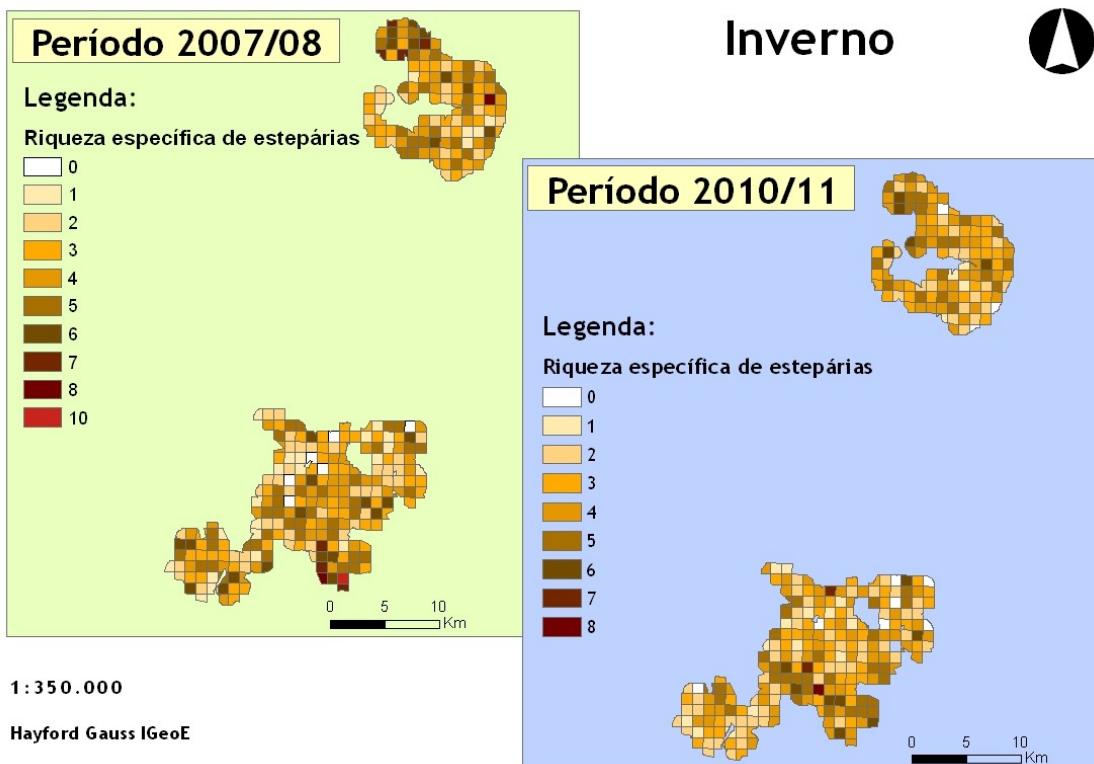


Figura 12 - Carta da distribuição da riqueza específica de estepárias por unidade de amostragem na época de Inverno (2007/08 e 2010/11).

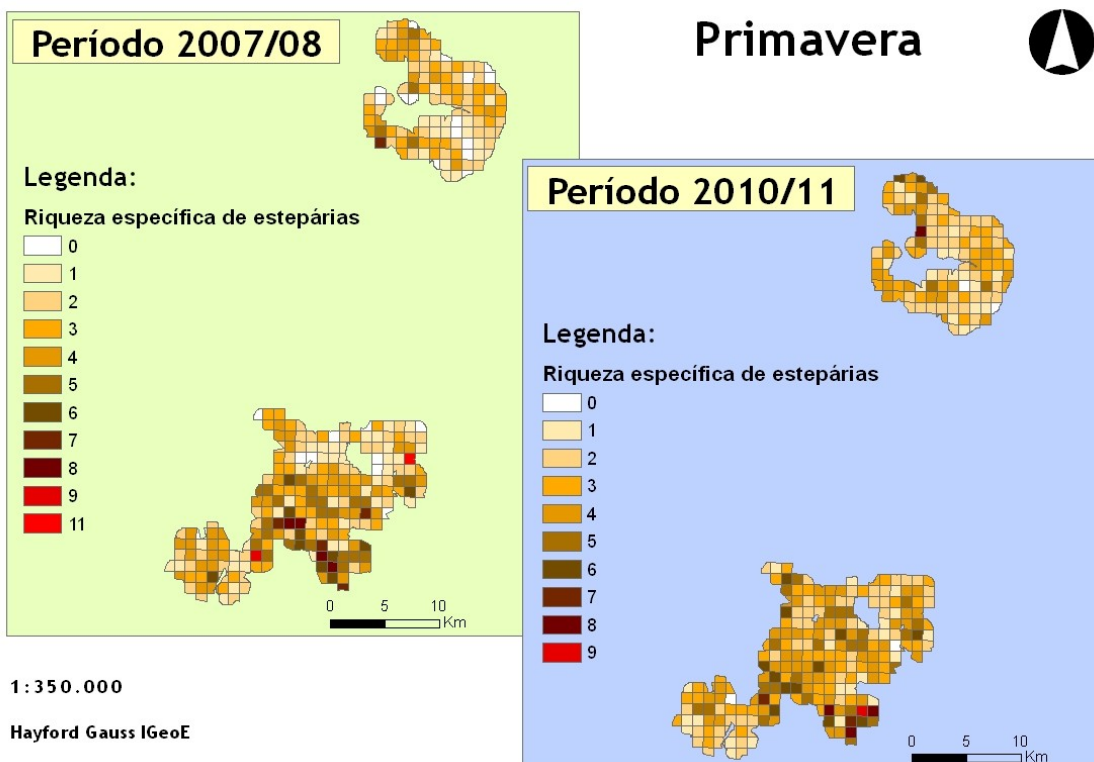


Figura 13 - Carta da distribuição da riqueza específica de estepárias por unidade de amostragem na época de Primavera (2007/08 e 2010/11).

Foram inventariadas 167 espécies de aves durante os dois períodos de amostragem (Anexo III - Tabela III.1). A cotovia-montesina e cotovia-de-poupa foram agrupadas porque a sua semelhança não permite uma correcta identificação no campo.

4.3 Relação entre as comunidades de aves e uso do solo por época e nos períodos 2007/08 e 2010/11

Na época de Inverno os resultados obtidos, após a remoção daves aquáticas, raras e influentes, mostraram que o primeiro eixo (CCA 1) e o segundo eixo (CCA 2) explicaram 60,4% do total da variação das variáveis independentes, enquanto para as espécies a soma dos dois eixos demonstraram 14,9% da sua variação (Tabela 11).

Tabela 11 - Sumário dos resultados da análise canónica de correspondência na época de Inverno por variável. Resultados dos valores próprios do primeiro eixo (CCA 1) e segundo eixo (CCA 2), do total de variação ou *Total Inertia* e da percentagem cumulativa dos dois eixos.

	CCA 1	%	CCA 2	%	Total <i>Inertia</i>	CCA 1 + CCA 2 (%)
Variáveis independentes (Constrained)	0,189382	36,3	0,125623	24,1	0,52244	60,4
Espécies (Unconstrained)	0,4083	8,4	0,3149	6,5	4,85299	14,9

De acordo com a Figura 14 verifica-se que as variáveis que exercem maior influência sobre a comunidade de aves são o tamanho médio da parcela e a densidade de orla. Associados a esta última variável estão o aumento do número de espécies, a heterogeneidade dos habitats, a fragmentação e a densidade das áreas, ocupadas por árvores ou arbustos. Com menor diversidade de espécies e relacionado com o tamanho médio da parcela estão os habitats abertos, sem ou com uma baixa densidade de árvores e associadas a culturas de sequeiro, a culturas de regadio e a áreas de pousio e pastagens.

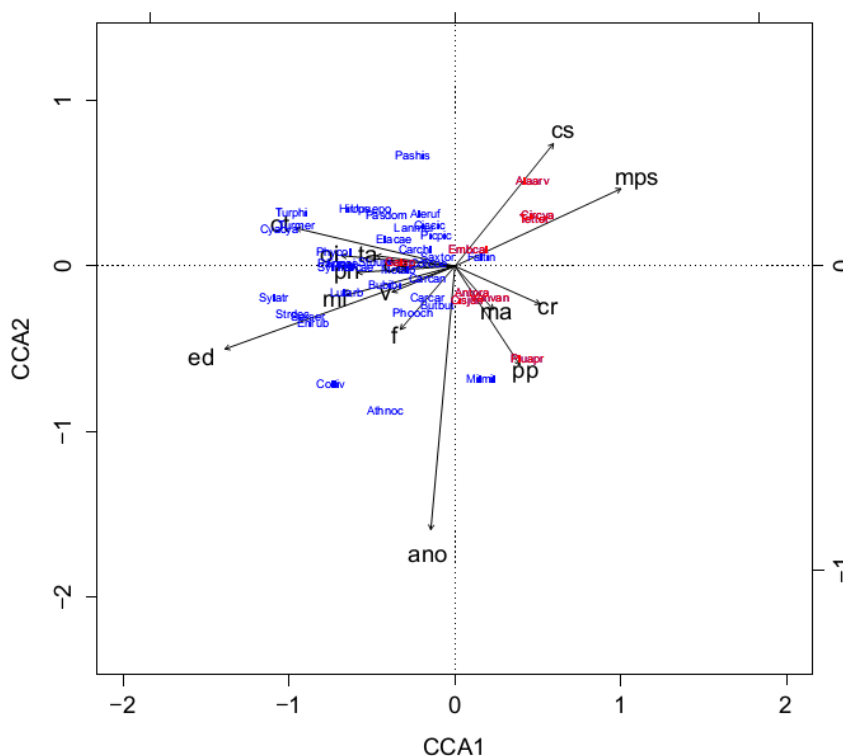


Figura 14 - Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canónica (CCA) das espécies de aves com as variáveis independentes (ano e variáveis ambientais) na época de Inverno. Legenda: espécies de aves representadas pelos seus acrónimos e variáveis independentes: ano, ca (corpos de água), cr (culturas de regadio), cs (culturas de sequeiro), f (floresta), ma (montado aberto), mf (montado fechado), oi (olival intensivo), ot (olival tradicional); ph (pomares/hortas), pp (pousio/pastagens), ta (território artificializado), v (vinhas), ed (densidade de orla e mps (tamanho médio da parcela).

Verificou-se a existência de uma correlação positiva entre as espécies estepárias e as seguintes ocupações: culturas de regadio, culturas de sequeiro, montado aberto, pousio/pastagens e tamanho médio da parcela, visível na Tabela 12. Contrariamente, as aves estepárias mostraram associações negativas a áreas com elevada densidade de orla e ocupadas por arbustos (olival intensivo e vinha) ou árvores (floresta, montado fechado e olival tradicional). Apenas os resultados do género *Galerida* (*Galsp*) são contrários às respostas das restantes aves estepárias.

Tabela 12 - Quadro resumo das correlações existentes entre as espécies de aves estepárias e as variáveis explicativas. Legenda -Variáveis explicativas: ano, ca (corpos de água), cr (culturas de regadio), cs (culturas de sequeiro), f (floresta), ma (montado aberto), mf (montado fechado), oi (olival intensivo), ot (olival tradicional), ph (pomares e hortas), pp (pousio e pastagens), ta (território artificializado), v (vinhas), mps (tamanho médio da parcela) e ed (densidade de orla). Correlações: +++ forte correlação positiva; ++ correlação positiva média; + fraca correlação positiva; --- forte correlação negativa; -- correlação negativa média; - fraca correlação negativa. s.a. sem afinidade.

Aves estepárias	ano	ca	cr	cs	f	ma	mf	oi	ot	ph	pp	ta	v	mps	ed
Laverca	-	-	+	+++	---	+	--	-	-	-	+	-	--	++	--
Petinha-dos-prados	+	-	++	+	-	+++	-	-	--	-	+++	-	-	++	--
Tartaranhão-cinzento	-	-	+	++	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+++	---
Fuinha-dos-juncos	+	-	++	+	-	+++	-	-	-	--	+++	-	-	+	-
Trigueirão	-	-	+	+++	--	+	--	-	-	-	+	-	--	++	--
Cotovias	+	+++	-	-	++	-	++	+++	+	+++	-	+++	++	--	++
Tarambola-dourada	+	-	++	+	-	++	-	-	---	-	+++	--	-	+	-
Sísão	-	-	+	++	--	+	---	-	-	-	+	-	--	+++	---
Abibe	+	-	+++	+	-	+++	-	--	---	--	+++	--	-	+	-

Para a época de Primavera, os resultados finais da CCA foram conseguidos após a remoção das aves aquáticas e raras (Tabela 13). Para as variáveis independentes, o primeiro eixo de ordenação apresentou uma maior influência sobre as variáveis do que o segundo e os dois explicaram 63,2% do total de variação. Com uma influência menor sobre as espécies, a soma dos dois primeiros eixos apenas explicam em 17,1% o total da variação dos resultados.

Tabela 13 - Sumário dos resultados da análise canónica de correspondência na época de Primavera por tipo de variável. Resultados dos valores próprios do primeiro eixo (CCA 1) e segundo eixo (CCA 2), da Total Inertia (total de variação) e da percentagem cumulativa dos dois primeiros eixos de ordenação.

	CCA 1	%	CCA 2	%	Total Inertia	CCA 1 + CCA 2 (%)
Variáveis independentes (Constrained)	0,192680	38,3	0,125032	24,9	0,5025	63,2
Espécies (Unconstrained)	0,3507	9,5	0,2828	7,6	3,7034	17,1

Foi identificada uma forte correlação positiva entre a variável ano e as variáveis: corpos de água, culturas de regadio e olival intensivo. Pudemos também constatar a associação negativa com as variáveis culturas de sequeiro e olival tradicional, de acordo com a Figura 15. Por sua vez, o segundo eixo de ordenação (CCA 2) indicou-nos dois grupos de variáveis com associações positivas entre si: uma entre o tamanho médio da parcela, as culturas de sequeiro e as áreas de pousio/pastagens; e a outra entre a densidade de orla, o montado fechado, o olival intensivo e tradicional, os pomares/hortas, o território artificializado e as vinhas.

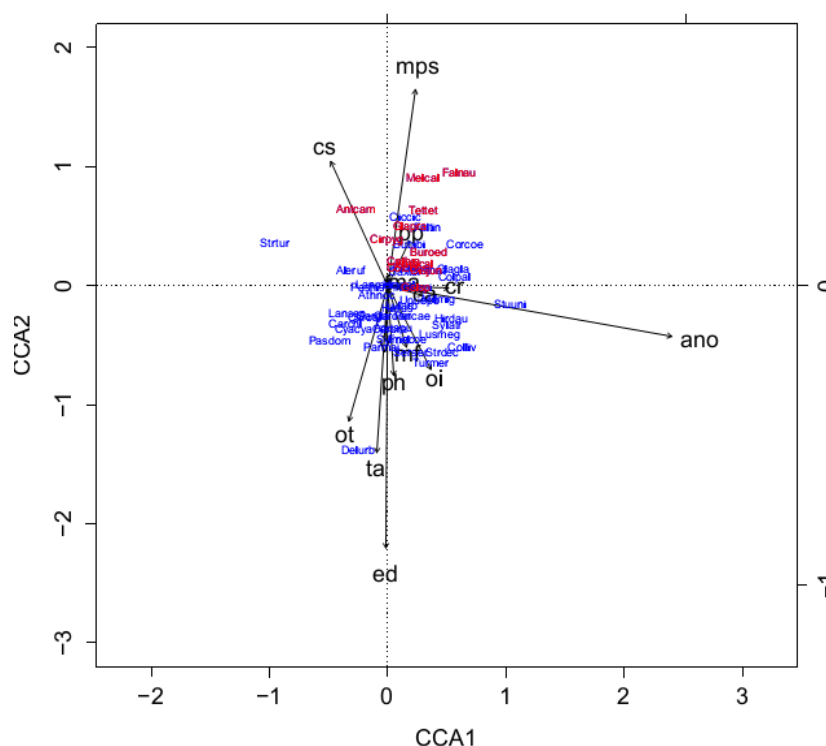


Figura 15 - Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canónica (CCA) das espécies de aves com as variáveis independentes (ano e variáveis ambientais) na época de Primavera. Legenda: espécies de aves representadas pelos seus acrónimos e variáveis independentes: ano, ca (corpos de água), cr (culturas de regadio), cs (culturas de sequeiro), f (floresta), ma (montado aberto), mf (montado fechado), oi (olival intensivo), ot (olival tradicional); ph (pomares/hortas), pp (pousio/pastagens), ta (território artificializado), v (vinhas), ed (densidade de orla) e mps (tamanho médio da parcela).

Os valores de ordenação das aves estepárias (a vermelho na Figura 15) com as variáveis independentes foram sintetizados na Tabela 14. Este grupo revelou forte correlação positiva com as áreas de pouso/pastagens e o tamanho médio da parcela, e com menor peso às variáveis: ano (com excepção da petinha-dos-campos e águia-caçadeira), corpos de água, culturas de regadio, culturas de sequeiro e montado aberto. As aves estepárias apresentaram correlação fortemente negativa com a densidade de orla e com todas as ocupações associadas a esta métrica. À semelhança dos resultados obtidos na época de Inverno, o género *Galerida* (*Galsp*) apresentou valores não coincidentes com a ecologia do grupo em estudo.

Tabela 14 - Quadro resumo das correlações existentes entre as espécies de aves estepárias e as variáveis explicativas. Legenda -Variáveis explicativas: ano, ca (corpos de água), cr (culturas de regadio), cs (culturas de sequeiro), f (floresta), ma (montado aberto), mf (montado fechado), oi (olival intensivo), ot (olival tradicional), ph (pomares / hortas), pp (pouso / pastagens), ta (território artificializado), v (vinhas), mps (tamanho médio da parcela) e ed (densidade de orla). Correlações: +++ forte correlação positiva; ++ correlação positiva média; + fraca correlação positiva; --- forte correlação negativa; -- correlação negativa média; - fraca correlação negativa. s.a. sem afinidade.

Aves estepárias	ano	ca	cr	cs	f	ma	mf	oi	ot	ph	pp	ta	v	mps	ed
Petinha-dos-campos	--	-	-	+++	s.a.	-	---	---	--	--	+	--	--	++	--
Alcaravão	+	+	+	+		+	-	-	--	-	++	---	--	++	---
Calhandrinha-comum	+	+	+	+	s.a.	+	-	-	--	-	+++	---	--	++	---
Tartaranhão-caçador	-	-	-	++	-	-	--	--	--	--	++	---	--	+++	---
Fuinha-dos-juncos	++	+	++	s.a.	s.a.	+	-	-	--	-	++	---	--	+	--
Codorniz	+	+	+	+		+	-	--	---	--	+++	---	--	++	--
Trigueirão	++	+	+	+	s.a.	+	-	-	--	-	+++	---	--	++	---
Francelho	++	+	+	+	s.a.	+	--	-	---	--	+++	---	--	+++	---
Cotovias	+	++	+++	-		+++	+	+	-	+	+	-	-	(+)	(+)
Perdiz-do-mar	+	+	+	+		+	-	-	--	-	+++	---	--	+++	---
Calhandra-real	+	s.a.	s.a.	+	s.a.	s.a.	-	-	---	-	++	---	--	+++	---
Sisão	+	+	+	+	s.a.	s.a.	-	-	---	--	+++	--	--	++	---

4.4 Factores que influenciam a riqueza específica total e a riqueza específica de aves estepárias

4.4.1 Época de Inverno - Riqueza específica total

A modelação demonstrou que os factores que influenciaram significativamente a riqueza específica total na época de Inverno do período de 2007/08 para o de 2010/11 foram: o ano, a água e a densidade de orla. O modelo resultante previsto explicou em 18,2% a variação da diversidade de aves nesta época. A um aumento da disponibilidade de água correspondeu um aumento da diversidade de espécies (Figura 16), apresentando ambas uma forte influência positiva sobre a riqueza específica total. O benefício das áreas heterogéneas e da fragmentação ao nível da paisagem no aumento da diversidade de espécies foi explicado pela forte influência do termo diversidade de orla.

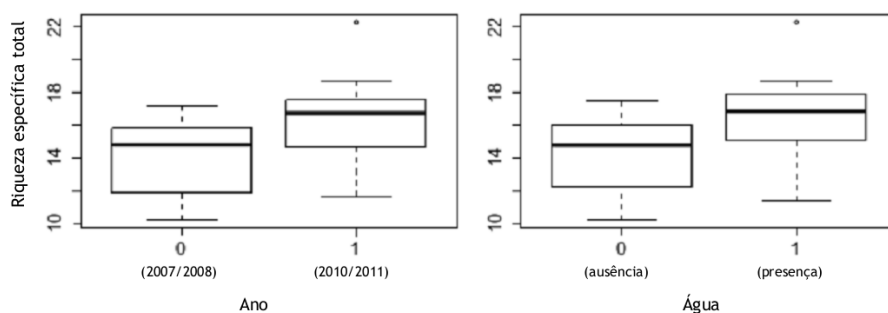


Figura 16 - Boxplots do modelo previsto da riqueza específica total e dos factores: ano e água, na época de Inverno e para os períodos de 2007/08 (0) e 2010/11 (1).

A Figura 17 mostra os valores previstos pelo modelo ajustado (vermelho) sobre os valores reais (preto) da riqueza específica total por densidade de orla. A análise dos resultados permitiu concluir que a diversidade de aves aumentou em áreas com maior diversidade de orla e atingiu o número máximo de espécies em densidades a partir de 12000 m/ha. Foram observadas diferentes modelações (a,b,c,d) dependendo das variáveis: ano e água.

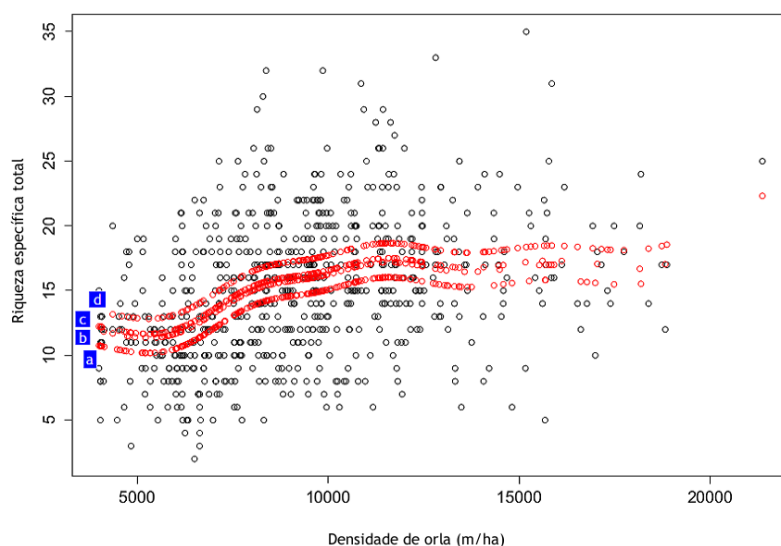


Figura 17 - Valores previstos (vermelho) pelo modelo ajustado sobre os valores reais (preto) da riqueza específica total por diversidade de orla na época de Inverno dos períodos 2007/08 e 2010/11. Legenda: a - valores previstos para o período 2007/08 sem a variável água; b - valores previstos para o período 2007/08 com a variável água; c - valores previstos para o período de 2010/11 sem a variável água; d - valores previstos para o período de 2010/11 com a variável água.

4.4.2 Época de Inverno - Riqueza específica de aves estepárias

Para a diversidade de aves estepárias os termos que mais influenciaram a sua variação na época de Inverno foram as áreas arbustivas e arbóreas e a densidade de orla. O melhor modelo ajustado explicou em 17,3% a variação da riqueza específica total de aves estepárias.

Os termos áreas arbustivas e arbóreas e densidade de orla apresentaram valores de variância significativa bastante elevados e correlações negativas com a diversidade de espécies estepárias, visível na Figura 18.

O modelo previsto (a vermelho na Figura 18) revela-nos que em quadrículas com áreas arbóreas ou arbustivas superior a 10%, as espécies estepárias tenderam a variar em riqueza, oscilando entre 2 a 4 espécies (aproximadamente). Este facto revela-nos os diferentes níveis de tolerância de cada espécie à presença de áreas arborizadas ou arbustivas.

A presença de habitats fragmentados, expressos através da densidade de orla, provocou uma diminuição da diversidade de aves estepárias a partir dos 5000 m/ha (Figura 19). Entre valores de orla de 6000 m/ha e 10000 m/ha a riqueza específica de estepárias manteve-se entre 3 e 4 espécies. Em áreas com densidades superiores a 10000 m/ha a diversidade de estepárias tendeu a diminuir.

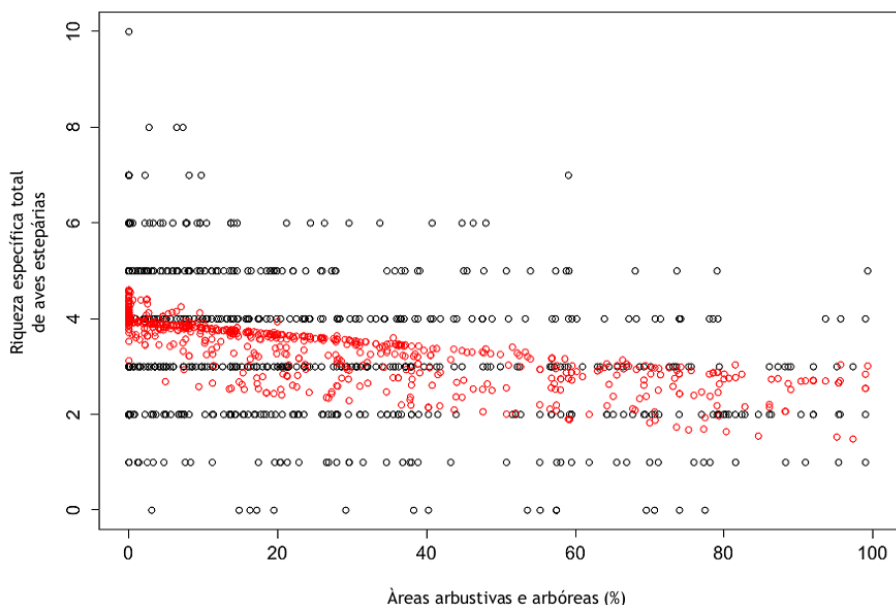


Figura 18 - Riqueza específica total de estepárias sobre áreas arbustivas e arbóreas. Valores previstos, pelo melhor modelo ajustado (vermelho), sobre os valores reais (preto) na época de Inverno para os períodos 2007/08 e 2010/11.

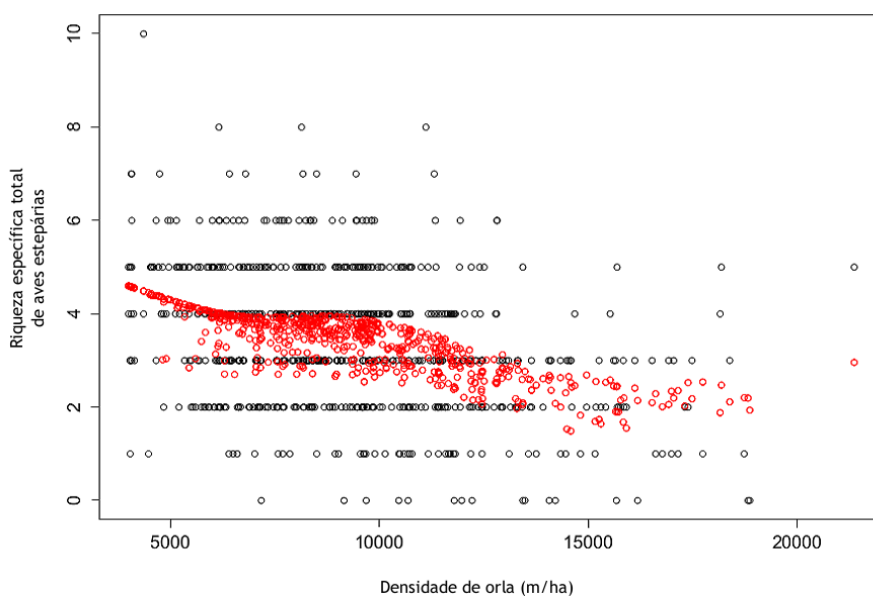


Figura 19 - Riqueza específica total de estepárias sobre a densidade de orla. Valores previstos, pelo melhor modelo ajustado (vermelho), sobre os valores reais (preto) na época de Inverno para os períodos 2007/08 e 2010/11.

4.4.3 Época de Primavera - Riqueza específica total

Os factores: ano, território artificializado e áreas de sequeiro, foram os que exerceram maior influência sobre a variação da riqueza específica total para esta época. A variação desta variável dependente foi explicada pelo modelo ajustado em 23,3%. A variável temporal apresentou uma forte correlação positiva e a ocupação território artificializado uma associação negativa com a diversidade de espécies (Figura 20).

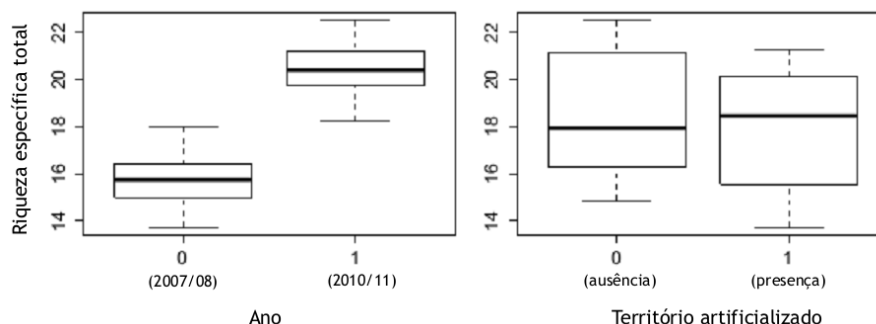


Figura 20 - Riqueza específica total sobre os termos, ano e território artificializado (infr), do modelo previsto na época de Primavera para os períodos de 2007/08 (0) e 2010/11 (1).

O habitat de sequeiro apresentou uma variância significativa com a riqueza específica total na época de Primavera, e o gráfico (Figura 21) do modelo previsto para esta variável (vermelho) apresenta quatro linhas representativas das diferentes modelações ajustadas possíveis, dependendo dos termos ano e território artificializado. A diversidade total aumentou do período anterior para o posterior à construção do sistema de regadio, de locais com a presença de infraestruturas para áreas ausentes e apresenta valores de diversidade mais altos em zonas de amostragem que apresentam ocupações de sequeiro entre 20% a 65% da área da total.

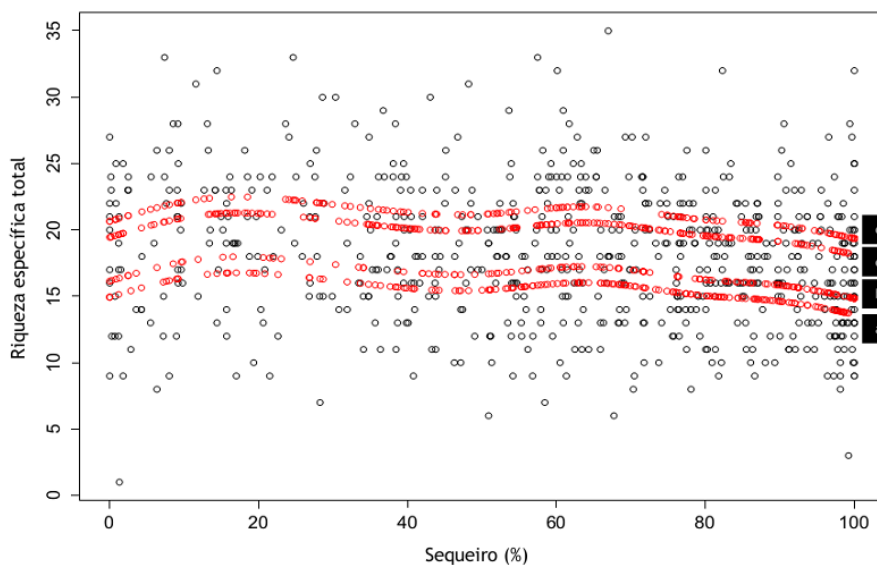


Figura 21 - Riqueza específica total por habitat de sequeiro (seq) na época de Primavera para os períodos 2007/08 e 2010/11. Valores previstos (vermelho) sobre os valores reais (preto). Legenda: a - valores previstos para o período 2007/08 com a presença de infraestruturas; b - valores previstos para o período 2007/08 com a ausência de infraestruturas; c - valores previstos para o período de 2010/11 com a presença de infraestruturas; d - valores previstos para o período de 2010/11 com a ausência de infraestruturas.

4.4.4 Época de Primavera - Riqueza específica de aves estepárias

O modelo que melhor se ajustou aos dados da diversidade de estepárias tem como termos o habitat de sequeiro e a densidade de orla. O modelo ajustado explicou a diversidade de estepárias em 20,1% com uma distribuição de Poisson. O termo sequeiro teve uma correlação positiva com a diversidade de estepárias, visível nos resultados da Figura 22, concluindo que o aumento da área deste habitat aumenta a diversidade de estepárias. O factor densidade de orla apresentou uma associação negativa com a riqueza específica de estepárias (Figura 23).

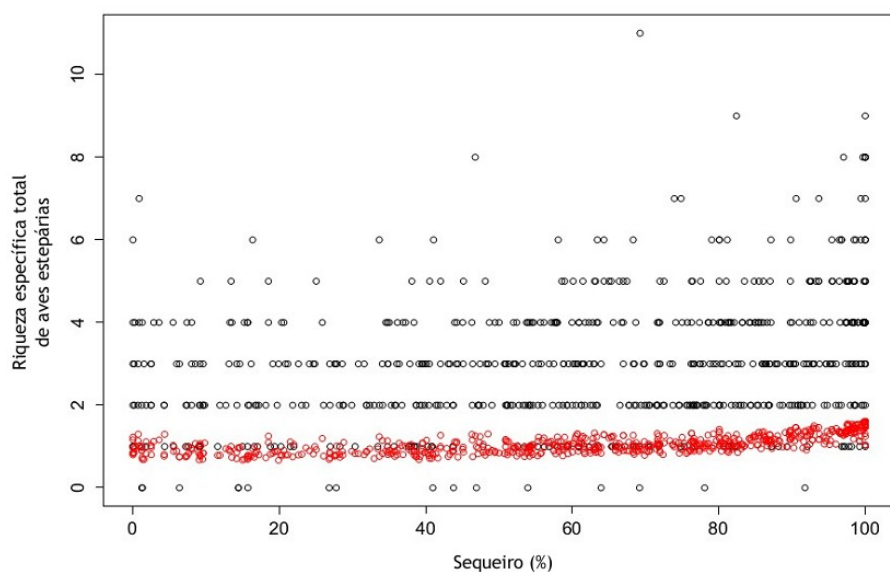


Figura 23 - Riqueza específica total de aves estepárias por habitat de sequeiro. Valores ajustados (vermelho) sobre os valores reais (preto) na época de Primavera nos períodos de 2007/08 e 2010/11.

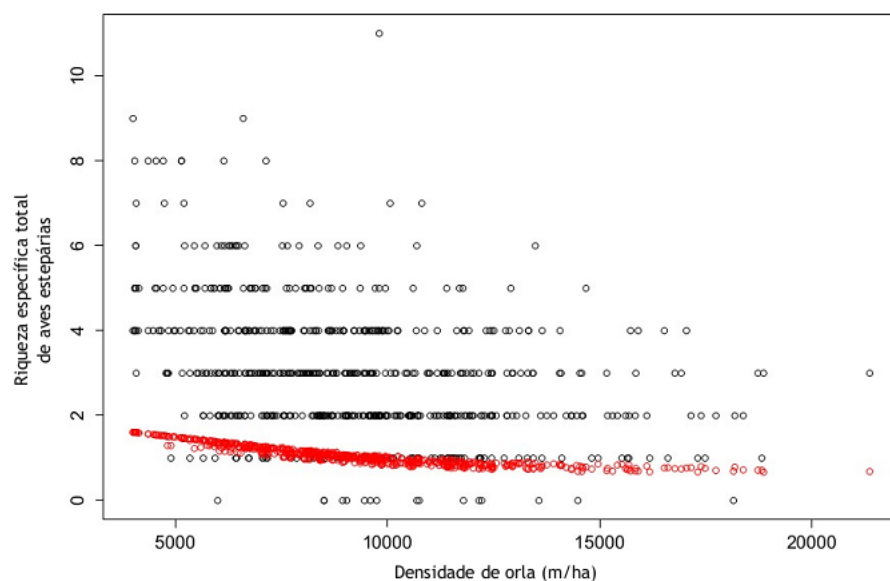


Figura 22 - Riqueza específica total de aves estepárias por densidade de orla. Valores ajustados (vermelho) sobre os valores reais (preto) na época de Primavera nos períodos de 2007/08 e 2010/11.

4.4.5 Resultados das modelações

Os factores que exerceram maior influência sobre a riqueza específica total e riqueza específica de estepárias foram o ano e a densidade de orla (Tabela 15). A diversidade total na área de estudo aumentou do período anterior para o posterior à implementação do regadio em ambas as épocas e as variáveis ambientais habitat de sequeiro, água e densidade de orla contribuíram para esse incremento. Apenas a presença de estruturas artificiais apresentou uma correlação negativa com a riqueza específica total na Primavera. A diversidade de estepárias, em ambas as épocas, apresentou uma forte correlação negativa com a densidade de orla e na época de Inverno com as áreas arbustivas e arbóreas. O habitat de sequeiro teve na Primavera uma associação positiva com o aumento do número de aves estepárias.

Tabela 15 - Sumário dos resultados dos modelos de regressão logística, indicando para a riqueza específica total e de estepárias as variáveis seleccionadas, o seu valor estimado, e os valores de significância (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; e *** $p < 0,001$). A performance do modelo é indicada pela família utilizada e pelo valor de R^2 . Legenda: ano (referente aos períodos 2007/08 e período 2010/2011), reg (culturas de regadio), seq (habitat de sequeiro), ma (montado aberto), arb (áreas arbustivas e arbóreas), agua (água), infr (território artificializado), mps (tamanho médio da parcela), ed (densidade de orla).

Época	Variável resposta	Variáveis independentes									Família	R^2
		ano	reg	seq	ma	arb	agua	infr	mps	ed		
Inverno	re	1,48***	-	-	-	-	1,16**	-	-	6,99***	Gauss	18,2%
	ree	-	-	-	-	1***	-	-	-	4,9***	Gauss	17,3%
Primavera	re	4,51***	-	5,54**	-	-	-	1,21**	-	-	Gauss	23,3%
	ree	-	-	1*	-	-	-	-	-	2,362***	Poisson	20,1%

5. Discussão

5.1 Relação entre as aves estepárias e usos do solo por época e nos períodos 2007/08 e 2010/11

5.1.1 Aves invernantes

Na época de Inverno as espécies estepárias invernantes apresentaram associações positivas com os habitats: culturas de regadio, culturas de sequeiro, montado aberto, pousio/pastagens e com o tamanho médio de parcela.

A laverca teve um decréscimo na sua população entre períodos e esteve associada às culturas de sequeiro e ao tamanho médio da parcela. Estas associações comprovam a descrição de Leitão (1998), que refere a laverca como frequentadora de uma grande variedade de biótopos mais ou menos abertos, como a estepe cerealífera, de características xéricas, os restolhos de arroz, os prados alagados e montados poucos densos.

Associadas à petinha-dos-prados, estiveram as variáveis ambientais: culturas de regadio, montado aberto, pousio/pastagens e tamanho médio de parcela. Estes resultados sustentam a descrição dada por Gordinho (1998), o qual descreve esta espécie como eclética e frequentadora de dois biótopos: habitats agrícolas (terrenos incultos, lavrados ou inundados e biótopos agro-florestais com estrato arbustivo ausente ou descontínuo e vegetação herbácea de pequena extensão, de que se destacam os montados e os olivais.

Os resultados obtidos demonstraram que o tartaranhão-cinzento escolhe culturas cerealíferas e áreas com elevada de extensão de habitat. O habitat escolhido é semelhante ao descrito por Onofre (1998), sendo esse: zonas húmidas, culturas arvenses de sequeiro, pastagens ou áreas de montado relativamente abertas com preferência por áreas planas, desarborizadas ou com áreas semi-abertas.

Neves e Rufino (1998) referem a tarambola-dourada e o abibe como frequentadores da mesma tipologia de habitat (prados, pastagens, charnecas litorais, estepes cerealíferas e montados abertos), embora esta última seja mais eclética e tolerante a certos condicionalismos relacionados com a perturbação humana ou a presença de povoamentos arbóreos. Esta referência comprova os resultados obtidos para estas duas espécies que apresentaram correlações com as culturas de regadio, montados abertos e pousios/pastagens. Ambas apresentaram um acréscimo populacional, podendo-se dever à influência dos factores climáticos no período 2010/11 (Leitão 1998) ou ao aumento de áreas de regadio ou de pastagem.

O decréscimo nas populações (laverca, tartaranhão-cinzento, trigueirão e sisão) estará relacionado com a perda de habitat e a intensificação agrícola, tal como referido em Tucker e Heath (1994).

5.1.2 Aves residentes

Segundo Soares (1998) a fuinha-dos-juncos encontra-se associada a uma grande variedade de biótopos abertos ou pouco arborizados, em que a presença de água parece ser relevante no condicionamento da sua abundância. Efectivamente, em ambas as épocas, esta espécie apresentou associações com os habitats: culturas de regadio, montado aberto e áreas de pousio/pastagem. Sendo uma espécie fortemente associada a vegetação herbácea bem desenvolvida, a presença de uma maior extensão de água pode criar nas suas margens um habitat adequado, favorecendo-a (Soares 1998).

No que diz respeito ao trigueirão, verificou-se uma associação entre a extensão do habitat e os habitats: culturas arvenses de sequeiro (Inverno) e pousio/pastagem (Primavera). Estes resultados corroboram o descrito por Elias *et al.* (1998), que descrevem esta espécie como frequentadora de habitats abertos: pousios, terrenos lavrados, zonas incultas, restolhos ou montado disperso.

Contrariamente aos resultados obtidos para as aves estepárias, na época de Inverno, as cotovias (*Galerida* sp.) foram associadas positivamente a habitats florestais ou arbustivos e a áreas de elevada densidade de orla. Na época de nidificação esta ave escolheu as culturas de regadio e o montado aberto. De facto, Moreira *et al.* (2007) associaram a cotovia-montesina a habitats heterogéneos e à presença de uma cobertura tipo arbustiva. Estudos com esta espécie indicaram que as maiores densidades são atingidas em zonas de orla, sendo aparentemente beneficiada pelo aumento da fragmentação do habitat (Reino *et al.* 2010). O aumento da população de cotovias, entre épocas e períodos, deve-se provavelmente ao aumento de heterogeneidade na área de estudo.

O sisão apresentou uma elevada associação com as variáveis: culturas arvenses de sequeiro (Inverno), pousio/pastagens (Primavera) e tamanho médio da parcela (ambas as épocas). Pinto (1998) descreve o habitat desta espécie para a época de Inverno em: terrenos incultos, áreas lavradas, pousios, montados, restolhos e searas. Diferentes estudos demonstraram a importância da dimensão da área para o sisão. Por exemplo, Reino *et al.* (2010) concluíram que esta espécie tende a diminuir constantemente em habitats abertos altamente fragmentados por arbustos ou árvores, embora possa tolerar níveis moderados de habitat fragmentado. Por sua vez, García *et al.* (2007) obtiveram as maiores densidades de sisão no centro das maiores parcelas de habitat. Já Silva *et al.* (2010) concluíram que a densidade durante a época de reprodução aumenta com o tamanho da parcela.

5.1.3 Aves nidificantes

Na época de nidificação as aves estepárias apresentaram uma maior correlação com o tamanho médio de parcela, comparativamente ao Inverno, provavelmente devido ao incremento do risco de predação junto às orlas nesta época. Chalfoun *et al.* (2012) referem que a predação aumenta com a fragmentação do habitat e com a proliferação das zonas de orla. Outro factor que aparece associado positivamente a este grupo, nesta época, é a presença da água.

Os dados da petinha-dos-campos demonstraram uma selecção por esta espécie pelas culturas arvenses de sequeiro e por áreas abertas de habitat contínuo. Rufino (1989) descreve

esta espécie como típica de pastagem de montanha e de áreas de pousio. Estudos mais recentes, em Castro Verde, identificaram densidades elevadas em áreas lavradas (Delgado e Moreira 2000).

As espécies alcaravão, calhandrinha-comum, codorniz, francelho, perdiz-do-mar e calhandra-real apresentaram uma forte associação com o uso de solo, pousio/pastagem e com o tamanho médio de parcela.

Estudos com o alcaravão demonstraram a sua presença em áreas de pousio com arbustos (Moreira 1999), enquanto Delgado e Moreira (2000) encontraram densidades elevadas desta espécie em áreas lavradas. Embora a população europeia tenha sofrido algum declínio (Tucker e Heath 1994) esta espécie teve um aumento do período de referência para o de 2010/11, que pode dever-se a diferenças do esforço de cobertura.

Moreira *et al.* (2007) demonstraram que o aumento da disponibilidade de pousio e solo lavrado favorece a ocorrência da calhandrinha-comum. Um estudo posterior (Reino *et al.* 2009) concluiu que esta espécie apresenta uma resposta negativa a orlas arbustivas.

As associações obtidas neste estudo contradizem os resultados obtidos da codorniz noutros trabalhos, que relacionam esta espécie às áreas cerealíferas na época de nidificação (Moreira *et al.* 2007). Embora o habitat típico desta espécie seja: habitats abertos, pastagens, culturas cerealíferas, restolhos e terrenos incultos (Fontoura 1998).

Os resultados obtidos para o francelho condizem com a sua ecologia, pois esta ave de rapina está associada a habitats abertos e a áreas pseudo-estepárias, em que os pousios pastoreados são os locais preferidos de alimentação, devido à maior abundância e acessibilidade das presas (ortópteros) (Alcazar e Fragoso 2006).

O habitat da perdiz-do-mar é definido por Svensson e Grant (2003) por terrenos extensos, planos e secos, com vegetação rasteira, canais e áreas de solo a descoberto, condizendo com os resultados deste trabalho.

Outros trabalhos suportam os resultados obtidos nesta tese relativos à calhandra-real, associando esta espécie a áreas de pousio (Moreira *et al.* 2007, Morgado *et al.* 2010) e a áreas extensas de habitat contínuo (Reino *et al.* 2010). A escolha deste habitat deve-se às características da vegetação e à diversidade dos pousios, pois estas adequam-se aos requisitos ecológicos desta espécie na época de nidificação.

O tartaranhão-caçador apresentou uma associação com as culturas de sequeiro, o pousio e pastagem e com o tamanho médio da parcela. De facto, o estudo de Moreira *et al.* (2007) corrobora esta informação, indicando que esta espécie aparece em campos de cereais e áreas de pousio. Segundo Arroyo *et al.* (2002), esta rapina obtém maiores abundâncias em parcelas agrícolas de maior dimensão e será favorecida pelo aumento da densidade de orla, já que esta combinação providência locais de nidificação e alimentação. O decréscimo observado nos seus efectivos estará relacionado com a intensificação agrícola e diminuição da área de culturas cerealíferas (ICN 2006).

5.2 Factores que influenciam a riqueza específica total e a riqueza específica de aves estepárias

5.2.1 Riqueza específica total

Os resultados obtidos das modelações indicaram que os principais factores que influenciaram a diversidade de aves total na época de Inverno do período de 2007/08 para o de 2010/11 foram o ano, a água e a densidade de orla. Efectivamente, no Inverno do período 2010/11 foi registada uma elevada abundância de aves invernantes nos campos agrícolas em Portugal, tendo-se obtido o maior registo de abundância média de aves dos últimos anos, 750 aves por cada 10 km, tal deveu-se principalmente a dois motivos, ao Inverno rigoroso registado na Europa Ocidental e à precipitação ocorrida em Portugal nesse período, que possibilitou condições de alimento necessárias para a permanência das aves durante o Inverno (Leitão, 2010). Esta ocorrência e o aumento de locais de água na área de estudo permitem justificar o incremento do valor médio da riqueza específica total e a influência sobre esta dos termos, ano e água. O diagrama da densidade de orla (Figura 17) demonstra que a partir de valores de 6000 m/ha dá-se um aumento no número de espécies, estabilizando-se o valor máximo (19 espécies) em densidades de orla de aproximadamente 12000 m/ha. Na época de Primavera os termos: ano, infraestruturas e sequeiro apresentaram fortes correlações com a riqueza específica total. A variável ano mostrou uma forte influência sobre a diversidade total nesta época, indicando que o aumento do número de espécies, de 18 para 22 espécies, estará relacionado com a ocorrência de novos habitats e por sua vez de áreas mais fragmentadas que ocorreram na mudança do período de 2007/08 para o de 2010/11. A presença de infraestruturas (território artificializado) na época de reprodução afectou negativamente a diversidade de aves total, indicando que a maioria das espécies tende a escolher nesta época áreas com menor perturbação humana. O diagrama (Figura 20) permite aferir a importância das áreas de sequeiro para o incremento da diversidade específica, sendo máxima (22 espécies) em áreas que ocupam 20% da unidade de amostragem (1x1 km), comprovando que uma maior heterogeneidade da paisagem tem um efeito positivo na diversidade avifaunística.

Vários estudos demonstram a relação existente entre a heterogeneidade da paisagem com a diversidade de aves total, mostrando que os efeitos da densidade de orla podem contribuir para o aumento da diversidade local (Burfield e van Bommel 2004). Esta heterogeneidade deve-se à existência de uma fragmentação de habitat e por sua vez no aumento da diversidade de orla. De uma forma geral, quanto maior a diversidade de habitats numa paisagem agrícola, maior será a amplitude de oferta de recursos existentes assim como uma maior diversidade e abundância de organismos (Vickery e Arlettaz 2012). Reino *et al.* (2008) analisaram o efeito de orla nas comunidades de aves existentes na ZPE de Castro Verde (Alentejo) e concluíram que a existência de habitats fragmentados teve efeitos positivos na abundância e riqueza total da região, embora à custa de aves especialistas de meios abertos, como é o caso das aves estepárias.

5.2.2 Riqueza específica de aves estepárias

Em ambas as épocas (Inverno e Primavera), os resultados obtidos das modelações da diversidade de aves estepárias demonstraram uma concordância com a ecologia deste grupo. Os factores que influenciaram a diversidade de aves estepárias foram, para a época de Inverno, as variáveis ambientais: áreas arbustivas e arbóreas e densidade de orla. Estes factores estão relacionados directamente entre si e ambos tiveram uma alta correlação negativa com a riqueza específica de aves estepárias. A presença de áreas arbustivas e/ou arbóreas em valores superiores a 10% da unidade de amostragem e densidades de orla superiores a 10000 m/ha levaram a um decréscimo do número de aves estepárias (Figura 18). Na Primavera, o factor densidade de orla apresentou uma forte relação e influência negativa sobre a diversidade de aves estepárias. À semelhança dos valores de Inverno, densidades superiores a 10000 m/ha, levaram a uma diminuição considerável no número de aves estepárias (Figura 21). A variável sequeiro (culturas arvenses de sequeiro juntamente com as áreas de pousio e pastagem) apresentou uma importante influência positiva sobre a diversidade desta comunidade de aves e a Figura 21 demonstra que quanto maior a parcela deste habitat, maior o número de aves estepárias.

Como referido anteriormente, a presença de áreas arbustivas e arbóreas provoca uma diminuição do habitat e um incremento da sua fragmentação, aumentando a densidade de orla existente em meios agrícolas abertos, prejudicando as aves estepárias. Segundo vários autores, estas aves utilizam áreas amplas e homogéneas de meios abertos agrícolas (Helzer e Jelinski 1999, Winter e Faarborg 1999, Jonhson e Igl 2001, Hamer *et al.* 2006, em Morgado *et al.* 2010). Um dos motivos pelo qual estas espécies evitam os habitats de orla estará relacionado com o aumento de predadores nessas zonas. Predadores, como os carnívoros, atingem o seu pico de abundância em paisagens com parcelas agrícolas de tamanho médio, pois são favorecidos pelos diferentes mosaicos existentes na paisagem, que providenciam locais de abrigo em áreas florestais e alimentação em habitats de orla de meios agrícolas adjacentes (Pita *et al.* 2009, Reino *et al.* 2010). Aves de estepe como o sisão tendem a escolher locais em que o risco de predação é minimizado. Silva *et al.* (2004) constataram a importância do tamanho da vegetação para o sisão na observação de potenciais predadores, esta espécie escolhe locais com uma vegetação adequada de forma a não obstruir a visibilidade e a capacidade de detectar a aproximação de predadores. Os declínios nas populações de aves estepárias devem ocorrer mais rapidamente do que o esperado devido à simples perda de habitat, sendo estes declínios mais rápidos consoante o nível de fragmentação (Reino *et al.* 2009).

Estudos no Sul de Portugal (Reino *et al.* 2009, Morgado *et al.* 2010) identificaram uma forte influência negativa da calhandra-real e da calhandrinha-comum na presença de árvores e arbustos. A calhandra-real, espécie gregária que tende a concentrar-se exclusivamente em áreas extensas de meios agrícolas abertos no Inverno, é mais sensível ao efeito de fragmentação nesta época (Morgado *et al.* 2010). A abundância de ambas as espécies tende a aumentar quando se afastam das orlas, atingindo o máximo de densidade a distâncias das orlas de aproximadamente de 300 metros (Reino *et al.* 2009). A presença destes habitats e os seus efeitos de orla parecem beneficiar algumas espécies, como são os casos da cotovia-de-poupa ou da cotovia-montesina.

Sendo o sisão uma espécie-bandeira e protegida, os estudos realizados com esta ave e habitat permitem salvaguardar áreas importantes para outras aves de meios agrícolas. Silva *et al.* (2004, 2010) determinaram que a ocorrência e a taxa de reprodução do sisão aumentam com a existência de áreas maiores de habitat e com o tamanho de vegetação adequado (altura entre 20 a 30 cm). Na época de reprodução, a concentração desta ave estepária em áreas maiores também está relacionada com os seus requisitos ecológicos e pode ser explicada pelo seu sistema de reprodução (Jiguet *et al.* 2000). O estudo (Cabrela - Alentejo) de Faria e Rabaça (2004) demonstrou a existência da correlação positiva entre o sisão, o tamanho da parcela e a distância à orla.

A correlação positiva existente entre a diversidade de aves estepárias na época de Primavera com a variável sequeiro estará relacionada com a importância das ocupações de solo: culturas arvenses de sequeiro, pousios e pastagens. O sisão, por exemplo, segundo Traba *et al.* (2008) tem uma associação positiva com áreas de pastagem, pois estas apresentam uma maior disponibilidade de recursos alimentares, como os coleópteros ou outros invertebrados, sendo este factor importante na escolha dos territórios por parte desta espécie. Por sua vez, áreas de pousio com alguns anos providenciam habitats estáveis para as aves estepárias, contribuindo com uma manutenção e diversidade de plantas e invertebrados (Moreira e Leitão 1996; Stoate *et al.* 2001). O estudo desenvolvido por Moreira *et al.* (2007) permitiu aferir as associações existentes entre espécies de meios agrícolas abertos com os habitats. Concluiu-se que estas espécies poderiam ser agrupadas em quatro categorias, relacionadas com as variáveis de habitat medidas: a) as espécies claramente favorecidas por pousios e pastagens permanentes, que incluem a calhandra-real e o sisão; b) as espécies associadas com campos de cereal, nomeadamente a codorniz, o trigueirão, a fuinha-dos-juncos e o tartaranhão-caçador; c) as espécies associadas com áreas lavradas, como a calhandrinha-comum, o chasco-ruivo e o cortiçol-de-barriga-preta; e d) as espécies associadas provavelmente a um mosaico diverso, como é o caso das cotovias, da perdiz, da poupa, do alcaravão, do cartaxo-comum e da abetarda. Concluindo, os extensos habitats de sequeiro (pseudoestepe) são mais atractivos para as espécies estepárias pois: a) possuem maior diversidade florística e biomassa de artrópodes, providenciando alimento para os adultos e crias; e b) a vegetação é mais baixa, menos uniforme e/ou menos densa, o que representa um melhor compromisso entre protecção, visão de longa distância e mobilidade.

6. Conclusão

Este trabalho providenciou um conjunto de informações importantes sobre as relações existentes entre as espécies de aves estepárias e os usos do solo. Mais ainda, este trabalho permitiu determinar os factores que influenciaram a riqueza específica total e riqueza específica de aves estepárias entre dois períodos distintos, antes e após a implantação das infra-estruturas de regadio numa região. Os resultados estão de acordo com a ecologia das espécies estepárias referidas em outros estudos e publicações científicas. A utilização das ferramentas de SIG foi de extrema importância pois permitiu uma análise mais detalhada e a obtenção de resultados sobre as relações espaciais existentes entre espécies e habitats.

O aumento da heterogeneidade da paisagem favoreceu o aumento da diversidade de aves, prejudicando as aves especialistas de meios abertos. As espécies estepárias mais tolerantes a habitats fragmentados (e.g., cotovias) são também aquelas que têm um estatuto de conservação menos ameaçado comparativamente com as especialistas (e.g. sisão ou francelho). Para estas últimas, são vitais áreas extensas de habitat com nenhum ou reduzido nível de fragmentação da paisagem.

Ao nível regional foi possível demonstrar como a intensificação agrícola, resultando na alteração nas ocupações do solo e a fragmentação de habitats tradicionais, afectou negativamente as aves estepárias e os seus valores de abundância. Os resultados obtidos demonstraram que a preservação das aves estepárias está relacionada com a gestão dos ecossistemas agrícolas, através: (1) da promoção e manutenção de áreas extensivas de sequeiro, em detrimento da produção agrícola intensiva e das novas culturas agrícolas (vinhas e olival intensivo); (2) da conservação e rotação das áreas de pousio; (3) do incremento e diversificação dos mosaicos de culturas de sequeiro; e (4) do impedimento de novas áreas arbustivas ou arbóreas que causem fragmentação do habitat estepário.

Por forma a conservar os valores naturais da região e a assegurar o seu crescimento sócio-económico, é importante a criação de um plano de gestão do território que garanta áreas agrícolas que preencham os requisitos ecológicos para as aves estepárias e que favoreçam as comunidades de aves existentes. Tendo em conta a complexidade inerente à gestão de um território, nomeadamente o facto de as decisões de proprietários privados poderem comprometer objectivos conservacionistas, é necessária a combinação de medidas regulamentares (e.g. leis e políticas de restrição de certos usos do solo) com ajudas financeiras (e.g. subsídios para manter ocupações de solo e calendarização das actividades agrícolas).

Embora se tenham obtido resultados concretos de valores correspondentes a densidades de orla que afectam as aves estepárias, futuramente seria importante analisar e aprofundar os conhecimentos existentes sobre as espécies e os respetivos habitats. Por outro lado, é importante procurar compreender de que forma a fragmentação afecta as populações e as comunidades de aves de estepárias, através de um estudo detalhado da quantidade, do tamanho e da configuração espacial de habitats adequados.

Referências bibliográficas

- Alcazar, R. e Fragoso, S., 2006. Na Grande Rota do Peneireiro-das-torres. Lisboa: Edições LPN.
- Alcazar, R., Barosa, L., e Estanque, B., 2012. *Juntos a proteger as aves estepárias*. Lisboa: Edições LPN.
- Almeida, J. et al. 2005. *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal*. Lisboa, Portugal: Instituto de Conservação da Natureza.
- Arroyo, B. E., Garcia, J. T., Bretagnolle, V., 2002. Conservation of the Montagu's harrier in agricultural areas. *Animal Conservation*, 5, 283-290.
- Bennett, A. F., Radford, J., Haslem, A., 2006. Properties of land mosaics: Implications for nature conservation in agricultural environments. *Biological Conservation*, 133, 250 - 264.
- Bota, G., Morales, M.B., Mañosa, S., Camprodon, J., 2005. *Ecology and conservation of steppe-land birds*. Barcelona, Espanha: Lynx editions and Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.
- Burfield, I., van Bommel, F., 2004. *Birds in Europe: Population Estimates Trends and Conservation Status*. Cambridge, UK: BirdLife International.
- Cabral, M.J. (coord.), Almeida, J., Almeida, P.R., Dellinger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira, M.E., Palmeirim, J.M., Queiroz, A.I., Rogado, L. e Santos-Reis, M. (eds.) 2005. *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal*. Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza.
- Catry, P., Pacheco, C., 2008. Alterações na distribuição da avifauna portuguesa. Bosquejo de algumas das tendências do século XIX ao XXI. In: Equipa Atlas. *Atlas das aves Nidificantes em Portugal (1999-2005)*. Lisboa, Portugal: Assírio & Alvim, 67-83.
- Chalfoun, A.D., Thompson, F.R., Ratnaswamy, M.J., 2002. Nest predators and fragmentation: a review and meta-analysis. *Conservation Biology*, 16, 306-318.
- Collar, N.J., Crosby, M.J., Stattersfield, A.J. 1994. *Birds to watch 2: the world list of threatened birds*. Cambridge, Reino Unido: BirdLife International (BirdLife Conservation Series Nº 2).
- Cramp, S. e Simmons, K. E. L., 1980. *The birds of Western Palearctic*, Vol 2. Oxford University Press, Oxford.
- De Juana, E., 2005. Steppe Birds: a characterization. In: G. Bota, M.B. Morales, S. Mañosa and J. Camprodon, ed. *Ecology and conservation of steppe-land birds*. Barcelona, Espanha: Lynx editions and Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, 25-48.
- Delgado, A. e Moreira, F., 2000. Bird assemblages of an Iberian cereal steppe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78, 65-76.
- Despacho nº3860/2010, 2010. Ministério da Agricultura, do desenvolvimento Rural e das Pescas e do Ambiente e do Ordenamento do Território. Diário da República.
- EDIA, 2005. Estudo de Impacte Ambiental - Bloco de rega de Monte Novo. Beja.
- EDIA, 2006. Estudo de Impacte Ambiental dos blocos de rega Alvito-Pisão. Beja.
- EDIA, SA (Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva), 2012. EFMA - O Empreendimento. Beja. Disponível em:
<http://www.edia.pt/>
[Acedido a 27 de Março de 2013]
- Elias, G.L., Reino, L., Silva, T., Tomé, R., Geraldés, P., (Coords). *Atlas das Aves Invernantes do Baixo Alentejo*. Lisboa: Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves.
- ESRI, 2010. *ArcGIS - ArcMap 10.0*. California, EUA.
- Faria, N. e Rabaça, J.E., 2004. Breeding habitat modeling of the little bustard *Tetrax tetrax* in the site of community importance of Cabrela (Portugal). *Ardeola*, 51(2), 331-343.
- Fontoura, A.P., 1998. Codorniz - *Coturnix coturnix*. In: G.L. Elias, L.M. Reino, T. Silva, R. Tomé e P. Geraldés (Coords.). *Atlas das Aves Invernantes do Baixo Alentejo*. Lisboa: Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, 150-151.
- Franklin, A.B., Noon, B.R., George, L.T., 2002. What is habitat fragmentation?. *Studies in Avian Biology*, 25, 20-29.
- Fuller, R. J., Gregory, R. D., Gibbons, D. W., Marchant, J. H., Wilson, J. D., Baillie, S. R., Carter, N. 1995. Population declines and range contractions among lowlands farmland birds in Britain. *Conservation Biology*, 9 (6), 1425 - 1441.

- García, J., Suárez-Seoane, S., Miguelez, D., Osborne, P., Zumalacárregui, C. 2007. Spatial analysis of habitat quality in a fragmented population of little bustard (*Tetrax tetrax*): Implications for conservation. *Biological Conservation*, 137, 45-56.
- GPAa (Grupo de Projecto Alqueva Agrícola), 2004. *Caracterização da zona de Alqueva*. Plano de Intervenção para a zona de Alqueva. Beja.
- Gordinho, L., 1998. Petinha-dos-prados *Anthus pratensis*. In: G.L. Elias, L.M. Reino, T. Silva, R. Tomé e P. Geraldês (Coords.). *Atlas das Aves Invernantes do Baixo Alentejo*. Lisboa: Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, 284-285.
- ICN, 2006. *Circus pygargus*. Plano Sectorial da Rede Natura 2000. Lisboa.
- ICN, s.d.. *Sítios - Alvito/Cuba*. Plano Sectorial da Rede Natura 2000. Lisboa.
- ICNB, 2006. *Zona de Protecção Especial - Cuba*. Rede Natura 2000. Lisboa.
- IGP, 2010. Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS2007). Lisboa: Instituto Geográfico Português.
- International Council For Bird Preservation, s.d. *Spanish Steppes Appeal - Information Pack*.
- IUCN, 2012. <http://www.iucnredlist.org/> [online]. The IUCN Red List of Threatened Species. Available from: <http://www.iucnredlist.org/details/106002759/0> [Acedido em 5 de Abril de 2013]
- Jiguet, F., Julliard, R., Condé, S., Weltz, M., Couvet, D., Richard, D., 2002. Combining biodiversity, land cover and land use surveys: An exploratory study based on the French Breeding Bird Survey. Land cover and Breeding bird survey, 155-169.
- Júnior, P. M., 2007. Uso de modelos aditivos generalizados na estimativa da distribuição potencial de espécies. *Megadiversidade*, 3, 38-45.
- Leitão, D., 1998. Laverca *Alauda arvenses*. In: G.L. Elias, L.M. Reino, T. Silva, R. Tomé e P. Geraldês (Coords.). *Atlas das Aves Invernantes do Baixo Alentejo*. Lisboa: Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, 272-273.
- Mãe d'Água, 2009. Monitorização da Avifauna nos blocos de rega de Monte Novo, Alvito-Pisão e Pisão (situação de referência). Lisboa.
- Martínez, F.J. e Purroy, F.J., 1993. Avifauna reproductora en los sistemas esteparizados Ibericos. *Ecología*, 7, 391-401.
- Moreira, F., 1999. Relationships between vegetation structure and breeding bird densities in fallow cereal steppes in Castro Verde, Portugal. *Bird Study*, 46, 309-318.
- Moreira, F., e Leitão, D., 1996. A preliminar study of the breeding bird community of fallows of cereal steppes in southern Portugal. *Bird Conservation International*, 6, 255-259.
- Moreira, F., Morgado, R., Arthur, S., 2004. Great bustard *Otis tarda* habitat selection in relation to agricultural use in Southern Portugal. *Wildl. Biol*, 10, 251-260.
- Moreira, F., Leitão, J. P., Morgado, R., Alcazar, R., Cardoso, A., Carrapato, C., Delgado, A., Geraldês, P., Gordinho, L., Henriques, I., Lecoq, M., Leitão, D., Marques, A. T., Pedroso, I., Reino, L., Rocha, P., Tomé, R., Osborne, E. P. 2007. Spatial Distribution patterns, habitat correlates and population estimates of steppe birds in Castro Verde. *Airo*, 17, 5-30.
- Moreira, F., Silva, J. P., Estanque, B., Palmeirim, J. M., Lecoq, M., Pinto, M., Leitão, D., Alonso, I., Pedroso, R., Santos, E., Catry, Silva, Henriques, I., Delgado, A. 2012. Mosaic-level inference of the impact of land cover changes in agricultural landscapes on biodiversity: A case-study with a threatened grassland bird. *Plos One*, 7 (6), 1-10.
- Morgado, R., Beja, P., Reino, L., Gordinho, L., Delgado, A., Borralho, R., Moreira, F., 2010. Calandra lark habitat selection: Strong fragmentation effects in a grassland specialist. *Acta Oecologica*, 36, 63-73.
- Neves, R., 1998. Breve análise histórica sobre a evolução da paisagem. In: G.L. Elias, L.M. Reino, T. Silva, R. Tomé e P. Geraldês (Coords.). *Atlas das Aves Invernantes do Baixo Alentejo*. Lisboa: Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, 28-32.
- Neves, R., Rufino, R., 1998. Tarambola-dourada *Pluvialis apricaria*. In: G.L. Elias, L.M. Reino, T. Silva, R. Tomé e P. Geraldês (Coords.). *Atlas das Aves Invernantes do Baixo Alentejo*. Lisboa: Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, 178-179.
- Neves, R., Rufino, R., 1998. Abibe-comum *Vanellus vanellus*. In: G.L. Elias, L.M. Reino, T. Silva, R. Tomé e P. Geraldês (Coords.). *Atlas das Aves Invernantes do Baixo Alentejo*. Lisboa: Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, 182-183.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P. Stevens, M.H., Wagner, H., 2013. Community Ecology Package.

- Onofre, N., 1998. Tartaranhão-azulado *Circus cyaneus*. In: G.L. Elias, L.M. Reino, T. Silva, R. Tomé e P. Geraldês (Coords.). *Atlas das Aves Invernantes do Baixo Alentejo*. Lisboa: Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, 126-127.
- Pinto, M., 1998. Sisão *Tetrax tetrax*. In: G.L. Elias, L.M. Reino, T. Silva, R. Tomé e P. Geraldês (Coords.). *Atlas das Aves Invernantes do Baixo Alentejo*. Lisboa: Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, 160-161.
- Pita, R., Mira, A., Moreira, F., Morgado, R., Beja, P., 2009. Influence of landscape characteristics on carnivore diversity and abundance in Mediterranean farmland. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 132, 57-65.
- Reino, L. 2009. *Farmland and bird responses to land uses: The role of habitat fragmentation*. *Doutoramento em Engenharia Florestal*. Tese de Doutoramento. Universidade Técnica de Lisboa.
- Reino, L., Beja, P., Osborne, P.E., Morgado, R., Fabião, A., Rotenberry, J.T., 2009a. Distance to edges, edge contrast and landscape fragmentation: Interactions affecting farmland birds around plantations. *Biological Conservation*, 142, 824 - 838.
- Reino, L., Porto, M., Morgado, R., Moreira, F., Fabião, A., Santana, J., Delgado, A., Gordinho, L., Cal, J., Beja, P., 2010. Effects of changed grazing regimes and habitat fragmentation on Mediterranean grassland birds. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 138, 27 - 34.
- Reino, L., Porto, M., Morgado, R., Carvalho, F., Mira, A., Beja, P., 2010a. Does afforestation increase bird nest predation risk in surrounding farmland?. *Forest Ecology and Management*, 260, 1359 - 1366.
- Rocha, P., 2012. Um pouco de história: A abetarda na Península Ibérica. *Liberne*. Janeiro - Junho, p: 16 -17.
- Santos, T. e Suárez, F., 2005. Biogeography and population trends of Iberian steppe birds. In: G. Bota, M.B. Morales, S. Mañosa and J. Camprodon(Eds.). *Ecology and conservation of steppe-land birds*. Pp: 69-102. Lynx Edicions and Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Barcelona.
- Sakamoto, Y., Ishiguro, M., and Kitagawa G., 1986. *Akaike Information Criterion Statistics*. D. Reidel Publishing Company.
- Silva, J.P., Pinto, M., Palmeirim J. M., 2004. Managing landscapes for the little bustard *Tetrax tetrax*: lessons from the study of winter habitat selection. *Biological Conservation*, 117, 521-528.
- Silva, J. P., Palmeirim, J. M., Moreira, F. 2010. Higher breeding densities of the threatened little bustard *Tetrax tetrax* occur in larger grassland fields: Implications for conservation. *Biological Conservation*, 143, 2553-2558.
- Simmons, R. e Brown, C., 2006. *Birds to watch in Namibia: red, rare and endemic species*. National Biodiversity Programme, Windhoek, Namibia.
- Siriwardena, G.V., Baillie, S.R., Buckland, S.T., Fewster, R.M., Marchant, J.H., Wilson, J.D., 1998. Trends in the abundance of farmland birds: a quantitative comparison of smoothed Common Birds Census indices. *Journal of Applied Ecology*, 35, 24-43.
- Soares, P., 1998. Fuinha-dos-juncos *Cisticola juncidis*. In: G.L. Elias, L.M. Reino, T. Silva, R. Tomé e P. Geraldês (Coords.). *Atlas das Aves Invernantes do Baixo Alentejo*. Lisboa: Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, 320-321.
- Stoate, C., Boatman, N.D., Borralho, R.J., Carvalho, R., Snoo, G.R. Eden, P., 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environment Management*, 63, 337-365.
- Suárez, F., Naveso, M.A., De Juana, E., 1997. Farming in the drylands of Spain: the birds of the pseudosteppes. In: D.J. Pain and M.W. Pienkowski. *Farming and birds in Europe: the Common Agricultural Policy and its implications for bird conservation*. San Diego, EUA: Academic Press, 297-330.
- Svensson, L., Grant, P. J. 1999. *Guia de Aves*. Lisboa, Portugal: Assírio e Alvim.
- Ter Braak, C., 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, 69, 69-77.
- Traba, J., Morales, M. B., Morena, G., Delgado, M., Kristin, A., 2008. Selection of breeding territory by little bustard (*Tetrax tetrax*) males in Central Spain: the role of arthropod availability. *Ecological Research*, 23, 615-622.
- Tucker, G.M., 1997. Priorities for bird conservation in Europe: The importance of the farmed landscape. In: Pain, D., Pienkowski, M.. *Farming Birds in Europe*. Londres, Reino Unido: Academic Press, 79-116.
- Tucker, G.M. e Heath, M.F., 1994. *Birds in Europe: Their Conservation Status*. Cambridge: BirdLife International.
- Tucker, G. M. e Evans, M.I., 1997. *Habitats for birds in Europe: a conservation strategy for the wider environment*. Cambridge, Reino Unido: BirdLife International (BirdLife conservation series no. 6).
- Turner, M. G., Gardner, R. H., O'neill, R. V, 2001. *Landscape ecology in theory and practice*. Nova Iorque, EUA: Springer.

- Vickery, J. e Arlettaz, R., 2012. The importance of habitat heterogeneity at multiple scales for birds in European agricultural landscapes. In: Robert J. Fuller, ed. *Birds and Habitat: Relationships in Changing Landscapes*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 177-204.
- Wiens, J.A., 1989. Spatial Scaling in Ecology. *Functional Ecology*, 3(4), 385-397.
- Wiens, J. A., 1994. Habitat fragmentation: island vs landscape perspectives on bird conservation. *Ibis*, 137, 97-104.
- Wiens, J. A., 1995. Landscape mosaics and ecological theory. In L. Hansson, L. Fahrig e G. Merriam, eds. *Mosaic Landscapes and Ecological Processes*. Londres, U.K.: Chapman & Hall, 1-26.
- Wiens, J.A., 1997. Metapopulation dynamics and landscape ecology. In I. Hasky and M. E. Gilpin, eds. *Metapopulation Biology*. Nova Iorque, EUA: Academic Press: 43-62.
- Wood, S., 2013. Mixed GAM Computation Vehicle with GVC/AIC/REML smoothness estimation [online]. CRAN. Disponível em: <http://cran.r-project.org/web/packages/mgcv/> [Acedido a 24/03/2013]
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A., Smith, G.M., 2009. *Mixed effects Models and Extensions with R*. Nova York, EUA: Springer.

ANEXOS

Anexo I

Análise dos dados - programação em “R”

Relação entre as comunidades de aves e habitat nos períodos 2007/08 e 2010/11

Tabela 1.1 - Fórmulas utilizadas na obtenção do CCA para a época de Inverno e Primavera do período de referência 2007/08 e 2010/11.

Inverno	Primavera
<pre>names(invtot) invesp <- invtot[,2:124] names(invesp) invvar <- invtot[,125:139] names(invvar) #CCA completo mod <- cca(invesp ~., invvar) mod plot(mod) plot(mod, type="n") text(mod, dis="cn") text(mod, "species", col="blue", cex=0.5) summary(mod) str(mod) str(mod\$CCA\$v.eig) cca1<-data.frame(mod\$CCA\$v.eig) cca1[,1:2] #CCA sem aquáticas names(invesp) invesp1 <- invesp[,38:123] names(invesp1) mod1 <- cca(invesp1 ~., invvar) mod1 plot(mod1) plot(mod1, type="n",xlim=c(-5,5),ylim=c(-4,3)) text(mod1, dis="cn") text(mod1, "species", col="blue", cex=0.5) summary(mod1) str(mod1) str(mod1\$CCA\$v.eig) ca11<-data.frame(mod1\$CCA\$v.eig) ca11[,1:2] #CCA sem aquáticas e sem raras names(invesp1) invesp2 <- invesp1[,41:86] names(invesp2) mod2 <- cca(invesp2 ~., invvar) mod2 plot(mod2) plot(mod2, type="n",xlim=c(-3,3),ylim=c(-3,2)) text(mod2, dis="cn") text(mod2, "species", col="blue", cex=0.5) summary(mod2) str(mod2) str(mod2\$CCA\$v.eig) ca12<-data.frame(mod2\$CCA\$v.eig) ca12[,1:2] #CCA sem aquáticas, sem raras, sem influentes names(invesp2) invesp3 <- invesp2[,2:46] names(invesp3) mod3 <- cca(invesp3 ~., invvar) mod3</pre>	<pre>names(pritot) priesp <- pritot[,2:129] names(priesp) privar <- pritot[,130:144] names(privar) #CCA completo mod <- cca(priesp ~., privar) mod plot(mod) plot(mod, type="n") text(mod, dis="cn") text(mod, "species", col="blue", cex=0.5) summary(mod) str(mod) str(mod\$CCA\$v.eig) cca1<-data.frame(mod\$CCA\$v.eig) cca1[,1:2] #CCA sem aquáticas names(priesp) priesp1 <- priesp[,29:128] names(priesp1) mod1 <- cca(priesp1 ~., privar) mod1 plot(mod1) plot(mod1, type="n",xlim=c(-1,1),ylim=c(-4,3)) text(mod1, dis="cn") text(mod1, "species", col="blue", cex=0.5) summary(mod1) str(mod1) str(mod1\$CCA\$v.eig) ca11<-data.frame(mod1\$CCA\$v.eig) ca11[,1:2] #CCA sem aquáticas e sem raras names(priesp1) priesp2 <- data.frame(c(priesp1[,1:43],priesp1[,89:100])) names(priesp2) mod2 <- cca(priesp2 ~., privar) mod2 plot(mod2) plot(mod2, type="n",xlim=c(-1,3),ylim=c(-3,2)) text(mod2, dis="cn") text(mod2, "species", col="blue", cex=0.5) summary(mod2) str(mod2) str(mod2\$CCA\$v.eig) ca12<-data.frame(mod2\$CCA\$v.eig) ca12[,44:55,1:2] text(x=- 0.265376534,y=0.64290631,"Antcam",col="red",cex=0.5) text(x=0.350135333,y=0.28628994,"Buroed",col="red",cex=0.5) text(x=0.142122639,y=0.21061334,"Calbra",col="red",cex=0.5) text(x=-0.000550196,y=0.38589430,"Cirpyg",col="red",cex=0.5) text(x=0.330344496,y=0.12592832,"Cisjun",col="red",cex=0.5) text(x=0.133106377,y=0.15374366,"Cotcot",col="red",cex=0.5)</pre>

```
plot(mod3)
plot(mod3, type="n",xlim=c(-2,2),ylim=c(-2,2))
text(mod3, dis="cn")
text(mod3, "species", col="blue", cex=0.5)
summary(mod3)
str(mod3)
str(mod3$CCA$v.eig)
ca13<-data.frame(mod3$CCA$v.eig)
ca13[37:45,1:2]
text(x=0.47124332,y=0.51416990,"Alaarv",col="red",cex=0.5)
text(x=0.10680047,y=-0.16378591,"Antpra",col="red",cex=0.5)
text(x=0.50316708,y=0.30257658,"Circya",col="red",cex=0.5)
text(x=0.07432222,y=-0.20901158,"Cisjun",col="red",cex=0.5)
text(x=0.08201901,y=0.10400869,"Embcal",col="red",cex=0.5)
text(x=-0.32833275,y=0.01788921,"Galsp",col="red",cex=0.5)
text(x=0.43982749,y=-0.56124553,"Pluapr",col="red",cex=0.5)
text(x=0.47733105,y=0.28202743,"Tettet",col="red",cex=0.5)
text(x=0.21413583,y=-0.18994843,"Vanvan",col="red",cex=0.5)
text(x=0.228881398,y=0.18016569,"Embcal",col="red",cex=0.5)
text(x=0.608883635,y=0.94812260,"Falnau",col="red",cex=0.5)
text(x=0.245908292,y=-0.01613794,"Galsp",col="red",cex=0.5)
text(x=0.192177822,y=0.49366561,"Glapra",col="red",cex=0.5)
text(x=0.300811009,y=0.90843795,"Melcal",col="red",cex=0.5)
text(x=0.304635835,y=0.63798872,"Tettet",col="red",cex=0.5)
```

Anexo II

Análise dos dados - programação em “R”

Factores que influenciam a riqueza específica total e a riqueza específica de estepárias

Tabela II.1 - Cálculo em R do melhor modelo para a riqueza específica total na época de Inverno.

Script da Riqueza específica total para a época de Inverno

```

names(invmat)
#Explorar os dados
##Outliers
###Criar graficos
op<-par(mfrow=c(3,4),mar=c(3,3,3,1))
dotchart(invmat$re,main="Riqueza.especifica",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$ano,main="Ano",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$seq,main="Sequeiro",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$reg,main="Regadio",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$ma,main="Montado.aberto",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$arb,main="Zona.arbustiva.arborizada",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$agua,main="Corpo.agua",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$infr,main="Artificial",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$ed,main="Densidade.ora",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$mps,main="Tamanho.medio.parcela",group=invmat$quad)
par(op)

###Correlacao entre variaveis
###Criar paineis
z<-
cbind(invmat$re,invmat$ano,invmat$seq,invmat$reg,invmat$ma,invmat$arb,invmat$agua,invmat$infr,invmat$ed,invmat
$mps)
colnames(z)<-
c("Riqueza.especifica","Ano","Sequeiro","Regadio","Montado.aberto","Zona.arbustiva.arborizada","Corpo.agua","Artificial","
Densidade.ora","Tamanho.medio.parcela")
panel.smooth2<-function(x,y,col=par("col"),bg=NA,pch=par("pch"),
cex=1,col.smooth="red",span=2/3,iter=3,...)
{
points(x,y,pch=pch,col=col,bg=bg,cex=cex)
ok<-is.finite(x)e is.finite(y)
if(any(ok))
lines(stats::lowess(x[ok],y[ok],f=span,iter=iter),
col=1,...)
}
panel.cor<-function(x,y,digits=1,prefix="",cex.cor)
{
usr<-par("usr");on.exit(par(usr))
par(usr=c(0,1,0,1))
r1=cor(x,y,use="pairwise.complete.obs")
r<-abs(cor(x,y,use="pairwise.complete.obs"))
txt<-format(c(r1,0.123456789),digits=digits)[1]
txt<-paste(prefix,txt,sep="")
if(missing(cex.cor))cex<-0.9/strwidth(txt)
text(0.5,0.5,txt,cex=cex*r)
}
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,lower.panel=panel.smooth2,upper.panel=panel.cor,diag.panel=panel.hist)

###Calcular VIF e seleccionar variaveis nao colineares
library("VIF", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
invmat1<-data.frame(na.omit(invmat))
vifsel<-vif(invmat1$re,invmat1[,4:12])
vifsel$select
vifsel$modelmatrix[1:2,]
z<-cbind(invmat1$re,invmat1$ano,invmat1$seq,invmat1$agua,invmat1$mps,invmat1$ed)
colnames(z)<-c("Riqueza.especifica","Ano","Sequeiro","Agua","Tamanho.medio.parcela","Densidade.orla")
pairs(z,lower.panel=panel.smooth2,upper.panel=panel.cor,diag.panel=panel.hist)

#Modelacao
##Criacao do modelo
library("lme4", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
M<-glm(re~ano+seq+agua+mps+ed,data=invmat1,family="gaussian")
Mp<-glm(re~ano+seq+agua+mps+ed,data=invmat1,family="poisson")
Mi<-glm(re~ano*seq*agua*mps*ed,data=invmat1,family="gaussian")
Mpi<-glm(re~ano*seq*agua*mps*ed,data=invmat1,family="poisson")
AIC(M,Mp,Mi,Mpi)
Ms<-step(M)
AIC(M,Ms)
summary(Ms)
Ms<-glm(re~ano+seq+agua+mps+ed,data=invmat1,family="gaussian")
library("mgcv", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
Ma<-gam(re~ano+s(seq)+agua+s(mps)+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
AIC(Ms,Ma)
Ma<-gam(re~ano+s(seq)+agua+s(mps)+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
Maa<-gam(re~s(seq)+agua+s(mps)+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
Mab<-gam(re~ano+agua+s(mps)+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
Mac<-gam(re~ano+s(seq)+s(mps)+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
Mad<-gam(re~ano+s(seq)+agua+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
Mae<-gam(re~ano+s(seq)+agua+s(mps),data=invmat1,family="gaussian")
AIC(Ma,Maa,Mab,Mac,Mad,Mae)
Mab<-gam(re~ano+agua+s(mps)+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
Maba<-gam(re~agua+s(mps)+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
Mabb<-gam(re~ano+s(mps)+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
Mabc<-gam(re~ano+agua+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
Mabd<-gam(re~ano+agua+s(mps),data=invmat1,family="gaussian")
AIC(Mab,Maba,Mabb,Mabc,Mabd)
anova(Mab)
Mabc<-gam(re~ano+agua+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
AIC(Mab,Mabc)
anova(Mabc)

###Melhor modelo

```

```
Mabc<-gam(re~ano+agua+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
summary(Mabc)

###Validacao do modelo
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
boxplot(re~ano,data=invmat1)
boxplot(re~agua,data=invmat1)
plot(Mabc)
vis.gam(Mabc,theta=125,color="heat")
par(op)
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
gam.check(Mabc,theta=125,color="heat")
par(op)
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
E<-residuals(Mabc)
hist(E)
boxplot(E~ano,data=invmat1)
abline(0,0)
boxplot(E~agua,data=invmat1)
abline(0,0)
plot(E~ed,data=invmat1)
abline(0,0)
par(op)

###Interpretacao do modelo
op<-par(mfrow=c(3,3),mar=c(3,3,3,1))
EP<-residuals(Mabc)
boxplot(EP~ano,data=invmat1)
boxplot(EP~agua,data=invmat1)
plot(EP~ed,data=invmat1)
fv<-predict(Mabc)
boxplot(fv~ano,data=invmat1)
boxplot(fv~agua,data=invmat1)
plot(fv~ed,data=invmat1)
boxplot(re~ano,data=invmat1)
boxplot(re~agua,data=invmat1)
plot(re~ed,data=invmat1)
```

Tabela II.2 - Cálculo em R do melhor modelo para a riqueza específica total de estepárias na época de Inverno.

Script da Riqueza específica total de estepárias para a época de Inverno

```
names(invmat)
#Explorar os dados
##Outliers
###Criar graficos
op<-par(mfrow=c(3,4),mar=c(3,3,3,1))
dotchart(invmat$ree,main="Riqueza.especifica.de.estepárias",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$ano,main="Ano",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$seq,main="Sequeiro",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$reg,main="Regadio",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$ma,main="Montado.aberto",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$arb,main="Zona.arbustiva.arborizada",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$agua,main="Corpo.agua",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$infr,main="Artificial",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$ed,main="Densidade.orka",group=invmat$quad)
dotchart(invmat$mps,main="Tamanho.medio.parcela",group=invmat$quad)
par(op)

##Correlacao entre variaveis
###Criar paineis
z<-
cbind(invmat$ree,invmat$ano,invmat$seq,invmat$reg,invmat$ma,invmat$arb,invmat$agua,invmat$infr,invmat$ed,invmat$mps)
colnames(z)<-
c("Riqueza.especifica.de.estepárias","Ano","Sequeiro","Regadio","Montado.aberto","Zona.arbustiva.arborizada","Corpo.agua","Artificial","Densidade.orka","Tamanho.medio.parcela")
panel.smooth2<-function(x,y,col=par("col"),bg=NA,pch=par("pch"),
                        cex=1,col.smooth="red",span=2/3,iter=3,...)
{
  points(x,y,pch=pch,col=col,bg=bg,cex=cex)
  ok<-is.finite(x)&&is.finite(y)
  if(any(ok))
    lines(stats::lowess(x[ok],y[ok],f=span,iter=iter),
          col=1,...)
}
panel.cor<-function(x,y,digits=1,prefix="",cex.cor)
{
  usr<-par("usr");on.exit(par(usr))
  par(usr=c(0,1,0,1))
  r1=cor(x,y,use="pairwise.complete.obs")
  r<-abs(cor(x,y,use="pairwise.complete.obs"))
  txt<-format(c(r1,0.123456789),digits=digits)[1]
  txt<-paste(prefix,txt,sep="")
  if(missing(cex.cor))cex<-0.9/strwidth(txt)
  text(0.5,0.5,txt,cex=cex*r)
}
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,lower.panel=panel.smooth2,upper.panel=panel.cor,diag.panel=panel.hist)

###Calcular VIF e selecionar variaveis nao colineares
library("VIF", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
invmat1<-data.frame(na.omit(invmat))
vifsel<-vif(invmat1$ree,invmat1[,4:12])
vifsel$select
vifsel$modelmatrix[1:2,]
z<-cbind(invmat1$ree,invmat1$seq,invmat1$arb,invmat1$infr, invmat1$ed)
colnames(z)<-c("Riqueza.especifica.de.estepárias","Sequeiro","Arbóreo.arbustivo", "Artificial","Densidade.orta")
pairs(z,lower.panel=panel.smooth2,upper.panel=panel.cor,diag.panel=panel.hist)

#Modelacao
##Criacao do modelo
library("lme4", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
M<-glm(ree~seq+arb+infr+ed,data=invmat1,family="gaussian")
Mp<-glm(ree~seq+arb+infr+ed,data=invmat1,family="poisson")
Mi<-glm(ree~seq*arb*infr*ed,data=invmat1,family="gaussian")
Mpi<-glm(ree~seq*arb*infr*ed,data=invmat1,family="poisson")
AIC(M,Mp,Mi,Mpi)
Ms<-step(M)
AIC(M,Ms)
summary(Ms)
anova(Ms)
Ms<-glm(ree ~ arb+ed,family="gaussian",data = invmat1)
library("mgcv", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
Ma<-gam(ree~s(arb)+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
AIC(Ms,Ma)
Ma<-gam(ree~s(arb)+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
Maa<-gam(ree~s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
Mab<-gam(ree~s(arb),data=invmat1,family="gaussian")
AIC(Ma,Maa,Mab)
anova(Ma)
###Melhor modelo
Ma<-gam(ree~s(arb)+s(ed),data=invmat1,family="gaussian")
summary(Ma)

###Validacao do modelo
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
vis.gam(Ma,theta=125,color="heat")
par(op)
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
gam.check(Ma,theta=125,color="heat")
par(op)
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
E<-residuals(Ma)
hist(E)
abline(0,0)

```

```
plot(E-arb,data=invmat1)
abline(0,0)
plot(E-ed,data=invmat1)
abline(0,0)
par(op)
###Interpretacao do modelo
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
EP<-residuals(Ma)
plot(EP-arb,data=invmat1)
plot(EP-ed,data=invmat1)
fv<-predict(Ma)
plot(fv-arb,data=invmat1)
plot(fv-ed,data=invmat1)
plot(ree-arb,data=invmat1)
plot(ree-ed,data=invmat1)
```

Tabela II.3 - Cálculo em R do melhor modelo para a riqueza específica total na época de Primavera.

Script da Riqueza específica total para a época de Primavera

```

names(primat)
#Explorar os dados
##Outliers
###Criar graficos
op<-par(mfrow=c(3,4),mar=c(3,3,3,1))
dotchart(primat$re,main="Riqueza.especifica",group=primat$quad)
dotchart(primat$ano,main="Ano",group=primat$quad)
dotchart(primat$seq,main="Sequeiro",group=primat$quad)
dotchart(primat$reg,main="Regadio",group=primat$quad)
dotchart(primat$ma,main="Montado.aberto",group=primat$quad)
dotchart(primat$arb,main="Zona.arbustiva.arborizada",group=primat$quad)
dotchart(primat$agua,main="Corpo.agua",group=primat$quad)
dotchart(primat$infr,main="Artificial",group=primat$quad)
dotchart(primat$ed,main="Densidade.orla",group=primat$quad)
dotchart(primat$mpps,main="Tamanho.medio.parcela",group=primat$quad)
par(op)

##Correlacao entre variaveis
###Criar paineis
z<-
cbind(primat$re,primat$ano,primat$seq,primat$reg,primat$ma,primat$arb,primat$agua,primat$infr,primat$ed,primat$mpps)
colnames(z)<-
c("Riqueza.especifica","Ano","Sequeiro","Regadio","Montado.aberto","Zona.arbustiva.arborizada","Corpo.agua","Artificial","Densidade.orla","Tamanho.medio.parcela")
panel.smooth2<-function(x,y,col=par("col"),bg=NA,pch=par("pch"),
                        cex=1,col.smooth="red",span=2/3,iter=3,...)
{
  points(x,y,pch=pch,col=col,bg=bg,cex=cex)
  ok<-is.finite(x)&&is.finite(y)
  if(any(ok))
    lines(stats::lowess(x[ok],y[ok],f=span,iter=iter),
          col=1,...)
}
panel.cor<-function(x,y,digits=1,prefix="",cex.cor)
{
  usr<-par("usr");on.exit(par(usr))
  par(usr=c(0,1,0,1))
  r1=cor(x,y,use="pairwise.complete.obs")
  r<-abs(cor(x,y,use="pairwise.complete.obs"))
  txt<-format(c(r1,0.123456789),digits=digits)[1]
  txt<-paste(prefix,txt,sep="")
  if(missing(cex.cor))cex<-0.9/strwidth(txt)
  text(0.5,0.5,txt,cex=cex*r)
}
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,lower.panel=panel.smooth2,upper.panel=panel.cor,diag.panel=panel.hist)

###Calcular VIF e selecionar variaveis nao colineares
library("VIF", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
primat1<-data.frame(na.omit(primat))
vifsel<-vif(primat1$re,primat1[,4:12])
vifsel$select
vifsel$modelmatrix[1:2,]
z<-cbind(primat1$re,primat1$ano,primat1$seq,primat1$infr)
colnames(z)<-c("Riqueza.especifica","Ano","Sequeiro","Artificial")
pairs(z,lower.panel=panel.smooth2,upper.panel=panel.cor,diag.panel=panel.hist)

#Modelacao
##Criacao do modelo
library("lme4", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
M<-glm(re~ano+seq+infr,data=primat1,family="gaussian")
Mp<-glm(re~ano+seq+infr,data=primat1,family="poisson")
Mi<-glm(re~ano*seq*infr,data=primat1,family="gaussian")
Mpi<-glm(re~ano*seq*infr,data=primat1,family="poisson")
AIC(M,Mp,Mi,Mpi)
Ms<-step(M)
AIC(M,Ms)
summary(Ms)
Ms<-glm(re~ano+seq+infr,data=primat1,family="gaussian")
library("mgcv", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
Ma<-gam(re~ano+s(seq)+infr,data=primat1,family="gaussian")
AIC(Ms,Ma)
Ma<-gam(re~ano+s(seq)+infr,data=primat1,family="gaussian")
Maa<-gam(re~s(seq)+infr,data=primat1,family="gaussian")
Mab<-gam(re~ano+infr,data=primat1,family="gaussian")
Mac<-gam(re~ano+s(seq),data=primat1,family="gaussian")
AIC(Ma,Maa,Mab,Mac)
anova(Ma)
Ma<-gam(re~ano+s(seq)+infr,data=primat1,family="gaussian")

###Melhor modelo
Ma<-gam(re~ano+s(seq)+infr,data=primat1,family="gaussian")
summary(Ma)

###Validacao do modelo
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
boxplot(re~ano,data=primat1)
boxplot(re~infr,data=primat1)
plot(Ma)
vis.gam(Ma,theta=125,color="heat")
par(op)
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
gam.check(Ma,theta=125,color="heat")
```

```
par(op)
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
E<-residuals(Ma)
hist(E)
boxplot(E-ano,data=primat1)
abline(0,0)
boxplot(E-infr,data=primat1)
abline(0,0)
plot(E-seq,data=primat1)
abline(0,0)
par(op)

###Interpretacao do modelo
op<-par(mfrow=c(3,3),mar=c(3,3,3,1))
EP<-residuals(Ma)
boxplot(EP-ano,data=primat1)
boxplot(EP-infr,data=primat1)
plot(EP-seq,data=primat1)
fv<-predict(Ma)
boxplot(fv-ano,data=primat1)
boxplot(fv-infr,data=primat1)
plot(fv-seq,data=primat1)
boxplot(re-ano,data=primat1)
boxplot(re-infr,data=primat1)
plot(re-seq,data=primat1)
```

Tabela II.4 - Cálculo em R do melhor modelo para a riqueza específica total de estepárias na época de Primavera.

Script da Riqueza específica total de estepárias para a época de Primavera

```
#Importar os dados
setwd("C:/MESTRADO_SIG/FINAL/Informacao_produzida/GLM/primavera")
primat <- read.delim("C:/MESTRADO_SIG/FINAL/Informacao_produzida/GLM/primavera/primat.txt", dec=",")
names(primat)
#Explorar os dados
##Outliers
###Criar graficos
op<-par(mfrow=c(3,4),mar=c(3,3,3,1))
dotchart(primat$ree,main="Riqueza.especifica.de.estepárias",group=primat$quad)
dotchart(primat$ano,main="Ano",group=primat$quad)
dotchart(primat$seq,main="Sequeiro",group=primat$quad)
dotchart(primat$reg,main="Regadio",group=primat$quad)
dotchart(primat$ma,main="Montado.aberto",group=primat$quad)
dotchart(primat$arb,main="Zona.arbustiva.arborizada",group=primat$quad)
dotchart(primat$agua,main="Corpo.agua",group=primat$quad)
dotchart(primat$infr,main="Artificial",group=primat$quad)
dotchart(primat$ed,main="Densidade.orla",group=primat$quad)
dotchart(primat$mps,main="Tamanho.medio.parcela",group=primat$quad)
par(op)
##Correlacao entre variaveis
###Criar paineis
z<-
cbind(primat$ree,primat$ano,primat$seq,primat$reg,primat$ma,primat$arb,primat$agua,primat$infr,primat$ed,primat$
mps)
colnames(z)<-
c("Riqueza.especifica.de.estepárias","Ano","Sequeiro","Regadio","Montado.aberto","Zona.arbustiva.arborizada","Corpo.agu
a","Artificial","Densidade.orla","Tamanho.medio.parcela")
panel.smooth2<-function(x,y,col=par("col"),bg=NA,pch=par("pch"),
cex=1,col.smooth="red",span=2/3,iter=3,...)
{
points(x,y,pch=pch,col=col,bg=bg,cex=cex)
ok<-is.finite(x)e.is.finite(y)
if(any(ok))
lines(stats::lowess(x[ok],y[ok],f=span,iter=iter),
col=1,...)
}
panel.cor<-function(x,y,digits=1,prefix="",cex.cor)
{
usr<-par("usr");on.exit(par(usr))
par(usr=c(0,1,0,1))
r1=cor(x,y,use="pairwise.complete.obs")
r<-abs(cor(x,y,use="pairwise.complete.obs"))
txt<-format(c(r1,0.123456789),digits=digits)[1]
txt<-paste(prefix,txt,sep="")
if(missing(cex.cor))cex<-0.9/strwidth(txt)
text(0.5,0.5,txt,cex=cex*r)
}
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,lower.panel=panel.smooth2,upper.panel=panel.cor,diag.panel=panel.hist)
###Calcular VIF e selecionar variaveis nao colineares
library("VIF", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
primat1<-data.frame(na.omit(primat))
vifsel<-vif(primat1$ree,primat1[,4:12])
vifsel$select
vifsel$modelmatrix[1:2,]
z<-cbind(primat1$ree,primat1$seq,primat1$infr,primat1$mps,primat1$ed)
colnames(z)<-c("Riqueza.especifica.de.estepárias","Sequeiro","Artificial","Tamanho.medio.parcela","Densidade.orka")
pairs(z,lower.panel=panel.smooth2,upper.panel=panel.cor,diag.panel=panel.hist)

#Modelacao
##Criacao do modelo
library("lme4", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
M<-glm(ree~seq+infr+mps+ed,data=primat1,family="gaussian")
Mp<-glm(ree~seq+infr+mps+ed,data=primat1,family="poisson")
Mi<-glm(ree~seq*infr*mps*ed,data=primat1,family="gaussian")
Mpi<-glm(ree~seq*infr*mps*ed,data=primat1,family="poisson")
AIC(M,Mp,Mi,Mpi)

Ms<-step(Mp)
AIC(Mp,Ms)
summary(Ms)
Ms<-glm(ree ~ seq + mps + ed, family = "poisson",data = primat1)
library("mgcv", lib.loc="C:/Programas/R/R-2.15.2/library")
Ma<-gam(ree ~ s(seq) + s(mps) + s(ed), family = "poisson",data = primat1)
AIC(Ms,Ma)
Ma<-gam(ree ~ s(seq) + s(mps) + s(ed), family = "poisson",data = primat1)
Maa<-gam(ree ~ s(mps) + s(ed), family = "poisson",data = primat1)
Mab<-gam(ree ~ s(seq) + s(ed), family = "poisson",data = primat1)
Mac<-gam(ree ~ s(seq) + s(mps), family = "poisson",data = primat1)
AIC(Ma,Maa,Mab,Mac)
Mab<-gam(ree ~ s(seq) + s(ed), family = "poisson",data = primat1)
Maba<-gam(ree ~ s(ed), family = "poisson",data = primat1)
Mabb<-gam(ree ~ s(seq), family = "poisson",data = primat1)
AIC(Mab,Maba,Mabb)
anova(Mab)

###Melhor modelo
Mab<-gam(ree ~ s(seq) + s(ed), family = "poisson",data = primat1)
summary(Mab)

###Validacao do modelo
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
plot(Mab)
vis.gam(Mab,theta=125,color="heat")

```

```
par(op)
op<-par(mfrow=c(2,2),mar=c(3,3,3,1))
E<-residuals(Mab)
hist(E)
boxplot(E-ano,data=primat1)
abline(0,0)
plot(E-seq,data=primat1)
abline(0,0)
plot(E-ed,data=primat1)
abline(0,0)
par(op)

###Interpretacao do modelo
op<-par(mfrow=c(3,2),mar=c(3,3,3,1))
EP<-residuals(Mab)
plot(EP-seq,data=primat1)
plot(EP-ed,data=primat1)
fv<-predict(Mab)
plot(fv-seq,data=primat1)
plot(fv-ed,data=primat1)
plot(ree-seq,data=primat1)
plot(ree-ed,data=primat1)
par(op)
plot(ree-seq,col='darkgreen', data=primat1)
points(fv-seq,col='red', data=primat1)
plot(ree-ed,col='darkgrey', data=primat1)
points(fv-ed,col='red', data=primat1)
```

Anexo III

Aves amostradas nos períodos 2007/08 e 2010/11

Tabela III.1 - Lista de espécies observadas na área de estudo durante os dois períodos de censos - 2007/2008 e 2010/2011.

Acrónimo	Nome científico	Nome comum	Época
Accnis	<i>Accipiter nisus</i>	Gavião	Inverno
Acraru	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	Rouxinol-grande-dos-caniços	Primavera
Acthyp	<i>Actitis hypoleucos</i>	Maçarico-das-rochas	Primavera / Inverno
Aegcau	<i>Aegithalos caudatus</i>	Chapim-rabilongo	Primavera
Aegmon	<i>Aegypius monachus</i>	Abutre-preto	Primavera
Alaarv	<i>Alauda arvensis</i>	Laverca	Inverno
Alcatt	<i>Alcedo atthis</i>	Guarda-rios	Primavera / Inverno
Aleruf	<i>Alectoris rufa</i>	Perdiz-comum	Primavera / Inverno
Anacly	<i>Anas clypeata</i>	Pato-trombeteiro	Inverno
Anacre	<i>Anas crecca</i>	Marrequinha-comum	Inverno
Anapen	<i>Anas penelope</i>	Piadeira	Inverno
Anapla	<i>Anas platyrhynchos</i>	Pato-real	Primavera / Inverno
Anastr	<i>Anas strepera</i>	Frisada	Primavera / Inverno
Ansans	<i>Anser anser</i>	Ganso-bravo	Inverno
Antcam	<i>Anthus campestris</i>	Petinha-dos-campo	Primavera
Antpra	<i>Anthus pratensis</i>	Petinha-dos-prados	Inverno
Antspi	<i>Anthus spinoletta</i>	Petinha-ribeirinha	Inverno
Apuapu	<i>Apus apus</i>	Andorinhão-preto	Primavera
Apupal	<i>Apus pallidus</i>	Andorinhão-pálido	Primavera
Ardcin	<i>Ardea cinerea</i>	Garça-real	Primavera / Inverno
Ardpur	<i>Ardea purpurea</i>	Garça-vermelha	Inverno
Ardral	<i>Ardeola ralloides</i>	Papa-ratos	Primavera
Asifla	<i>Asio flammeus</i>	Coruja-do-nabal	Inverno
Asiotu	<i>Asio otus</i>	Bufo-pequeno	Primavera
Athnoc	<i>Athene noctua</i>	Mocho-galego	Primavera / Inverno
Aytfer	<i>Aythya ferina</i>	Zarro-comum	Inverno
Aytful	<i>Aythya fuligula</i>	Zarro-negrinha	Inverno
Bubibi	<i>Bubulcus ibis</i>	Garça-boeira	Primavera / Inverno
Buroed	<i>Burhinus oediconemus</i>	Alcaravão	Primavera / Inverno
Butbut	<i>Buteo buteo</i>	Águia-d'asa-redonda	Primavera / Inverno
Calbra	<i>Calandrella brachydactyla</i>	Calhandrinha-comum	Primavera
Carcan	<i>Carduelis cannabina</i>	Pintarroxo	Primavera / Inverno
Carcar	<i>Carduelis carduelis</i>	Pintassilgo	Primavera / Inverno
Carchl	<i>Carduelis chloris</i>	Verdilhão	Primavera / Inverno
Carspi	<i>Carduelis spinus</i>	Lugre	Inverno
Cergal	<i>Cercotrichas galactotes</i>	Rouxinol-do-mato	Primavera
Cerbra	<i>Certhia brachydactyla</i>	Trepadeira-comum	Primavera / Inverno
Cetcet	<i>Cettia cetti</i>	Rouxinol-bravo	Primavera / Inverno
Chaale	<i>Charadrius alexandrinus</i>	Borrelho-de-coleira-interrompida	Primavera
Chadub	<i>Charadrius dubius</i>	Borrelho-pequeno-de-coleira	Primavera / Inverno
Chlhyb	<i>Chlidonias hybridus</i>	Gauvina-dos-paus	Primavera
Ciccic	<i>Ciconia ciconia</i>	Cegonha-branca	Primavera / Inverno
Cicnig	<i>Ciconia nigra</i>	Cegonha-negra	Primavera / Inverno

Círgal	<i>Circaetus gallicus</i>	Águia-cobreira	Primavera
Ciraer	<i>Circus aeruginosus</i>	Tartaranhão-ruivo-dos-pauis	Primavera / Inverno
Circya	<i>Circus cyaneus</i>	Tartaranhão-cinzento	Inverno
Cirpyg	<i>Circus pygargus</i>	Tartaranhão-caçador	Primavera
Cisjun	<i>Cisticola juncidis</i>	Fuinha-dos-juncos	Primavera / Inverno
Clagla	<i>Clamator glandarius</i>	Cuco-rabilongo	Primavera / Inverno
Colliv	<i>Columba livia</i>	Pombo-comum	Primavera
Coloen	<i>Columba oenas</i>	Pombo-bravo	Inverno
Colpal	<i>Columba palumbus</i>	Pombo-torcaz	Primavera / Inverno
Corgar	<i>Coracias garrulus</i>	Rolieiro	Primavera
Corcor	<i>Corvus corax</i>	Corvo	Primavera / Inverno
Corcoe	<i>Corvus corone</i>	Gralha-preta	Primavera / Inverno
Cormon	<i>Corvus monedula</i>	Gralha-de-nuca-cinzenta	Inverno
Cotcot	<i>Coturnix coturnix</i>	Codorniz	Primavera / Inverno
Cuccan	<i>Cuculus canorus</i>	Cuco-canoro	Primavera
Cyacya	<i>Cyanopica cyanus</i>	Pega-azul	Primavera / Inverno
Delurb	<i>Delichon urbicum</i>	Andorinha-dos-beirais	Primavera
Denmaj	<i>Dendrocopos major</i>	Pica-pau-malhado-grande	Inverno
Denmin	<i>Dendrocopos minor</i>	Pica-pau-galego	Primavera
Egralb	<i>Egretta alba</i>	Garça-branca-grande	Inverno
Ergar	<i>Egretta garzetta</i>	Garça-branca-pequena	Primavera / Inverno
Elacae	<i>Elanus caeruleus</i>	Peneireiro-cinzento	Primavera / Inverno
Embcas	<i>Emberiza calandra</i>	Trigueirão	Primavera
Erirub	<i>Erithacus rubecula</i>	Pisco-de-peito-ruivo	Inverno
Estrast	<i>Estrilda astrild</i>	Bico-de-lacre	Primavera
Falcol	<i>Falco columbarius</i>	Esmerilhão	Inverno
Falnau	<i>Falco naumanni</i>	Francelho	Primavera / Inverno
Falper	<i>Falco peregrinus</i>	Falcão-peregrino	Inverno
Faltin	<i>Falco tinnunculus</i>	Peneireiro	Primavera / Inverno
Frincoe	<i>Fringilla coelebs</i>	Tentilhão	Primavera / Inverno
Frimon	<i>Fringilla montifringilla</i>	Tentilhão-montês	Inverno
Fulatr	<i>Fulica atra</i>	Galeirão-comum	Primavera / Inverno
Galsp	<i>Galerida sp.</i>	Cotovia-montesina/ Cotovia-de-poupa	Primavera / Inverno
Galgal	<i>Gallinago gallinago</i>	Narceja-comum	Inverno
Galchl	<i>Gallinula chloropus</i>	Galinha-d'água	Primavera / Inverno
Gargla	<i>Garrulus glandarius</i>	Gaio	Primavera / Inverno
Glapra	<i>Glareola pratincola</i>	Perdiz-do-mar	Primavera
Grugru	<i>Grus grus</i>	Grou-comum	Inverno
Gypful	<i>Gyps fulvus</i>	Grifo	Primavera
Hiefas	<i>Hieraaetus fasciatus</i>	Águia-de-Bonelli	Inverno
Hiepen	<i>Aquila pennata</i>	Águia-calçada	Primavera
Himhim	<i>Himantopus himantopus</i>	Pernilongo	Primavera / Inverno
Hippol	<i>Hippolais polyglotta</i>	Felosa-poliglota	Primavera
Hirdau	<i>Hirundo daurica</i>	Andorinha-daúrica	Primavera / Inverno
Hirrus	<i>Hirundo rustica</i>	Andorinha-das-chaminés	Primavera / Inverno

Hydmin	<i>Hydrocoloeus minutus</i>	Gaivota-pequena	Inverno
Jyntor	<i>Jynx torquilla</i>	Torcicolo	Primavera / Inverno
Lanmer	<i>Lanius meridionalis</i>	Picanço-real	Primavera / Inverno
Lansen	<i>Lanius senator</i>	Picanço-barreteiro	Primavera
Larcac	<i>Larus cachinnans</i>	Gaivota-do-Cáspio	Inverno
Larfus	<i>Larus fuscus</i>	Gaivota-d'asa-escura	Inverno
Larrid	<i>Larus ridibundus</i>	Guincho-comum	Inverno
Larsp	<i>Larus sp.</i>	Gaivotas do género Larus	-
Lularb	<i>Lullula arborea</i>	Cotovia-arbórea	Primavera / Inverno
Lusmeg	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Rouxinol	Primavera
Lussve	<i>Luscinia svecica</i>	Pisco-de-peito-azul	Inverno
Melcal	<i>Melanocorypha calandra</i>	Calhandra-real	Primavera / Inverno
Merapi	<i>Merops apiaster</i>	Abelharuco	Primavera
Milcal	<i>Miliaria calandra</i>	Trigueirão	Primavera / Inverno
Milmig	<i>Milvus migrans</i>	Milhafre-preto	Primavera
Milmil	<i>Milvus milvus</i>	Milhafre-real	Inverno
Motalb	<i>Motacilla alba</i>	Alvéola-branca	Primavera / Inverno
Motyar	<i>Motacilla alba yarrellii</i>	Alvéola-branca sub. britânica	Inverno
Motcin	<i>Motacilla cinerea</i>	Alvéola-cinzenta	Inverno
Motfla	<i>Motacilla flava</i>	Alvéola-amarela	Primavera
Netruf	<i>Netta rufina</i>	Pato-de-bico-vermelho	Inverno
Oenhis	<i>Oenanthe hispanica</i>	Chasco-ruivo	Primavera
Oenoen	<i>Oenanthe oenanthe</i>	Chasco-cinzento	Primavera
Oriori	<i>Oriolus oriolus</i>	Papa-figos	Primavera
Otitar	<i>Otis tarda</i>	Abetarda	Primavera / Inverno
Otusco	<i>Otus scops</i>	Mocho-pequeno-d'orelhas	Primavera / Inverno
Parcae	<i>Parus caeruleus</i>	Chapim-azul	Primavera / Inverno
Parcris	<i>Parus cristatus</i>	Chapim-de-poupa	Primavera / Inverno
Parmaj	<i>Parus major</i>	Chapim-real	Primavera / Inverno
Pasdom	<i>Passer domesticus</i>	Pardal-comum	Primavera / Inverno
Pashis	<i>Passer hispaniolensis</i>	Pardal-espanhol	Primavera / Inverno
Pasmon	<i>Passer montanus</i>	Pardal-montês	Primavera / Inverno
Petpet	<i>Petronia petronia</i>	Pardal-francês	Primavera / Inverno
Phacar	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Corvo-marinho-de-faces-brancas	Inverno
Phacol	<i>Phasianus colchicus</i>	Faisão	
Phoros	<i>Phoenicopterus roseus</i>	Flamingo-comum	Inverno
Phooch	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Rabirruivo-preto	Primavera / Inverno
Phycol	<i>Phylloscopus collybita</i>	Felosa-comum	Inverno
Phytro	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Felosa-musical	Primavera
Picpic	<i>Pica pica</i>	Pega-rabuda	Primavera / Inverno
Plaleu	<i>Platalea leucorodia</i>	Colhereiro	Primavera
Pluapr	<i>Pluvialis apricaria</i>	Tarambola-dourada	Inverno
Podcri	<i>Podiceps cristatus</i>	Mergulhão-de-crista	Primavera / Inverno
Psibre	<i>Psittacella brehmii</i>	Papagaio da família Psittacidae	-
Pteori	<i>Pterocles orientalis</i>	Cortiçol-de-barriga-preta	Inverno

Ptyrup	<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	Andorinha-das-rochas	Primavera / Inverno
Recavo	<i>Recurvirostra avosetta</i>	Alfaiate	Inverno
Regign	<i>Regulus ignicapillus</i>	Estrelinha-real	Primavera / Inverno
Rempen	<i>Remiz pendulinus</i>	Chapim-de-faces-pretas	Primavera / Inverno
Riprip	<i>Riparia riparia</i>	Andorinha-das-barreiras	Primavera
Saxrub	<i>Saxicola rubetra</i>	Cartaxo-nortenho	Primavera
Saxtor	<i>Saxicola torquata</i>	Cartaxo-comum	Primavera / Inverno
Serser	<i>Serinus serinus</i>	Chamariz	Primavera / Inverno
Siteur	<i>Sitta europaea</i>	Trepadeira-azul	Primavera / Inverno
Gelnil	<i>Gelochelidon nilotica</i>	Gaivina-de-bico-preto	Primavera
Strdec	<i>Streptopelia decaocto</i>	Rola-turca	Primavera / Inverno
Strtur	<i>Streptopelia turtur</i>	Rola-brava	Primavera
Stralu	<i>Strix aluco</i>	Coruja-do-mato	Inverno
Stuuni	<i>Sturnus unicolor</i>	Estorninho-preto	Primavera / Inverno
Stuvul	<i>Sturnus vulgaris</i>	Estorninho-malhado	Inverno
Sylatr	<i>Sylvia atricapilla</i>	Toutinegra-de-barrete-pretp	Primavera / Inverno
Sylcon	<i>Sylvia conspicillata</i>	Toutinegra-tomilheira	Primavera
Sylhor	<i>Sylvia hortensis</i>	Toutinegra-real	Primavera
Sylmel	<i>Sylvia melanocephala</i>	Toutinegra-de-cabeça-preta	Primavera / Inverno
Sylund	<i>Sylvia undata</i>	Toutinegra-do-mato	Primavera / Inverno
Tacruf	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Mergulhão-pequeno	Primavera / Inverno
Tettet	<i>Tetrax tetrax</i>	Sisão	Primavera / Inverno
Trineb	<i>Tringa nebularia</i>	Perna-verde-comum	Primavera / Inverno
Trioch	<i>Tringa ochropus</i>	Maçarico-bique-bique	Primavera / Inverno
Tritot	<i>Tringa totanus</i>	Perna-vermelha-comum	Primavera / Inverno
Trotro	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Carriça	Primavera
Turili	<i>Turdus iliacus</i>	Tordo-ruivo	Inverno
Turmer	<i>Turdus merula</i>	Melro-preto	Primavera / Inverno
Turphi	<i>Turdus philomelos</i>	Tordo-comum	Inverno
Turpil	<i>Turdus pilaris</i>	Tordo-zornal	Inverno
Turvis	<i>Turdus viscivorus</i>	Tordoveia	Inverno
Tytaalb	<i>Tyto alba</i>	Coruja-das-torres	Primavera / Inverno
Upuepo	<i>Upupa epops</i>	Poupa	Primavera / Inverno
Vanvan	<i>Vanellus vanellus</i>	Abibe	Primavera / Inverno