RELATÓRIO SETOR

Biodiversidade

Vulnerabilidades Atuais e Futuras

RELATÓRIO SETOR
Biodiversidade
Vulnerabilidades Atuais e Futuras

REALIZADO POR:
BRUNO APARÍCIO (CCIAM)

CONTRIBUTOS:
RICARDO QUINTO-CANAS (UALG), ANDREIA SOUSA (CCIAM) E LAURA DORSCH

Elaborado por:

ÍNDICE

1. ENQUADRAMENTO 3

1.1 Perspetiva e diagnóstico regional do setor 5

1.2 Caracterização do quadro de referência do setor 6

2. METODOLOGIA 7

2.1 Variáveis e parâmetros climáticos relevantes para o setor 8

2.2 Avaliação das vulnerabilidades e modelação de impactos 9

3. VULNERABILIDADE ATUAL 16

3.1 Identificação de impactos não climáticos 17

3.2 Identificação de impactos climáticos 27

4. IMPACTOS E VULNERABILIDADES FUTURAS NO ALGARVE 29

4.1 Distribuição potencial dos habitats 30

4.2 Implicações da subida do nível médio do mar nos habitats estuarinos 50

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 52

6. BIBLIOGRAFIA 56

7. ANEXOS 62

8. EQUIPA TÉCNICA 78

1.

Enquadramento

Existe atualmente um consenso generalizado de que os fatores que mais ameaçam a biodiversidade são a perda e fragmentação de habitat, as espécies invasoras e as alterações climáticas (Sala, 2000; Sax e Gaines, 2008; Thomas, 2004). De facto, estas três pressões ocorrem normalmente em simultâneo, tendo um efeito negativo exponencial sobre as espécies e comunidades biológicas. No que diz respeito às alterações climáticas, observam-se já várias consequências sobre as espécies. A Tabela 1 pretende sumariar algumas das respostas e consequências das alterações climáticas para a biodiversidade, que têm vindo a ser observadas ao longo das últimas décadas, bem como algumas consequências esperadas.

Respostas e consequências observadas e/ou esperadas para a biodiversidade devido às alterações climáticas	**Referência bibliográfica**
Alterações na distribuição das espécies, em gradientes altitudinais e latitudinais	Parmesan & Yohe 2003; Chen et al. 2011
Alterações fenológicas (e.g., nos padrões migratórios das espécies, na floração, etc.) e morfológicas (e.g., no tamanho do corpo de indivíduos de certas espécies)	Root et al. 2003; Sheridan & Bickford 2011
Alterações genéticas nas populações naturais (i.e., microevolução)	Rodríguez-Trelles & Rodríguez 1998; Nussey 2005
Redução no tamanho das populações e na composição das comunidades	Lemoine et al. 2007; Gregory et al. 2009
Extinção ou extirpação de espécies e populações isoladas ou com limitações dispersivas	Malcolm et al. 2006
Aumento da propagação de doenças e parasitas nas populações	Harvell et al. 2002
Perda de habitat devido à subida do nível médio do mar	Wetzel et al. 2013
Perturbações e/ou modificação dos habitats estuarinos devido ao avanço da cunha salina (consequência da subida do nível médio do mar)	Hong & Shen 2012
Aumento das perturbações nas populações devido ao aumento da frequência de fogos florestais	Westerling et al. 2006
Aumento da propagação de espécies invasoras ou não-nativas, incluindo plantas, animais e patogénicos	Sax & Gaines 2008; Walther et al. 2002
Disrupção de interações interespecíficas (e.g., interação planta-polinizador, interação predador-presa, etc.)	Visser et al. 1998
Perda de diversidade genética	Rubidge et al. 2012

Tabela 1 Respostas (a verde) e consequências (a azul) observadas e/ou esperadas para a biodiversidade devido à influência das alterações climáticas, com a respetiva referência bibliográfica. Tabela adaptada de Aparício (2016).

1.1 PERSPETIVA E DIAGNÓSTICO REGIONAL DO SETOR

A região do Algarve apresenta-se como uma área importante para a biodiversidade e para o património natural, bem como para a sua defesa. Cerca de 47% da extensão do Algarve (2348 km^2) encontra-se ao abrigo de algum tipo de proteção especial da natureza (CCDR-A, 2007a, 2007b, 2007c). Deste total, cerca de 1703 km^2 estão protegidas por *Important Bird Areas* (IBA), 467 km^2 por Ramsar, 1376 km^2 por Zona de Proteção Especial (ZPE) e 1788 km^2 de Sítio de Importância Comunitária (SIC). Através da análise à Figura 1, observa-se que as áreas protegidas encontram-se, maioritariamente, na zona Centro-Oeste do Algarve, existindo menos zonas protegidas no Sotavento. Observa-se também a existência da sobreposição de diferentes tipologias de proteções, indicando a importância destas áreas para diferentes *taxa* biológicos.

O Algarve pode ser dividido em 3 sub-regiões, fisionomicamente distintas (CML, 2015):

- Litoral, correspondendo ao litoral ocidental e meridional (Barlavento e Sotavento) praticamente plano;
- Barrocal, zona intermédia com declives moderados; e
- Serra, zona montanhosa que se estende paralelamente à costa até junto do Rio Guadiana.

A zona Litoral é caracterizada por uma tipologia de usos de solo marcadamente mais antropogénica, albergando as maiores áreas urbanas do Algarve. Esta zona sofre ainda fortes impactos da agricultura que, aliados à forte pressão urbana, implicam poluição e degradação dos solos na zona (CCDR-A, 2007b, 2007c).

Por sua vez, o Barrocal corresponde a formações calcárias carsificadas. Grande parte do Barrocal apresenta um tipo de agricultura extensiva, com habitações muito mais difusas, quando comparado com a sub-região anterior. Os solos desta sub-região apresentam-se geralmente desprotegidos e sujeitos a erosão (CCDR-A, 2007a, 2007c; CML, 2015). Adicionalmente, a agricultura apresenta "*sinais de abandono e adivinha-se uma nova lógica de ocupação, ainda incipiente, com tendência para as tipologias de residência secundária*" (CCDR-A, 2007c; CML, 2015), que pode aumentar os efeitos de erosão.

A Serra (zona Norte do Algarve) é composta essencialmente pela Serra de Monchique, Serra de Espinhaço de Cão e Serra do Caldeirão, pelo que apresenta relevo, por vezes, acidentado. Esta sub-região foi considerada como tendo um papel muito importante na regulação do clima no Algarve (Ribeiro 2001 em Romão 2016). Embora seja uma zona potencialmente de grande aptidão florestal, os seus solos são finos e pobres, com povoamentos arbóreos isolados e com sinais de progressiva erosão e desertificação (CCDR-A, 2007c; CML, 2015).

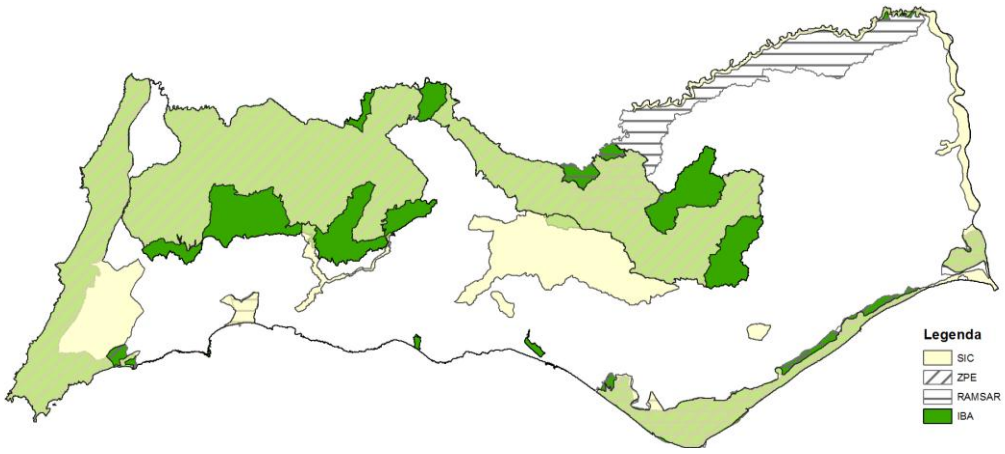

Figura 1 Localização das zonas protegidas no Algarve

No que diz respeito à biodiversidade, o Algarve foi considerado um *hotspot* de biodiversidade na Península Ibérica, existindo 5 locais com um elevado valor para a biodiversidade: Península de Sagres, Serra de Monchique, Barrocal, Parque Natural da Ria Formosa e Reserva Natural do Sapal de Castro Marim. Alguns destes locais possuem espécies e subespécies endémicas do Algarve, que não se encontram em mais nenhum local no mundo. Já no ano 2000, da Gama et al. (2000) alertaram para a importância destes locais, apresentando sugestões de restauro para algumas áreas específicas destas zonas.

Para além da importância para endemismos, a região do Algarve é também uma zona importante para a avifauna, possuindo vários *hotspots* para *birdwatching*, nomeadamente as zonas húmidas de Castro Marim, a Ria Formosa e a Lagoa dos Salgados (TP, 2012). Além destes, também a península de Sagres constituí um ponto de elevada importância para espécies migratórias, podendo ser observável milhares de indivíduos de diferentes espécies todos os anos. No Algarve, podem ser observadas cerca de 390 espécies de avifauna, fazendo do Algarve a região com maior diversidade de espécies de avifauna em Portugal (TP, 2012).

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO QUADRO DE REFERÊNCIA DO SETOR

A Rede Natura 2000 tem como principal objetivo a conservação, a longo prazo, de habitats e de espécies identificados como mais ameaçadas a nível europeu. Esta é constituída por duas diretivas: Diretiva Aves, que estabelece Zonas de Proteção Especial (ZPE's), com o objetivo da conservação das espécies de aves e respetivos habitats; e Diretiva Habitats, que estabelece Zonas Especiais de Conservação (ZEC's) ou Sítios de Importância Comunitária (SIC's), transcrevendo o objetivo de assegurar a biodiversidade através de habitats naturais, habitats de flora e de fauna selvagem. Desta forma, a Rede Natura 2000 apresenta-se como o instrumento para a conservação da Natureza a uma escala Europeia. Contudo, estes locais são muitas vezes negligenciados devido a monitorização pouco eficaz. Também as alterações climáticas irão acentuar as vulnerabilidades decorrentes das atividades humanas sobre estas zonas, sendo a região Mediterrânea (onde se inclui o Algarve), uma das regiões onde se projetam impactos mais intensos na Europa (EU, 2013).

2.

Metodologia

A avaliação das vulnerabilidades no setor da Biodiversidade conheceu duas etapas, consistindo na caracterização do estado atual dos sistemas, e posteriormente, pela projeção das vulnerabilidades futuras.

A avaliação foi iniciada pela caracterização das vulnerabilidades não-climáticas atuais. Tal deveu-se ao facto de, atualmente, a grande maioria dos impactos na biodiversidade se fazerem sentir devido à ação antropogénica. Esta caracterização desenrolou-se em 3 fases distintas, cada uma das quais com os seus objetivos próprios:

i) quantificação das ameaças registadas e avaliadas nos sítios protegidos ao abrigo da Rede Natura 2000;
ii) avaliação dos serviços dos ecossistemas; e
iii) avaliação da conectividade entre sítios da Rede Natura 2000.

Relativamente aos tópicos i) e iii), estes têm uma importância extrema, dada a premência de assegurar a proteção e a continuidade dos processos ecológicos, de modo a garantir, não só, um elevado número populacional e de populações, como também uma diversidade genética elevada. Nos locais onde estas necessidades são cumpridas, as espécies possuem uma maior capacidade adaptativa (incluindo às Alterações Climáticas). O ponto ii) permite a identificação espacial dos locais onde o fornecimento de serviços dos ecossistemas é superior, bem como um balanço total dos mesmos.

Relativamente à identificação das vulnerabilidades climáticas futuras, esta baseou-se na modelação da distribuição climática potencial de várias espécies de flora. Os dados climáticos de base utilizados são provenientes da análise ao clima histórico simulado e projetado por nove modelos climáticos (*ensemble*) no âmbito do *Euro-Cordex* (Jacob et al., 2014) e regionalizados para o Algarve no decorrer do PIAAC-AMAL. Os dados climáticos foram utilizados para gerar 19 variáveis bioclimáticas importantes para a distribuição das espécies (O'Donnell e Ignizio, 2012). A modelação da distribuição climática potencial requer, como base, dados geográficos de presença de cada espécie de interesse. Esta metodologia foi aplicada a espécies de flora, não só pelo seu valor paisagístico e cultural, como também, enquanto indicador no fornecimento de habitats importantes para as espécies da fauna Algarvia. Assim, as espécies de flora simuladas são representativas e/ou diferenciadoras de uma dada tipologia de habitat protegido ao abrigo da Rede Natura 2000. Todas as espécies foram modeladas individualmente, sendo que aquelas que pertencem à mesma tipologia de habitat foram posteriormente combinadas, de modo a obter-se uma distribuição potencial por tipologia de habitat.

2.1 VARIÁVEIS E PARÂMETROS CLIMÁTICOS RELEVANTES PARA O SETOR

Para o setor da Biodiversidade, consideram-se relevantes não só as variáveis climáticas, como a interação entre essas mesmas variáveis. Do ponto de vista da distribuição das espécies, as variáveis de temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação permitiram que fossem derivados 19 variáveis bioclimáticas (Tabela 3 em anexo) que são considerados fatores importantes na distribuição das espécies, e amplamente utilizados em estudos semelhantes.

Contudo, também fenómenos climáticos extremos, como secas, incêndios, entre outros, têm impactos relevantes no setor.

Para além destes fatores, também outros fatores climáticos muito localizados (i.e., microclimas), têm uma importância elevada, podendo constituir *hotspots* de biodiversidade.

2.2 AVALIAÇÃO DAS VULNERABILIDADES E MODELAÇÃO DE IMPACTOS

Ameaças a Sítios ao Abrigo da Rede Natura 2000

Numa primeira instância, e devido à generalizada escassez de informação, houve a necessidade de compreender o estado atual de conservação das comunidades biológicas na Região Algarvia. Para tal, foram focadas, exclusivamente, as áreas abrangidas pela Rede Natura 2000 e os impactos relatados no Formulário de Dados Normalizados da Rede Natura 2000 (CCE, 1995) mais recentes, referente ao final de 2016. Este relatório é obrigatório e atualizado anualmente pelo ICNF (no caso de Portugal), possui uma enumeração dos diferentes fatores de ameaça a cada um dos sítios protegidos. Assim, embora não haja uma quantificação concreta de qual ou quais as zonas protegidas do Algarve onde o número de espécies ameaçadas é superior, é possível fazer uma aproximação, focando no número e severidade das ameaças por área considerada.

De modo a esquematizar a distribuição geográfica das zonas vulneráveis, facilmente interpretável e comparável entre as diferentes áreas de estudo da Rede Natura 2000, foi construído um índice qualitativo, designado de *Índice Cumulativo de Ameaças*, com quatro níveis de vulnerabilidade: Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. Este índice resulta da interceção entre a severidade da ameaça e a quantidade de ameaças por local. A severidade foi traduzida por pesos atribuídos conforme o grau de ameaça, que variam de 1 a 3, da mais branda à mais severa.

Identificação do estado das massas de água de superfície

Relativamente ao estado das massas de água de superfície, estas foram classificadas individualmente, em todas as regiões do país (APA, 2012). Esta classificação encontra-se descrita no âmbito da Diretiva Quadro da Água, e avalia a qualidade da água em termos químicos e ecológicos, recorrendo a vários parâmetros de presença e/ou concentração de químicos e poluentes que se encontram listados a nível Comunitário. Do ponto de vista da qualidade potencial ecológica da massa de água, nomeadamente dos rios e ribeiras, esta é avaliada recorrendo a elementos de qualidade biológica, elementos de qualidade hidromorfológica e elementos de qualidade físico-químicos. Assim, esta Diretiva tem como principal objetivo a proteção do ambiente aquático, nomeadamente através da prevenção da deterioração dos ecossistemas aquáticos (e terrestres que deles dependem) e da sua proteção. Recorrendo ao relatório da Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2012), as massas de água de superfície, cujo estado potencial ecológico se encontra abaixo de Bom, foram identificadas e mapeadas.

Serviços dos Ecossistemas na Região Algarvia

A definição de Serviços dos Ecossistemas tem originado grande discussão na comunidade científica nos últimos anos. Neste relatório consideram-se Serviços dos Ecossistemas como "os processos através dos quais os ecossistemas naturais, bem como as espécies que os compõem, suportam e satisfazem a vida humana" (Daily, 1997). Os serviços dos ecossistemas podem ser caracterizados por tipologia em: Serviços de Regulação (e.g. depuração de água, fixação de CO_2, regulação térmica, formação e mineralização do solo), Serviços de Provisão (e.g. madeira, matérias primas florestais não-lenhosas) e Serviços Culturais (e.g. atividades de lazer, *birdwatching*, educação ambiental). Assim, torna-se importante uma caracterização de base da localização e quantificação dos serviços de ecossistemas prestados no Algarve.

Com o intuito de estudar os ecossistemas interiores da Região do Algarve quanto aos serviços dos ecossistemas que prestam, foi aplicada uma metodologia desenvolvida recentemente por Burkhard et al. (2012). Esta metodologia tem vindo a ser utilizada e implementada em múltiplos locais, apresentando-se amplamente flexível. A metodologia aplicada baseia-se na análise do território em estudo, recorrendo a mapas de uso do solo (Corine Land Cover 2012), através da identificação de indicadores da integridade ecológica, de serviços de provisionamento, de serviços de regulação e de serviços culturais. Esta metodologia permite a quantificação tanto da capacidade de fornecimento de serviços de ecossistemas (i.e., a capacidade que uma determinada área tem de produzir bens e serviços dos ecossistemas), bem como da procura destes mesmos serviços (i.e., o conjunto de bens e serviços de ecossistemas consumidos numa determinada área). Por se basear numa abordagem cartográfica, esta informação é espacializada, permitindo a identificação das zonas de maior provisionamento ou procura. Em adição, existe uma relação bastante complexa entre a biodiversidade e o fornecimento de serviços dos ecossistemas, sendo que com a diminuição desta, diminuí também o fornecimento de serviços.

De modo a complementar a informação gerada para os ecossistemas interiores, procedeu-se à revisão de literatura, afim de caracterizar os serviços dos ecossistemas gerados pelos ecossistemas costeiros.

Potencialidade de Movimentos Migratórios – Diagnóstico da Paisagem

Tal como todos os métodos de modelação, é necessário a existência de dados de base que suportem as simulações. Estes dados representam as preferências de movimento de espécies em relação a características físicas da área, como o uso do solo, o declive do terreno, entre outros. Estes são, por norma, exclusivos para cada espécie, o que os torna geralmente pouco eficazes na caracterização geral da conectividade da paisagem. Além disso, estes dados de base são muitas vezes inexistentes, levando a comunidade científica a recorrer a opiniões dos peritos (Coulon et al., 2015).

Como o objetivo é caracterizar a paisagem de modo geral, geraram-se 4 "espécies" com diferentes graus de tolerância a usos do solo com influência antropogénica, isto é, com diferentes níveis de resistência que o uso do solo artificializado oferece ao seu movimento. Daqui em diante, estas 4

"espécies" serão designadas pelos seus níveis de resistência: Baixo; Médio; Alto; e Muito alto. Naturalmente, a expectativa será que quanto maior a resistência de uma espécie a usos do solo artificializados, mais restritos serão os movimentos desta. Cada uma destas "espécies" resultou da combinação de 5 outras geradas aleatoriamente, respeitando apenas intervalos de resistência predefinidos (Tabela 2). Para este estudo, derivaram-se e generalizaram-se as classes de uso de solo presentes na Carta de Uso e Ocupação do Solo 2010 (COS 2010). Desta forma, todas as simulações foram feitas com 12 classes de uso de solo (Tabela 2). Embora apenas representativas, é possível fazer um paralelismo entre o aumento da resistência em usos do solo mais artificializados e o aumento da especialização das espécies no que diz respeito ao habitat. Assim, julga-se que a maioria das espécies endémicas, que sejam altamente dependentes da vegetação endémica, se comporte como as espécies com nível de resistência Alto ou Muito Alto.

Aliado ao uso do solo, todas as simulações contaram também com a presença do declive, gerado a partir do Modelo Digital do Terreno (EU, 2018), recorrendo à ferramenta *Slope* do *software ArcGis*. Este parâmetro permite limitar o movimento em zonas topograficamente desfavoráveis (e.g., ravinas). Tanto a informação do uso do solo (sob a forma de resistências) como o declive (também sob a forma de resistências, sendo esta menor para declives até 30°) foram combinados numa única matriz de probabilidades de uso para toda a paisagem, segundo a equação que se segue (Aparício et al., 2018):

$$P = \prod_{i=1}^{N} p_i$$

onde i=1…N representa os diferentes fatores ambientais considerados.

Mapa de Movimento

De modo a estudar a conectividade geral da Região do Algarve, isto é, quais os locais onde a probabilidade de existir movimento por parte das espécies é maior, utilizou-se um modelo baseado em agentes (*Agent-Based Model*), recentemente desenvolvido (Aparício et al., 2018). Para tal, foram gerados agentes (que simbolizam indivíduos de uma dada espécie de fauna) aleatoriamente em toda a paisagem. De seguida, os agentes movem-se para uma das células vizinhas – preferencialmente as que apresentam maior probabilidade de uso – e esta regista o seu movimento. Assim, no final da simulação obtemos um mapa com o número de indivíduos que utilizou cada uma das células no seu movimento, onde é possível retirar a probabilidade de movimento geral para cada "espécie" estudada. O modelo foi criado com uma resolução de 50 metros (i.e., cada célula possui 50 x 50 metros de lado), perfazendo um total de mais de 2 milhões e 300 mil células. As simulações foram conduzidas em ambiente *NetLogo* (Wilensky, 1999).

Conectividade Entre Sítios da Rede Natura 2000

Para investigar as eventuais necessidades de corredores ecológicos que potenciem a troca de indivíduos entre sítios da Rede Natura 2000, foi utilizado o *software CircuitScape* (McRae et al.,

2008). Este *software* é um dos mais utilizados no contexto científico para responder a estas questões. Para tal, recorre aos conceitos de corrente elétrica derivado da Lei de Ohm, aplicando-os em ecologia, onde uma voltagem (fonte da dispersão – neste caso os sítios da Rede Natura 2000) é aplicada sobre um resistor (paisagem de estudo – Algarve), resultando numa determinada corrente elétrica em cada célula (conectividade).

O resultado é representado pela corrente elétrica que cada célula adquire no final da simulação, que poderá ser interpretada como a probabilidade esperada, em cada célula, que um individuo utilize essa mesma célula no seu movimento. Contudo, é importante ter em atenção a identificação de pontos de estrangulamento (*pinch-points*). Os pontos de estrangulamento consistem em zonas de vegetação estreitas que apresentam potencialidade para funcionar como corredores ecológicos, estando associados a zonas com uma elevada corrente elétrica. No exemplo da Figura 2 (e assumindo que o uso do solo é semelhante entre locais que apresentam corrente elétrica, i.e., apresentam cor), pode-se observar um ponto de estrangulamento na imagem à esquerda (cores mais escuras). A ocorrência destes pontos não significa que a conectividade é maior neste exemplo, mas sim que os locais que potencialmente poderão ser utilizados pelas espécies para a sua movimentação se dão em locais mais estreitos, e consequentemente, apresentam maior probabilidade de serem utilizados pelas espécies. Por outro lado, sempre que há várias rotas de movimento possível (i.e., existe redundância), não se observam cores tão escuras, uma vez que a corrente elétrica se difunde pela paisagem, ou seja, as espécies utilizam mais do que um caminho. Assim, é expectável que quando existe mais do que uma rota possível, níveis altos de conectividade sejam mais facilmente obtidos.

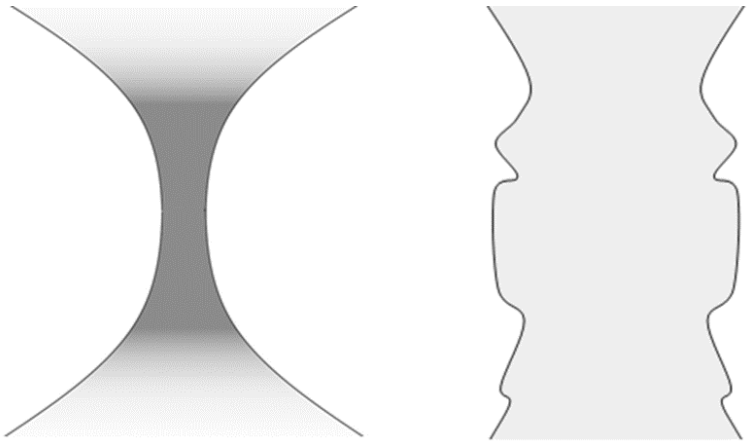

Figura 2 Exemplo da conectividade entre locais, onde é possível a identificação pontos de estrangulamento (à esquerda). Caminhos que apresentem redundância ou que sejam suficientemente largos assemelham-se à imagem à direita, sendo caracterizados pela ausência de cores escuras. Cores mais escuras simbolizam maior corrente eléctrica

Assim, a aplicação deste método possibilita a identificação cartográfica dos locais fora da proteção da Rede Natura 2000, que se apresentam importantes para a conectividade entre sítios. Adicionalmente, o modelo produz ainda uma quantificação da resistência pelos quais dois sítios estão ligados. Quanto maior forem estes valores, maiores serão as resistências à migração das

espécies impostas pelos caminhos que ligam dois locais e/ou maior será a distância entre eles. Tal como no caso anterior, a paisagem foi estudada com uma resolução de 50 metros.

Distribuição Climática Potencial de Espécies de Flora e Habitats

Para o estudo da distribuição das espécies e consequente quantificação dos impactos das alterações climáticas no Algarve, recorreu-se aos dados climáticos disponíveis no *Euro-Cordex* (Jacob et al., 2014). Os dados utilizados são referentes a um *ensemble* de nove modelos de dados diários, de onde foram calculados os valores mensais médios de cada normal climatológica para a temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação acumulada. Os períodos analisados corresponderam: histórico modelado (1971-2000), curto prazo (2011-2040), médio prazo (2041-2070) e longo prazo (2071-2100).

Com recurso aos parâmetros acima mencionados, foram calculadas 19 variáveis bioclimáticas para toda a área continental de Portugal. Estas variáveis são amplamente utilizadas na comunidade científica em estudos semelhantes, graças à sua reconhecida importância na determinação da distribuição das espécies (Tabela 3) (O'Donnell & Ignizio 2012).

De modo a simplificar o modelo e consequentemente reduzir o tempo de computação, avaliou-se estatisticamente a correlação das variáveis geradas, recorrendo-se à correlação de Pearson. Assim, as variáveis bioclimáticas cujo coeficiente de correlação de Pearson é superior a 0,8 foram retiradas, uma vez que se considerou que acima deste valor as variáveis contribuem com pouca informação para o modelo, criando redundância. Assim, foram mantidas 6 variáveis climáticas, que se encontram identificadas a negrito na Tabela 3.

Para a modelação, utilizou-se o *software MaxEnt*[1] (Phillips et al., 2006). Este *software* baseia-se no princípio estatístico da máxima entropia, ou seja, a distribuição espacial de uma dada espécie será mais provável em locais onde o clima é semelhante aos dos locais onde foram amostradas.

Para a avaliação de vulnerabilidade ao clima, foram escolhidas espécies com características diferenciadoras das principais tipologias de habitat estudados. Os habitats foram escolhidos tendo em conta a sua suscetibilidade potencial às alterações climáticas no território da CI-AMAL. O espaço de cada tipologia de habitat foi definido pela sobreposição potencial de cada espécie considerada diferenciadora dessa mesma tipologia de habitat.

Contudo, nesta etapa é essencial notar que as espécies classificadas, *a priori*, como diferenciadoras de uma dada tipologia de habitat, podem não ter sido alvo de modelação devido à falta de dados na distribuição da espécie, impossibilitando a sua avaliação. Todas as tipologias de habitat analisadas e as espécies modeladas para a definição do espaço climático potencial, encontram-se enumeradas na Tabela 4.

[1] Versão 3.4.1

Assim, com este estudo, pretende-se não só conhecer os impactos potenciais das alterações climáticas em espécies raras/endémicas concretas, mas também fazer uma aproximação para identificar as tipologias de habitats potencialmente mais afetadas (Figura 3).

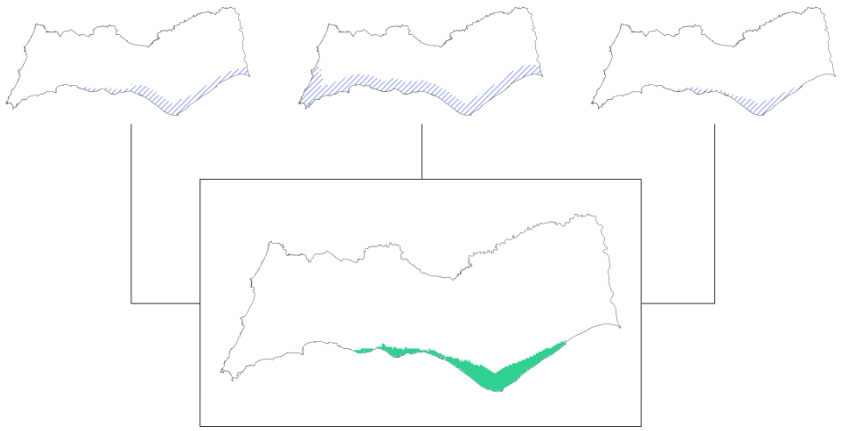

Figura 3 Esquematização da metodologia seguida. As linhas a azul indicam a distribuição potencial para uma dada espécie, tendo em conta o clima atual. A combinação das 3 espécies permite identificar onde a tipologia de habitat pode existir (aqui apresentado a verde)

Este tipo de modelação requer como base, dados geográficos de presença de cada espécie de interesse. Atualmente, estes dados encontram-se disponíveis para um grande número de espécies de flora em repositórios *online*, como o caso do *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF[2]). Esta base de dados científicos permite o acesso a dados de várias entidades científicas, como o caso da Sociedade Portuguesa de Botânica (através da Flora-on[3]). Contudo, vários autores alertaram previamente para a existência de amostragens com um elevado viés, uma vez que a grande maioria das amostragens são feitas em locais de fácil acesso. Para que seja possível reduzir o viés na amostragem, é essencial que exista um elevado número de amostragens, ou que a espécie exista em múltiplos locais. Tal não é o caso de espécies raras, que muitas vezes estão confinadas a poucos locais. Assim, o viés das amostragens das espécies utilizadas no estudo, sempre que possível, foi reduzido utilizando o *SDMtoolbox* (Brown et al., 2017) em ambiente ArcGIS. No caso das espécies raras, ou com poucas amostragens, optou-se por utilizar todas as amostras disponíveis para as modelações, inviabilizando qualquer redução no viés.

Tal como as variáveis bioclimáticas, também os locais onde as espécies em estudo foram amostradas considerou todo o país. Ao introduzir toda esta informação no modelo, mesmo embora a área de estudo seja a área da CI-AMAL, garantimos a representatividade de uma maior quantidade de informação no que diz respeito ao envelope climático de cada espécie. Assim, reduziu-se a subestimação da capacidade adaptativa do ponto de vista climático de cada espécie.

[2] gbif.org
[3] flora-on.pt

Para todas as modelações foram utilizadas as 6 variáveis bioclimáticas e uma variável que representa a elevação do terreno utilizando-se para o efeito o EU-DEM (EU, 2018). Para as espécies que ocorrem em ambiente dunar, a sua distribuição potencial foi limitada a uma faixa litoral, recorrendo-se à utilização de um *buffer* de 5 km a partir da linha de costa.

É de notar que, embora este método seja amplamente utilizado para este fim, apresenta várias limitações do ponto de vista biológico e físico. Por um lado, não são consideradas todas as relações biológicas (e.g., predação, simbioses), tal como a capacidade de dispersão das espécies, que poderá limitar a sua migração para as áreas climaticamente disponíveis. Também não são considerados fatores evolutivos que conduzem à adaptação a novos ambientes, pelo que as espécies mantêm, de um modo geral, o seu envelope climático com poucas alterações. Adicionalmente, a informação de base é muitas vezes escassa, conduzindo a uma caracterização incompleta da área de estudo.

A metodologia adotada, não incorpora informações pertinentes, como a carta de usos do solo, nem a carta de solos e capacidade de uso do solo. Assim, será natural que uma determinada espécie ou tipologia de habitat apresente potencial climático para ocupar áreas inabitáveis (e.g. devido a ocupações de solo modificados pelo Homem e/ou inadequabilidade dos solos). Deste modo, os resultados devem ser interpretados com cuidado e olhar crítico elevado, tendo sempre em consideração que foram contemplados, única e exclusivamente, fatores climáticos e a elevação do terreno. Para atenuar potenciais desfasamentos entre os resultados da modelação e as distribuições reais das espécies e habitats, procurou-se interpretar e tratar os mapas de distribuição climática potencial com o conhecimento sobre as tipologias em questão, recorrendo-se a mapas de distribuição real ou de ombrotipos[4], bem como ao contacto com especialistas.

Implicações da subida do nível médio do mar nos habitats estuarinos

No que diz respeito aos habitats estuarinos, estes podem sofrer fortes impactos por alterações do nível médio do mar. Tanto alterações, mesmo que de pequena magnitude, nos parâmetros físicos, geológicos e geoquímicos (incluindo a velocidade da corrente, matéria orgânica, etc. - Koch, 2001), como alterações na salinidade (Cloern et al., 2017) podem ter um impacto significativo nos ecossistemas estuarinos.

A zona do Guadiana é uma zona importante para a biodiversidade e para a sua conservação, estando identificados 462 espécies diferentes de plantas, algumas das quais protegidas, representando habitats importantes da região (Gomes e Camacho, 2017). Assim, é essencial discutir esta problemática aos olhos do setor da biodiversidade. As projeções para o cenário atual e projetado em cenários de alterações climáticas, nomeadamente evolução da cunha salina, encontram-se explicadas em detalhe no relatório do *setor Zonas Costeiras e Mar*, sendo a sua consulta sugerida para melhor compreensão metodológica.

[4] Intervalos bioclimáticos com base na água disponível para as plantas, aos quais correspondem geralmente tipos de vegetação distintos.

3.

Vulnerabilidade Atual

3.1 IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS NÃO CLIMÁTICOS

A caracterização dos impactos não climáticos que ocorrem atualmente é de elevada importância, porque a resiliência futura das espécies depende da robustez das comunidades, que poderá ser ameaçada pela quantidade de pressões existentes e da magnitude da sua severidade.

Ameaças a Sítios ao Abrigo da Rede Natura 2000

Relativamente ao número das ameaças identificadas para cada Sítio de Importância Comunitária (SIC), verificou-se que cerca de 72% das ameaças ocorrem em um ou dois SIC's. O padrão mantém-se, sensivelmente, o mesmo quando consideramos as Zonas de Proteção Especiais (ZPE's), isto é, as ameaças ocorrem em um ou dois locais que correspondem a cerca de 80% das ameaças (Figura 4). Este resultado parece indicar que as ameaças são bastante localizadas e diferentes de local para local, existindo a necessidade de uma gestão próxima e individualizada de cada um destes locais (mantendo sempre a articulação).

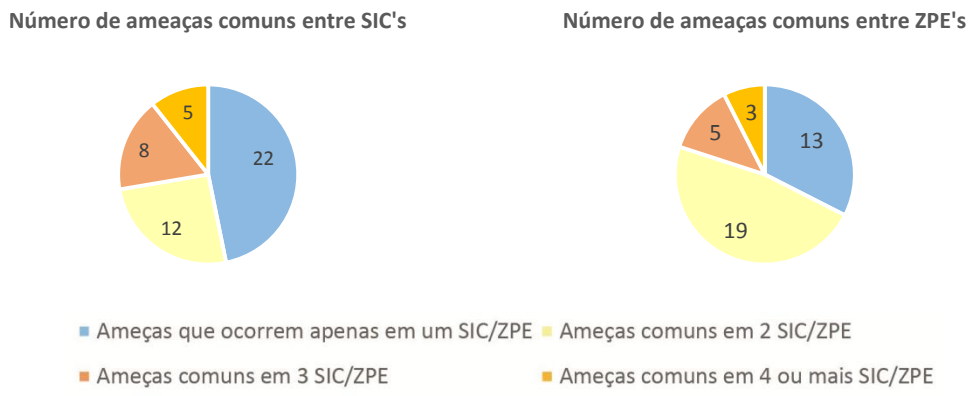

Figura 4 Caracterização do número de ameaças que são comuns aos vários locais ao abrigo da Rede Natura 2000 na região do Algarve (SIC's à esquerda e ZPE's à direita)

As ameaças que foram identificadas como as mais comuns em SIC's (i.e., presentes em 3 ou mais sítios), por ordem decrescente, são: presença de áreas urbanas (6), extração de areias (5), poluição de águas superficiais (5), espécies invasoras (4), melhoria de acessos (4), intensificação agrícola (3), pisoteio (3), condução em locais não pavimentados (3), remoção de vegetação rasteira (3) e de fauna terrestre (3), existência de minas (3), desportos náuticos e existência de caminhos, estradas e/ou ferrovias (3).

Relativamente ao número e severidade das ameaças nos SIC's, identificou-se um elevado número de ameaças por cada sítio, sendo que os de maiores dimensões, por cobrirem uma área geográfica maior e potencialmente mais heterogénea, apresentam um maior número de ameaças (SIC de Monchique e SIC da Costa Sudoeste - Figura 5). Outros locais, como a Ria Formosa/Castro Marim,

Guadiana e a Ria de Alvor, embora de menores dimensões, apresentam também um número total de ameaças superior à média no Algarve (9.5 por sítio). Quanto ao grau das ameaças identificadas para cada SIC, verificou-se que, dos 10 locais, apenas a Ribeira da Quarteira e a Ria de Alvor não possuem qualquer ameaça de grau máximo (Alto).

Realizando a mesma análise para as ZPE's, as ameaças que foram identificadas como mais comuns são: Remoção de fauna marinha (4) e terrestre (4), fogos (4), desportos náuticos (3), condução de veículos em locais não pavimentados (3), zonas urbanas (3), poluição de águas superficiais (3) e exploração florestal (3).

Também no caso das ZPE's, os locais que apresentam um maior número de ameaças são maioritariamente coincidentes com os dos SIC's, consistindo no de Monchique, Costa Sudoeste, Ria Formosa e Vale do Guadiana, sendo a Costa Sudoeste o local com maior número de ameaças (Figura 5). Dos 7 locais classificados como ZPE, apenas o Leixão da Gaivota não apresentou qualquer ameaça de grau máximo. Isto dever-se-á à inacessibilidade ao local, diminuindo o impacto potencial da ação humana sobre a avifauna.

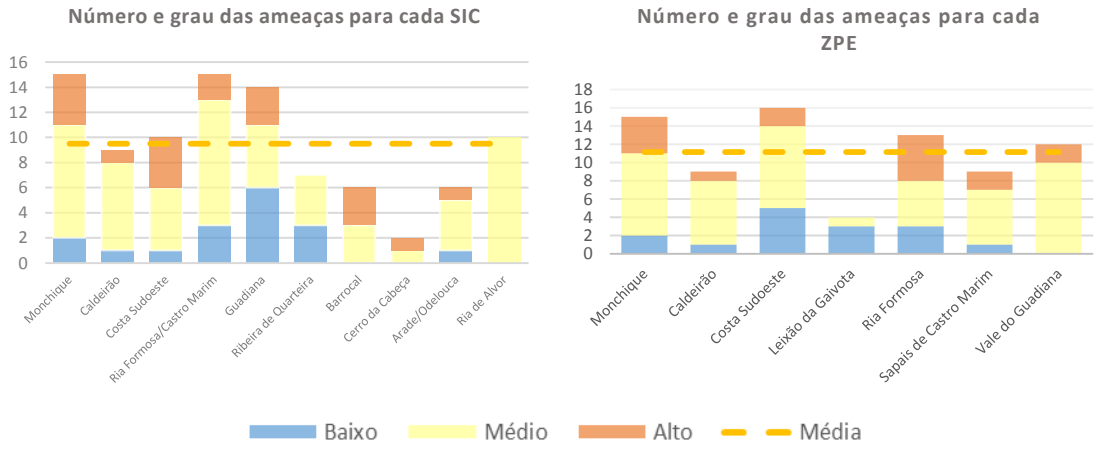

Figura 5 Quantificação e qualificação das ameaças por local protegido, ao abrigo da Rede Natura 2000, SIC's à esquerda e ZPE's à direita. A azul, encontram-se quantificadas as ameaças de baixo grau, a amarelo ameaças de médio grau e a vermelho ameaças de alto grau. O tracejado laranja representa a média de ameaças tendo em conta todos os graus e todos os locais (fazendo a distinção entre SIC e ZPE)

Aplicação do Índice Cumulativo de Ameaças

Com a atribuição de pesos aos diferentes graus de ameaça relatados no Formulário de Dados Normalizados da Rede Natura 2000, e respetiva ilustração, é possível identificar os locais mais ameaçados. Relativamente aos locais classificados com SIC, apenas os sítios da Ribeira da Quarteira e do Cerro da Cabeça apresentaram o nível de ameaça Baixo. Isto pode dever-se ao facto de serem os locais com menor área e, consequentemente estarem sujeitos a um menor número de ameaças. No polo oposto, os sítios de Monchique e da Ria Formosa/Castro Marim apresentaram o nível de ameaça mais alto (Figura 6). Para além destes, também a Costa Sudoeste, o Guadiana e a

Ria de Alvor apresentaram um nível de Ameaça Alto. Numa posição intermédia encontra-se o Barrocal e o Caldeirão que, embora apresentem uma grande extensão geográfica, esta não se traduz num nível de ameaça elevado. Também o sítio de Arade/Odelouca apresenta um nível de ameaça intermédio (Figura 6).

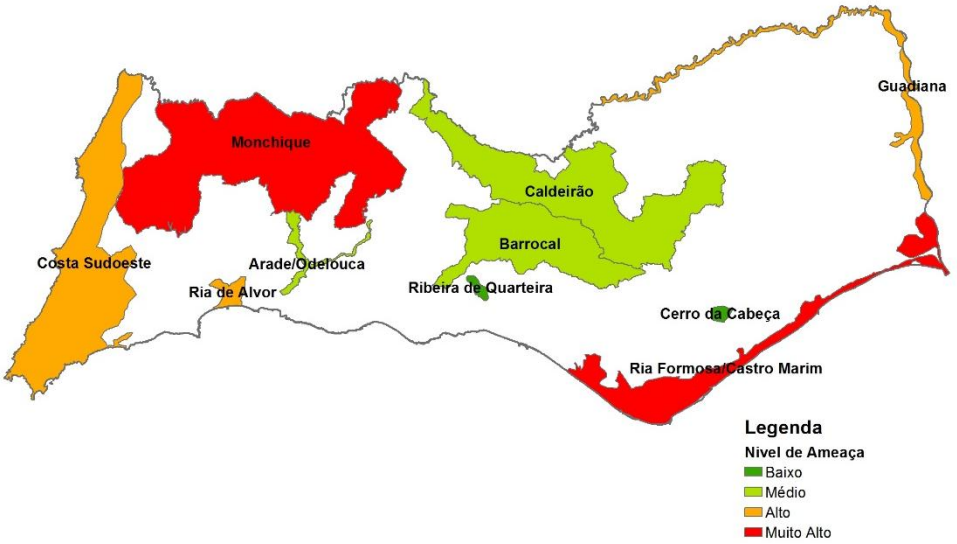

Figura 6 Aplicação do Índice Cumulativo de Ameaças para os SIC's. As áreas com tons mais escuros indicam os sítios com um valor de índice maior e, consequentemente, mais ameaçadas

Quanto aos locais classificados como Zonas de Proteção Especial, dos 7 que existem no Algarve, 5 foram aqui classificados com um nível de ameaça Alto ou Muito Alto, sendo as exceções o Caldeirão (nível Médio de ameaça) e o Leixão da Gaivota (nível Baixo de ameaça – não visível na Figura 7).

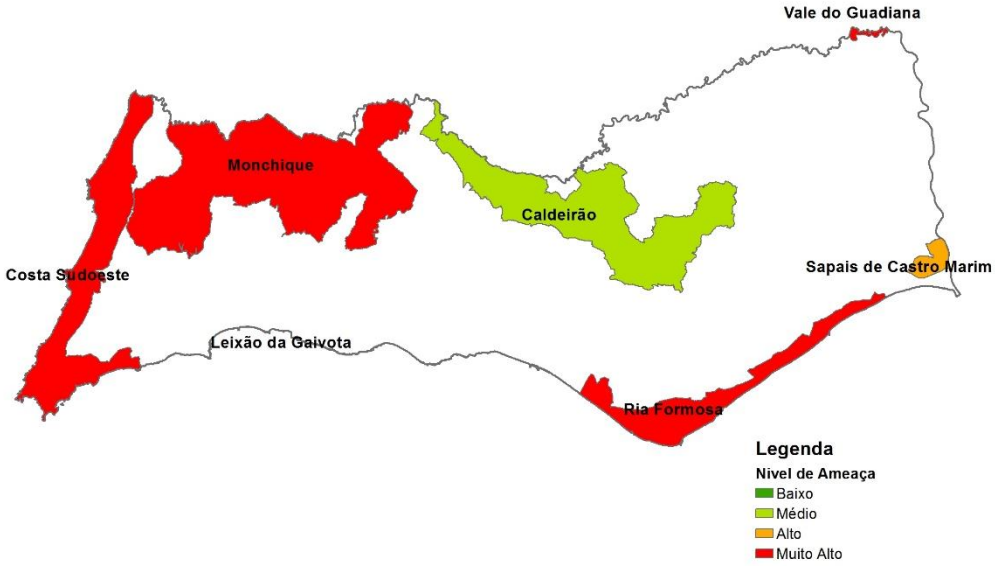

Figura 7 Aplicação do Índice Cumulativo de Ameaças para as ZPE's. As áreas com tons mais escuros indicam as zonas com um valor de índice maior e, consequentemente, mais ameaçadas

De uma forma geral, o nível de ameaças é bastante elevado na região Algarvia. Com exceção dos sítios protegidos que se encontram na zona interior e central do Algarve (i.e., Caldeirão, Barrocal, Ribeira da Quarteira e Cerro da Cabeça), todos os outros apresentam um nível de ameaça Alto ou Muito Alto, independentemente da perspetiva utilizada ser relativo aos habitats (SIC's) ou à avifauna (ZPE's) (Figura 7). Estes encontram-se essencialmente juntos ao litoral (zonas industrializadas/urbanas), no Barlavento e na zona do Rio Guadiana.

Identificação do estado das massas de água de superfície

Atualmente, cerca de 35% das massas de água de superfície do Algarve apresentam uma classificação inferior a bom (27 massas de água no total - Figura 8). Caso as massas de água cuja qualidade se apresenta como "Indeterminado" sejam excluídas da análise, a percentagem de massas de água com qualidade inferior a Bom sobe para perto dos 40%. Embora este valor seja bastante elevado, está próximo (e até abaixo) da média Europeia, onde cerca de 47% das massas de água apresentam um potencial estado ecológico abaixo de Bom (EU, 2012).

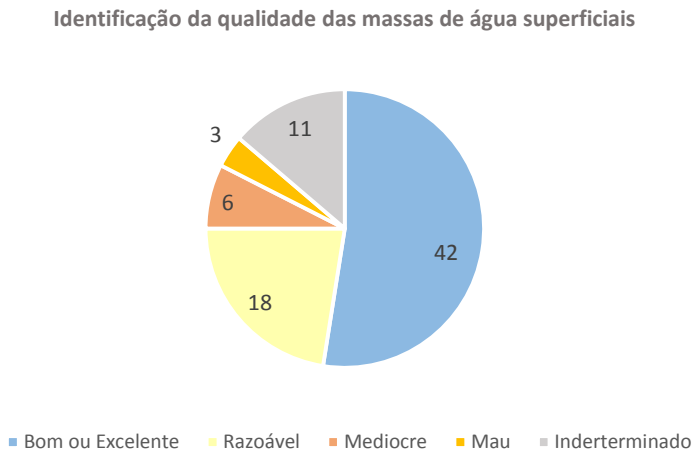

Figura 8 Identificação do número de massas de água superficiais na região do Algarve por classificação quanto ao seu estado ecológico potencial

Através do mapeamento dos corpos de água superficiais com uma classificação de qualidade ecológica potencial abaixo de Bom, observa-se que estes distribuem-se essencialmente no Barlavento, um pouco por toda a sua extensão. No caso do Sotavento, denota-se uma clara distinção entre litoral e interior, sendo no litoral onde emergem os corpos de água com qualidade ecológica potencial inferior a Bom (Figura 9). É também importante frisar que as piores classificações (i.e., Medíocre e Mau) estão geralmente associadas a corpos de água localizados perto do litoral.

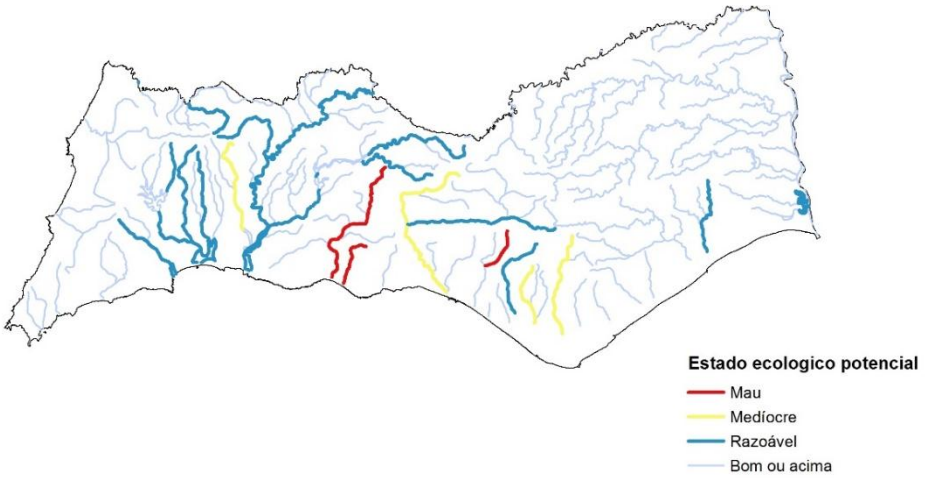

Figura 9 Localização das massas de água com estado ecológico potencial Mau, Medíocre, Razoável e Bom ou acima

Serviços dos Ecossistemas na Região Algarvia

Dentro dos ecossistemas terrestres, e de uma forma geral, os usos do solo com maior área são também aqueles onde o fornecimento de serviços dos ecossistemas excede a procura. Nestes, são de realçar as áreas de agricultura e vegetação natural, áreas de vegetação esclerófila e áreas de floresta arbustiva de transição. A maioria dos serviços dos ecossistemas (somatório entre serviços de regulação, provisionamento e culturais) é providenciada por florestas mistas, florestas de coníferas, floresta de folhosas e áreas de pastagens naturais, que se localizam, essencialmente, nas zonas montanhosas e protegidas de Monchique e do Caldeirão (Figura 10). Por outro lado, verificou-se que as áreas urbanas, altamente modificadas por atividades antropogénicas, possuem uma procura superior ao fornecimento de serviços de ecossistemas (Figura 10). Dentro destas, destacam-se: áreas portuárias, áreas de tecido urbano continuo e descontínuo e áreas industriais ou comerciais.

Relativamente aos serviços de regulação, estes também se localizam, maioritariamente, nas zonas da Serra de Monchique, Serra de Espinhaço de Cão e na Serra do Caldeirão. Estas áreas têm uma importância fundamental, pois funcionam "como elementos tampão contra os ventos frios do Norte, que em combinação com o efeito amenizador do Mar, intensificam o clima Mediterrânico na região (estações secas e estações frias bem marcadas)" (Ribeiro 2011 em Romão 2016).

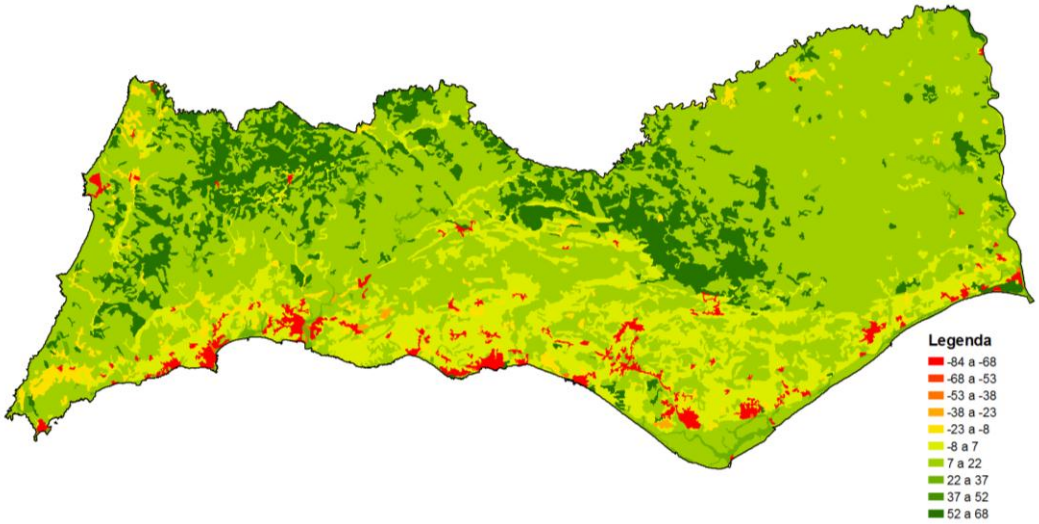

Figura 10 Balanço do Serviço dos Ecossistemas. Valores negativos indicam locais onde a procura é superior à oferta (tons de vermelho), enquanto valores positivos indicam uma oferta de serviços de ecossistemas superior à procura (tons de verde)

Para além da informação aqui disponibilizada, Romão (2016) caracterizou, de modo cuidado, a evolução do uso do solo na região. O autor não só confirmou o estabelecimento dos centros económicos e turísticos na zona litoral, como também o aumento da agricultura intensiva, com o consequente abandono da agricultura tradicional e a diminuição do coberto vegetal (Romão, 2016). Mais concretamente, no período de 2000 a 2006, cerca de 56% das alterações ao uso do solo que ocorreram no Algarve resultaram do abandono florestal e cerca de 22% do abandono agrícola, tendo o autor do estudo alertado para o acentuar da desertificação, caso as tendências sejam mantidas no futuro.

Relativamente aos ecossistemas costeiros, também estes, apresentam uma importância extrema no fornecimento de serviços para a região do Algarve. Os casos mais evidentes são o sistema da Ria Formosa e do Sapal de Castro Marim. Estes sistemas costeiros são responsáveis pelo fornecimento de um vasto espectro de serviços, desde a criação de habitats para muitas espécies protegidas ou espécies com interesse comercial, purificação da água, proteção da linha de costa (prevenindo a erosão e a perda de território), ecoturismo, fornecimento de empregos, regulação climática (com a captação eficaz de carbono), entre outros, sendo considerados dos ecossistemas mais produtivos[5] (REASE, 2018). Num estudo recente, Newton et al. (2018), quantificou monetariamente os serviços que a Ria Formosa presta à população, tendo sido obtido um valor de cerca de 50 milhões de Euros anuais, em que, perto de, ¾ desse valor provem de serviços de regulação (e.g., purificação da água, sequestro de carbono, regulação climática, etc.). De facto, este mesmo estudo que contemplou a valorização monetária de 12 lagoas de 4 continentes diferentes, indicou a Ria Formosa como a lagoa costeira com maior provisionamento de serviços de regulação (Newton et al., 2018). Também no que diz respeito aos serviços de provisionamento, a Ria Formosa

[5] rease.ccmar.ualg.pt

destaca-se a nível nacional, tendo sido, em 2003, responsável pela produção de 90% de mexilhão no mercado Português (Newton et al., 2003).

Contudo, os ecossistemas costeiros sofrem, por norma, elevadas pressões à sua estabilidade oriundas de várias fontes: desde a pressão urbana sobre o litoral, até ao défice no balanço de sedimentos e à subida do nível médio do mar (CEC, 2007). No caso concreto da Ria Formosa (e em adição ao referido na secção *Aplicação do Índice Cumulativo de Ameaças*), esta área pode ser considerada de múltiplos usos, com a presença de turismo, aquacultura e pesca, proteção da vida selvagem, descargas de efluentes e navegação de barcos, comprometendo o desenvolvimento sustentável desta área (Videira et al., 2004). Almeida et al. (2014), focou-se nos sapais na zona de Portimão e de Alvor, avaliando a sua evolução temporal. Os autores deste estudo concluíram que, entre o período de 1972 e 2010 houve, de uma forma geral, uma diminuição na capacidade de defesa costeira destes habitats naturais. Este corresponde a um importante serviço prestado, com particular relevo na região litoral do Algarve. Tais resultados são explicados pela fragmentação destes habitats e à diminuição do seu tamanho (em muito devido à construção de diques).

Em suma, os locais de maior provisionamento de serviços de ecossistema (sejam estes interiores ou litorais) encontram-se muitas vezes pressionados por outras atividades. Assim, a curto/médio prazo, as pressões existentes podem comprometer o fornecimento de serviços por parte destes ecossistemas, levando ao desequilíbrio dos sistemas naturais. De uma forma geral, verificou-se ainda que na Região do Algarve o fornecimento de serviços dos ecossistemas terrestres é superior à sua procura, o que se apresenta como um bom indicador para a área. Contudo, deve ser reconhecido que a metodologia disponível atualmente não tem em consideração as especificidades dos ecossistemas mediterrâneos, nos quais se incluí a região Algarvia. Tal metodologia encontra-se em desenvolvimento e deverá estar disponível brevemente (Geijzendorffer et al., 2016).

Potencialidade de Movimentação

Mapa de Movimento

De um modo generalizado, através da aplicação do *Agent-Based Model* desenvolvido, foi possível identificar que toda a zona mais a sul, onde predominam as zonas urbanas, não possuí características para movimentos de espécies. Identifica-se uma clara distinção entre a zona do Sotavento e do Barlavento, sendo os movimentos potencialmente efetuados em maiores áreas contínuas no Sotavento. Isto dever-se-á ao facto de ser no Barlavento que se concentram as maiores áreas de uso de solo artificializados, concentrando os movimentos em áreas restritas (Figura 11). Relativamente ao Sotavento, embora existam mais áreas permeáveis, estas apresentam, de um modo geral, uma probabilidade de movimento intermédio, uma vez que são áreas de agricultura e de pastagens, com importantes zonas florestais.

Relativamente às diferentes classes de espécies utilizadas, observou-se que os resultados variam apenas em certos locais, tal como expectável. Espécies que se enquadrem em classes de resistência de níveis inferiores (i.e., nível de resistência Baixo e Médio) apresentam maior

facilidade em se moverem em ambientes que, embora não sejam naturais, não se encontrem impermeabilizados (e.g., zonas de pastagens – particularmente observável no Sotavento - Figura 11). Caem nesta categoria espécies mais generalistas em relação ao habitat e com maior capacidade de dispersão. Ao invés, com o aumento do nível de resistência, observa-se um aumento dos movimentos dentro das zonas naturais. Tais resultados indicam que as espécies que caiam em classes com resistências a usos do solo artificializados (i.e., nível de resistência Alto e Muito alto) estão altamente dependentes das zonas de vegetação natural, sendo nestas onde se concentra grande parte dos seus movimentos (visível particularmente na zona do Barlavento). Integram esta categoria as espécies que são mais especialistas relativamente ao seu habitat, e a maioria das espécies endémicas ou nativas da Região.

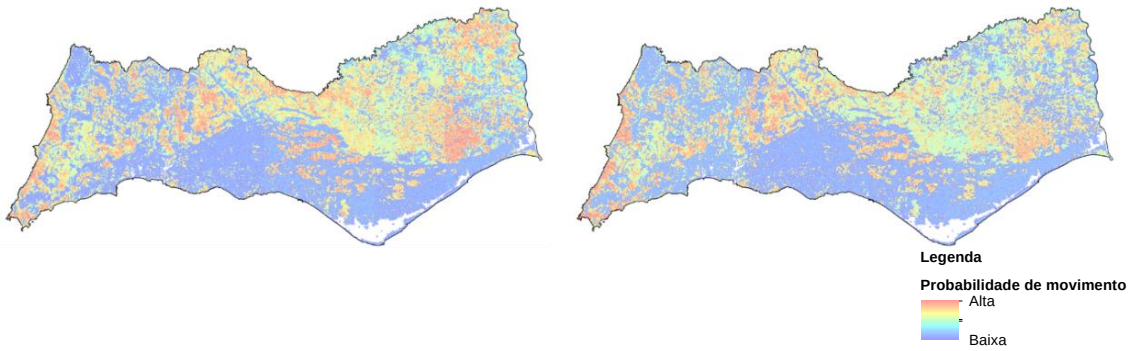

Figura 11 Potencialidade de movimentação das espécies, através da parametrização de resistência baixa (à esquerda) e muito alta (à direita). Cores mais quentes indicam maior probabilidade de movimentos, ao passo que cores mais frias indicam probabilidade mínima de movimentos. As áreas a branco indicam corpos de água.

Conectividade entre Sítios da Rede Natura 2000

Através da aplicação do *software* CircuitScape, verificou-se que, de um modo geral, com o aumento das resistências em classes de uso do solo com algum grau de artificialização, seguem-se aumentos da resistência ao movimento (i.e. menor conectividade) entre a maioria dos sítios protegidos ao abrigo da Rede Natura 2000 (Tabela 5). Estes resultados podem indicar a descontinuidade de florestas e vegetação natural entre sítios, principalmente se a descontinuidade for introduzida por solos artificializados. Em detalhe, entre os locais de Monchique - Costa Sudoeste, Monchique - Arade/Odelouca e Caldeirão – Barrocal são apresentados os valores de conectividade mais elevados, de toda a paisagem algarvia. Isto é um reflexo da adjacência destes mesmos locais, o que facilita e promove o movimento potencial de indivíduos e espécies entre estes locais (Figura 12). Não obstante, a análise da Figura 12 permite identificar ainda a existência de pontos de estrangulamento, ou seja, zonas de vegetação estreitas que apresentam potencialidade para funcionar como corredores ecológicos. Estes encontram-se principalmente em redor dos sítios de Caldeirão, Barrocal e Monchique, tornando-se fundamental não só a manutenção desses corredores, através do controlo das ameaças, como também a sua expansão, de forma a criar redundâncias.

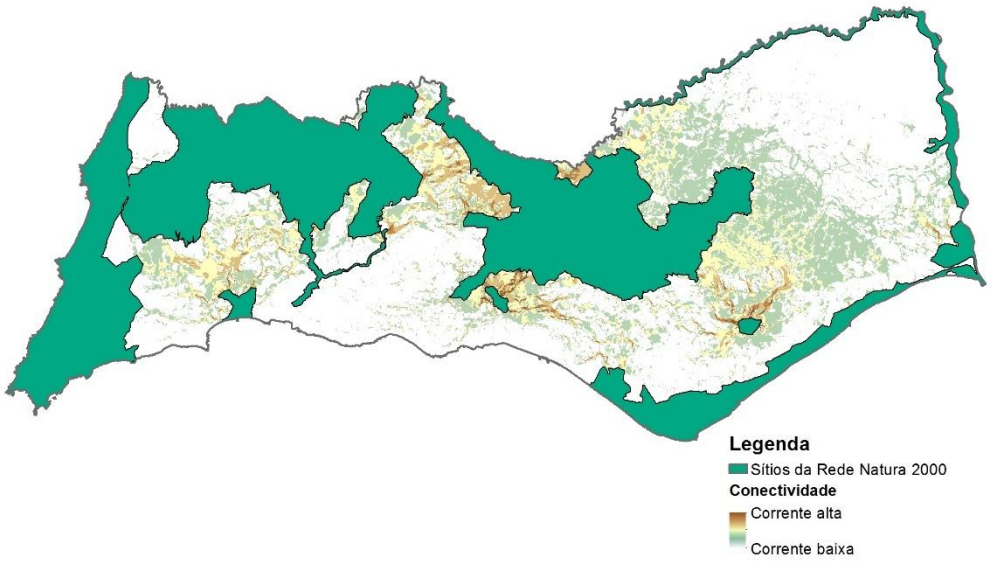

Figura 12 Mapa de conectividade (rotas de dispersão) potencialmente existentes entre sítios da Rede Natura 2000. Este mapa é referente à utilização de resistências mais elevadas. Cores mais quentes indicam maior conectividade, enquanto que cores mais claras indicam menor conectividade

É de destacar o elevado isolamento de alguns locais estudados. Um destes locais é o Sítio do Cerro da Cabeça, que se apresenta altamente isolado face aos restantes sítios. O sítio de Guadiana apresenta ligações contrastantes ao Caldeirão, devido à sua elevada extensão latitudinal.

Por um lado, a zona mais a norte (na Tabela 5 identificada como Guadiana - nordeste) apresenta-se bem conectada com o sítio do Caldeirão. Esta conectividade não está dependente do tipo de resistência dada como *input* ao *software*, significando que o tipo de uso de solo existente neste local é, na sua grande maioria, favorável ao movimento de espécies e aos seus movimentos migratórios (tal como antecipado pela Figura 11). É de enorme importância assegurar a continuidade deste processo ecológico, de modo a permitir migrações para norte. Por outro lado, este mesmo sítio apresenta-se altamente desconectado do Caldeirão quando é tido apenas a sua extensão a este. Os valores apresentados na Tabela 5 indicam que, mesmo espécies generalistas poderão apresentar grandes dificuldades de dispersão entre os dois locais, e que estas mesmas dificuldades se acentuam para espécies mais especialistas. Isto parece ser a consequência direta de dois fatores: i) elevada distância física entre os locais e ii) a existência de extensas zonas de agricultura e pastagens, que limitam a conectividade.

Alguns locais que numa primeira instância poderiam parecer bem conectados (ou pelo menos com elevado potencial de conectividade), podem não apresentar uma elevada conectividade funcional (i.e., capacidade efetiva de troca de indivíduos entre os locais). Tal se deve à rede de estradas principais do Algarve, que pode atuar como uma barreira para a dispersão das espécies, particularmente importante entre os sítios de Monchique e de Caldeirão e Barrocal (Figura 13).

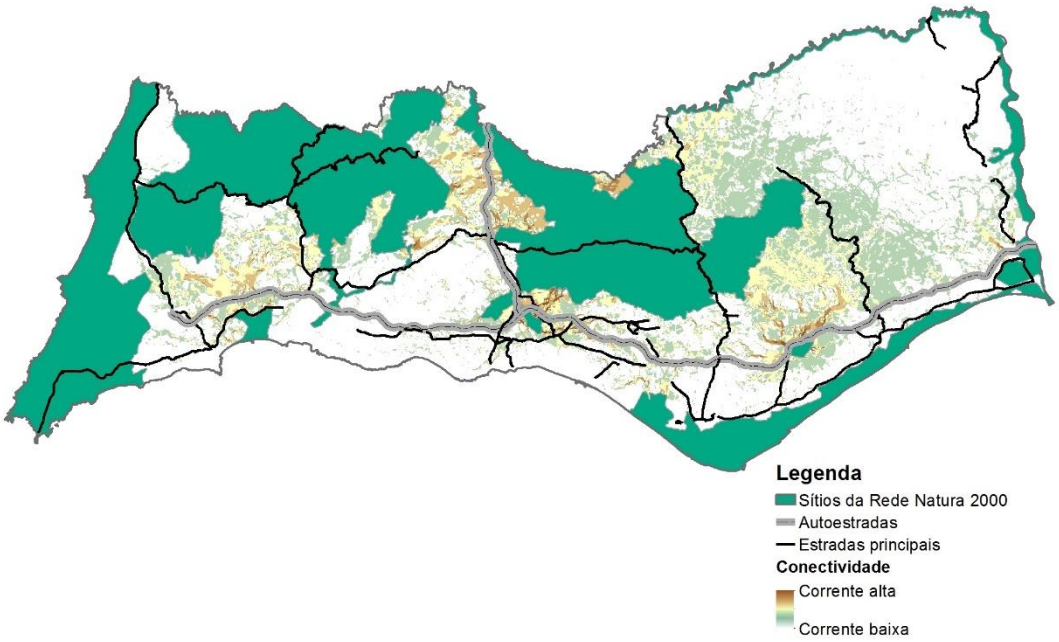

Figura 13 Mapa de conectividade (rotas de dispersão) potencialmente existentes entre sítios da Rede Natura 2000. Este mapa é referente à utilização do cenário com resistências mais elevado. Encontram-se mapeadas as principais autoestradas e estradas principais da região.

Nesta perspetiva, é essencial o aumento da conectividade entre estes locais, especialmente num contexto de alterações climáticas. Estudos anteriores sugeriram a criação de um corredor ecológico entre estes locais, ao longo da ribeira da Foupana (Alhinho et al., 2002; Pinto et al., 2000), tendo vários corredores ecológicos sido projetados para a região do Algarve (Figura 14).

Torna-se importante realçar que, o facto de alguns corredores ecológicos não sobressaírem no estudo de conectividade elaborado no âmbito do PIAAC-AMAL, pode resultar de vários fatores, entre os quais i) o facto da resolução utilizada não ser adequada para detetar estas áreas (50 metros), ii) o facto do uso do solo utilizado ser referente a 2010 e por isso não contemplar estas áreas ou iii) estas áreas ainda não terem sido alvo de intervenção e de restauro ecológico necessário para potenciar a dispersão entre os locais.

Contudo, é possível reforçar a necessidade de todos os corredores ecológicos mapeados na Figura 14, principalmente para espécies mais especialistas em relação ao seu habitat, altamente dependentes de vegetação natural e com menor capacidade de movimentação fora destas zonas.

Figura 14 Localização das áreas protegidas e dos corredores ecológicos. Fonte: CCDR-A (2007b) adaptada de TP (2012)

3.2 IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS CLIMÁTICOS

No presente, começam a ser reportadas situações que provavelmente estão associadas a alterações no clima Algarvio, com impactos no setor da biodiversidade. No que diz respeito ao meio marinho, foi relatado em 2017, o avistamento na costa do Algarve de um indivíduo da espécie *Acanthurus monroviae*. Esta espécie piscícola habita em locais tropicais, indicando um indício da progressiva tropicalização da fauna marinha Algarvia (Vasconcelos et al., 2017). Complementarmente, um estudo realizado a nível nacional sobre a pesca, permitiu verificar uma tendência decrescente no número de espécies temperadas pescadas. Inversamente, o número de espécies tropicais ou subtropicais pescadas tem aumentado, com particular incidência nos anos mais quentes (Teixeira et al., 2014).

Também foram observadas mudanças substanciais na composição inter-anual das macroalgas nas zonas subtidais costeiras. Embora esta conclusão resulte de um estudo realizado durante apenas um ano, considera-se que o aumento da percentagem de área sem cobertura vegetal (dentro da zona de estudo), poderá estar relacionada com o aumento da temperatura média da superfície do oceano na costa Algarvia (Rangel et al., 2015).

No que diz respeito aos locais protegidos, também se tem verificado impactos climáticos nas comunidades biológicas. Por exemplo, na Ria Formosa registou-se um declínio inter-anual constante na biomassa de Fitoplâncton no outono e no inverno. Este declínio poderá dever-se a tendências de aquecimento nestas duas estações, verificados ao longo do tempo e/ou de diminuição na disponibilidade de nutrientes. Neste contexto, foi ainda identificada a variabilidade climática como um fator importante na abundância local de micróbios planctónicos (Barbosa, 2010).

Os impactos das alterações climáticas poderão também estar a ser sentidas pelas comunidades biológicas com maior capacidade de dispersão, como as aves, uma vez que poderá existir uma limitação na abundância de alimento para os indivíduos adultos e, consequentemente, a capacidade reprodutora dos mesmos. Um bom exemplo desta relação é o caso da Andorinha-do-mar-anã (*Sternula albifrons*), espécie migratória que se encontra principalmente no sul do país nos meses mais quentes. Para esta espécie, foi estudada a relação da temperatura entre o clima em larga escala e a reprodutividade da espécie estuarina, tendo sido concluído a existência de uma tendência de declínio no volume de ovos depositados com o aumento da temperatura da água na Ria formosa (Ramos et al., 2013). Existe também uma forte relação entre o clima, numa escala local, e a abundância de alimento para esta espécie, sendo que temperaturas da água mais baixa entre o inverno e a primavera favorece uma maior abundância das presas (Ramos et al., 2013).

No que se refere aos eventos climáticos extremos, estes foram relatados como tendo forte impacto nas comunidades biológicas do Algarve. Neste contexto, foram identificadas grandes alterações nos ecossistemas como resposta a temperaturas elevadas e ondas de calor, secas, aumento da temperatura dos oceanos, vento forte, temperaturas baixas e ondas de frio. Por exemplo, um estudo científico na Bacia do Guadiana alertou para a formação de charcos isolados nos meses de verão (tipicamente secos), levando à agregação de indivíduos e à competição pelo alimento (Pires et al., 1999). Embora as secas sejam processos naturais, os autores do mesmo estudo alertaram para a progressiva degradação dos habitats aliada à invasão por parte de espécies exóticas. Também em relação às secas, um estudo de 1993 concluiu que, num ano de seca, as aves migratórias apresentam-se em menor número no território do Algarve, tendo também uma estadia mais curta (Vowles e Vowles, 1993).

4.

Impactos e Vulnerabilidades Futuras no Algarve

4.1 DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DOS HABITATS

De modo a facilitar a leitura e a apresentação dos resultados relativos à distribuição de habitats, as tipologias de habitat avaliadas foram numeradas, podendo ser consultada na Tabela 6. Resume-se seguidamente as principais conclusões para cada tipologia de habitat.

Tipologia 1: Carvalhais ibéricos de *Quercus faginea* e *Quercus canariensis*

Relativamente a esta tipologia de habitat, é notória uma tendência acentuada de deslocação para norte e em altitude (Figura 15). Esta migração é progressiva ao longo do século, qualquer que seja o cenário considerado. É de notar que, considerando o cenário RCP4.5, esta tipologia de habitat encontra-se restrita apenas à serra de Monchique no final do século, enquanto que no cenário RCP8.5, as mudanças na distribuição da tipologia de habitat são mais drásticas, deixando de ocorrer em território algarvio no fim do século (período 2071-2100; ver Tipologia 1 da Figura 19). Tais resultados devem-se à espécie *Quercus broteroi* que, sendo uma espécie diferenciadora da tipologia, apresenta fortes reduções na potencialidade de ocorrência em território algarvio, considerando os cenários de alterações climáticas.

Neste contexto, é de referir que a distribuição atual da tipologia de habitat de Carvalhais ibéricos encontra-se altamente associada ao ombrotipo[6] sub-húmido superior, podendo ocorrer também no ombrotipo sub-húmido inferior, em posições ombrifilas, geralmente associadas ao quadrante a norte em posições mais frescas e húmidas.

[6] A informação referente aos ombrotipos pode ser consultada em Monteiro-Henriques et al., 2015

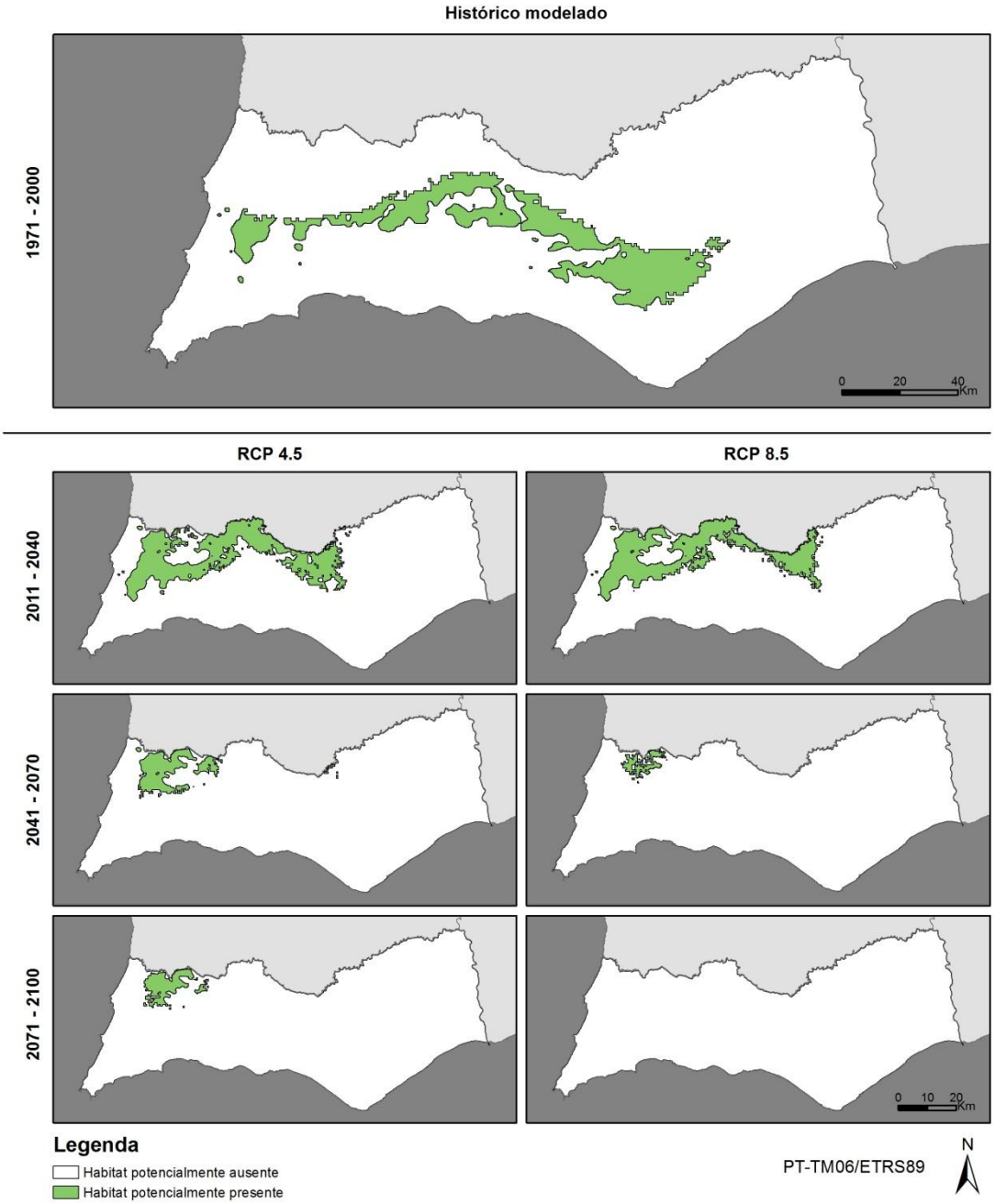

Figura 15 Distribuição potencial da tipologia de habitat 1, para cada período e cenários considerados na análise

Tipologia 2: Charcos temporários mediterrânicos com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Eryngio corniculatae-Preslietum cervinae*

No presente, esta tipologia de habitat apresenta uma distribuição potencial em todo o território algarvio. Contudo, em cenário de alterações climáticas, observa-se uma retração progressiva, ficando limitada cada vez mais a norte do Algarve. No período de final do século, no cenário RCP4.5, observa-se que a tipologia de habitat fica potencialmente restrita à Costa Sudoeste e às zonas montanhosas da região do Algarve. As potenciais consequências das alterações climáticas associadas ao cenário RCP8.5 para esta tipologia de habitat são muito mais evidentes ao longo do século, com o progressivo confinamento da tipologia às zonas montanhosas (Figura 16). Neste cenário, a tipologia de habitat deixa particularmente de existir (notar apenas a existência de um local potencialmente favorável à sua ocorrência, na Serra de Monchique; ver Tipologia 2 da Figura 19).

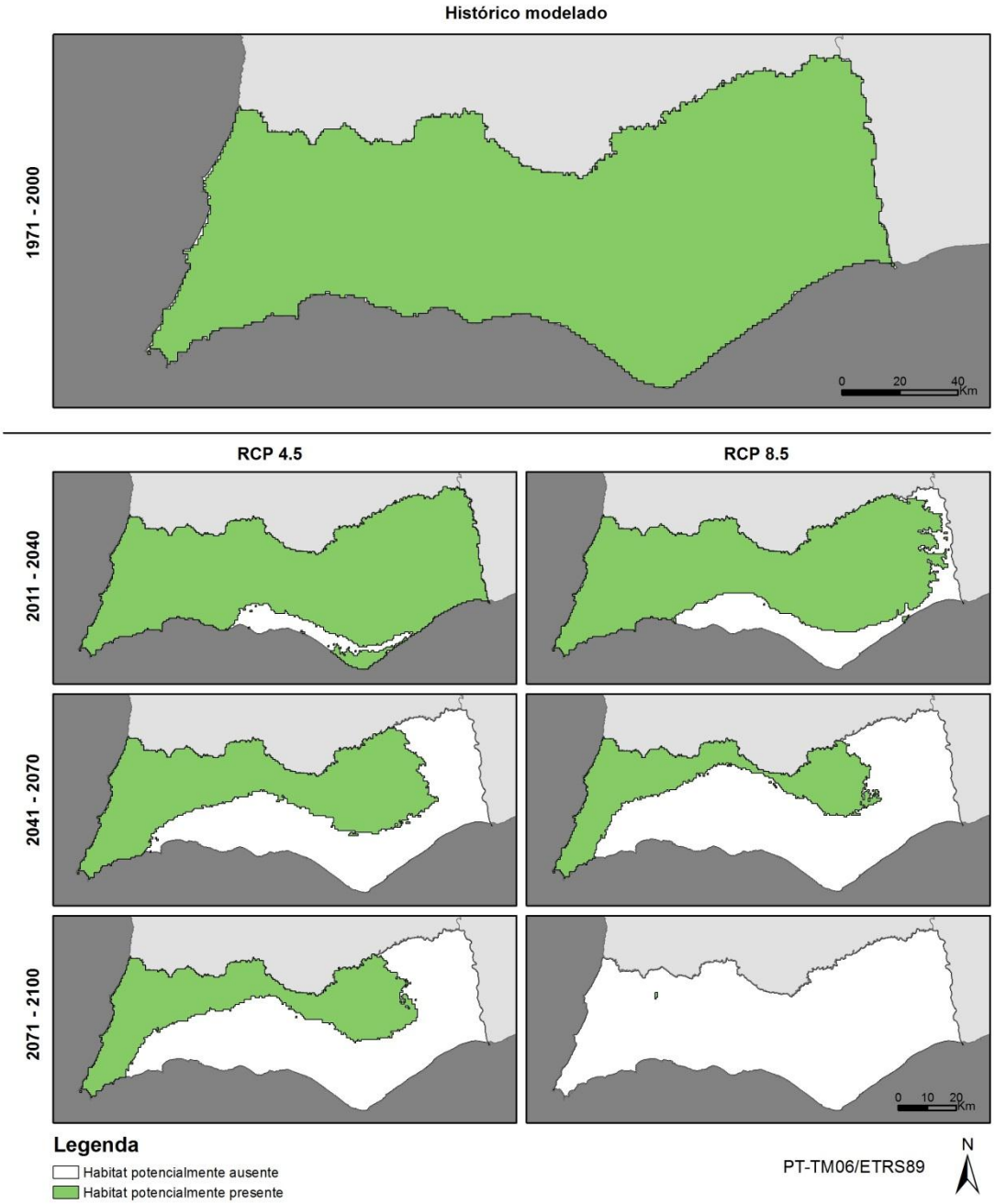

Figura 16 Distribuição potencial da tipologia de habitat 2, para cada período e cenários considerados na análise

Tipologia 3: Charcos temporários mediterrânicos com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Pulicario paludosae-Agrostietum pourretii*

Esta tipologia de habitat apresenta potencial climático para ocupar grande parte da região do Algarve, com exceção do litoral sul, do noroeste algarvio (perto do vale do Guadiana) e das zonas de maior altitude (i.e., Serra de Monchique e Serra do Caldeirão). Em cenário de alterações climáticas, observa-se uma contração do espaço climático disponível, ocorrendo a potencial colonização das zonas mais altas, ao mesmo tempo que perde espaço climático nas áreas litorais e na região da bacia hidrográfica do Guadiana (Figura 17). Esta tendência é mais marcada para o cenário RCP8.5, onde se verificam as maiores consequências na redução da área climaticamente ótima, principalmente no final do século (ver tipologia 3 da Figura 19).

Tipologia 4: Charcos temporários mediterrânicos com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Junco pygmaei-Isoetetum velati*

Verifica-se que quase a totalidade do Algarve apresenta características climáticas para a presença desta tipologia de habitat, com exceção da zona da Bacia hidrográfica do Guadiana, e desde Castro Marim até à zona da Ria Formosa. Em ambos os cenários de alterações climáticas, é observável o deslocamento para norte desta tipologia de habitat. De um modo geral, para o meio do século (2041-2070), esta tipologia encontra-se maioritariamente restrita às zonas montanhosas do Algarve, sendo que este padrão agrava-se no final do século, particularmente no cenário RCP8.5 (ver Figura 31 e Tipologia 4 da Figura 19).

Tipologia 5: Florestas-galerias junto aos cursos de água intermitentes mediterrânicos com *Rhododendron ponticum*, *Salix* e outras espécies com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Campanulo primulifoliae-Rhododendretum pontici*

Esta tipologia, embora negligenciando alguns fatores ambientais e/ou físicos particularmente relevantes (e.g. cursos de água), apresenta, uma distribuição atual restrita à Serra de Monchique. Em cenário de alterações climáticas, esta tipologia de habitat mantém a sua distribuição atual, ocorrendo apenas uma pequena contração no cenário RCP8.5 e no final do século (Figura 18; ver Tipologia 5 da Figura 19).

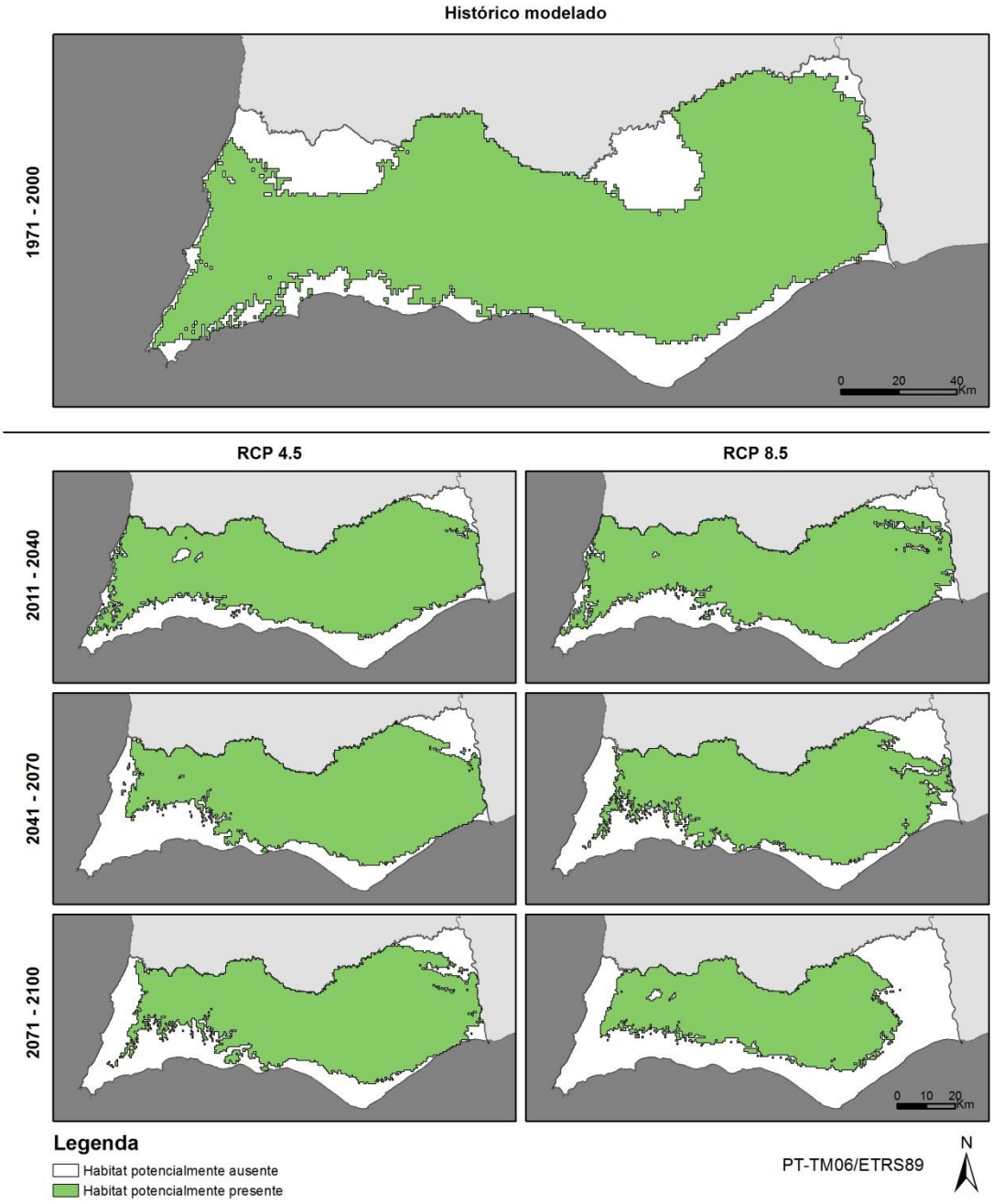

Figura 17 Distribuição potencial da tipologia de habitat 3, para cada período e cenários considerados na análise

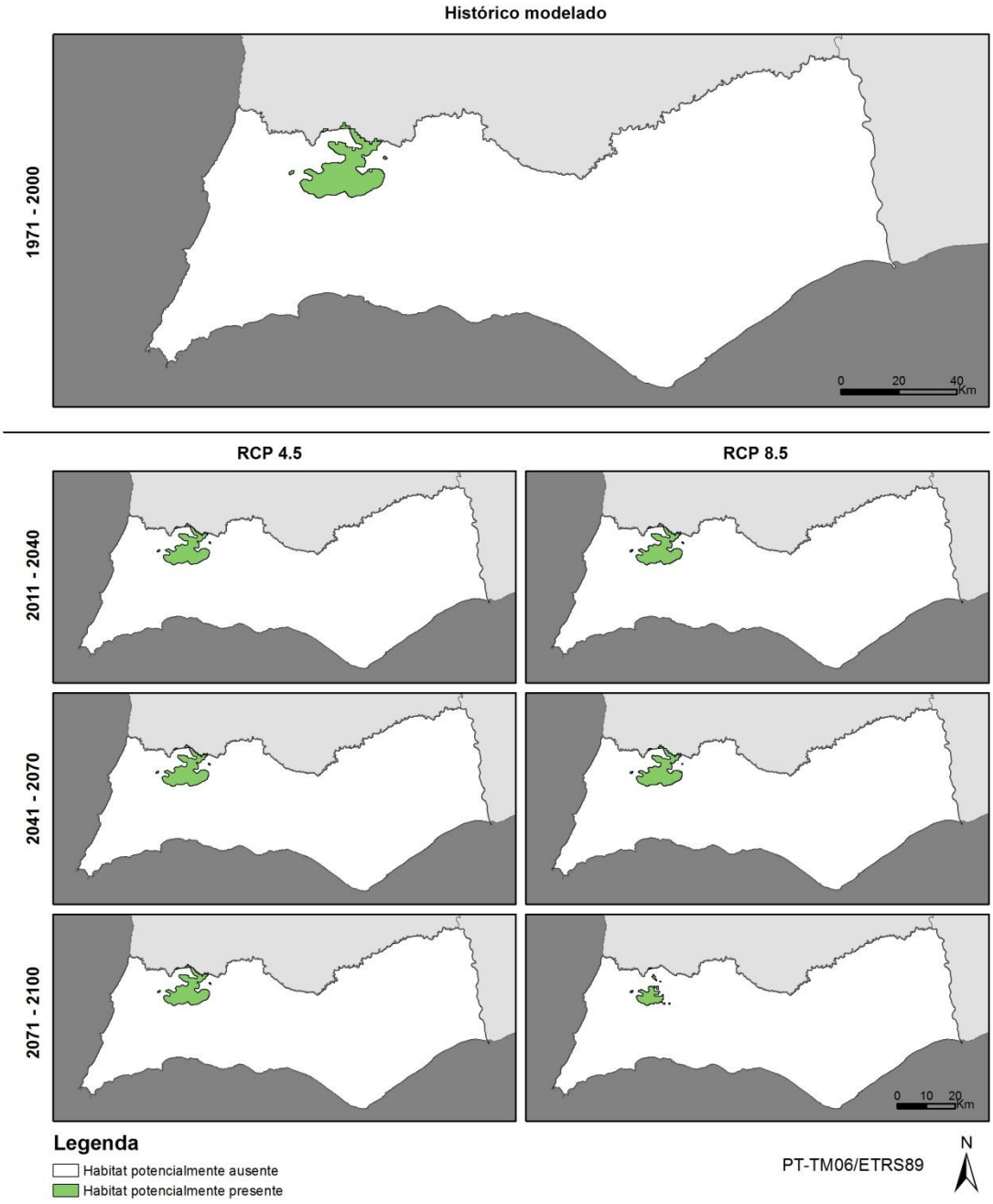

Figura 18 Distribuição potencial da tipologia de habitat 5, para cada período e cenários considerados na análise

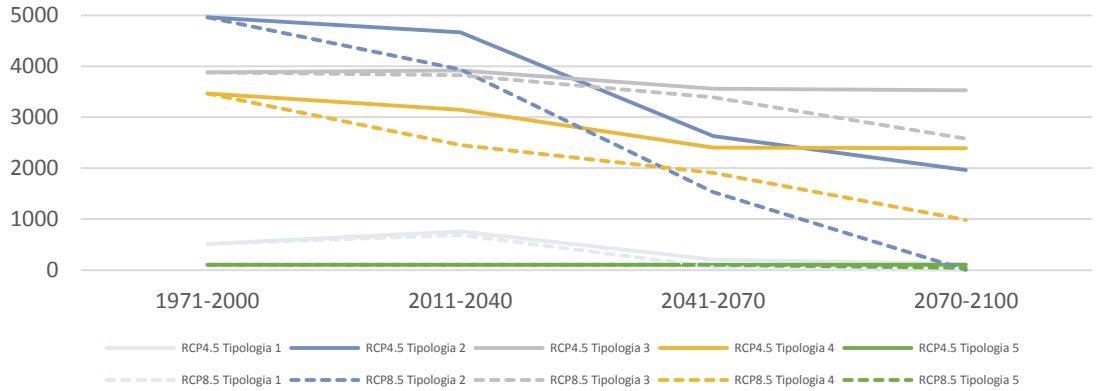

Figura 19 Evolução da área potencial (em km^2) da tipologia de habitat 1 a 5, para o período histórico (1971-2000), de curto prazo (2011-2040), de médio prazo (2041-2070) e de longo prazo (2071-2100), e para cada cenário considerado (i.e., RCP4.5 e RCP8.5)

Tipologia 6: Dunas móveis do cordão litoral com *Ammophila arenaria* ("dunas brancas") com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Loto cretici-Ammophiletum arundinaceae*

Esta tipologia de habitat dunar apresenta uma distribuição entre a zona de Albufeira e Vila Real de Santo António, podendo também ocorrer na zona da Ria de Alvor. Em cenário de alterações climáticas (para ambos os cenários), verificam-se rápidas alterações na sua distribuição potencial. No caso do cenário RCP4.5, projeta-se que a tipologia de habitat se encontre apenas presente na Ria Formosa e na Ria de Alvor no curto período, potencialmente deixando de ocorrer no território do Algarve a meio do século (Figura 20). Quando considerado o cenário RCP8.5, o padrão acima identificado ocorre mais rapidamente (Figura 20 e ver Tipologia 6 da Figura 22).

Tipologia 7: Dunas fixas com vegetação herbácea ("dunas cinzentas") com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Artemisio crithmifoliae-Armerietum pungentes*

Esta tipologia de habitat apresenta potencial climático para ocupar toda a extensão litoral algarvia, com exceção da zona de Tavira e de Castro Marim. Em cenário de alterações climáticas, observa-se uma restrição progressiva a oeste ao longo do século. Tendo em conta o cenário RCP4.5, observa-se, ao longo do século, o aumento progressivo do espaço climático na Costa Sudoeste. Pelo contrário, observa-se uma elevada redução no espaço climático na zona de Portimão e Albufeira e na zona de Tavira e Fuzeta (Figura 32). Quanto ao cenário RCP8.5, o mesmo padrão é observável, embora, com mudanças mais severas na distribuição da tipologia de habitat. Tendo em conta o período do fim do século, a tipologia tem potencialidade para ocupar maioritariamente a zona da Costa Sudoeste (ver Figura 32 e Tipologia 7 da Figura 22).

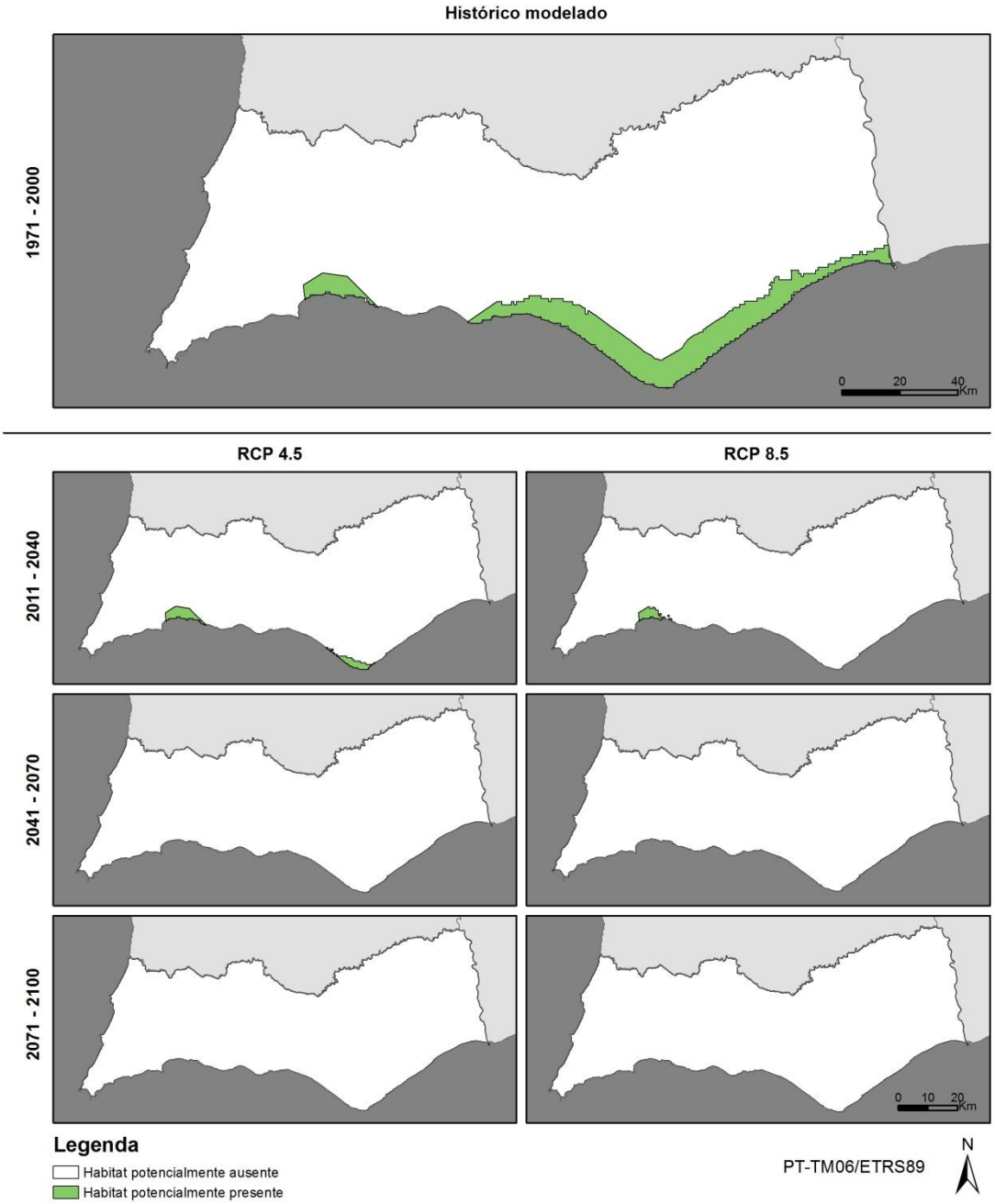

Figura 20 Distribuição potencial da tipologia de habitat 6, para cada período e cenários considerados na análise

Tipologia 8: Arribas com vegetação das costas mediterrânicas com *Limonium spp.* endémicas com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Dittrichietum maritimi*

Sob as condições climáticas atuais, esta tipologia de habitat apresenta uma distribuição potencial na dimensão sul da costa oeste do Algarve. Em cenários de alterações climáticas, e

independentemente do cenário considerado, observa-se uma expansão na distribuição potencial da tipologia de habitat para norte, mantendo-se este padrão praticamente inalterado até ao final do século (Figura 21; ver Tipologia 8 da Figura 22).

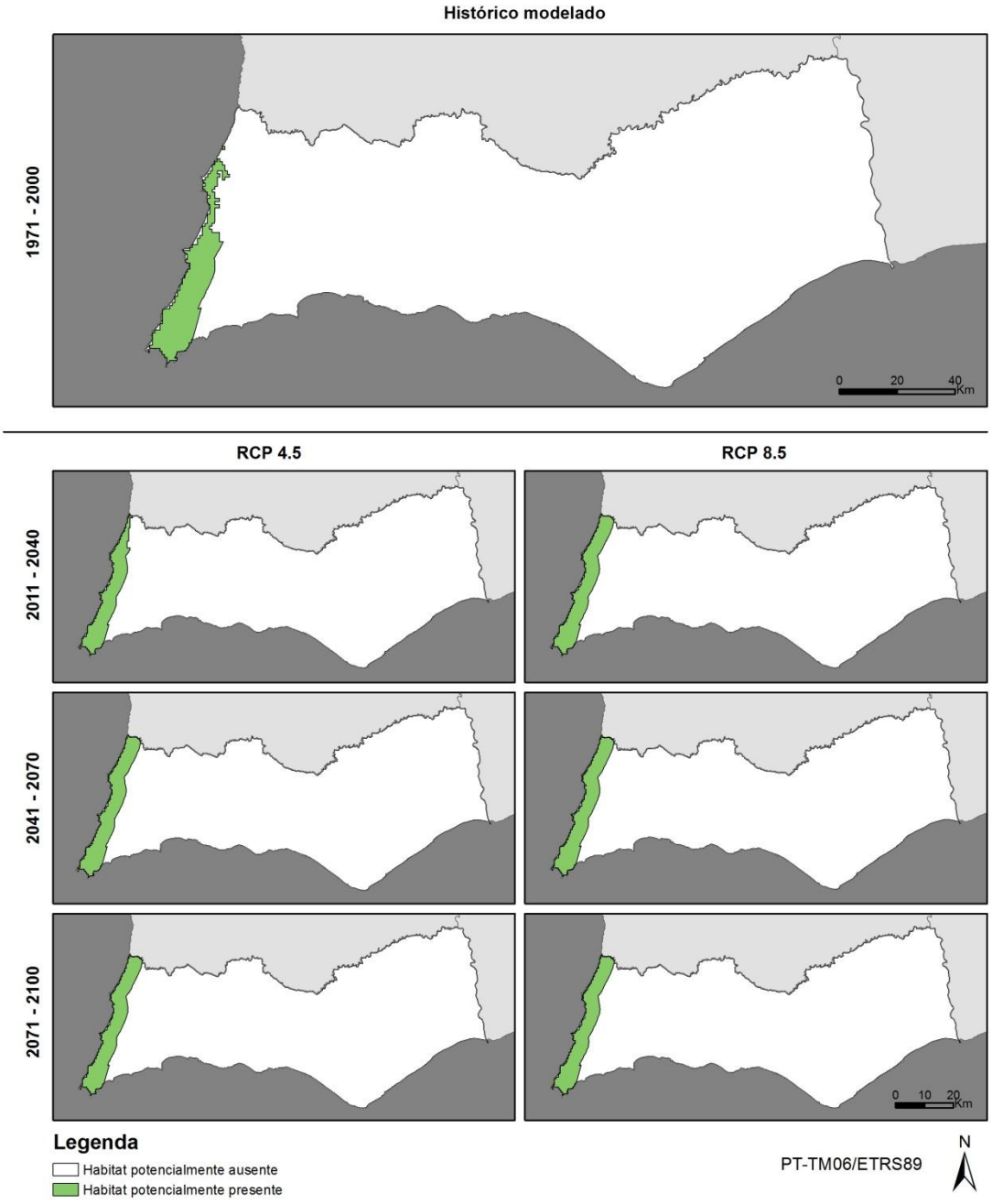

Figura 21 Distribuição potencial da tipologia de habitat 8, para cada período e cenários considerados na análise

Tipologia 9: Estepes salgadas mediterrânicas (*Limonietalia*) com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Limonietum lanceolati*

Esta tipologia apresenta, sob condições climáticas atuais, potencialidade de ocupar todo o litoral Algarvio. Em ambos os cenários de alterações climáticas, esta tipologia de habitat não parece sofrer alterações muito significativas na sua distribuição potencial, em nenhum dos períodos considerado (ver Figura 33 e Tipologia 9 da Figura 22). Tais resultados podem estar relacionados com o facto das espécies diferenciadoras desta tipologia de habitat não estarem amplamente dependentes das variáveis climáticas utilizadas e, desta forma, serem insuficientes para caraterizar a distribuição potencial do habitat.

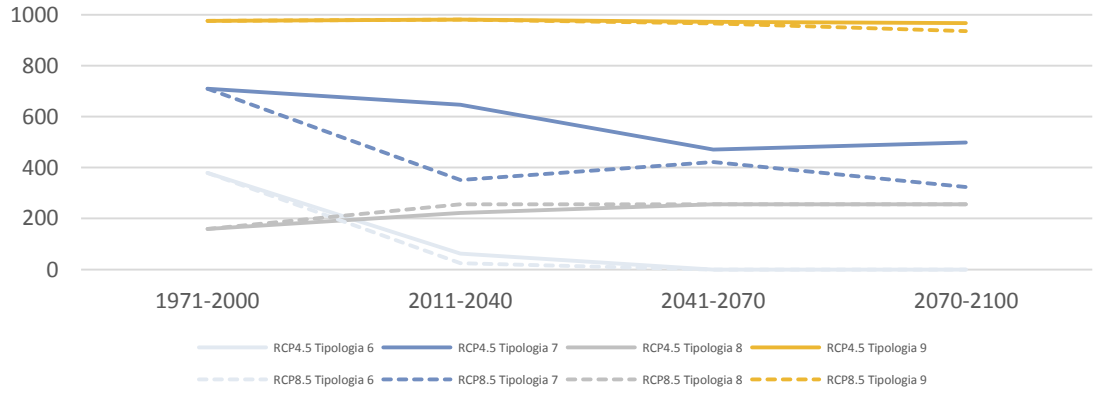

Figura 22 Evolução da área potencial (em km^2) das tipologias de habitat litoral 6 a 9, para o período histórico (1971-2000), de curto prazo (2011-2040), de médio prazo (2041-2070) e de longo prazo (2071-2100), e para cada cenário considerado (i.e., RCP4.5 e RCP8.5)

Tipologia 10: Dunas com prados de *Malcolmietalia* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Ononido variegatae-Linarietum pedunculatae*

Esta tipologia de habitat apresenta uma distribuição atual concentrada, principalmente no litoral sul do Algarve. Embora possam ocorrer algumas oscilações em cenários de alterações climáticas, não se projectam alterações relevantes em nenhum dos períodos ou cenários analisados (Figura 34; ver Tipologia 10 da Figura 26).

Tipologia 11: Dunas com prados de *Malcolmietalia* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Herniario algarvicae-Linarietum ficalhoanae*

Esta tipologia de habitat tem a sua maior área de distribuição na Costa Sudoeste (Figura 23).

Em cenários de alterações climáticas, focando primeiramente no cenário RCP4.5, é possível observar-se que a tipologia de habitat mantém condições climáticas na Costa Sudoeste, embora com algumas flutuações a meio do século. Sob o cenário RCP8.5, observa-se que, a partir do meio do século (período 2041-2070), esta tipologia começa a ficar progressivamente restrita às zonas

mais a norte da costa sudoeste, ocupando no final do século somente uma pequena área (Figura 23 e ver Tipologia 11 da Figura 26).

Tipologia 12: Dunas litorais com *Juniperus spp* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Osyrio quadripartitae-Juniperetum turbinatae*

A tipologia de habitat ocorre em toda a Costa Sudoeste do Algarve, bem como numa pequena extensão da costa sul, nomeadamente na zona de Vila Real de Santo António. Em cenários de alterações climáticas, é esperado que ocorra a perda de espaço climático na zona de Vila Real de Santo António, a partir do primeiro período em análise e tanto no cenário RCP4.5 como no cenário RCP8.5. Em ambos os cenários, parece existir uma oscilação na distribuição potencial da tipologia, mais notória na Costa Sudoeste, nomeadamente a meio do século (2041-2070) para o RCP4.5 e no primeiro período (2011-2040) para o RCP8.5 (Figura 24; ver Tipologia 12 da Figura 26).

Tipologia 13: Dunas litorais com *Juniperus spp* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Rubio longifoliae-Coremetum albi*

A tipologia de habitat ocupa atualmente toda a extensão litoral oeste do Algarve, ocorrendo também na zona de Vila Real de Santo António e de Vale do Lobo. Em cenários de alterações climáticas (independentemente do cenário considerado), a mesma distribuição potencial é observada, para todos os períodos considerados, não se registando perda territorial (ver Figura 35 e Tipologia 13 Figura 26).

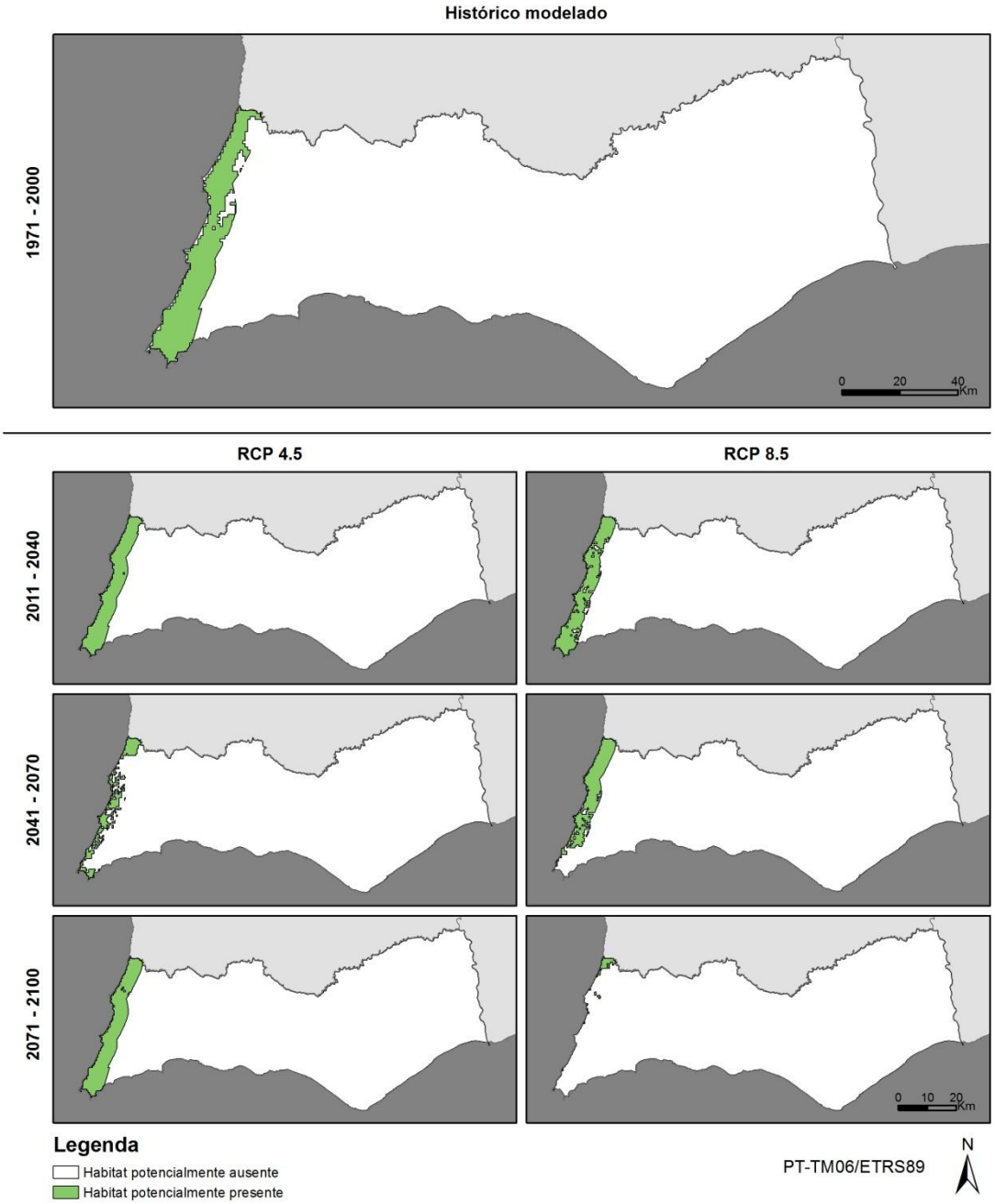

Figura 23 Distribuição potencial da tipologia de habitat 11, para cada período e cenários considerados na análise

Tipologia 14: Dunas litorais com *Juniperus spp* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Daphno gnidii-Juniperetum navicularis*

Esta tipologia de habitat apresenta potencialidade climática para ocupar parte da Costa Sudoeste no presente, nomeadamente a partir das dunas do Rogil para norte. No cenário de alterações climáticas menos severo estudado (RCP4.5), observa-se que, a curto prazo (2011-2040), esta

tipologia de habitat perde espaço climático nas zonas mais a sul da região da costa sudoeste do Algarve. Nos períodos subsequentes, a tipologia de habitat perde todo o espaço climático na região Algarvia (Figura 25). Sob o cenário RCP8.5, observa-se que, logo no primeiro período projetado (2011-2040), esta tipologia perde todo o seu espaço climático na região do Algarve (ver Figura 25 e Tipologia 14 da Figura 26).

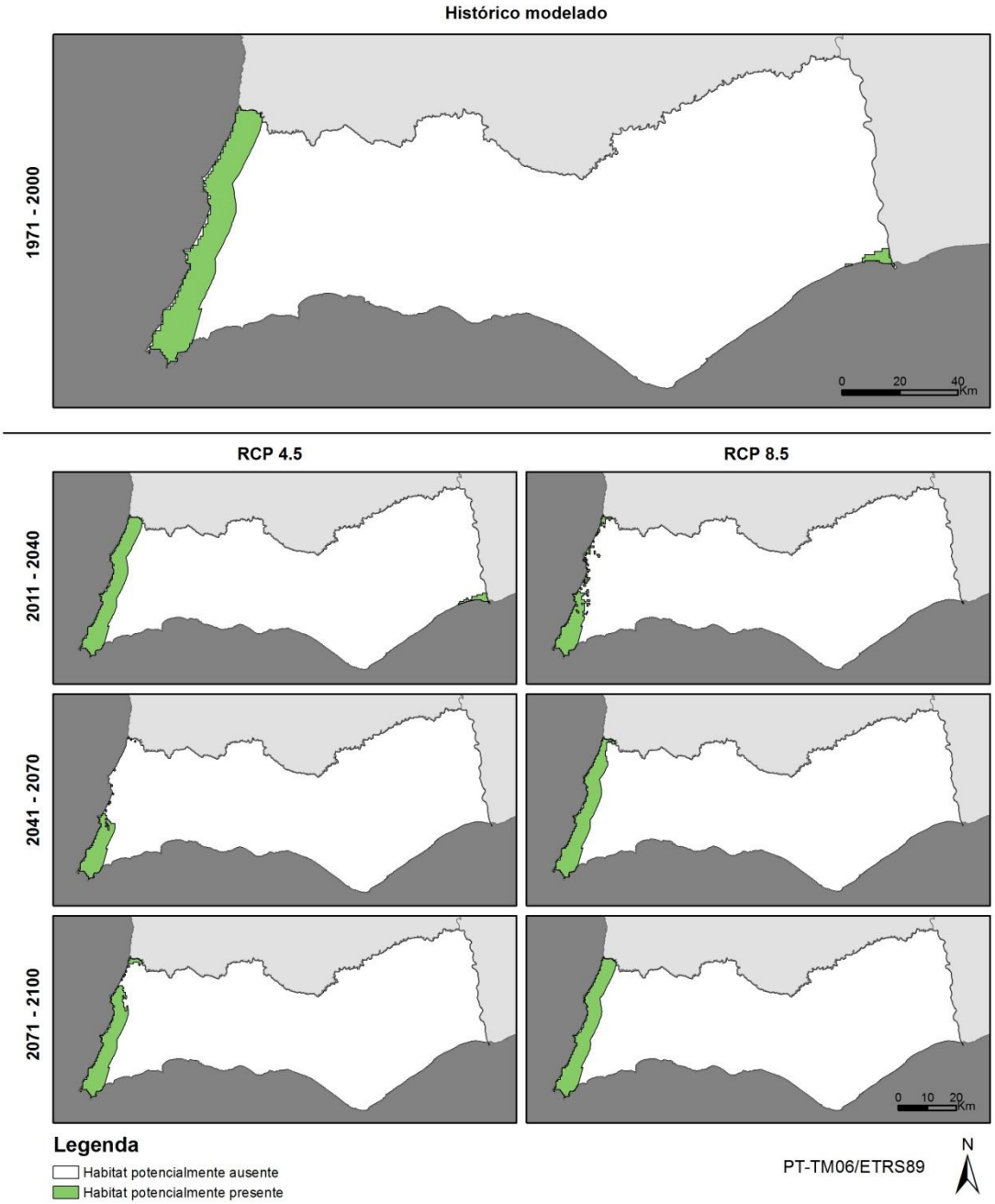

Figura 24 Distribuição potencial da tipologia de habitat 12, para cada período e cenários considerados na análise

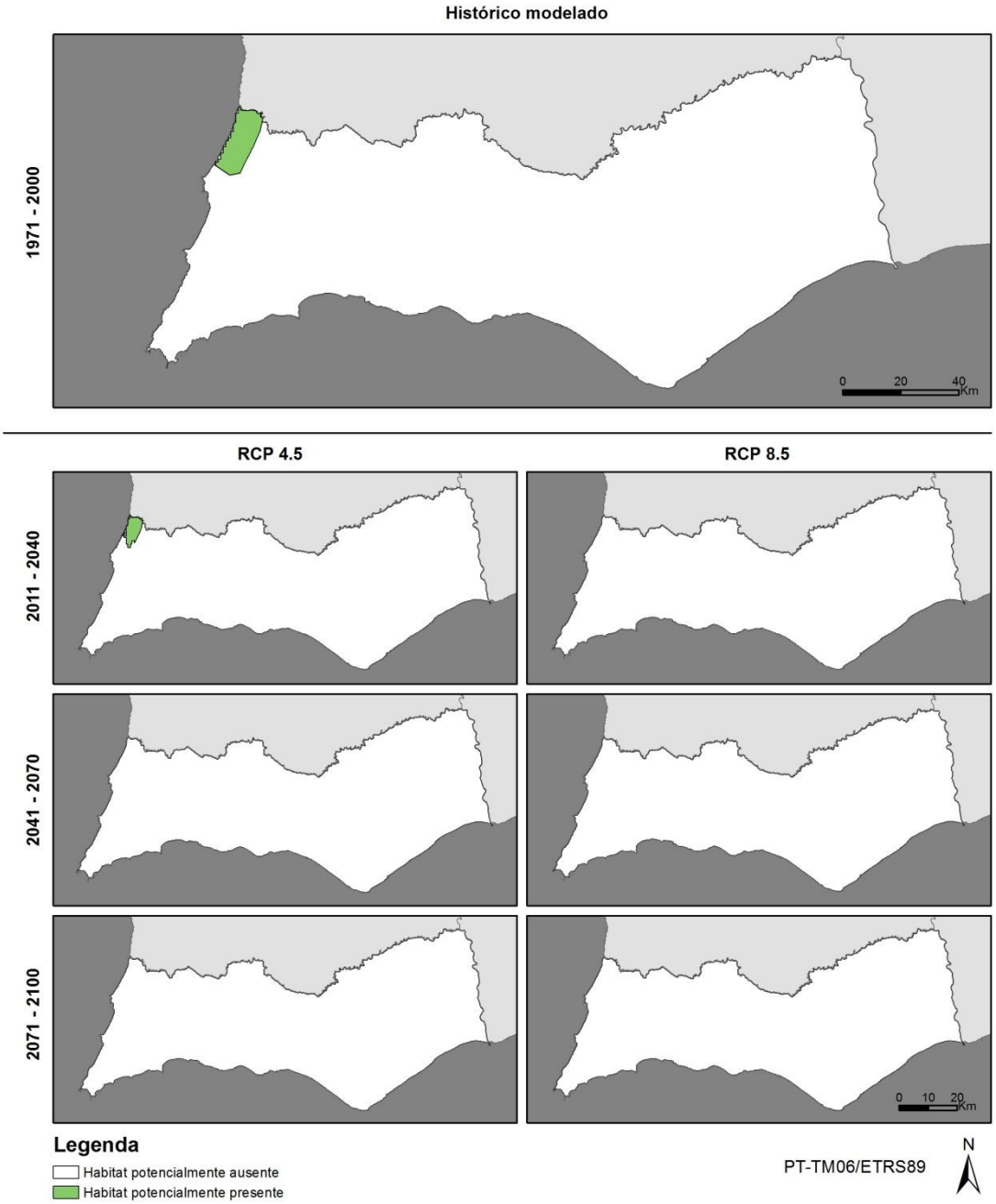

Figura 25 Distribuição potencial da tipologia de habitat 14, para cada período e cenários considerados na análise

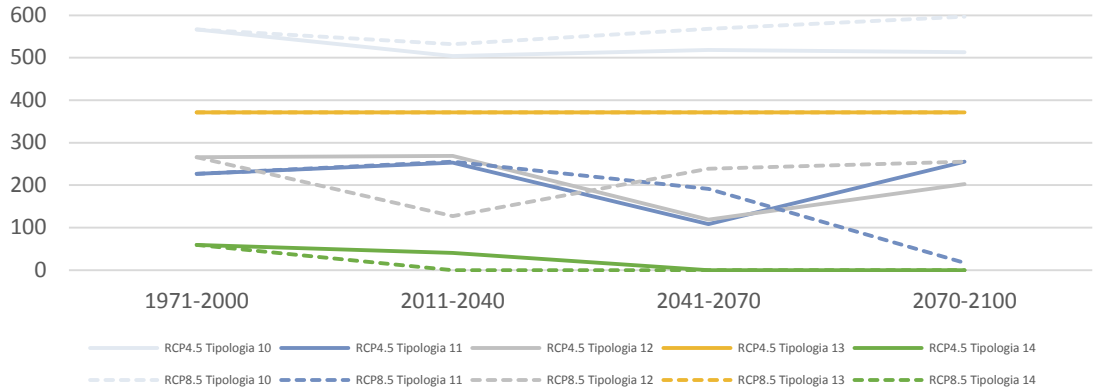

Figura 26 Evolução da área potencial (em km^2) das tipologias de habitat litoral 10 a 14, para o período histórico (1971-2000), de curto prazo (2011-2040), de médio prazo (2041-2070) e de longo prazo (2071-2100), e para cada cenário considerado (i.e., RCP4.5 e RCP8)

Tipologia 15: Dunas com vegetação esclerófila da *Cisto-Lavanduletalia* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Thymo camphorati-Stauracanthetum spectabilis*

Observa-se que a distribuição da tipologia do habitat no presente se encontra maioritariamente na Costa Sudoeste, estendendo-se até à zona de Lagos. No cenário RCP4.5, projecta-se uma pequena diminuição no espaço climático ao longo do século, podendo ocorrer algumas oscilações. Contudo, é no cenário RCP8.5 onde as alterações na distribuição potencial são mais evidentes, ficando esta tipologia progressivamente restrita ao território mais a norte da Costa Sudoeste (Figura 27 e ver Tipologia 15 da Figura 29).

Tipologia 16: Dunas com vegetação esclerófila da *Cisto-Lavanduletalia* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Celtico giganteae-Stauracanthetum vicentini*

Sob as condições climáticas atuais, esta tipologia de habitat apresenta-se distribuída ao longo da costa oeste Algarvia (Figura 36). Em cenário de alterações climáticas, observa-se o mesmo padrão já evidenciado anteriormente para outras tipologias semelhantes, mantendo a potencialidade de ocupar a Costa Sudoeste, embora possam ocorrer algumas oscilações (válido a meio do século, no cenário RCP4.5; ver Tipologia 16 da Figura 29).

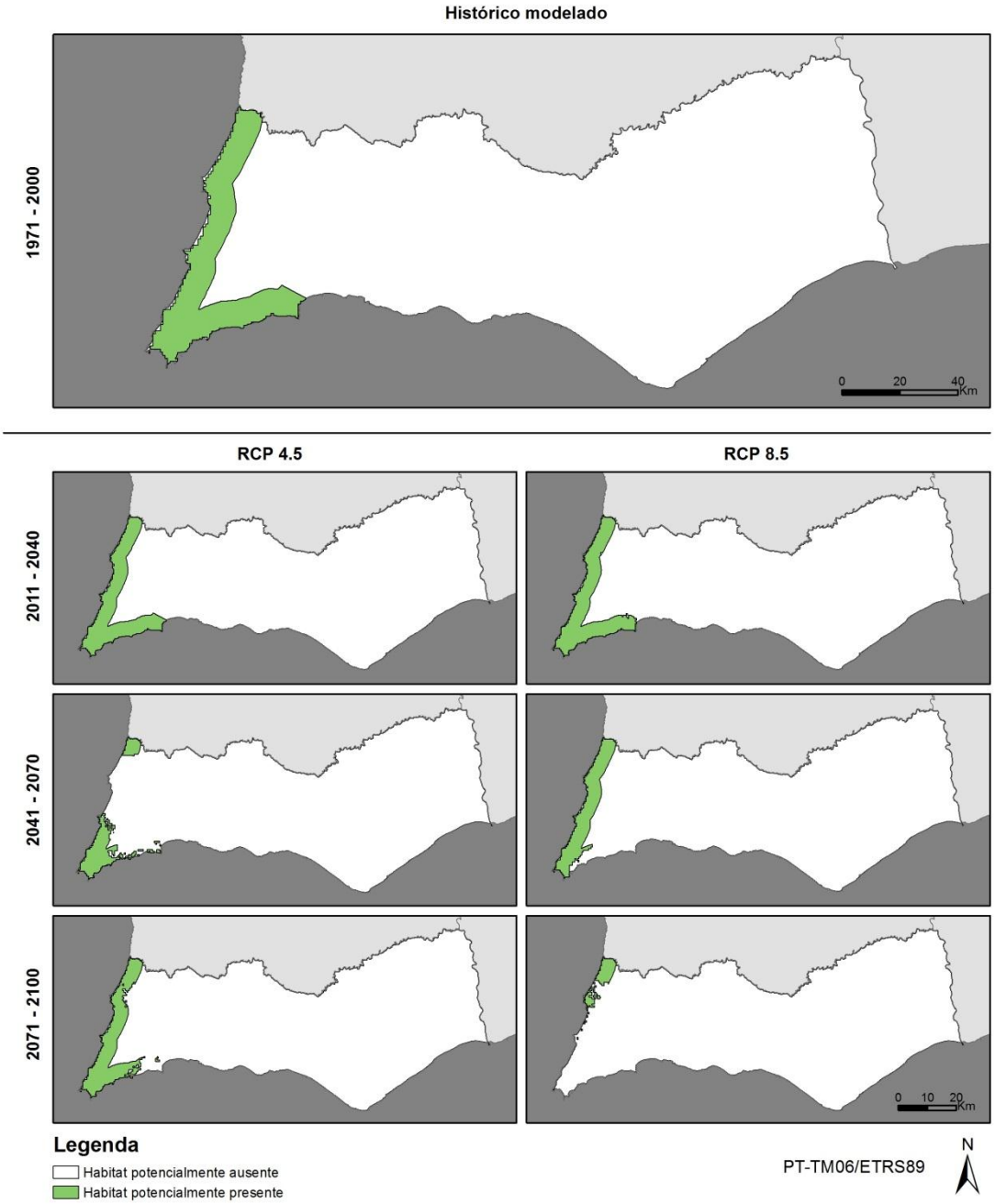

Figura 27 Distribuição potencial da tipologia de habitat 15, para cada período e cenários considerados na análise

Tipologia 17: Formações de *Cistus palhinhae* em charnecas marítimas com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Genisto triacanthi-Cistetum palhinhae*

Esta tipologia de habitat encontra o seu espaço climático na Costa Sudoeste, para as condições atuais. Uma vez mais, quando são analisadas as consequências das alterações climáticas, projeta-se que a tipologia fique progressivamente restrita às zonas mais a norte da Costa Sudoeste. Quando é tido em conta o RCP4.5, observa-se que no final do século, esta tipologia perde todo o

espaço climático potencial no território Algarvio (Figura 37). O mesmo ocorre no cenário RCP8.5, contudo com alterações mais rápidas, deixando de ter condições climáticas para ocorrer no território do Algarve a meio do século (período 2041-2070 - ver Figura 37 e Tipologia 17 da Figura 29).

Tipologia 18: Formações de *Cistus palhinhae* em charnecas marítimas com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Ulicetum erinacei*

Esta tipologia encontra-se potencialmente restrita ao extremo sul da Costa Sudoeste nomeadamente na zona de Sagres. Em ambos os cenários climáticos considerados (RCP4.5 e RCP8.5) projetam consequências semelhantes, sendo de esperar uma expansão para norte, ao longo da costa (Figura 38). Contudo, é de notar que no cenário RCP8.5 e para o final do século, a tipologia de habitat perde o espaço climático potencialmente ganho nos períodos anteriores, existindo uma potencial retração para a área de distribuição potencial atual (ver Figura 38 e Tipologia 18 da Figura 29).

Tipologia 19: Subestepes de gramíneas e anuais da *Thero-Brachypodietea* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Armerio macrophyllae-Celticetum giganteae*

Atualmente, esta tipologia de habitat encontra o seu ambiente climático ótimo entre a zona de Armação de Pêra e Tavira. Em ambos os cenários de alterações climáticas avaliados é observável o mesmo padrão, ocorrendo uma expansão potencial ao longo da linha de costa a sul, bem como, para a Costa Sudoeste. Embora se observe a expansão no espaço climático acima descrito, é também de notar que ocorre a perda de espaço na zona de Albufeira e Armação de Pêra, particularmente observável para todos os períodos no RCP4.5 e para os períodos a curto e médio prazo (2011/2040 e 2041/2070) no RCP8.5 (Figura 28). Comparativamente, o cenário RCP8.5 apresenta como consequência para esta tipologia de habitat, uma expansão mais rápida do que no cenário RCP4.5, sendo que em ambos os cenários, no final do século, quase a totalidade do litoral Algarvio apresentará potencial climático para o estabelecimento desta tipologia (Figura 28 e ver Tipologia 19 da Figura 29).

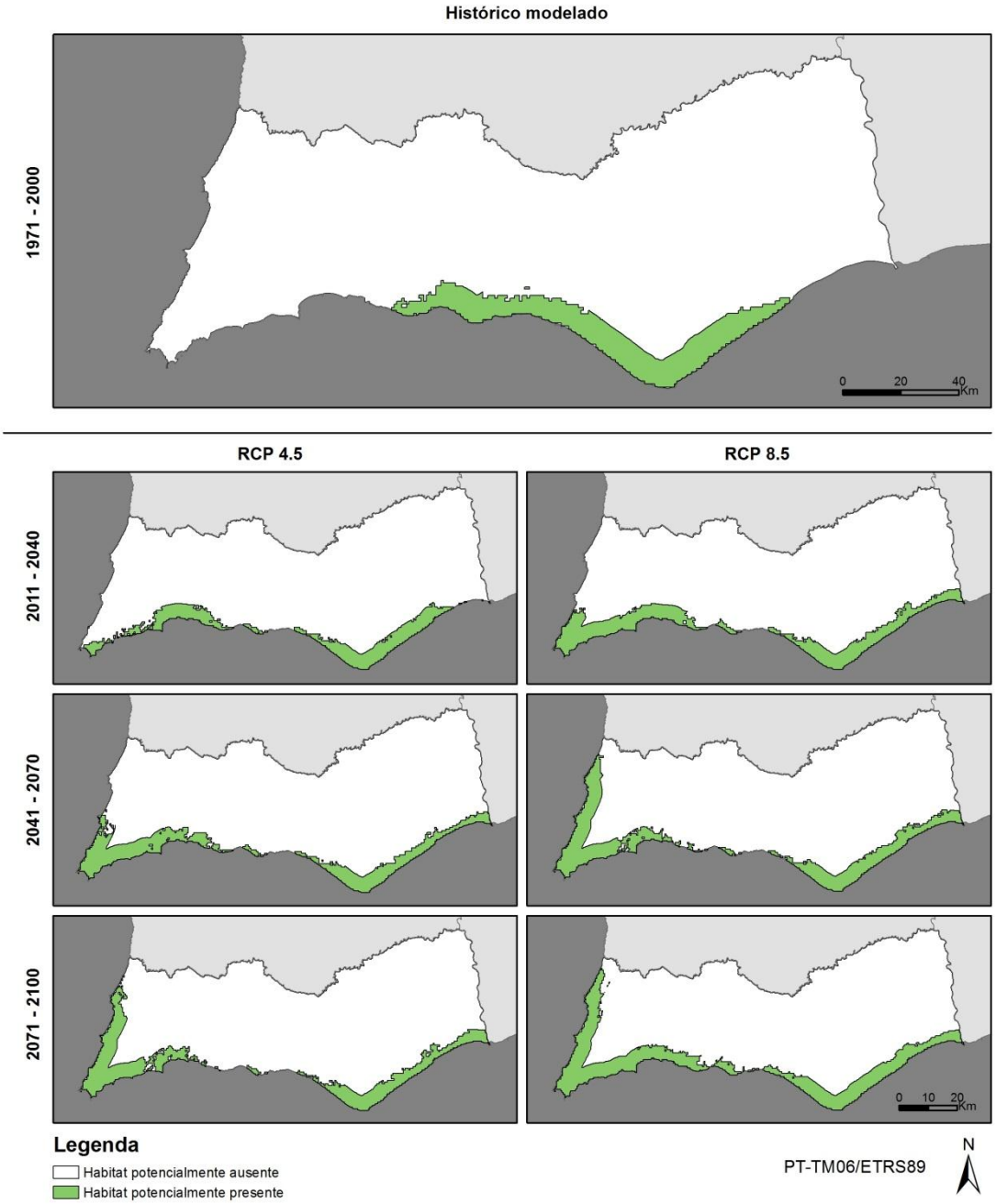

Figura 28 Distribuição potencial da tipologia de habitat 19, para cada período e cenários considerados na análise

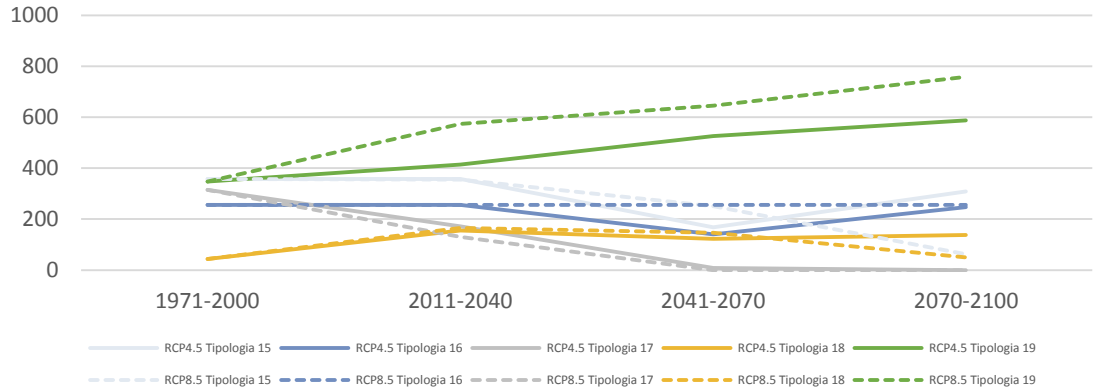

Figura 29 Evolução da área potencial (em km^2) das tipologias de habitat litoral 15 a 19, para o período histórico (1971-2000), de curto prazo (2011-2040), de médio prazo (2041-2070) e de longo prazo (2071-2100), e para cada cenário considerados (i.e., RCP4.5 e RCP8.5)

Resumidamente, das 19 tipologias de habitat estudadas, e tendo como comparação a área disponível atualmente com aquela que se projeta no final do século e no cenário RCP8.5, 11 tipologias apresentam uma perda no espaço climático disponível, 6 não aparentam sofrer modificações com as alterações climáticas (em termos de área) e 2 tipologias ganham espaço climático (Figura 30). É importante denotar que todas as tipologias de habitats interiores apresentam perdas no espaço climático disponível, sendo que 2 deixam de ocorrer no Algarve. Para as tipologias litorais, também 3 apresentam consequências drásticas, potencialmente deixando de ocorrer na região do Algarve no final do século.

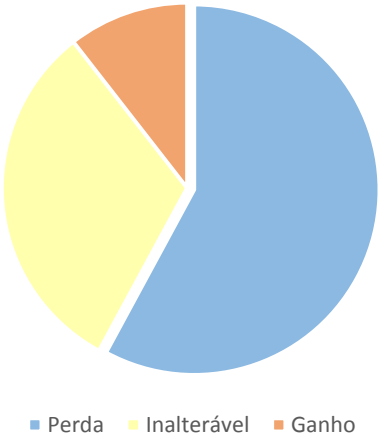

Figura 30 Quantidade de tipologias que perde, ganha ou mantém a sua área climática potencial no final do século e no cenário RCP8.5, face à área atual potencialmente disponível

4.2 IMPLICAÇÕES DA SUBIDA DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NOS HABITATS ESTUARINOS

No âmbito do setor das zonas costeiras e mar foi desenvolvida uma análise à evolução da cunha salina no rio Guadiana e sapal de Castro Marim, com relevância para o setor da Biodiversidade (Relatório sobre vulnerabilidades atuais e futuras das Zonas Costeiras e Mar do PIAAC-AMAL).

No âmbito desse relatório são projetadas diminuições do módulo de velocidade no canal principal e nos esteiros, bem como um possível aumento da profundidade e do volume de água no rio Guadiana e sapal de Castro Marim. Relativamente às alterações na salinidade que se projetam para esse sistema, verificou-se que existem alterações no estuário, com exceção de situações de caudais de descarga elevados.

Analisando apenas o cenário desenvolvido para caudais de descarga mais baixo, verifica-se um aumento da salinidade com o aumento do nível médio do mar, levando ao avanço da cunha salina. Este resultado pode representar mudanças importantes no estuário, uma vez que a salinidade é um fator importante na distribuição das espécies de flora, tendo sido avançado recentemente que muitas das espécies de plantas presentes na zona do Guadiana possam servir como indicadores de alterações no nível médio do mar (entre outros). Também, no que diz respeito à microfauna, o mesmo estudo identificou a salinidade como sendo um fator importante para a distribuição de várias espécies, principalmente na zona de transição rio-oceano (Gomes e Camacho, 2017).

Dentro destas comunidades, as composições de *Miliammina fusca* e *Jadammina macrescens* presentes na zona do estuário mais próxima da foz serão potencialmente afetadas pela sua sensibilidade à salinidade. De facto, um trabalho recentemente publicado, que estudou o efeito da variação da salinidade na composição de peixes da Ria de Aveiro, permitiu observar uma progressiva homogeneização taxonómica e funcional, conforme os níveis de salinidade aumentam (García-Seoane et al., 2016). Este tipo de consequências pode também ser esperado para os sistemas algarvios como resposta ao aumento da salinidade.

Relativamente à quantidade de área de inundação, verificou-se um aumento da área submersa na ordem dos 4 km^2, no final do século face à situação atual. Também a quantidade de tempo que as áreas estão inundadas aumenta no final do século, face à situação atual. Estes dois fatores potenciam a destruição dos habitats presentes nessas áreas, levando à perda e/ou alteração na biodiversidade.

No caso da Ria Formosa, a análise realizada no âmbito do setor Zonas Costeiras e Mar permitiu concluir que, em cenário de alterações climáticas é projetado um aumento progressivo, ao longo do século, do número de horas que cada área fica submersa. Esta análise considerou ainda a sobrelevação do nível do mar e outros efeitos de *storm* surge, integrados num cenário de referência, que representa o presente, e num cenário de subida do nível médio do mar mais gravoso associado ao RCP8.5.

Um estudo conduzido por Brito et al. (2012), que modelou a resposta do sistema da Ria Formosa à subida do nível médio do mar e às alterações climáticas, concluiu que as lagoas costeiras pouco profundas, como é o caso da Ria Formosa, são particularmente vulneráveis ao aumento da

eutrofização. Este deve-se ao facto de a elevação do nível do mar implicar uma forte atenuação da luz que atinge o solo da lagoa (devido à atenuação natural da radiação na água), levando a limitações na luz disponível, principalmente no inverno. Este fator tem como consequência a redução na biomassa de organismos microfitobentos, levando a que uma maior quantidade de nutrientes fique disponível no solo e seja, mais tarde, libertado para a coluna de água. Assim, graças a uma maior concentração de nutrientes na coluna de água, dá-se um aumento potencial de desenvolvimento de maiores concentrações de fitoplâncton e microalgas, potenciando também fenómenos de eutrofização na lagoa e na zona costeira adjacente. Adicionalmente, também o aumento da temperatura faz aumentar a concentração de nutrientes e baixar os níveis de oxigénio dissolvido na coluna de água.

Ou seja, com a subida do nível médio do mar, é expectável que a elevada quantidade e qualidade dos serviços dos ecossistemas prestados por este sistema no presente, sejam comprometidos.

5.

Considerações Finais

A avaliação das vulnerabilidades atuais permitiu quantificar as ameaças a que estão sujeitos cada um dos sítios protegidos pela Rede Natura 2000. Verificou-se que os locais onde o Índice Cumulativo de Ameaças (i.e., combinação da severidade das ameaças e do número das ameaças) é superior, localizam-se maioritariamente no litoral, no Barlavento e no Guadiana. As ameaças identificadas são muito diversificadas entre os vários sítios da Rede Natura 2000, em que a maioria das ameaças fazem-se sentir em apenas 1 ou 2 sítios, sendo as mais comuns, quer nos SIC's quer nas ZPE's, relacionadas com as atividades humanas. Este resultado, aponta para a necessidade de uma gestão local, adaptada à realidade de cada sítio.

Relativamente aos serviços de ecossistemas interiores prestados no território do Algarve, estes apresentaram-se maioritariamente associados às zonas de Florestas Mistas, Florestas de Coníferas, Floresta de folhosas e áreas de Pastagens naturais, que se encontram nas zonas montanhosas do Algarve. Da mesma forma, os serviços de regulação climática encontram-se também localizados nestas áreas, revelando a sua máxima importância. Neste contexto, é de referir o facto do balanço dos serviços de ecossistemas ser positivo, sendo a oferta superior à procura na Região. Contudo, é importante ressalvar que estes resultados poderão mudar num futuro próximo, caso os cenários de desertificação e empobrecimento da floresta se verifiquem.

Relativamente aos ecossistemas costeiros, também estes apresentam uma importância extrema no fornecimento de serviços para a região do Algarve, contribuindo com a criação de habitats para muitas espécies protegidas ou espécies com interesse comercial, purificação da água, proteção da linha de costa (prevenindo a erosão e a perda de território), ecoturismo, fornecimento de empregos, regulação climática (com a captação eficaz de carbono), entre outros. A importância destes ecossistemas é de tal forma elevada que é estimado que a Ria Formosa presta à população serviços no valor de cerca de 50 milhões de Euros anuais, sendo proveniente a grande maioria de serviços de regulação.

Quanto à conectividade, observou-se uma clara distinção entre a zona do Barlavento e do Sotavento. O Barlavento, por possuir um maior número de zonas naturais, reúne zonas onde a probabilidade de movimento é maior. Contudo, estas são, em geral, de pequena dimensão e circunscritas no espaço, refletindo a elevada pressão antropogénica que se faz sentir na zona, à exceção da serra de Monchique. O Sotavento apresentou, de um modo geral, uma probabilidade de movimento intermédia, por oferecer alguma resistência às movimentações, mas muito extensa no espaço, refletindo o tipo de ocupação do solo não artificializado que, apesar de não serem naturais, são solos permeáveis e com baixa densidade de vias de comunicação.

Os movimentos e potenciais rotas migratórias entre sítios da Rede Natura 2000 são encontrados, maioritariamente na zona do Barlavento. A isto deve-se a grande proximidade entre os sítios da Rede Natura 2000, diminuindo a distância necessária a percorrer. Contudo, foi também nesta zona onde foram identificados um maior número de pontos de estrangulamento, o que indica que a elevada conectividade potencial entre os sítios se deve a poucos corredores e de pequena dimensão, colocando em evidência a necessidade de criar redundâncias nos corredores. Também foi possível verificar que os altos níveis de conectividade nestes locais podem ser altamente comprometidos pela existência de vias de comunicação de larga escala. Adicionalmente, foi também identificada a necessidade de intervenção na zona Nordeste do Sotavento, entre o

Guadiana e o Caldeirão, que se encontram, maioritariamente, desconectados devido à grande distância entre sítios. Nesta perspetiva, os corredores ecológicos que existem ou estão projetados para a área, poderão desempenhar um papel fundamental.

A modelação das tipologias de habitat (Tabela 6), permitiu identificar tendências bastantes claras e consistentes. Por um lado, todas as tipologias de habitat interior modeladas apresentaram reduções na distribuição potencial no final do século, apresentando-se o RPC8.5 como o cenário que induz a uma maior redução nas áreas potenciais. Neste grupo de tipologias de habitat, verificou-se que a tipologia de Carvalhais ibéricos de *Quercus faginea* e *Quercus canariensis*, deixa potencialmente de existir no território algarvio até ao final do século (atendendo ao cenário RCP8.5). Também a tipologia Charcos temporários mediterrânicos com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Eryngio corniculatae-Preslietum cervinae*, potencialmente deixa de ocorrer quase na totalidade da região algarvia, ficando apenas com cerca de 2 km^2 de espaço climático no final do século, sob o cenário mais severo. Relativamente a este grupo de tipologias de habitats, observa-se ainda um movimento ou restrição às zonas montanhosas. Esta migração ou restrição parece ser progressiva ao longo do século, com o acentuar das alterações climáticas, consistente entre os dois cenários considerados, sendo, em geral, mais gravosas no cenário RCP8.5 do que no cenário RCP4.5.

Nos habitats litorais, as consequências das alterações climáticas aparentam ser de magnitude menor do que no grupo anterior. Das 14 tipologias analisadas, 2 aumentam o seu espaço climático no final do século, sob o cenário RCP8.5 (Arribas com vegetação das costas mediterrânicas com *Limonium* spp. endémicas com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Dittrichietum maritimi* e Subestepes de gramíneas e anuais da *Thero-Brachypodietea* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Armerio macrophyllae-Celticetum giganteae*) e 6 mantêm uma área total de espaço climático semelhante (Dunas litorais com *Juniperus* spp com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Daphno gnidii-Juniperetum navicularis*, Estepes salgadas mediterrânicas (*Limonietalia*) com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Limonietum lanceolati*, Dunas com prados de *Malcolmietalia* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Ononido variegatae-Linarietum pedunculatae*, Dunas litorais com *Juniperus* spp com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Rubio longifoliae-Coremetum albi*, Dunas com vegetação esclerófila da *Cisto-Lavanduletalia* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Celtico giganteae-Stauracanthetum vicentini* e Formações de *Cistus palhinhae* em charnecas marítimas com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Ulicetum erinacei*).

As tipologias mais suscetíveis às alterações climáticas (para o período de final de século no cenário RCP8.5) que, potencialmente deixam de existir na região do Algarve são: Dunas móveis do cordão litoral com *Ammophila arenaria* ("dunas brancas") com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Loto cretici-Ammophiletum arundinaceae*, Dunas litorais com *Juniperus spp* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Daphno gnidii-Juniperetum navicularis* e Formações de *Cistus palhinhae* em charnecas marítimas com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Genisto triacanthi-Cistetum palhinhae*.

Tal como no grupo de tipologia de habitats interiores, também no caso das tipologias de habitats litorais é possível observar um padrão no movimento ou restrição das tipologias à zona da Costa Sudoeste. Também neste grupo de tipologias, a migração ou restrição parece ser progressiva ao longo do século (embora com algumas oscilações a meio do século, principalmente no cenário RCP4.5) e consistente entre os dois cenários considerados, sendo, em geral, mais gravosas no cenário RCP8.5.

Assim, atendendo às progressivas restrições e/ou migrações das espécies diferenciadoras de cada tipologia de habitat ao longo do século, emergem vários locais de importância máxima para as diversas tipologias: as zonas montanhosas (principalmente a serra de Monchique e a serra do Caldeirão), para os habitats interiores, e a Costa Sudoeste, para a maioria dos habitats litorais. De realçar que ambos os locais se encontram, atualmente, protegidos a nível nacional e/ou internacional (i.e., parte da Rede Natura 2000). Todavia, é de realçar que, tanto os sítios de Monchique, como da Costa Sudoeste, apresentam-se atualmente altamente ameaçados, o que poderá comprometer a persistência de habitats e espécies que deles dependem ou que, potencialmente, poderão vir a depender.

Finalmente, em relação aos impactos da subida do nível médio do mar, é expectável a ocorrência de perdas na biodiversidade devido aos seus impactos (e.g. destruição de habitats). Para lagoas pouco profundas (como é o caso da Ria Formosa), o aumento da coluna de água, aliado ao aumento da temperatura da água, pode representar um acréscimo na quantidade de nutrientes disponíveis, aumentando os níveis de eutrofização. Também os impactos indiretos da subida do nível médio do mar podem apresentar consequências importantes para o setor, nomeadamente através do avanço da cunha salina. De facto, a salinidade é um dos fatores mais importantes na distribuição de várias espécies, principalmente as de transição rio-oceano. Em último caso, o avanço da cunha salina pode representar uma homogeneização taxonómica e funcional das espécies.

6.

Bibliografia

Alhinho, I., Oliveira, M., Oliveira, R., Cascalheira, S., Palma, L., Pinto, M.J., Beja, P., Inácio, R., Velez, M., Cruz, P., Brito, C.P., Silence, G., Gerling, T., Roque, P., Albano, C., Pagliani, M., Regato, P., 2002. A Landscape for People and Nature: the Southern Portugal Green Belt. Mértola.

Almeida, D., Neto, C., Esteves, L.S., Costa, J.C., 2014. The impacts of land-use changes on the recovery of saltmarshes in Portugal. Ocean Coast. Manag. 92, 40–49. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.02.008

APA, 2012. Plano de gestão das bacias hidrográficas que integram a Região hidrográfica das ribeiras do Algarve.

Aparício, B.A., Cascalho, J., Cruz, M.J., Borges, P.A. V, Azevedo, E.B., Elias, R.B., Ascensão, F., 2018. Assessing the landscape functional connectivity using movement maps: a case study with endemic Azorean insects. J. Insect Conserv. 22, 257–265. https://doi.org/10.1007/s10841-018-0059-7

Aparício, B.M.A., 2016. Climate Change implications on landscape functional connectivity: a case study with insects in Terceira Island, Azores. Universidade de Lisboa.

Barbosa, A., 2010. Seasonal and interannual variability of planktonic microbes in a mesotidal coastal lagoon (Ria Formosa, SE Portugal): impact of climatic changes and local human influences, in: Paerl, H., Kennish, M. (Eds.), Coastal Lagoons: Critical Habitats of Environmental Change. CRC Press, Taylor & Francis Group, Marine Science Book Series, Boca Raton, pp. 335–366.

Brito, A.C., Newton, A., Tett, P., Fernandes, T.F., 2012. How will shallow coastal lagoons respond to climate change? A modelling investigation. Estuar. Coast. Shelf Sci. 112, 98–104. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.09.002

Brown, J.L., Bennett, J.R., French, C.M., 2017. SDMtoolbox 2.0: the next generation Python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. PeerJ 5, e4095–e4095. https://doi.org/10.7717/peerj.4095

Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., Müller, F., 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. Ecol. Indic. 21, 17–29. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019

CCDR-A, 2007a. Indicadores de Desertificação no Algarve – Área Piloto de Combate à Desertificação.

CCDR-A, 2007b. Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve.

CCDR-A, 2007c. Plano Regional de Ordenamento do Território: Problemática da Desertificação. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve.

CCE, 1995. NATURA 2000 Standard Data Form: Explanatory Notes. Brussels.

CEC, 2007. Report to the European Parliament and the Council: An Evaluation of Integrated Coastal Zone Management (ICZM) in Europe. Bruxelas.

Chen, I.-C., Hill, J.K., Ohlemüller, R., Roy, D.B., Thomas, C.D., 2011. Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. Science 333, 1024–1026. https://doi.org/10.1126/science.1206432

Cloern, J.E., Jassby, A.D., Schraga, T.S., Nejad, E., Martin, C., 2017. Ecosystem variability along the estuarine salinity gradient: Examples from long-term study of San Francisco Bay. Limnol. Oceanogr. 62, S272–S291. https://doi.org/10.1002/lno.10537

CML, 2015. Retoma – Plano Diretor Municipal de Lagos, Anexo 2.

Coulon, A., Aben, J., Palmer, S.C.F., Stevens, V.M., Callens, T., Strubbe, D., Lens, L., Matthysen, E., Baguette, M., Travis, J.MJ., 2015. A stochastic movement simulator improves estimates of landscape connectivity. Ecology 96, 2203–2213. https://doi.org/10.1890/14-1690.1

da Gama, M.M., Sousa, J.P., Ferreira, C.S., Barrocas, H.M., 2000. Analysis of the distribution of endemic and rare arthropods in high endemism areas of Algarve-South Portugal. Pedobiologia (Jena). 44, 386–401. https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70057-8

Daily, G., 1997. Nature's services. Societal dependence on natural ecosystem. Island Press, Washington D.C.

EU, 2018. Copernicus Land Monitoring Service: European Digital Elevation Model (EU-DEM), version 1.0 [WWW Document].

EU, 2013. Guidelines on Climate Change and Natura 2000. https://doi.org/10.2779/29715

EU, 2012. Commission staff working document: European Overview (1/2) Accompanying the document report from the commission to the European Parliament and the Council on the Implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) River Basin Management Plans. Brussels.

García-Seoane, E., Dolbeth, M., Silva, C.L., Abreu, A., Rebelo, J.E., 2016. Changes in the fish assemblages of a coastal lagoon subjected to gradual salinity increases. Mar. Environ. Res. 122, 178–187. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.10.005

Geijzendorffer, I., Paula, A., Nieto, G., Roche, P., The Participants Of Mediterranean Ecosystem Services Working Group, E., 2016. Ecosystem services supply trends in the Mediterranean Basin. p. 108881.

Gomes, A., Camacho, S., 2017. Habitats of the Guadiana River estuary, in: Moura, D., Gomes, A., Mendes, I., Aníbal, J. (Eds.), . Universidade do Algarve, Faro, pp. 53–70.

Gregory, R.D., Willis, S.G., Jiguet, F., Voříšek, P., Klvaňová, A., van Strien, A., Huntley, B., Collingham, Y.C., Couvet, D., Green, R.E., 2009. An Indicator of the Impact of Climatic Change on European Bird Populations. PLoS One 4, e4678. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004678

Harvell, C.D., Mitchell, C.E., Ward, J.R., Altizer, S., Dobson, A.P., Ostfeld, R.S., Samuel, M.D., 2002. Climate Warming and Disease Risks for Terrestrial and Marine Biota. Science (80-.). 296, 2158–2162. https://doi.org/10.1126/science.1063699

Hong, B., Shen, J., 2012. Responses of estuarine salinity and transport processes to potential future sea-level rise in the Chesapeake Bay. Estuar. Coast. Shelf Sci. 104–105, 33–45. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.03.014

Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O.B., Bouwer, L.M., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Haensler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., Kröner, N., Kotlarski, S., Kriegsmann, A., Martin, E., van Meijgaard, E., Moseley, C., Pfeifer, S., Preuschmann, S., Radermacher, C., Radtke, K., Rechid, D., Rounsevell, M., Samuelsson, P., Somot, S., Soussana, J.-F., Teichmann, C., Valentini, R., Vautard, R., Weber, B., Yiou, P., 2014. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. Reg. Environ. Chang. 14, 563–578. https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2

Koch, E.W., 2001. Beyond Light: Physical, Geological, and Geochemical Parameters as Possible Submersed Aquatic Vegetation Habitat Requirements. Estuaries 24, 1. https://doi.org/10.2307/1352808

Lemoine, N., Schaefer, H.C., Bohning-Gaese, K., 2007. Species richness of migratory birds is influenced by global climate change. Glob. Ecol. Biogeogr. 16, 55–64. https://doi.org/10.1111/j.1466-822x.2006.00252.x

Malcolm, J.R., Liu, C., Neilson, R.P., Hansen, L., Hannah, L., 2006. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. Conserv. Biol. 20, 538–548. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00364.x

McRae, B.H., Dickson, B.G., Keitt, T.H., Shah, V.B., 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. Ecology 89, 2712–2724. https://doi.org/10.1890/07-1861.1

Monteiro-Henriques, T., Martins, MJ., Cerdeira, J.O., Silva, P., Arsénio, P., Silva, Á., Bellu, A., Costa, J.C., 2015. Bioclimatological mapping tackling uncertainty propagation: application to mainland Portugal. Int. J. Climatol. https://doi.org/10.1002/joc.4357

Newton, A., Brito, A.C., Icely, J.D., Derolez, V., Clara, I., Angus, S., Schernewski, G., Inácio, M., Lillebø, A.I., Sousa, A.I., Béjaoui, B., Solidoro, C., Tosic, M., Cañedo-Argüelles, M., Yamamuro, M., Reizopoulou, S., Tseng, H.-C., Canu, D., Roselli, L., Maanan, M., Cristina, S., Ruiz-Fernández, A.C., Lima, R.F. de, Kjerfve, B., Rubio-Cisneros, N., Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C., Pastres, R., Pranovi, F., Snoussi, M., Turpie, J., Tuchkovenko, Y., Dyack, B., Brookes, J., Povilanskas, R., Khokhlov, V., 2018. Assessing, quantifying and valuing the ecosystem services of coastal lagoons. J. Nat. Conserv. 44, 50–65. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2018.02.009

Newton, A., Icely, J.., Falcao, M., Nobre, A., Nunes, J.., Ferreira, J.., Vale, C., 2003. Evaluation of eutrophication in the Ria Formosa coastal lagoon, Portugal. Cont. Shelf Res. 23, 1945–1961. https://doi.org/10.1016/j.csr.2003.06.008

Nussey, D.H., 2005. Selection on Heritable Phenotypic Plasticity in a Wild Bird Population. Science (80-.). 310, 304–306. https://doi.org/10.1126/science.1117004

O'Donnell, M.S., Ignizio, D.A., 2012. Bioclimatic Predictors for Supporting Ecological Applications in the Conterminous United States. U.S Geol. Surv. Data Ser. 691 10.

Parmesan, C., Yohe, G., 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 421, 37–42. https://doi.org/10.1038/nature01286

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecol. Modell. 190, 231–259. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

Pinto, M.J., Sérgio, C., Melo, I., 2000. Estrutura do mosaico da vegetação serrana no nordeste algarvio: identificação de corredores ecológicos. Lisboa.

Pires, A.M., Cowx, I.G., Coelho, M.M., 1999. Seasonal changes in fish community structure of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana basin, Portugal. J. Fish Biol. 54, 235–249. https://doi.org/10.1006/jfbi.1998.0860

Ramos, J.A., Pedro, P., Matos, A., Paiva, V.H., 2013. Relation between climatic factors, diet and reproductive parameters of Little Terns over a decade. Acta Oecologica 53, 56–62. https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.09.001

Rangel, M.O., Pita, C.B., Gonçalves, J.M.S., Oliveira, F., Costa, C., Erzini, K., 2015. Eco-touristic snorkelling routes at Marinha beach (Algarve): Environmental education and human impacts. Mar. Policy 60, 62–69. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.05.017

REASE, 2018. Projeto REASE [WWW Document].

Rodríguez-Trelles, F., Rodríguez, M.A., 1998. Rapid micro-evolution and loss of chromosomal diversity in Drosophila in response to climate warming. Evol. Ecol. 12, 829–838. https://doi.org/10.1023/A:1006546616462

Romão, D.A.B., 2016. Alterações do uso e ocupação do solo e seus efeitos no fornecimento de serviços de ecossistemas. Caso de estudo do Algarve.

Root, T., Price, J., Hall, K., Schneider, S., 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature 421, 57–60. https://doi.org/10.1038/nature01309.1.

Rubidge, E.M., Patton, J.L., Lim, M., Burton, A.C., Brashares, J.S., Moritz, C., 2012. Climate-induced range contraction drives genetic erosion in an alpine mammal. Nat. Clim. Chang. 2, 285–288. https://doi.org/10.1038/nclimate1415

Sala, O.E., 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. Science (80-.). 287, 1770–1774. https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770

Sax, D.F., Gaines, S.D., 2008. Species invasions and extinction: The future of native biodiversity on islands. Proc. Natl. Acad. Sci. 105, 11490.

Sheridan, J.A., Bickford, D., 2011. Shrinking body size as an ecological response to climate change. Nat. Clim. Chang. 1, 401–406. https://doi.org/10.1038/nclimate1259

Teixeira, C.M., Gamito, R., Leitão, F., Cabral, H.N., Erzini, K., Costa, M.J., 2014. Trends in landings of fish species potentially affected by climate change in Portuguese fisheries. Reg. Environ. Chang. 14, 657–669. https://doi.org/10.1007/s10113-013-0524-5

Thomas, C.D., 2004. Extinction risk from climate change. Nature 427, 145–148.

TP, 2012. Birdwatching Guide To the Algarve.

Vasconcelos, P., Carvalho, A.N., Moura, P., Ramos, J., Gaspar, M.B., 2017. First record of Acanthurus monroviae (Osteichthyes: Perciformes: Acanthuridae) in southern Portugal, with notes on its recent distributional spread in the northeastern Atlantic and Mediterranean. Mar. Biodivers. 1–9. https://doi.org/10.1007/s12526-017-0653-z

Videira, N., van den Belt, M., Antunes, P., Santos, R., Gamito, S., 2004. Decision support in coastal zone management in the Ria Formosa, Portugal, in: van den Belt, M. (Ed.), Mediated Modeling: A Systems Dynamics Approach to Environmental Consensus Building. Island Press, Washington, DC, pp. 205–229.

Visser, M.E.E., Noordwijk, a. J. Van, Tinbergen, J.M.M., Lessells, C.M.M., 1998. Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (Parus major). Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 265, 1867–1870. https://doi.org/10.1098/rspb.1998.0514

Vowles, G.A., Vowles, R.S., 1993. The effect of drought on bird migration through Southern Portugal. Ringing Migr. 14, 143–147. https://doi.org/10.1080/03078698.1993.9674060

Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F., 2002. Ecological responses to recent climate change. Nature 416, 389–395. https://doi.org/10.1038/416389a

Westerling, A.L., Hidalgo, H.G., Cayan, D.R., Swetnam, T.W., 2006. Warming and Earlier Spring Increase Western U.S. Forest Wildfire Activity. Science (80-.). 313, 940–943. https://doi.org/10.1126/science.1128834

Wetzel, F.T., Beissmann, H., Penn, D.J., Jetz, W., 2013. Vulnerability of terrestrial island vertebrates to projected sea-level rise. Glob. Chang. Biol. 19, 2058–2070. https://doi.org/10.1111/gcb.12185

Wilensky, U., 1999. NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

7.

Anexos

	Uso do solo											
Classe	**Floresta**	**Agricultura natural**	**Urbano**	**Água**	**Floresta de produção**	**Zonas descobertas**	**Estradas**	**Vegetação natural**	**Agricultura heterogénea**	**Mono agricultura**	**Agricultura temporária**	**Pastagens**
Baixo nível de resistência	]1-10]	]10-20]	100	100	]40-60]	]20-40]	100	]1-10]	]30-50]	]50-70]	]50-70]	]20-40]
Médio nível de resistência	]1-10]	]20-40]	100	100	]60-80]	]40-60]	100	]1-10]	]50-70]	]70-90]	]70-90]	]40-60]
Alto nível de resistência	]1-10]	]40-60]	100	100	]80-100]	]60-80]	100	]1-10]	]70-90]	]80-100]	]80-100]	]60-80]
Muito alto nível de resistência	]1-10]	]60-80]	100	100	]90-100[	]80-100[	100	]1-10]	]90-100[	]90-100[	]90-100[	]80-100[

Tabela 2 Parametrização dos intervalos de resistências utilizados para as diferentes classes. Usos do solo classificados como Floresta, Urbano, Água e Vegetação Natural mantiveram-se inalteradas independentemente da classe de resistência considerada.

Variável Bioclimática	Definição	Importância biológica (O'Donnell e Ignizio, 2012)
Temperatura media anual	**-**	**Aproximação à energia total recebida por um ecossistema**
Amplitude media diária (média mensal)	**Média mensal da amplitude térmica diária**	**Relevância na flutuação da temperatura tolerada por cada espécie**
Isotermalidade	**Quantificação das variações de temperatura dia-noite**	**A distribuição de uma dada espécie pode ser influenciada por flutuações na temperatura mensal**
Sazonalidade da temperatura	**Variações da temperatura ao longo do ano**	**A distribuição de uma dada espécie pode ser influenciada por variações na temperatura de um mês, por comparação com a temperatura anual**
Temperatura máxima do mês mais quente	-	A distribuição de uma dada espécie pode ser influenciada por anomalias na temperatura máxima ao longo do ano
Temperatura mínima do mês mais frio	-	A distribuição de uma dada espécie pode ser influenciada por anomalias na temperatura mínima ao longo do ano
Amplitude térmica anual	Variações da amplitude térmica ao longo do ano	A distribuição de uma dada espécie pode ser influenciada por condições de temperatura extrema
Temperatura média do quarto mais molhado	Temperatura média durante os 3 meses com maior precipitação acumulada do ano	Este índice é útil para avaliar se este fator ambiental é útil para justificar a presença sazonal da espécie
Temperatura média do quarto mais seco	Temperatura média durante os 3 meses com menor precipitação acumulada do ano	Este índice é útil para avaliar se este fator ambiental é útil para justificar a presença sazonal da espécie
Temperatura média do quarto mais quente	Temperatura média durante os 3 meses com maior temperatura do ano	Este índice é útil para avaliar se este fator ambiental é útil para justificar a presença sazonal da espécie
Temperatura média do quarto mais frio	Temperatura média durante os 3 meses com menor temperatura do ano	Este índice é útil para avaliar se este fator ambiental é útil para justificar a presença sazonal da espécie
Precipitação anual	**-**	**Identificação da importância da disponibilidade de água para a distribuição da espécie**
Precipitação do mês mais molhado	-	Identificação se condições de precipitação extrema durante o

Variável Bioclimática	Definição	Importância biológica (O'Donnell e Ignizio, 2012)
		ano afeta a distribuição potencial da espécie
Precipitação do mês mais seco	-	Identificação se condições de precipitação extrema durante o ano afeta a distribuição potencial da espécie
Sazonalidade da precipitação	**Medida da variação na precipitação acumulada mensal ao longo do ano. Quanto maior a percentagem do índice, maior a sazonalidade da precipitação**	**A distribuição de uma dada espécie pode ser influenciada pela variabilidade na precipitação**
Precipitação do quarto mais molhado	Precipitação acumulada durante os 3 meses com maior precipitação acumulada do ano	Este índice é útil para avaliar se este fator ambiental é útil para justificar a presença sazonal da espécie
Precipitação do quarto mais seco	Precipitação acumulada durante os 3 meses com menor precipitação acumulada do ano	Este índice é útil para avaliar se este fator ambiental é útil para justificar a presença sazonal da espécie
Precipitação do quarto mais quente	Precipitação acumulada durante os 3 meses com temperatura mais elevada do ano	Este índice é útil para avaliar se este fator ambiental é útil para justificar a presença sazonal da espécie
Precipitação do quarto mais frio	Precipitação acumulada durante os 3 meses com temperatura menos elevada do ano	Este índice é útil para avaliar se este fator ambiental é útil para justificar a presença sazonal da espécie

Tabela 3 Listagem das variáveis climáticas geradas a partir dos dados dos modelos climáticos (Jacob et al., 2014), com a descrição da importância para a distribuição potencial das espécies. As variáveis utilizadas na modelação da distribuição potencial das espécies encontram-se identificadas a negrito

Tipologia de habitat	Correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal	Espécies diferenciadoras do habitat modeladas			
Arribas com vegetação das costas mediterrânicas com *Limonium* spp. Endémicas	Dittrichietum maritimi	*Dittrichia maritima*			
Estepes salgadas mediterrânicas (*Limonietalia*)	Limonietum lanceolati	*Limonium lanceolatum*	*Limonium ferulaceum*		
Dunas móveis do cordão litoral com *Ammophila arenaria* ("dunas brancas")	Loto cretici-Ammophiletum arundinaceae	*Ammophila arenaria subsp. arundinacea*	*Lotus creticus*		
Dunas fixas com vegetação herbácea ("dunas cinzentas")	Artemisio crithmifoliae-Armerietum pungentis	*Helichrysum picardii*	*Armeria pungens*	*Thymus carnosus*	
Dunas com prados de *Malcolmietalia*	Ononido variegatae-Linarietum pedunculatae	*Linaria pedunculata*	*Ononis variegata*	*Pseudorlaya pumila*	
	Herniario algarvicae-Linarietum ficalhoanae	*Linaria bipunctata subsp. glutinosa*	*Herniaria algarvica*		
Dunas litorais com *Juniperus* spp	Osyrio quadripartitae-Juniperetum turbinatae	*Juniperus turbinata*	*Antirrhinum cirrhigerum*		
	Rubio longifoliae-Corematum albi	*Corema album*			
	Daphno gnidii-Juniperetum navicularis	*Juniperus navicularis*	*Corema album*		
Dunas com vegetação esclerófila da Cisto-Lavanduletalia	Thymo camphorati-Stauracanthetum spectabilis	*Stauracanthus spectabilis*	*Thymus camphoratus*		
	Celtico giganteae-Stauracanthetum vicentini	*Thymus camphoratus*	*Corema album*	*Celtica gigantea*	
Charcos temporários mediterrânicos	Eryngio corniculatae-Preslietum cervinae	*Eryngium corniculatum*			
	Junco pygmaei-Isoetetum velati	*Juncus pygmaeus*			
	Campanulo paludosae-	*Agrostis*	*Pulicaria*	*Eryngium*	

Tipologia de habitat	Correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal	Espécies diferenciadoras do habitat modeladas			
	Agrostietum pourretii	*pourretii*	*paludosa*	*gallioides*	
Formações de *Cistus palhinhae* em charnecas marítimas	Genisto triacanthi-Cistetum palhinhae	*Cistus palhinhae*	*Genista triacanthos*	*Calluna vulgaris*	*Tuberaria lignosa*
	Ulicetum erinacei	*Ulex erinaceus*	*Cistus palhinhae*		
Subestepes de gramíneas e anuais da Thero-Brachypodietea	Armerio macrophyllae-Celticetum giganteae	*Celtica gigantea*	*Armeria macrophylla*	*Scilla odorata*	
Florestas-galerias junto aos cursos de água intermitentes mediterrânicos com *Rhododendron ponticum*, *Salix* e outras espécies	Campanulo primulifoliae-Rhododendretum pontici	*Rhododendron ponticum subsp. baeticum*	*Campanula primulifolia*	*Frangula alnus*	
Carvalhais ibéricos de *Quercus faginea* e *Quercus canariensis*		*Quercus broteroi*	*Aristolochia baetica*		

Tabela 4 Descrição das espécies previamente classificadas como diferenciadoras de cada tipologia de habitat. A distribuição espacial potencial de cada tipologia de habitat resulta da sobreposição de todas as espécies diferenciadoras de cada tipologia de habitat

Locais em interação		Nível de resistências			
		Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Monchique	Caldeirão	1,29	1,49	1,61	1,68
Monchique	Costa Sudoeste	0,14	0,21	0,25	0,28
Monchique	Barrocal	4,70	5,90	6,66	7,09
Monchique	Arade/Odelouca	0,13	0,15	0,17	0,17
Monchique	Ria Alvor	6,71	9,02	10,55	11,57
Caldeirão	Ria formosa/Castro Marim	3,46	4,32	4,95	5,24
Caldeirão	Guadiana (Nordeste)	1,48	1,70	1,88	1,97
Caldeirão	Guadiana (Este)	8,98	10,60	12,11	12,84
Caldeirão	Ribeira de Quarteira	6,05	7,94	9,18	9,65
Caldeirão	Barrocal	0,06	0,06	0,07	0,07
Caldeirão	Cerro da Cabeça	6,63	8,41	9,65	10,13
Caldeirão	Arade/Odelouca	4,85	5,75	6,21	6,50
Costa Sudoeste	Arade/Odelouca	8,30	10,25	11,02	11,77
Costa Sudoeste	Ria Alvor	7,93	10,51	12,14	13,27
Ria formosa/Castro Marim	Guadiana	3,92	4,83	5,54	5,87
Ria formosa/Castro Marim	Ribeira de Quarteira	14,67	18,30	20,65	21,70
Ria formosa/Castro Marim	Barrocal	9,88	11,82	13,11	13,75
Ria formosa/Castro Marim	Cerro da Cabeça	5,53	7,19	8,38	8,84
Guadiana	Barrocal	8,12	9,36	10,22	10,63
Ribeira de Quarteira	Barrocal	4,42	5,86	6,77	7,14
Ribeira de Quarteira	Cerro da Cabeça	18,45	23,03	26,06	27,26
Ribeira de Quarteira	Arade/Odelouca	13,48	17,16	19,38	20,39
Barrocal	Cerro da Cabeça	13,47	16,32	18,26	19,06
Barrocal	Arade/Odelouca	6,54	8,20	9,15	9,70
Arade/Odelouca	Ria Alvor	10,34	13,63	15,55	16,90

Tabela 5 Quantificação das resistências entre sítios da Rede Natura 2000 considerados (locais em interação) provenientes do software CircuitScape. Os resultados encontram-se divididos por classe de nível de resistência considerado. Valores próximo de 0 indicam grande facilidade na troca de indivíduos entre os locais, enquanto valores progressivamente mais altos indicam gradualmente maior dificuldade de comunicação biológica entre os locais. Não existe limite superior para os valores de resistência.

ID	Tipologia de habitats
Tipologia 1	Carvalhais ibéricos de *Quercus faginea* e *Quercus canariensis*
Tipologia 2	Charcos temporários mediterrânicos com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Eryngio corniculatae-Preslietum cervinae*
Tipologia 3	Charcos temporários mediterrânicos com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Pulicario paludosae-Agrostietum pourretii*
Tipologia 4	Charcos temporários mediterrânicos com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal Junco *pygmaei-Isoetetum velati*
Tipologia 5	Florestas-galerias junto aos cursos de água intermitentes mediterrânicos com *Rhododendron ponticum*, Salix e outras espécies com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Campanulo primulifoliae-Rhododendretum pontici*
Tipologia 6	Dunas móveis do cordão litoral com *Ammophila arenaria* ("dunas brancas") com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Loto cretici-Ammophiletum arundinaceae*
Tipologia 7	Dunas fixas com vegetação herbácea ("dunas cinzentas") com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Artemisio crithmifoliae-Armerietum pungentes*
Tipologia 8	Arribas com vegetação das costas mediterrânicas com *Limonium spp.* endémicas com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Dittrichietum maritimi*
Tipologia 9	Estepes salgadas mediterrânicas (*Limonietalia*) com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Limonietum lanceolati*
Tipologia 10	Dunas com prados de *Malcolmietalia* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Ononido variegatae-Linarietum pedunculatae*
Tipologia 11	Dunas com prados de *Malcolmietalia* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Herniario algarvicae-Linarietum ficalhoanae*
Tipologia 12	Dunas litorais com *Juniperus spp* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Osyrio quadripartitae-Juniperetum turbinatae*
Tipologia 13	Dunas litorais com *Juniperus spp* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Rubio longifoliae-Corematum albi*
Tipologia 14	Dunas litorais com *Juniperus spp* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Daphno gnidii-Juniperetum navicularis*
Tipologia 15	Dunas com vegetação esclerófila da *Cisto-Lavanduletalia* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Thymo camphorati-Stauracanthetum spectabilis*
Tipologia 16	Dunas com vegetação esclerófila da *Cisto-Lavanduletalia* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Celtico giganteae-Stauracanthetum vicentini*
Tipologia 17	Formações de *Cistus palhinhae* em charnecas marítimas com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Genisto triacanthi-Cistetum palhinhae*
Tipologia 18	Formações de *Cistus palhinhae* em charnecas marítimas com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Ulicetum erinacei*
Tipologia 19	Subestepes de gramíneas e anuais da *Thero-Brachypodietea* com correspondência fitossociológica ao nível da associação vegetal *Armerio macrophyllae-Celticetum giganteae*

Tabela 6 Numeração atribuída a cada uma das tipologias de habitats estudadas

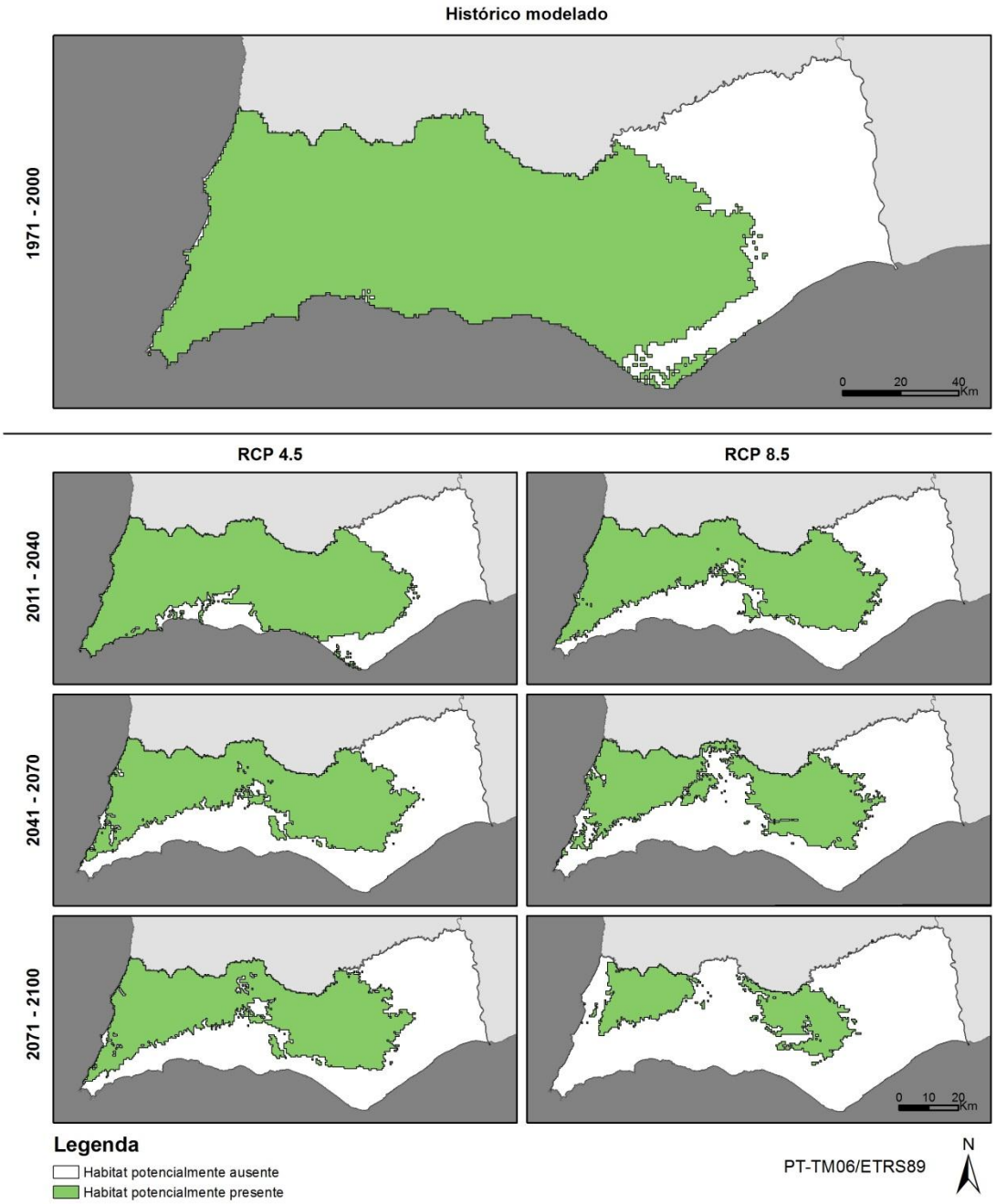

Figura 31 Distribuição potencial da tipologia de habitat 4, para cada período e cenários considerados na análise

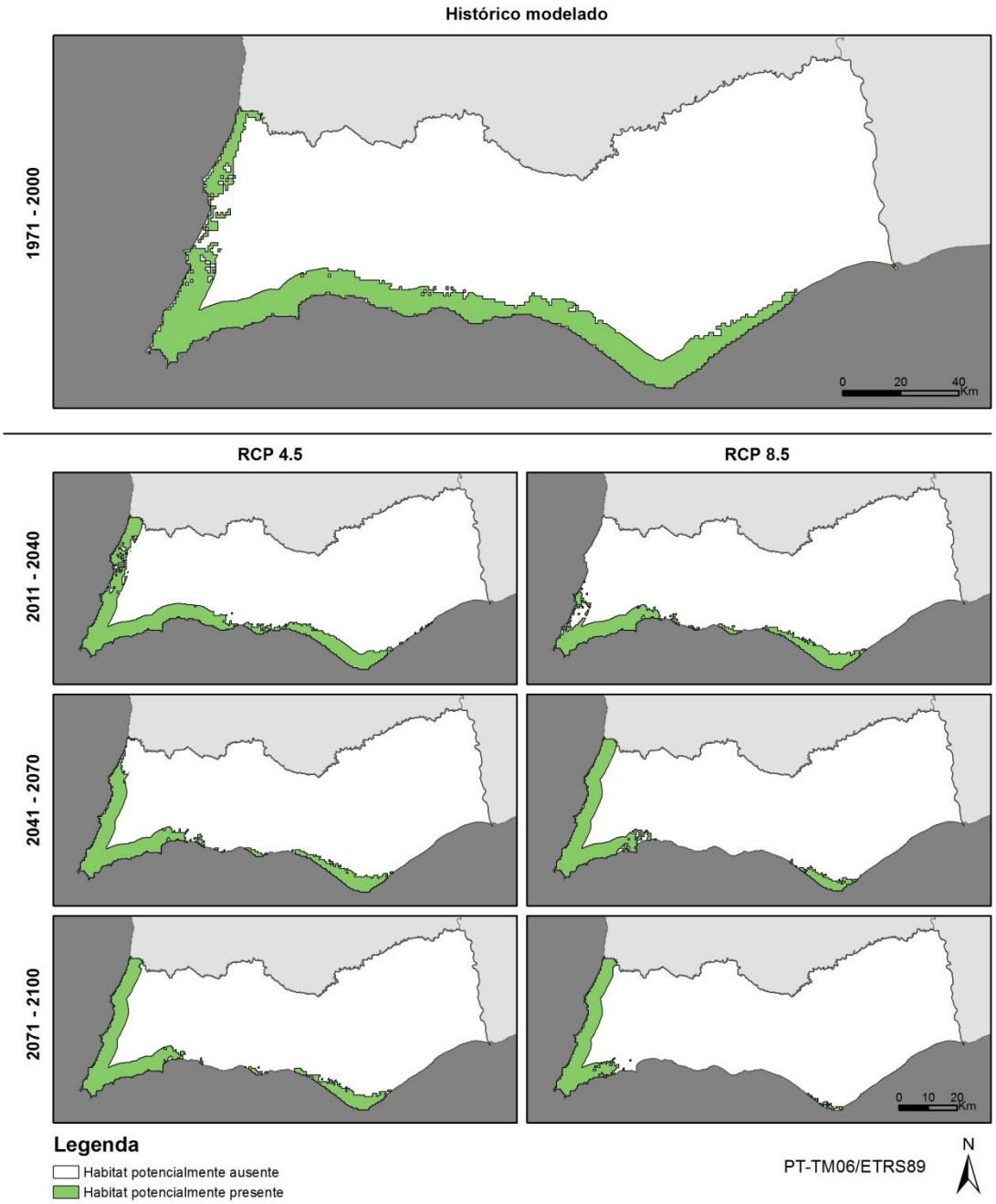

Figura 32 Distribuição potencial da tipologia de habitat 7, para cada período e cenários considerados na análise

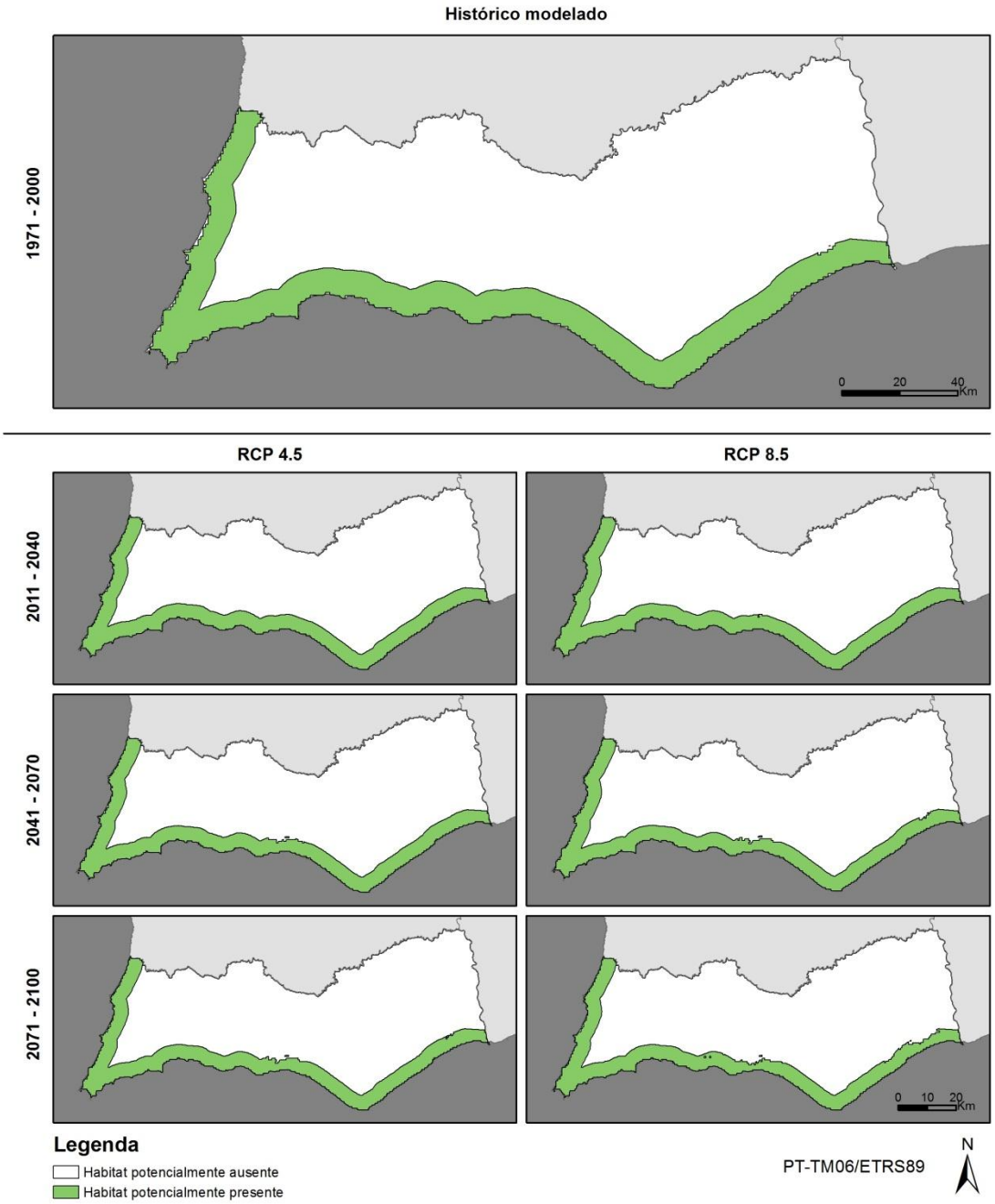

Figura 33 Distribuição potencial da tipologia de habitat 9, para cada período e cenários considerados na análise

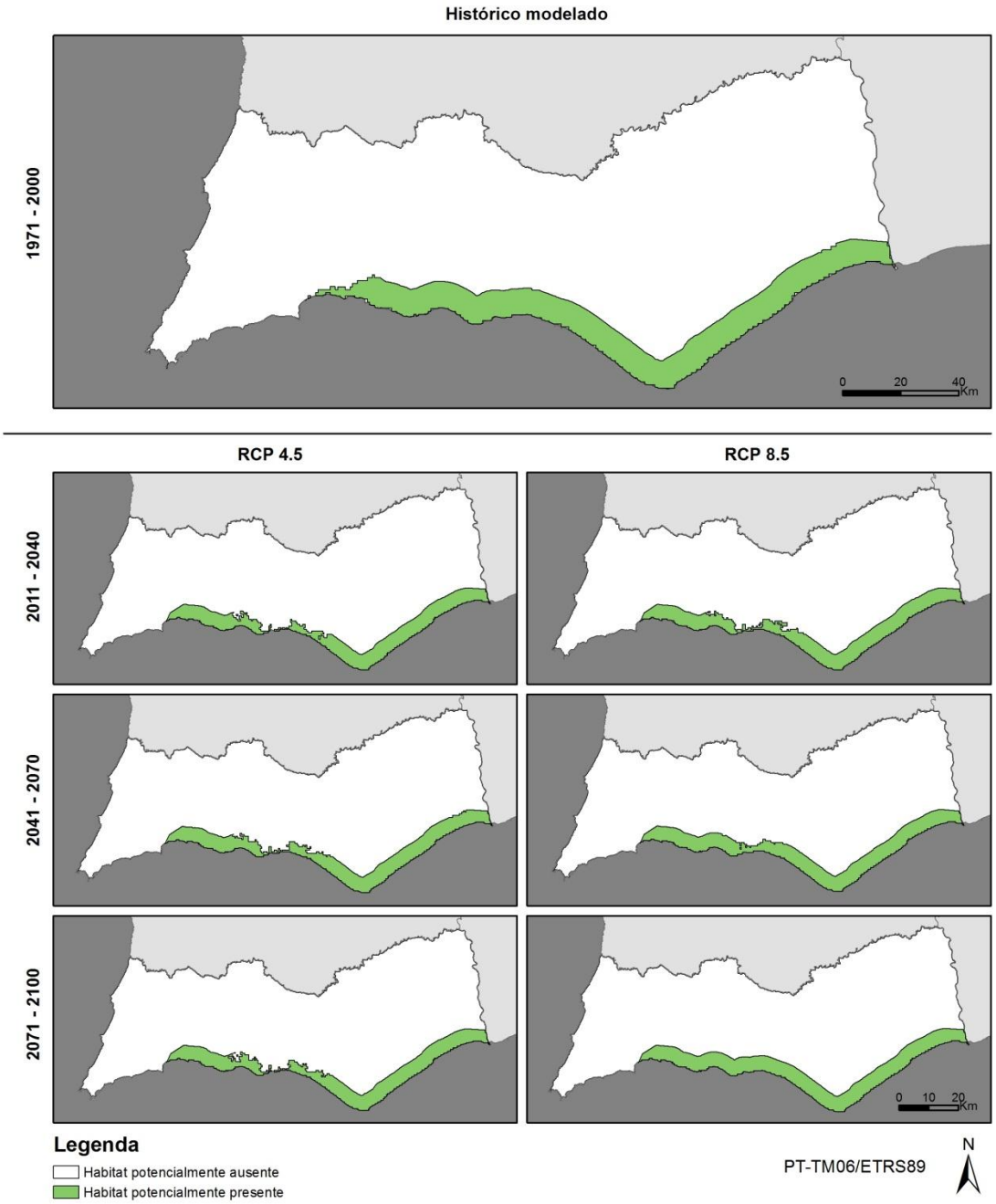

Figura 34 Distribuição potencial da tipologia de habitat 10, para cada período e cenários considerados na análise

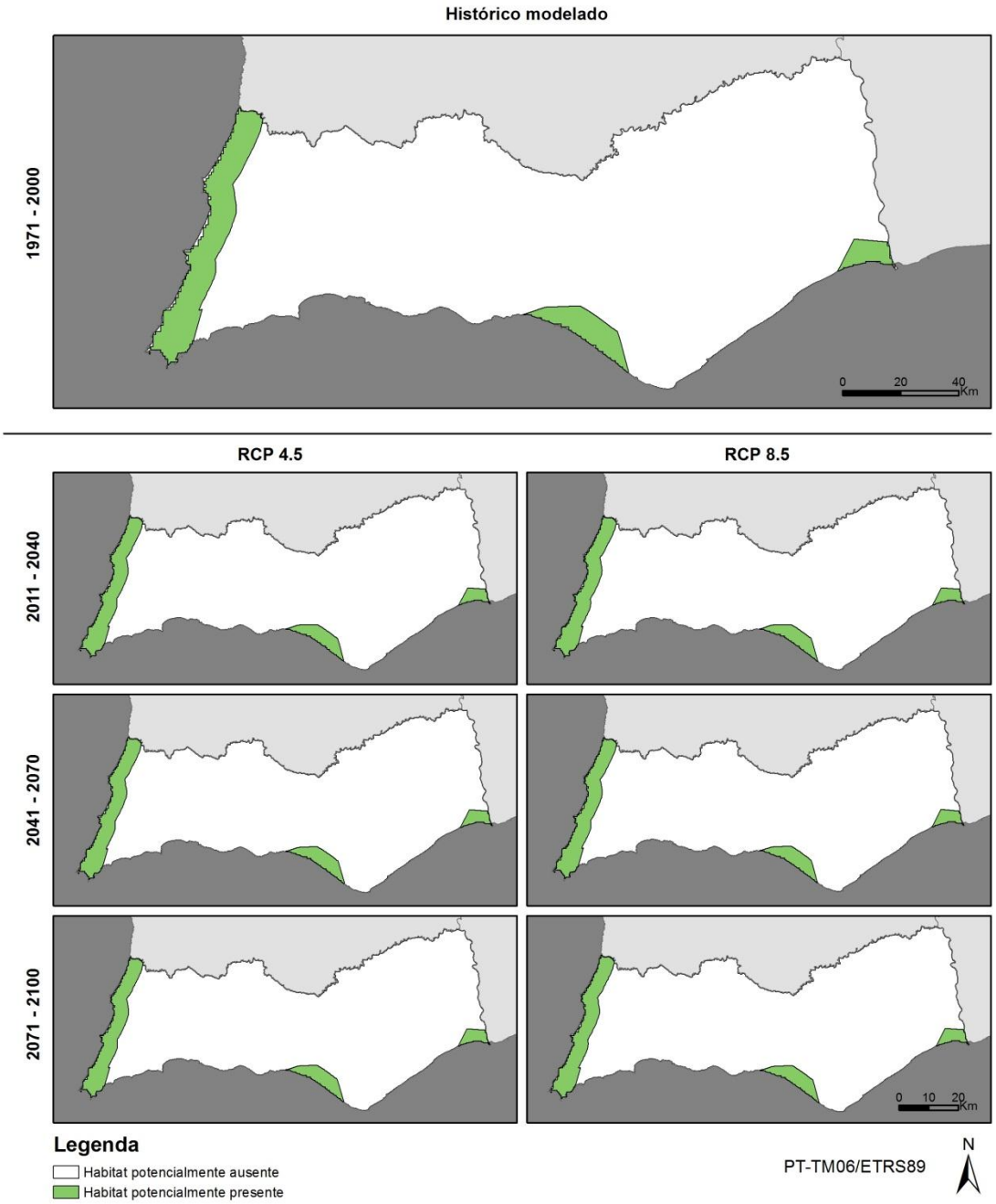

Figura 35 Distribuição potencial da tipologia de habitat 13, para cada período e cenários considerados na análise

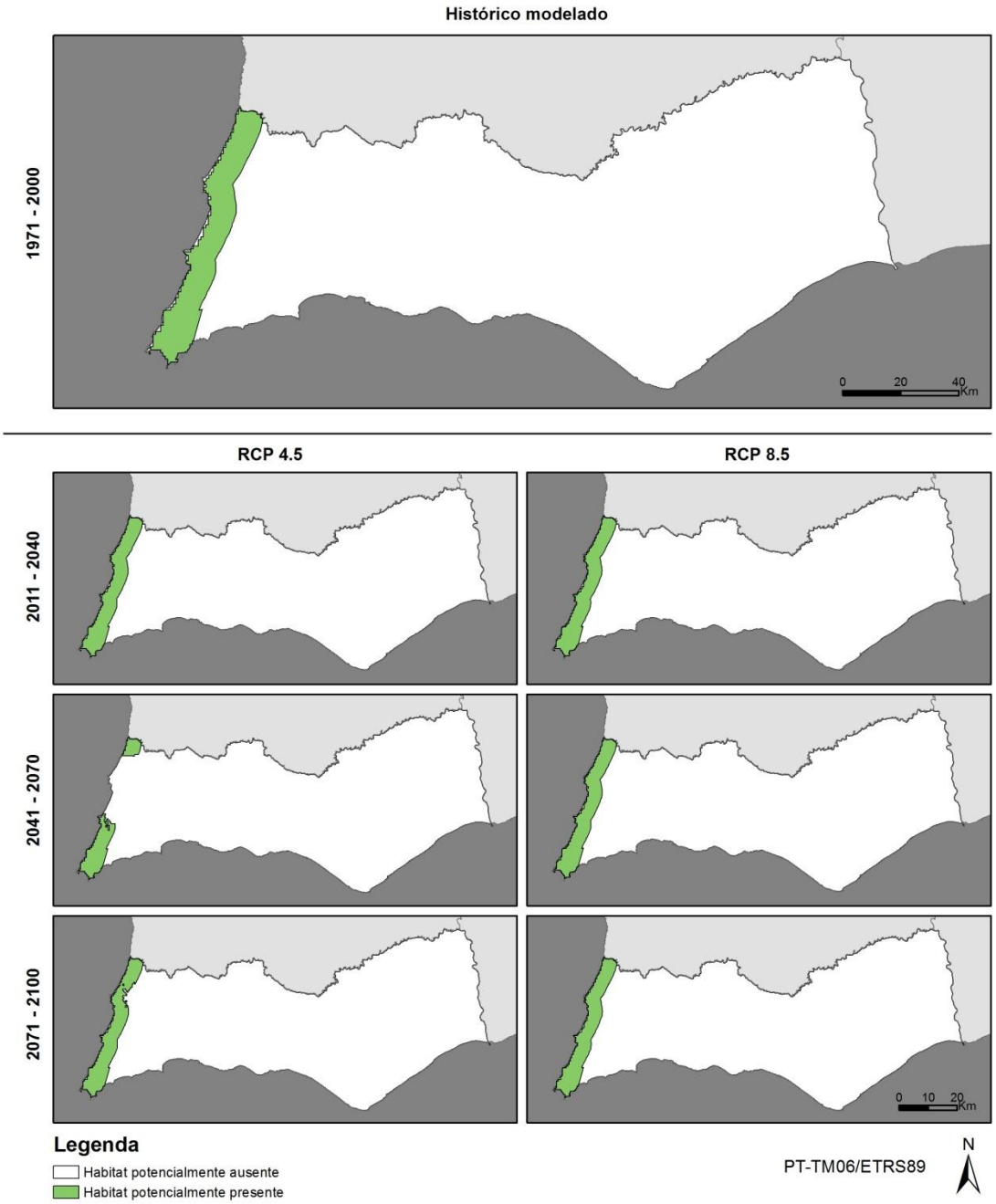

Figura 36 Distribuição potencial da tipologia de habitat 16, para cada período e cenários considerados na análise

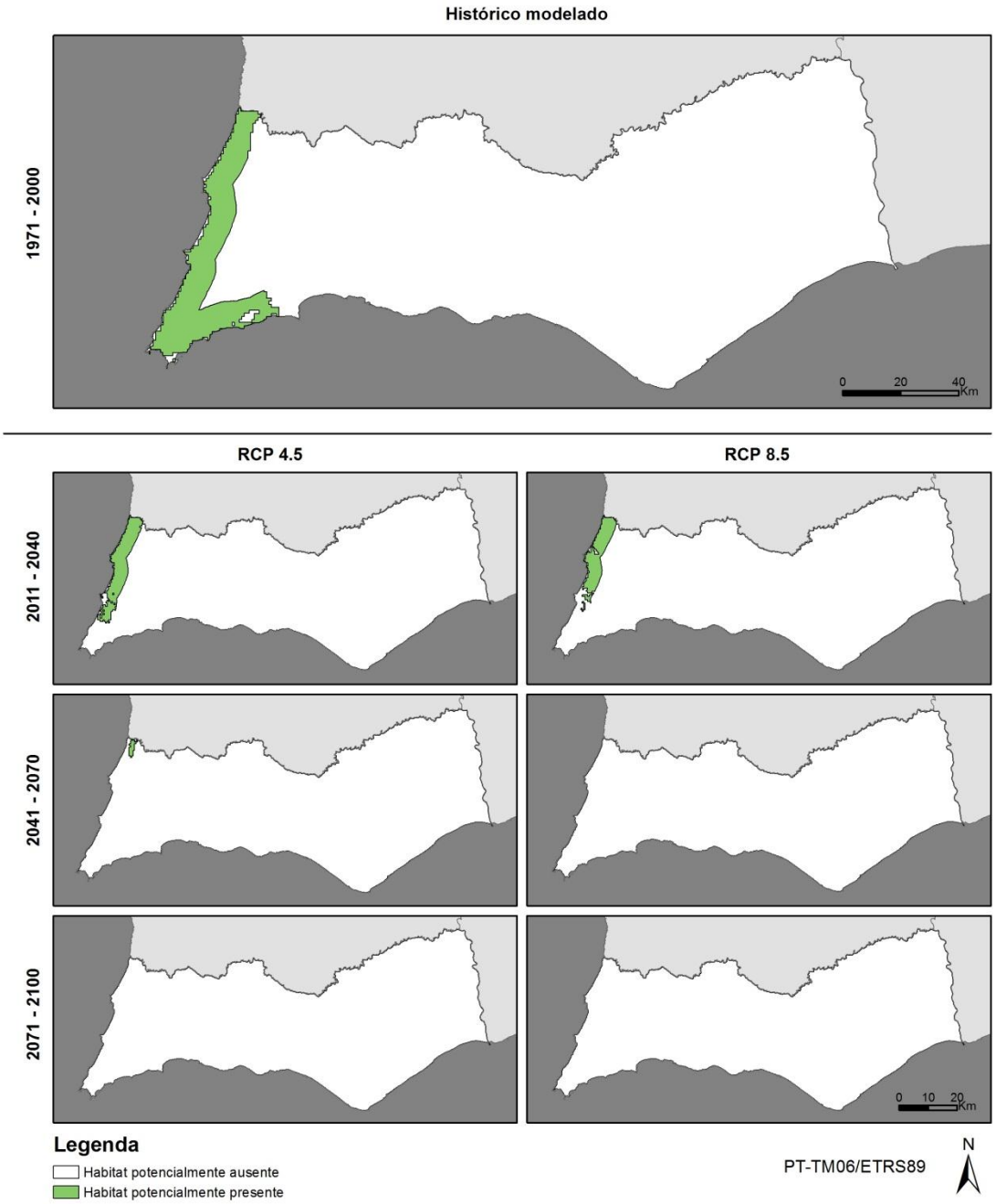

Figura 37 Distribuição potencial da tipologia de habitat 17, para cada período e cenários considerados na análise

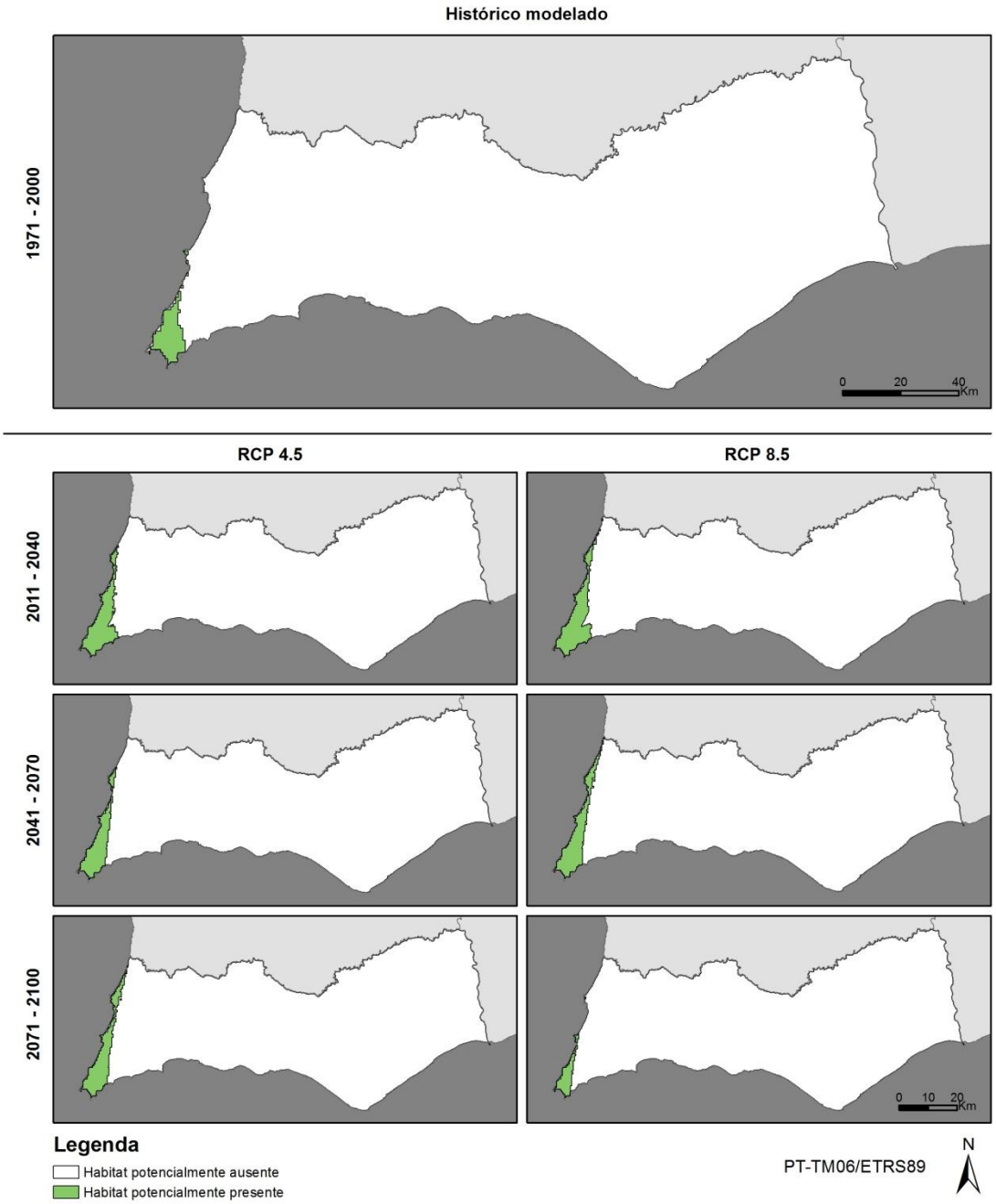

Figura 38 Distribuição potencial da tipologia de habitat 18, para cada período e cenários considerados na análise

8.

Equipa Técnica

Coordenação Executiva/Científica
Luís Filipe Dias (CCIAM/cE3c/FCUL)

Coordenação Não Executiva
Filipe Duarte Santos (CCIAM/cE3c/FCUL)

CCIAM/cE3c/FCUL:
Ana Lúcia Fonseca (*Stakeholder Engagement*)
André Oliveira (Saúde humana, Segurança de Pessoas e Bens)
Andreia Ferreira (Segurança de Pessoas e Bens)
Bruno Aparício (Biodiversidade, Clima)
Helena Santos (Agricultura, Florestas)
Hugo Costa (Turismo)
Inês Morais (Recursos Hídricos)
João Pedro Nunes (Recursos Hídricos, Fogos Florestais)
Luís Filipe Dias (Clima, Recursos Hídricos, Segurança de Pessoas e Bens, Ordenamento do Território)
Ricardo Coelho (Energia, Transportes e Comunicações)
Sidney Batista (Clima)
Tomás Calheiros (Fogos Florestais)

CIMA/UAlgarve:
Cristina Veiga-Pires (**Coordenação UAlgarve**)
Delminda Moura (Zonas Costeiras)
Erwan Garel (Cunha Salina)
Flávio Martins (Cunha Salina)
Isabel Mendes (Zonas Costeiras)
João Janeiro (Cunha Salina)
Luciano Junior (Cunha Salina)
Rita Carrasco (Zonas Costeiras)
Ruwan Sampath (Zonas Costeiras)
Susana Costas (Zonas Costeiras)

Bentley Systems Portugal:
David Brito (Cheias e Inundações)
Frank Braunschweig (**Coordenação Bentley**)
Luís Fernandes (Cheias e Inundações)

AMAL
Comunidade Intermunicipal do Algarve

POSEUR
PROGRAMA OPERACIONAL SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA NO USO DE RECURSOS

PORTUGAL 2020

UNIÃO EUROPEIA
Fundo de Coesão