

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

Departamento de Biologia Animal



**Alterações Climáticas e Biodiversidade:
Avaliação da Vulnerabilidade e Medidas de Adaptação
para a Herpetofauna Portuguesa**

Tiago da Cunha Barros Alves da Costa

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental

2013

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

Departamento de Biologia Animal



**Alterações Climáticas e Biodiversidade:
Avaliação da Vulnerabilidade e Medidas de Adaptação
para a Herpetofauna Portuguesa**

Tiago da Cunha Barros Alves da Costa

Dissertação de Mestrado orientada por:

Doutora Maria João Cruz

Professor Doutor Rui Rebelo

Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental

2013

Agradecimentos

Não seria possível terminar este trabalho, concluindo mais uma etapa da minha vida, sem a participação de várias pessoas.

Para estas pessoas vai o meu profundo agradecimento, pelo seu apoio, pela sua paciência, por me divertirem, por me darem força e por me guiarem.

Agradeço ao excelente grupo de trabalho que encontrei no grupo de investigação CCIAM, um muito obrigado a todos, sem exceção, por me receberem tão bem e por me ajudarem a evoluir.

Um agradecimento especial aos meus orientadores, Maria João Cruz e Rui Rebelo, pela sua disponibilidade e paciência ao longo deste demorado processo. Seria impossível realizar esta tese sem a sua orientação.

Agradeço também à Emília Silva e Paula Rito Araújo do ICNF, fazendo parte da entidade responsável pela biodiversidade em Portugal, colaboraram neste processo, e mostraram sempre grande disponibilidade em ajudar.

Quero também agradecer às pessoas que já me acompanham há muitos anos, a minha família, pais e irmãos que me acompanham praticamente todos os dias, e aos meus amigos pelo incansável apoio e incentivo.

E o agradecimento mais especial para a pessoa que me completa, que me dá forças só por existir, e que será sempre o meu maior apoio em todas as situações. Obrigado Joana.

Índice

1. Introdução Geral	1
1.1. Cenários de Alterações Climáticas	2
1.2. Impactos das Alterações Climáticas na Biodiversidade	4
1.3. Impactos das Alterações climáticas na Herpetofauna	9
1.3.1. Anfíbios	9
1.3.2. Répteis	11
1.4. Adaptação às Alterações Climáticas	14
1.5. Objectivos	15
2. Metodologia	16
2.1. Avaliação da Vulnerabilidade	16
2.1.1. Impacto Climático	17
2.1.2. Capacidade Adaptativa	19
2.2. Identificação de Espécies-Alvo	20
2.3. Proposta de medidas de adaptação	21
3. Resultados	22
3.1. Avaliação da Vulnerabilidade	22
3.1.1. Anfíbios	22
3.1.2. Répteis	24
3.2. Espécies-Alvo	25
4. Discussão	35
4.1. Avaliação da Metodologia	35
4.2. Vulnerabilidade da Herpetofauna	37
4.3. Espécies-alvo	38
4.4. Adaptação	39
4.5. Considerações Finais	41
5. Referências Bibliográficas	43
6. Lista de Anexos	48

Índice de Figuras e Tabelas

Figura 1 – Esquema das alterações esperadas nas variáveis climáticas devido ao aumento da concentração de gases com efeito de estufa (GEE).	3
Figura 2 – Projecção do aumento do nível médio do mar de 1990 a 2100 baseado em três diferentes cenários de emissão.	6
Figura 3 - Esquema conceptual da Vulnerabilidade da Biodiversidade às Alterações Climáticas. 8	
Figura 4 – Parâmetros de avaliação de Vulnerabilidade.	16
Figura 5 - Componentes de avaliação de Impacto Climático: sensibilidade e exposição climática.....	17
Figura 6 – Área de actividade das medidas de adaptação propostas.	33
Figura 7 - Medidas de adaptação propostas na reunião temática identificadas por sector da ENAAC.	33
Tabela I – Atribuição de Categorias de Vulnerabilidade, através de resultados do Impacto Climático e Limitação da Capacidade Adaptativa das espécies.....	17
Tabela II - Categorias de impacto climático para valores de sobreposição de distribuições bioclimáticas	19
Tabela III – Características ecológicas do inquérito de avaliação da limitação da capacidade adaptativa das espécies	20
Tabela IV – Valores de Impacto Climático, de Restrição da Capacidade Adaptativa e consequentes categorias de Vulnerabilidade das espécies de Anfíbios, em dois cenários climáticos e no espaço temporal [2051-2080].	22
Tabela V - Valores de Impacto Climático, de Restrição da Capacidade Adaptativa e consequentes categorias de Vulnerabilidade das espécies de Répteis, em dois cenários climáticos e no espaço temporal [2051-2080].	24
Tabela VI – Lista de espécies-alvo e justificações..	26
Tabela VII - Lista de medidas de adaptação resultantes da reunião com peritos..	30

Resumo

As alterações climáticas constituem uma ameaça, cada vez mais reconhecida, para a biodiversidade. Os répteis e, especialmente, os anfíbios encontram-se entre os grupos de fauna mais vulneráveis pois apresentam uma relação estreita com as variáveis climáticas, estando muitos deles dependentes de corpos de água, e apresentarem uma capacidade de dispersão limitada. No presente estudo pretendeu-se avaliar a vulnerabilidade das espécies dos dois grupos referidos em Portugal, seleccionar espécies-alvo de medidas específicas de adaptação para reduzir a vulnerabilidade às alterações climáticas, e identificar medidas de adaptação para esse efeito. Este estudo contribui para a implementação da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas para o sector da biodiversidade, da responsabilidade do Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas.

De uma forma geral, prevê-se maior vulnerabilidade para espécies que se encontram já confinadas ao Norte do território, ou que se encontram já com efectivos populacionais reduzidos e muito fragmentadas. No caso das espécies aquáticas espera-se um grande aumento da sua vulnerabilidade às alterações climáticas devido aos impactos esperados neste tipo de habitats. O grupo dos anfíbios apresenta um maior número de espécies-alvo para conservação face às alterações climáticas comparativamente com os répteis. Este resultado era esperado, atendendo à grande dependência de habitats aquáticos por parte dos anfíbios e das características biológicas distintas deste grupo. Com a colaboração de peritos em herpetofauna e técnicos do ICNF foram ainda identificadas vinte e nove medidas de adaptação para reduzir a vulnerabilidade destes grupos às alterações climáticas.

Palavras-chave: herpetofauna; alterações climáticas; vulnerabilidade; adaptação.

Abstract

Climate change is increasingly recognized as a threat to biodiversity. Reptiles and especially amphibians are among the most vulnerable groups since they have a close dependence with climatic variables, with many species being reliant on water bodies and presenting a limited dispersal capacity. In this thesis the vulnerability of the species of the two groups present in Portugal was assessed, target species for adaptation were selected and specific adaptation measures were identified. This study contributes to the implementation of the National Climate Change Adaptation Strategy for the biodiversity sector, assisting the Institute for Nature Conservation and Forestry, which is responsible for this sector. In general, it is expected an increased vulnerability to species already confined to the northern part of the territory, or that already exist in a few small and very fragmented populations. In the case of aquatic species a large increase in its vulnerability to climate change is expected, due to expected climate impacts on aquatic habitats. Amphibians have a larger number of target species for conservation, compared with reptiles. This was expected, given the high dependence on water habitats by amphibians and the distinct biological characteristics of these two groups. With the assistance of herpetofauna experts and ICNF collaborators, twenty-nine adaptation measures to reduce vulnerability to climate change of these groups were also identified.

Key Words: herpetofauna; climate change; vulnerability; adaptation.

1. Introdução Geral

As alterações climáticas são um fenómeno cíclico, com registos históricos de mudanças climatéricas do planeta ao longo do tempo. Têm agora um agravamento e aceleração do seu processo natural, devido à acção humana, sendo designadas por “Alterações Climáticas Antropogénicas” (PECSAC, 2009).

Estas alterações são consideradas como um dos maiores desafios ambientais à escala mundial no século XXI, sendo provocadas por emissões de gases com efeito de estufa (GEE) resultantes das mais diversas actividades humanas. De entre os gases com efeito de estufa, os principais são o Dióxido de Carbono (CO₂), o Metano (CH₄), e o Óxido Nitroso (N₂O), que são libertados em grandes quantidades na queima de combustíveis fósseis, como o petróleo, carvão ou gás natural e também através do processo de deflorestação (Cruz e Avelar, 2010).

Como já foi referido, as alterações climáticas têm uma probabilidade elevada de se agravarem durante o século XXI e terão impactos geralmente negativos sobre os sistemas naturais e sociais, embora alguns possam ser positivos, sobretudo a curto prazo. Os impactos poderão ser visíveis em todos os sistemas naturais e sociais, incluindo saúde humana, recursos hídricos, biodiversidade, pescas, agricultura, zonas costeiras, turismo ou energia (Cruz e Avelar, 2010). Os impactos esperados devido às alterações climáticas variam enormemente conforme a localização geográfica (EEA, 2008).

Embora o maior risco se situe a médio e longo prazo, existem já alguns sinais de impactos das alterações climáticas em alguns sectores como os recursos hídricos, a agricultura, as pescas e a biodiversidade. As alterações na biodiversidade podem ser já observadas tanto em alterações da área de distribuição das espécies (EEA, 2008), como também na mudança fenológica de várias espécies, animais e vegetais, como é o exemplo da chegada antecipada de aves migradoras (EEA, 2008; Lindén, 2011).

1.1. Cenários de Alterações Climáticas

Os modelos climáticos são instrumentos de grande importância no estudo das alterações climáticas porque permitem, simulando todo o sistema climático à escala global, interpretar o comportamento recente do clima e obter cenários do clima futuro (SIAM, 2006).

Os relatórios do IPCC (Internacional Panel on Climate Change) apresentam os cenários normalmente utilizados por base na maioria dos estudos de impactos futuros, adaptação e mitigação às alterações climáticas (Aguiar e Santos, 2007; IPCC, 2007).

Estes cenários tentam prever e detalhar o rumo das sociedades e avanço tecnológico, não sendo mais que tendências extrapoladas a nível social, demográfico, económico e tecnológico, originando descrições de possíveis futuros (Cruz e Avelar, 2010). É indispensável considerar estes aspectos ao tentar prever e estudar a dimensão das alterações climáticas e seus impactos, bem como as melhores estratégias para adaptação e mitigação (Aguiar e Santos, 2007).

As alterações climáticas irão fazer-se notar a vários níveis, afectando de diferentes maneiras, directamente e indirectamente a biodiversidade. Estas alterações incluem o aumento da temperatura, diminuição de precipitação e humidade relativa, variação da intensidade dos ventos, aumento da radiação solar e aumento da frequência e intensidade dos eventos extremos (SIAM, 2006). Na figura 1 estão representadas as principais alterações esperadas, sendo que a magnitude dessas alterações é muito variável, dependendo do cenário de emissões utilizado.

O projecto SIAM II (2006) apresenta cenários das alterações climáticas, a nível biofísico, económico e social, bem como os seus impactos potenciais sobre os recursos hídricos, zonas costeiras, agricultura, florestas, pescas, energia e saúde, e medidas de adaptação a tais mudanças, em Portugal Continental, ao longo do século XXI. A projecção de vários modelos indica os seguintes cenários gerais para Portugal para os próximos 100 anos (adaptada de SIAM, 2006):

- A precipitação diminuirá entre 20 a 40%, sendo esta redução mais intensa na zona Sul do território continental;
- Aumento de 4°C a 7°C na temperatura média do ar entre 2000 - 2100, acompanhado por um incremento da frequência e intensidade de ondas de calor;

- Aumento do nível médio do mar entre 25 cm a 110 cm até 2080, afectando ecossistemas costeiros;
- Aumento da frequência e intensidade de eventos extremos como secas e cheias.

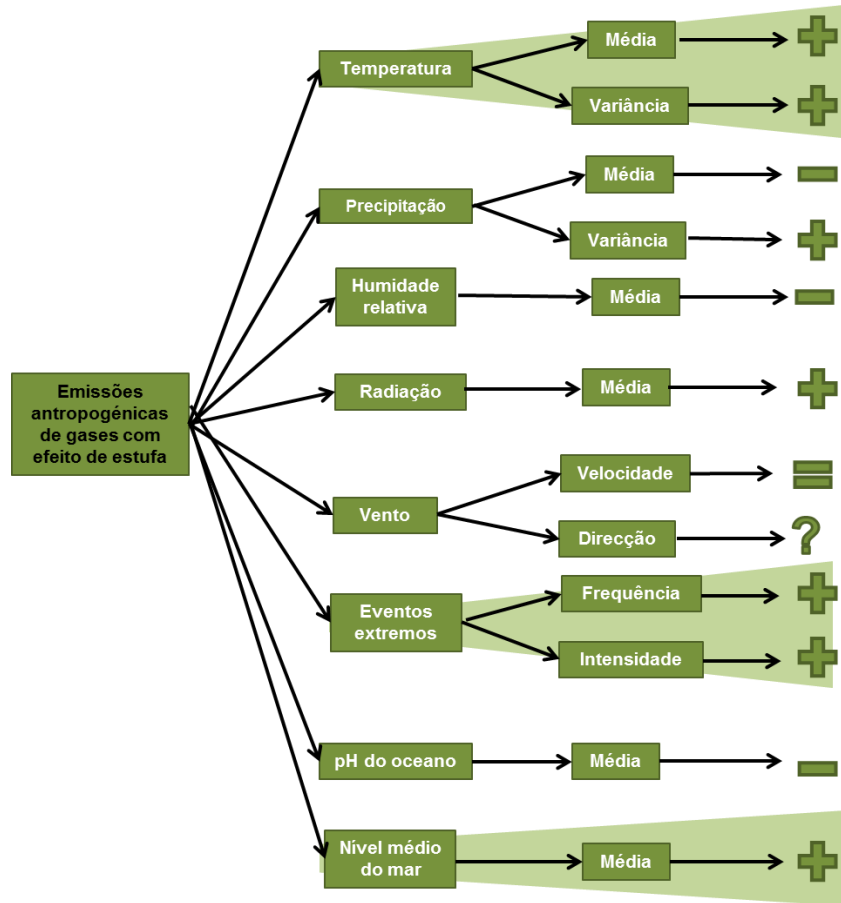


Figura 1 – Esquema das alterações esperadas nas variáveis climáticas devido ao aumento da concentração de gases com efeito de estufa (GEE). As alterações onde existe maior certeza estão realçadas com um cone verde (Fonte: CCIAM).

1.2. Impactos das Alterações Climáticas na Biodiversidade

Vários estudos já realizados em sistemas biológicos, a todos os níveis, confirmaram impactos significativos nas últimas décadas devido às alterações climáticas (Pagiola *et al.*, 2004; Araújo *et al.*, 2006; EEA, 2008). Contudo, as implicações maiores nos ecossistemas ainda não são completamente reconhecidas devido às complexas relações sinérgicas dos mesmos, sendo necessário considerar as interações entre as várias componentes dos ecossistemas e os impactos indirectos que daí advêm (Cuttelod *et al.*, 2008; Bagne *et al.*, 2011).

De seguida são apresentados os principais impactos das alterações climáticas na biodiversidade:

O aumento das temperaturas médias, máximas e mínimas de uma forma acelerada irá originar impactos directos que variam de espécie para espécie. Populações que se encontrem no limite de tolerância de temperatura ou segura da espécie, ou com distribuições geográficas limitadas ou fragmentadas, correm grande risco de extinção (Hickling *et al.*, 2006). Por outro lado, há a possibilidade de colonização de novas espécies que passam a ter condições mais favoráveis para a sua expansão, ocupando áreas deixadas vagas por espécies que perdem território ou que possam mesmo extinguir-se. São esperadas imigrações de espécies com características mediterrânicas ou subtropicais, havendo porém limitações à migração, que podem ser barreiras geográficas de origem antropogénica, ou mesmo a baixa capacidade de dispersão de certas espécies (Cruz e Avelar, 2010). Com as alterações de temperatura é também prevista uma mudança no ciclo de vida das espécies, ou seja, uma alteração na sua fenologia, que poderá levar em alguns casos a dessincronizações que poderão ter efeitos muito negativos para espécies que apresentem relações de interdependência (Both e Marvelde, 2007; Pörtner e Farrell, 2008).

Espera-se que a diminuição da precipitação afecte espécies pouco adaptadas a climas secos, devido ao aumento do stress hídrico. Com menores volumes de precipitação, os corpos de água permanentes perdem quantidade e também qualidade da água, enquanto que nos temporários altera-se a sua duração anual, tal como o volume de água na sua fase inundada (EEA, 2008). A diminuição da precipitação afecta ainda o caudal de rios e ribeiras, e conduz a uma alteração nos níveis de salinidade em estuários, afectando espécies pouco tolerantes a alterações de salinidade (Cruz e Avelar, 2010).

É expectável também uma variação na intensidade dos ventos que está relacionada com o regime de correntes oceânicas, interligado com a Oscilação do Atlântico Norte (NAO) (SIAM, 2006). A costa portuguesa é regularmente banhada pela corrente das Canárias, que traz água fria do Norte. Quando a NAO é

positiva, esta corrente irá prevalecer todo o ano. Quando a NAO é forte e negativa, os ventos de Sul e Sudoeste serão predominantes e a corrente das Canárias é temporariamente revertida, afectando muitas espécies de ictiofauna (Frouin *et al.*, 1990).

Esta alteração afectará igualmente a agitação marítima, ou seja, o ângulo de ataque das ondas, a altura e força da onda e a turbulência superficial da água. Esta rotação do clima de agitação marítima poderá influenciar o transporte de ovos e larvas para locais longe da área de desova, resultando numa elevada taxa de mortalidade, bem como na alteração do ciclo de vida de espécies com baixa capacidade natatória ou pouca capacidade de dispersão ou colonização (SIAM, 2002).

A radiação solar será em média superior à dos dias de hoje, apresentando consequências directas na evapotranspiração, aumentando o stress hídrico a que muitos grupos de flora estão sujeitos, tendo também implicações nos níveis de produtividade vegetal. O aumento dos níveis de radiação UV-B tem também impactos em algumas espécies de anfíbios que apresentam grande sensibilidade a esta radiação durante o seu desenvolvimento embrionário (Smith *et al.*, 2000).

Os oceanos são um dos principais sumidouros de carbono do planeta. Com o aumento das emissões de GEE, o aumento da percentagem de dióxido de carbono atmosférico dissolvido provoca uma acidificação da água do mar (Hendriks e Duarte, 2010). O valor de pH diminuiu de 8.2 na era pré-industrial para os actuais 8.1 e prevê-se que no futuro chegue aos valores de 8.0 em 2050, e 7.7 - 7.9 em 2100 (EEA, 2008). Esta alteração pode parecer pouco significativa mas trará consequências, nomeadamente na formação de estruturas orgânicas com conteúdo mineral, como por exemplo a aragonite, associada à formação de conchas e esqueletos de um grande grupo de organismos marinhos. Nestes, ocorrerá uma menor taxa de calcificação (11 a 40% menor) (Lovejoy e Hannah, 2005; Blackford, 2010).

A subida do nível médio do mar é um dos impactos das alterações climáticas que poderá afectar bastante os ecossistemas costeiros, tais como os estuários.

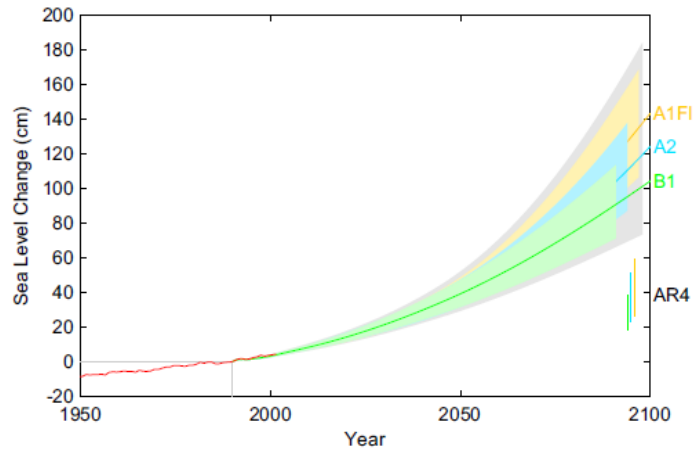


Figura 2 – Projecção do aumento do nível médio do mar de 1990 a 2100 baseado em três diferentes cenários de emissão (Fonte: IPCC, 2007).

As projecções para o futuro apresentam uma subida do nível médio do mar até ao final do século de 0,75 a 1,9 metros (Figura 2) (IPCC, 2007). Esta subida, em conjunto com a elevada pressão demográfica junto à orla costeira, poderá levar a níveis de pressão insustentáveis para habitats costeiros como as dunas, arribas e sapais, fenómeno denominado de “compressão costeira”. Estes fenómenos interferem também com a dinâmica do caudal dos rios, diminuindo o seu fluxo, e também afectando o transporte de sedimentos. As zonas litorais sedimentares (praias e arribas) sofrerão ainda uma maior erosão, podendo chegar a perder um metro por ano (Cruz e Aguiar, 2010).

Estudos recentes indicam um aumento da frequência e intensidade dos eventos extremos. As secas irão ser mais frequentes, assim como episódios de ondas de calor mais extensas e quentes, estando ligados com o aumento da temperatura média e da variabilidade de temperaturas (EEA, 2008; Planton *et al.*, 2008). No extremo oposto, estimam-se menos dias frios, aumentando conseqüentemente a época de crescimento das plantas. Aumentará o risco de destruição de habitats com o aumento de ocorrência de tempestades fortes, e de enxurradas repetidas que poderão também levar à extinção de algumas espécies menos preparadas para suportar estes eventos climáticos extremos (IPCC, 2007).

Para além dos impactos directos, existe ainda o risco de ocorrerem vários impactos indirectos. Por exemplo, associado ao aumento da intensidade dos ventos na estação seca está o aumento de evapotranspiração e da secura dos solos que, juntamente com o aumento da temperatura e a redução da precipitação e humidade, aumenta o risco de ocorrência de incêndios (Giannakopoulos *et al.*, 2009). Com

mais episódios de incêndios e com ecossistemas perturbados pelas alterações do clima, aumenta a oportunidade de propagação de espécies invasoras, que poderão ser muito beneficiadas pelas alterações que ocorrerem no meio, tais como a diminuição de precipitação no verão, o aumento de deposição de azoto nos solos, alteração nos regimes de perturbação e o aumento de ondas de calor (SIAM, 2002; PECSAC, 2009).

Outro exemplo de impactos indirectos é o efeito das alterações climáticas nos corpos de água que, por sua vez, afecta todas as espécies dependentes destes habitats para se reproduzirem, como é o caso de muitas espécies de anfíbios (Cruz e Avelar, 2010). Para os ecossistemas fluviais prevê-se a diminuição da conectividade vertical e longitudinal, com perda de alguns habitats (SIAM, 2006). Os charcos temporários também deverão sofrer uma diminuição do período de alagamento, principalmente durante a primavera, o que pode afectar as espécies que se reproduzem nessa altura do ano. De entre os charcos temporários, os dunares que são bastante vulneráveis devido à sua baixa capacidade de retenção de água, relacionada com a própria natureza do solo, e à menor densidade de vegetação (Cruz e Avelar, 2010).

A avaliação de impactos é complexa, com várias implicações diferentes nos ecossistemas. No entanto, um dos impactos mais acessíveis à modelação consiste na avaliação das potenciais alterações das áreas de distribuição das espécies sob diferentes cenários climáticos (Lovejoy e Hannah, 2005; Harley, 2011).

Os modelos bioclimáticos caracterizam as relações estatísticas entre a distribuição actual de uma dada espécie e um conjunto de variáveis climáticas (Araújo, 2012), produzindo uma área potencial de distribuição actual da espécie. Posteriormente, são utilizados cenários de climas futuros para projectar as áreas de distribuição potencial dessa espécie. Exemplos destas análises podem ser encontrados em vários estudos actuais, como no Iberia Change, um projecto que contribui para a análise dos impactos directos das alterações climáticas na distribuição dos vertebrados terrestres (Araújo, 2012) ou no projecto “Climate change and the Natura 2000 network: assessments of species and habitat vulnerability” (Harley, 2011). Estes dois projectos serviram de base para a metodologia desta dissertação. Na figura 3 está representado um esquema conceptual da vulnerabilidade de uma espécie às alterações climáticas e dos vários factores que a condicionam.

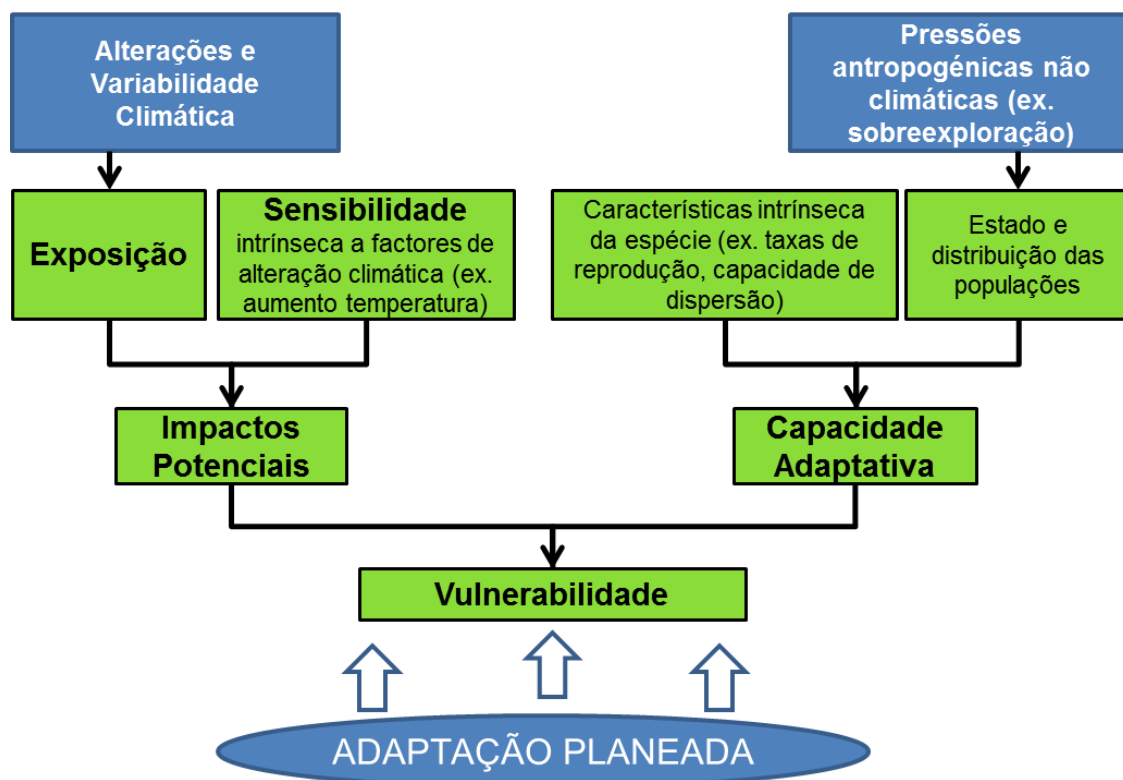


Figura 3 - Esquema conceptual da Vulnerabilidade da Biodiversidade às Alterações Climáticas (Fonte: CCIAM).

Em Portugal, os estudos sobre os impactos das alterações climáticas na biodiversidade têm sido escassos e limitados a alguns sectores. O projecto SIAM fez um primeiro estudo integrado sobre os impactos e adaptação às alterações climáticas em Portugal, tendo produzido dois livros onde os resultados sectoriais são apresentados (SIAM, 2002 e SIAM, 2006). Do projecto SIAM resultaram ainda dois projectos a nível municipal, um para Sintra (PECSAC, 2009) e o outro para Cascais (PECSAC, 2010). Para além dos SIAM, existem ainda alguns estudos com o objectivo de estudar o clima costeiro presente e futuro de Portugal e seus impactos nas comunidades biológicas, mais propriamente para ecossistemas estuarinos (Cabral *et al.*, 2001; Primo *et al.*, 2009; Vinagre *et al.*, 2011). Foram também efectuados estudos sobre determinadas populações de peixes dulçaquícolas em Portugal, tendo em conta a variabilidade de factores ambientais e consequentes impactos (Magalhães *et al.*, 2002; Magalhães *et al.*, 2003).

Embora alguns destes estudos já demonstrem impactos a ocorrer no território nacional, existe ainda grande desconhecimento das alterações que poderão surgir, sendo esta dissertação importante para contribuir na identificação de impactos e vulnerabilidades no sector da Biodiversidade.

1.3. Impactos das Alterações climáticas na Herpetofauna

Dois grupos bastante vulneráveis às alterações climáticas são os anfíbios e répteis (Araújo *et al.*, 2006). Várias espécies destes dois grupos encontram-se em populações muito fragmentadas e vulneráveis, e estima-se que as alterações climáticas previstas aumentem a vulnerabilidade destes grupos (Rebelo *et al.*, in press; Gibbons *et al.*, 2000)

A distribuição da herpetofauna ibérica é extremamente marcada pela influência de duas regiões biogeográficas diferentes, a Atlântica, na região Noroeste e na faixa mais setentrional da Península e no Sistema Central Ibérico, e a Mediterrânica, cuja influência é predominante no resto da Península (MAOT, 2002; Alves *et al.*, 2008). Esta diferença de habitats e ecossistemas criou, ao longo do tempo, múltiplas oportunidades para a fragmentação da distribuição de várias espécies. Este efeito pode ser visto ao nível da subestruturação genética evidenciada actualmente por muitas espécies (Loureiro *et al.*, 2008).

1.3.1. Anfíbios

A fauna portuguesa de anfíbios é representada por dezanove espécies nativas, doze pertencentes à ordem dos anuros e sete à ordem dos caudados (Tabela VI). Sete destas espécies são endemismos ibéricos (*Chioglossa lusitanica*; *Lissotriton boscai*; *Triturus pygmaeus*; *Alytes cisternasii*; *Discoglossus galganoi*; *Rana iberica* e *Pelodytes ibericus*). A versão Portuguesa do Livro Vermelho dos Vertebrados de 2005 identifica duas espécies “Vulneráveis” (*Chioglossa lusitanica* e *Lissotriton helveticus*) e uma espécie “Quase Ameaçada” (*Discoglossus galganoi*). De realçar ainda que algumas espécies estão a ser alvo de revisões taxonómicas podendo no futuro ocorrer alterações, como são os casos de *Triturus pygmaeus*/*Triturus marmoratus pygmaeus*, e também de *Pelodytes puntactus* e *Pelodytes ibericus* (Rebelo *et al.*, in press; Loureiro *et al.*, 2008). Neste estudo serão consideradas como distintas as duas espécies de *Triturus* e *Pelodytes*, devido à existência de dados de distribuição para cada uma, possibilitando a avaliação da sua vulnerabilidade em separado.

Os anfíbios encontram-se em todo o território continental, com diferentes preferências de regiões com climas atlânticos ou mediterrânicos, seja com uma distribuição pela faixa litoral ou pelo interior do país. Muitas das espécies de anfíbios encontram-se em populações fragmentadas, regiões montanhosas,

em locais húmidos, geralmente na proximidade de rios, ribeiras ou charcos. Embora algumas espécies estejam bem representadas em todo o território (e.g. *Bufo bufo*), muitas apresentam já limitações de distribuição, estando confinadas a certas regiões do território, como o exemplo de *Alytes obstetricans*, ausente a Sul do rio Tejo (com a excepção de um isolado populacional na serra de São Mamede), ou *Hyla meridionalis* que se encontra distribuída nas zonas Centro e Sul do país, sendo o rio Mondego o limite Norte da sua área de ocorrência (Loureiro *et al.*, 2008). Algumas populações encontram-se isoladas na sua área meridional de distribuição, havendo aí uma maior probabilidade de extinção local, como por exemplo os casos de *Rana iberica* e *Alytes obstetricans*.

Existem vários factores de ameaça para esse grupo, sendo os principais relacionados com a destruição e fragmentação dos habitats, alteração da composição florestal autóctone com a implementação crescente de monoculturas, o abandono da agricultura tradicional a poluição dos cursos de água por efluentes industriais e domésticos, e claro, as alterações climáticas (Loureiro *et al.*, 2008).

Os anfíbios são dos grupos de vertebrados mais vulneráveis às alterações climáticas (D'Amen e Bombi, 2009). São seres ectotérmicos, sem mecanismo interno que regule a temperatura. No entanto, a sua dependência do meio aquático para a reprodução é o principal factor de vulnerabilidade. Parte do ciclo de vida é aquático (fase morfofisiológica larvar) e, mesmo em adultos, após a metamorfose e transição para habitat terrestre, necessitam de manter a sua pele nua húmida para realizarem trocas gasosas (respiração cutânea) na grande maioria das espécies (Vitt e Caldwell, 2009). A pele dos anfíbios é portanto, um órgão essencial para complementar um sistema pulmonar simples, com uma superfície alveolar de dimensões reduzidas e incapaz de suprir as necessidades ecológicas dos indivíduos. Estão, por isso, muito dependentes da qualidade e quantidade de corpos de água existentes (Beebee e Griffiths, 2005; Loureiro *et al.*, 2008).

São também animais com limitações na sua capacidade de colonização e dispersão, apresentando baixa mobilidade, e estando distribuídos muitas vezes em habitats fragmentados ou com barreiras à sua dispersão (topografia, barreiras antropogénicas) (Araújo *et al.*, 2006 Loureiro *et al.*, 2008).

Os principais impactos (directos e indirectos) das alterações climáticas que se esperam para os anfíbios são:

- O aumento da temperatura, que poderá ter um efeito bastante negativo para populações cujo limiar superior de temperatura venha a ser ultrapassado (Loureiro *et al.*, 2008);

- A diminuição da precipitação, que afectará os habitats de reprodução, por exemplo, levando à seca de charcos temporários (Cabral *et al.*, 2005; Araújo *et al.*, 2006);
- Com o aumento da temperatura aumenta a probabilidade de surgirem mais fogos florestais, podendo levar à seca de charcos temporários e à destruição de habitats importantes como galerias ripícolas e florestas (Cabral *et al.*, 2005);
- A alteração da fenologia de certas espécies poderá surgir como um impacto indirecto, podendo o desfasamento do ciclo de vida de espécies de invertebrados que façam parte da sua dieta, alterar a composição da comunidade de presas (Lovejoy e Hannah, 2005);
- Poderão surgir novas espécies exóticas predadoras (especialmente peixes de água doce e lagostins), que por se alimentarem de ovos, larvas e adultos de anfíbios, põem em causa a sobrevivência das suas populações (Cabral *et al.*, 2005; Cruz *et al.*, 2006);
- Com o progressivo aumento da temperatura e o aumento das radiações ultravioleta, poderão surgir epidemias, aproveitando a aparente diminuição das defesas imunitárias deste grupo causadas, pelo stress fisiológico a que estarão sujeitos (Cabral *et al.*, 2005; Pounds *et al.*, 2006).

1.3.2. Répteis

Este grupo é representado por vinte e oito espécies presentes no território nacional, dezasseis da ordem Sauria, dez da ordem das Serpentes e duas da ordem Testudines (Tabela VI). Entre as vinte e oito espécies estão sete endemismos ibéricos (*Blanus cinereus*; *Lacerta schreiberi*; *Iberolacerta monticola*; *Podarcis bocagei*; *Podarcis carbonelli*; *Chalcides bedriagai* e *Vipera seoanei*). Segundo o Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal, duas espécies estão classificadas como “Quase Ameaçadas” (*Acanthodactylus erythrurus* e *Psammodromus hispanicus*), cinco espécies como “Vulneráveis” (*Hemidactylus turcicus*; *Iberolacerta monticola*; *Podarcis carbonelli*, *Coronella austriaca* e *Vipera latastei*) e duas espécies “Em Perigo” (*Emys orbicularis* e *Vipera seoanei*) (Cabral *et al.*, 2005).

No presente, existem muitas espécies distribuídas por todo o território continental, como o caso de *Lacerta lepida*, *Psammodromus algirus* e *Malpolon monspessulanus*, embora também se verifique o oposto, com espécies a apresentar distribuições muito reduzidas e restritas a poucas populações, como

Vipera seoanei, com apenas três subpopulações no extremo Norte do país, *Iberolacerta monticola* que se encontra restrita a uma área aproximada de 57km² no planalto da Serra da Estrela ou *Podarcis bocagei* com distribuição registada exclusivamente a Norte do rio Douro (Loureiro *et al.*, 2008).

Os principais factores de ameaça para os répteis são sobretudo as alterações de microhabitats húmidos e o isolamento geográfico de certas espécies como por exemplo *Iberolacerta monticola* ou *Acanthodactylus erythrurus*. Estão ameaçadas também devido à actividade agro-florestal intensiva, alteração de zonas florestais autóctones para monoculturas e por fogos florestais. A grande ocupação das redes viárias e a sua progressiva expansão provoca também uma alta taxa de mortalidade a várias espécies. As espécies aquáticas encontram-se mais ameaçadas pela poluição industrial e doméstica dos corpos de água (Loureiro *et al.*, 2008).

Tal como os anfíbios, também os répteis são seres ectotérmicos, necessitando de ambientes quentes para regular a temperatura corporal. O aumento da temperatura até pode beneficiar algumas das espécies de répteis, pois aumenta o número de horas diárias de actividade, facilitando até o seu crescimento (Araújo *et al.*, 2006). Porém, será negativo para algumas espécies que ultrapassem o seu limiar superior de temperatura, em particular as espécies com distribuições nas regiões a Norte, de clima Atlântico. Em geral, as novas condições bioclimáticas tenderão a deslocar as populações destas espécies para Norte do território nacional, ou deixá-las ainda mais isoladas espacialmente (Araújo *et al.*, 2006). Este efeito ocorre também em populações que se encontrem isoladas em regiões de maior altitude como é o caso, por exemplo, do lagarto-de-água (*Lacerta schreiberi*) com ocorrências nas serras de São Mamede, Cercal e Monchique, e o licranço (*Anguis fragilis*) em Sintra e em Azeitão (Arrábida) (Cabral *et al.*, 2005). Estes isolados populacionais podem ainda apresentar elevada diferenciação, com características genéticas potencialmente distintas de outras populações da mesma espécie situadas na região Norte do país.

Os répteis aquáticos como os cágados ou as cobras-de-água estão, tal como os anfíbios, bastante ligados a corpos de água. A redução da disponibilidade destes habitats, quer pela diminuição da qualidade, ou pelas quebras de conectividade entre eles, poderá resultar em populações cada vez mais isoladas, ou mesmo na extinção de populações que já se encontrem em situações de isolamento populacional (Roe e Georges, 2007).

Os principais impactos das alterações climáticas (directos e indirectos) para este grupo são:

- O aumento da temperatura, que poderá ter um efeito bastante negativo para espécies cujo limiar superior de temperatura venha a ser ultrapassado (Loureiro *et al.*, 2008);
- Este factor levará à restrição da zona climática temperada e portanto à redução dos habitats adequados para espécies adaptadas a esse tipo de clima, caso de *Lacerta schreiberi*, *Iberolacerta monticola*, *Chalcides striatus*, *Anguis fragilis*, *Coronella austriaca* e *Natrix natrix* (Cabral *et al.*, 2005);
- A diminuição da precipitação, juntamente com o aumento da temperatura e eventos extremos como secas, levará ao aumento esperado de incêndios, tendo consequências bastante negativas para espécies que habitam em matagais e bosques como *Vipera latastei* (Santos *et al.*, 2006);
- Impactos directos nos répteis aquáticos pela diminuição da disponibilidade e qualidade de muitos corpos de água;
- O aumento da temperatura terá impactos na taxa de reprodução de certas espécies, como *Anguis fragilis* (espécie vivípara), podendo implicar a redução drástica do efectivo populacional, podendo levar a extinções nos limites a Sul desta espécie (Ferreiro e Galán, 2004).

1.4. Adaptação às Alterações Climáticas

Há essencialmente dois tipos de respostas aos impactos das alterações climáticas: a mitigação e a adaptação. A mitigação consiste em travar o aumento da concentração atmosférica de gases com efeito de estufa por meio da redução das emissões e do desenvolvimento de sumidouros potenciais para aqueles gases (PECSAC, 2009). A adaptação pode ser definida como o ajustamento dos sistemas naturais ou humanos, em resposta a estímulos climáticos (observados ou projectados) com o objectivo de aumentar a resiliência desses sistemas (IPCC, 2007). Tendo em conta a inevitabilidade das alterações climáticas, a adaptação surge como uma resposta para moderar os seus efeitos negativos, potenciar as oportunidades benéficas, agregar conhecimentos e por último induzir à acção (IPCC, 2007).

O aumento do conhecimento e da consciencialização sobre alterações climáticas e seus impactos esperados nos sistemas naturais, tem vindo a ditar um crescente interesse pelo desenvolvimento de políticas de adaptação às alterações climáticas (Heller e Zavaleta, 2009; Prober *et al.*, 2012).

Em contexto Europeu já existem vários países que criaram estratégias de adaptação às alterações climáticas e em específico para o sector da Biodiversidade. Um exemplo é a Inglaterra, que elaborou o relatório “England Biodiversity Strategy – Towards adaptation to climate change” (Mitchell *et al.*, 2007) com informações de impactos potenciais das alterações climáticas para os ecossistemas e para os sectores da estratégia Inglesa para a Biodiversidade (England Biodiversity Strategy – EBS) (Mitchell *et al.*, 2007), apresentando estratégias para cada grupo estratégico definido. Desde 2006 que Espanha tem trabalhado no seu plano nacional de adaptação às alterações climáticas (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático - PNACC), publicando um relatório de impactos e adaptação às alterações climáticas na Biodiversidade Espanhola para flora e vegetação (Felicísimo, 2011). Mais recentemente (2011) foi a França a publicar o livro “Connaissance des impacts du changement climatique sur la biodiversité en France métropolitaine” (Massu e Landmann., 2011) para atender a uma necessidade de conhecimento sobre o impacto das alterações climáticas sobre a biodiversidade no país, sem apresentar resultados específicos por sector ou área de actividade, mas apresentando uma avaliação geral dos ecossistemas.

Portugal aprovou oficialmente a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAA) em Abril de 2010 (Resolução do Conselho de Ministros n.º 24/2010, DR: 1.ª série N.º 64 de 1 de Abril de 2010). Este instrumento estratégico pretende enquadrar e promover um conjunto de orientações e de medidas de adaptação a aplicar através de uma abordagem integrada e envolvendo um alargado conjunto de nove sectores estratégicos: (1) Ordenamento do território e cidades; (2) Recursos hídricos; (3)

Segurança de pessoas e bens; (4) Saúde; (5) Energia e indústria; (6) Biodiversidade; (7) Agricultura, Florestas e Pescas; (8) Turismo e (9) Zona costeira.

1.5. Objectivos

A presente tese de mestrado enquadra-se no projecto BioAdaPT, do grupo de investigação SIM-CCIAM, e visa apoiar o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), entidade responsável pelo sector da Biodiversidade da ENAAC, na identificação de impactos, vulnerabilidades e medidas de adaptação para a biodiversidade portuguesa. Pretende-se, com este projecto, prever os impactos de cenários de alterações climáticas na Biodiversidade Portuguesa, de forma a estudar e definir medidas necessárias de adaptação.

Os primeiros grupos a ser alvo de estudo deste projecto foram as classes Amphibia e Reptilia, os quais irei focar na presente tese.

O objectivo geral desta dissertação é então avaliar os impactos potenciais e vulnerabilidade às alterações climáticas dos anfíbios e répteis presentes em Portugal contribuindo para a implementação da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas para o sector da Biodiversidade.

Os objectivos parciais desta dissertação são os seguintes:

1. Seleccionar as espécies que deverão ser alvo de medidas específicas de adaptação para reduzir a sua vulnerabilidade às alterações climáticas.
2. Identificar as medidas de adaptação que reduzam a vulnerabilidade das espécies-alvo às alterações climáticas;

2. Metodologia

2.1. Avaliação da Vulnerabilidade

De forma a categorizar a vulnerabilidade dos grupos de anfíbios e répteis às alterações climáticas, foi usada uma metodologia semi-quantitativa apresentada no projecto “Climate Change and the Natura 2000 network: assessments of species and habitat vulnerability” (Harley, 2011).

Esta avaliação de vulnerabilidade compreende dois processos distintos: a avaliação do impacto climático sobre a espécie e a avaliação das restrições à sua capacidade adaptativa (Figura 4). Ou seja, por um lado, uma avaliação dos impactos directos que as alterações do clima poderão ter sobre uma determinada espécie, e por outro uma avaliação das características intrínsecas que levam a que a espécie se adapte melhor ou pior às alterações climáticas (Harley, 2011).

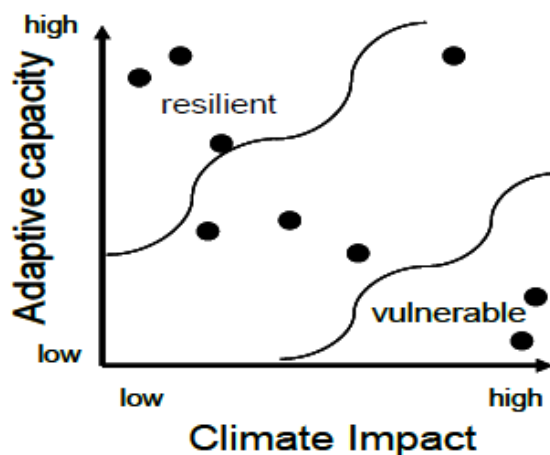


Figura 4 – Parâmetros de avaliação de Vulnerabilidade (Harley, 2011).

Do cruzamento dos valores de impacto climático e restrição da capacidade adaptativa é possível chegar a uma categoria de vulnerabilidade para cada espécie de herpetofauna (Tabela I), sendo possível analisar quais as espécies mais vulneráveis e as menos vulneráveis. Relembro o esquema conceptual da análise à Vulnerabilidade da Biodiversidade às Alterações Climáticas, com todos os factores que a condicionam (Figura 3). Para as espécies de répteis aquáticos *Emys orbicularis*, *Mauremis leprosa*, *Natrix maura* e *Natrix viperina*, não foi possível seguir esta metodologia pois não houve acesso a dados de modelos bioclimáticos. Assim, para estas espécies foi apenas avaliada a capacidade adaptativa.

Tabela I – Atribuição de Categorias de Vulnerabilidade, através de resultados do Impacto Climático e Limitação da Capacidade Adaptativa das espécies (Adaptado de Harley, 2011).

Restrição Capacidade Adaptativa	Impacto Climático			
	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
Alta	Alto	Muito Alto	Critico	Extremamente Critico
Médio	Moderado	Alto	Muito Alto	Critico
Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto

2.1.1. Impacto Climático

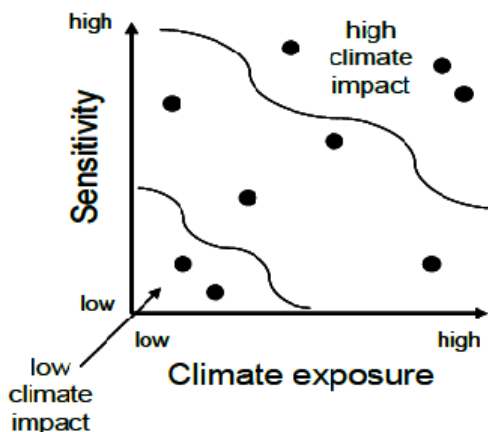


Figura 5 - Componentes de avaliação de Impacto Climático: sensibilidade e exposição climática (Adaptado de Harley, 2011).

O impacto climático pode ser definido como os efeitos que podem ocorrer dada uma projecção de alteração do clima, sem considerar adaptação. É uma função do carácter, magnitude e taxa de variação climática a que um sistema é exposto e da sua sensibilidade, ou seja, o grau em que um sistema é afectado, seja negativamente ou beneficamente (Figura 5) (Harley, 2011).

Para a avaliação do impacto climático foram usados os resultados de distribuição bioclimática das espécies de répteis e anfíbios, obtidos a partir dos resultados do projecto “Iberia Change – Biodiversidade e Alterações Climáticas na Península Ibérica” (Araújo *et al.*, 2012). Neste projecto as potenciais áreas de distribuição futuras são apresentadas em dois espaços temporais, nomeadamente, [2020-2050] e

[2051-2080] e incluem três cenários de emissões: BAMBU (Business As Might Be Usual); GRAS (Growth Applied Strategy) e SEDG (Sustainable European Development Goal).

Nesta dissertação foram apenas usados os dados referentes ao espaço temporal de [2051-2080], ou seja, o período com maior impacto para as espécies, e foram usados apenas dois dos três cenários de emissões, o GRAS e o BAMBU, respectivamente aquele com maiores e menores impactos para as espécies. No cenário GRAS supõe-se que, no que respeita às alterações climáticas, a política principal é adaptar a sociedade às alterações do clima, mais do que procurar mitigar as mesmas. As políticas de sustentabilidade são interpretadas como sendo sinónimo de crescimento económico. O cenário BAMBU tem como base a extrapolação das políticas Europeias actuais para o futuro. É um cenário que prevê a adopção de algumas medidas de mitigação das alterações climáticas.

A alteração na área potencial disponível para cada espécie entre o presente e 2051-2080 foi calculada da seguinte forma:

$$R\acute{a}cio = (t2_p - t1_p) * 100 / t1_p$$

Onde “t2_p” é a distribuição potencial da espécie no futuro e “t1_p” a distribuição potencial da espécie no presente. Uma outra categoria de avaliação usada foi a sobreposição das distribuições actuais observadas com a distribuição climática potencial futura. O cálculo deste indicador foi efectuado do seguinte modo:

$$Sobreposi\c{c}\tilde{a}o = (t2_p \cap t1_o) * 100 / t1_o$$

Em que “t1_o” corresponde à área ocupada pela espécie no presente, ou seja a distribuição real conhecida.

Para calcular o valor de impacto climático foram usados os valores de rácio e sobreposição das distribuições bioclimáticas das espécies, presentes nos mapas de distribuição das espécies (Anexo 1 – exemplo de uma mapa de distribuição).

Sendo necessário chegar a apenas um valor de impacto climático, foi calculada a média destas duas componentes, o rácio e a sobreposição. Nos casos em que a média resultou num valor fraccionário, arredondou-se para o valor de maior vulnerabilidade. Na Tabela II é apresentada a forma de atribuição em

categorias para estes valores, encontrando-se em anexo um exemplo de classificação de uma das espécies em estudo (Anexo 2).

Tabela II - Categorias de impacto climático para valores de sobreposição de distribuições bioclimáticas (Adaptado de Harley, 2011.)

	Valores de Sobreposição que definem categorias de impacto				
	<30 %	30-50%	50-70%	70-100%	
Categoria de impacto de <u>Sobreposição</u>	- 4 (Muito Alto)	- 3 (Alto)	- 2 (Moderado)	- 1 (Baixo)	
	Valores de Rácio que definem categorias de impacto				
	-100 a -70%	-70 a -50%	-50 a -30%	-30 a -1%	≥ 0
Categoria de impacto de <u>Rácio</u>	- 4 (Muito Alto)	- 3 (Alto)	- 2 (Moderado)	- 1 (Baixo)	0 (Nulo ou positivo)

2.1.2. Capacidade Adaptativa

Quanto à segunda componente de avaliação da vulnerabilidade das espécies às alterações climáticas, foi efectuada uma avaliação à restrição da capacidade adaptativa das espécies. Esta avaliação tem em conta as limitações intrínsecas das espécies à adaptação face às alterações climáticas e foi adaptada de Harley (2011). Nesta vertente, foi efectuado um inquérito a especialistas onde foram avaliadas diferentes características que podem afectar a capacidade adaptativa das espécies (Tabela III). A cada característica descrita na Tabela III foi atribuído um valor entre 0 (característica não afecta a capacidade adaptativa da espécie) e 2 (característica muito limitativa à capacidade de adaptação da espécie). Os valores obtidos para cada característica são somados e ao resultado total são atribuídas as categorias de “baixa” restrição à capacidade adaptativa da espécie se o valor total corresponder a menos que dois valores [<2], “moderada” se se situar entre dois e quatro [2-4], e “alta” restrição caso o valor total seja maior que quatro. Em anexo (Anexo 3) está representado um exemplo de um inquérito preenchido.

Tabela III – Características ecológicas do inquérito de avaliação da limitação da capacidade adaptativa das espécies (Harley, 2011).

Limitações	Características Ecológicas
Limitações Gerais	População/Distribuição pequena na Península Ibérica
	Baixas taxas de sobrevivência / reprodução
	Gerações Longas / ciclos de vida longos
	População em declínio na Península Ibérica
	Baixa diversidade genética
	Especialistas – requisitos específicos do habitat
	Nicho estreito
	Associação critica com outra(s) espécie(s) vulnerável
Limitações de Colonização/Dispersão	Barreiras à dispersão (água, topografia, barreiras antropogénicas)
	Capacidade de dispersão e/ou colonização limitada
	Distribuição maioritariamente em habitats fragmentados

2.2. Identificação de Espécies-Alvo

Os resultados obtidos na análise de vulnerabilidade são limitados pela qualidade dos mapas de distribuição bioclimática das espécies e pela subjectividade de avaliação das suas características adaptativas. Para além disso, nesta avaliação existem outros factores que podem influenciar a vulnerabilidade das espécies e que não são tidos em conta (e.g. impactos indirectos das alterações climáticas). Para colmatar estas limitações foi agendada uma reunião com especialistas dos grupos em estudo, de forma a fazer uma avaliação crítica das primeiras estimativas de vulnerabilidade, chegar a uma lista final de espécies-alvo e elaborar medidas de adaptação que reduzam a vulnerabilidade destas espécies às alterações climáticas (agenda da reunião em anexo 4). A reunião foi organizada pelo CCIAM em conjunto com o ICNF, e foi realizada no pólo da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, onde se situa o CIBIO, Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos. Em anexo encontra-se a listagem de elementos que participaram na reunião (Anexo 5).

Nesta avaliação foram tidos em conta factores que, até ao momento, não tinham sido incluídos na metodologia usada para a atribuição de uma categoria de vulnerabilidade, tais como o conhecimento

real da situação presente da espécie no território nacional, ou o conhecimento detalhado do ciclo de vida, da biologia e do passado evolutivo das espécies. Desta discussão resultou uma listagem de espécies-alvo de conservação face às alterações climáticas.

Também foram discutidas as espécies de répteis aquáticos, às quais não pode ser atribuída uma categoria de vulnerabilidade devido à falta de dados de modelação bioclimática futura. Para estas espécies foram fornecidos dados de modelação por uma das investigadoras presentes (Sílvia Carvalho, comunicação pessoal).

2.3. Proposta de medidas de adaptação

Tendo em conta os objectivos gerais da ENAAC, Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas, foi proposto aos especialistas, numa segunda parte da reunião, a definição e avaliação de medidas de adaptação que permitam minimizar impactos das alterações climáticas sobre as espécies-alvo. As medidas de avaliação propostas foram analisadas posteriormente, com base na metodologia usada no artigo Heller e Zavaleta (2009). Esta avaliação teve em conta a prioridade de cada medida, a sua área de actividade, em qual ou quais dos sectores da ENAAC se enquadra e a sua abrangência geográfica. Para este efeito foi preparada anteriormente uma lista de medidas propostas pelo ICNF que serviu de base para a discussão deste tema na reunião. As áreas de actividade em que foram avaliadas as medidas são: “Política/Legal”; “Científica/Tecnológica”; “Mudanças na actividade de gestão” e área “Comportamental”.

3. Resultados

3.1. Avaliação da Vulnerabilidade

Ficaria bastante extensa uma apresentação de resultados individuais para cada espécie, tanto para a capacidade adaptativa como para o impacto climático; por esta razão são apresentados os resultados finais destas duas componentes. Uma vez que este é um dos principais objectivos desta dissertação, os resultados detalhados para todas as espécies em estudo são apresentados em anexo (Anexos 6 e 7).

3.1.1. Anfíbios

Na Tabela IV são apresentados os valores de restrição da capacidade adaptativa, de impacto climático para cada um dos cenários usados para o estudo e as consequentes categorias de vulnerabilidade para o grupo dos Anfíbios, no espaço temporal [2051-2080].

Tabela IV – Valores de Impacto Climático (obtidos a partir de Araújo, 2012), de Restrição da Capacidade Adaptativa e consequentes categorias de Vulnerabilidade das espécies de Anfíbios, em dois cenários climáticos e no espaço temporal [2051-2080].

Ordem Caudata	Restrição Capacidade Adaptativa	Impacto - BAMBU	Categoria de Vulnerabilidade BAMBU	Impacto - GRAS	Categoria de Vulnerabilidade GRAS
<i>Chioglossa lusitanica</i>	Alto (13)	Moderado	Muito Alto	Muito Alto	Extremamente Critico
<i>Pleurodeles waltl</i>	Moderado (4)	Moderado	Alto	Moderado	Alto
<i>Salamandra salamandra</i>	Alto (7)	Moderado	Muito Alto	Moderado	Muito Alto
<i>Lissotriton boscai</i>	Moderado (3)	Moderado	Alto	Moderado	Alto
<i>Lissotriton helveticus</i>	Alto (16)	Alto	Critico	Muito Alto	Extremamente Critico
<i>Triturus pygmaeus</i>	Alto (6)	Moderado	Muito Alto	Moderado	Muito Alto
<i>Triturus marmoratus</i>	Alto (8)	Alto	Critico	Muito Alto	Extremamente Critico

Tabela IV (continuação) – Valores de Impacto Climático (obtidos a partir de Araújo, 2012), de Restrição da Capacidade Adaptativa e consequentes categorias de Vulnerabilidade das espécies de Anfíbios, em dois cenários climáticos e no espaço temporal [2051-2080].

Ordem Anura	Restrição Capacidade Adaptativa	Impacto BAMBU	Categoria de Vulnerabilidade BAMBU	Impacto GRAS	Categoria de Vulnerabilidade GRAS
<i>Alytes cisternasii</i>	Alto (8)	Moderado	Muito Alto	Alto	Critico
<i>Alytes obstetricans</i>	Alto (8)	Alto	Critico	Alto	Critico
<i>Discoglossus galganoi</i>	Alto (9)	Moderado	Muito Alto	Alto	Critico
<i>Pelobates cultripes</i>	Moderado (4)	Moderado	Alto	Alto	Muito Alto
<i>Pelodytes ibericus</i>	Alto (6)	Moderado	Muito Alto	Moderado	Muito Alto
<i>Pelodytes punctatus</i>	Alto (5)	Muito Alto	Extremamente Critico	Muito Alto	Extremamente Critico
<i>Bufo bufo</i>	Moderado (2)	Moderado	Alto	Moderado	Alto
<i>Epidalea calamita</i>	Alto (5)	Moderado	Muito Alto	Alto	Critico
<i>Hyla arborea</i>	Alto (5)	Muito Alto	Extremamente Critico	Muito Alto	Extremamente Critico
<i>Hyla meridionalis</i>	Alto (5)	Moderado	Muito Alto	Moderado	Muito Alto
<i>Rana iberica</i>	Alto (12)	Moderado	Muito Alto	Alto	Critico
<i>Pelophylax perezi</i>	Baixo (1)	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

Dentro das duas categorias mais altas de vulnerabilidade, “Crítico” e “Extremamente Crítico”, estão categorizadas 26,3% das espécies de anfíbios no cenário BAMBU; no cenário com maiores impactos, GRAS, encontram-se 52,6% de todas as espécies de anfíbios nestas duas categorias de mais alta vulnerabilidade.

Podemos destacar as espécies *Pelodytes punctatus* e *Hyla arborea* por serem as únicas que em ambos os cenários foram classificadas na categoria de “Extremamente Crítico”.

3.1.2. Répteis

Tal como foi apresentado no caso dos anfíbios, na Tabela V estão representados os valores de restrição da capacidade adaptativa, de impacto climático em ambos os cenários, e as consequentes classificações de vulnerabilidade para cada espécie do grupo dos Répteis em estudo, no espaço temporal [2051-2080].

Tabela V - Valores de Impacto Climático (obtidos a partir de Araújo, 2012), de Restrição da Capacidade Adaptativa e consequentes categorias de Vulnerabilidade das espécies de Répteis, em dois cenários climáticos e no espaço temporal [2051-2080].

Ordem Sauria	Restrição Capacidade Adaptativa	Impacto Bambu	Categoria de Vulnerabilidade BAMBU	Impacto GRAS	Categoria de Vulnerabilidade GRAS
<i>Hemidactylus turcicus</i>	Alto (6)	Moderado	Muito Alto	Moderado	Muito Alto
<i>Tarentola mauritanica</i>	Moderado (3)	Moderado	Alto	Moderado	Alto
<i>Chamaeleo chamaeleon</i>	Alto (16)	Moderado	Muito Alto	Moderado	Muito Alto
<i>Anguis fragillis</i>	Alto (9)	Alto	Critico	Alto	Critico
<i>Blanus cinereus</i>	Moderado (3)	Moderado	Alto	Moderado	Alto
<i>Acanthodactylus erythrurus</i>	Alto (7)	Moderado	Muito Alto	Moderado	Muito Alto
<i>Lacerta lepida</i>	Alto (7)	Moderado	Muito Alto	Moderado	Muito Alto
<i>Lacerta schreiberi</i>	Alto (12)	Moderado	Muito Alto	Alto	Critico
<i>Iberolacerta monticola</i>	Alto (14)	Muito Alto	Extremamente Critico	Muito Alto	Extremamente Critico
<i>Podarcis bocagei</i>	Moderado (4)	Alto	Muito Alto	Alto	Muito Alto
<i>Podarcis carbonelli</i>	Alto (7)	Alto	Critico	Alto	Critico
<i>Podarcis hispanica</i>	Baixo (1)	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
<i>Psammodromus algirus</i>	Baixo (1)	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado
<i>Psammodromus hispanicus</i>	Alto (5)	Moderado	Muito Alto	Alto	Critico
<i>Chalcides bedriagai</i>	Alto (5)	Moderado	Muito Alto	Alto	Critico
<i>Chalcides striatus</i>	Alto (7)	Moderado	Muito Alto	Moderado	Muito Alto

Tabela V (continuação) - Valores de Impacto Climático (obtidos a partir de Araújo, 2012), de Restrição da Capacidade Adaptativa e consequentes categorias de Vulnerabilidade das espécies de Répteis, em dois cenários climáticos e no espaço temporal [2051-2080].

Ordem Serpentes	Restrição Capacidade Adaptativa	Impacto Bambu	Categoria de Vulnerabilidade BAMBU	Impacto GRAS	Categoria de Vulnerabilidade GRAS
<i>Hemorrhoids hippocrepis</i>	Moderado (3)	Moderado	Alto	Moderado	Alto
<i>Coronella austriaca</i>	Alto (17)	Alto	Critico	Muito Alto	Extremamente Critico
<i>Coronella girondica</i>	Moderado (3)	Moderado	Alto	Alto	Muito Alto
<i>Rhinechis scalaris</i>	Moderado (2)	Moderado	Alto	Moderado	Alto
<i>Macroprotodon cucullatus</i>	Moderado (4)	Moderado	Alto	Moderado	Alto
<i>Malpolon monspessulanus</i>	Moderado (2)	Baixo	Moderado	Moderado	Alto
<i>Vipera latastei</i>	Alto (8)	Muito Alto	Extremamente Critico	Muito Alto	Extremamente Critico
<i>Vipera seoanei</i>	Alto (12)	Muito Alto	Extremamente Critico	Muito Alto	Extremamente Critico

Estão incluídas nas duas categorias mais altas de vulnerabilidade, “Crítico” e “Extremamente Crítico”, 25% das espécies de répteis no cenário BAMBU, e 37,5% no cenário GRAS.

Das espécies com maior vulnerabilidade podemos destacar *Iberolacerta monticola* e as duas víboras, *Vipera latastei* e *Vipera seoanei*. Estas espécies encontram-se em ambos os cenários na maior categoria de vulnerabilidade “Extremamente Crítico”.

3.2. Espécies-Alvo

Os resultados de vulnerabilidade foram analisados por um grupo de especialistas, e foram definidas espécies-alvo para conservação. Nem todas as espécies categorizadas com alta vulnerabilidade (categorias de crítico ou extremamente crítico) foram definidas como espécies-alvo; por outro lado algumas espécies em categorias menores de vulnerabilidade, foram consideradas prioritárias para serem alvo de medidas de adaptação. Na Tabela seguinte (Tabela VI) estão listadas todas as espécies avaliadas, com os resultados obtidos a nível de vulnerabilidade, e justificações apresentadas durante a reunião para a inclusão ou não inclusão na lista de espécies-alvo.

Tabela VI – Lista de espécies-alvo e justificações. Legenda: Alterações Climáticas – ACs; “S” – considerada espécie-alvo; “N” – não considerada espécie-alvo; “EN” – espécie em perigo; “VU” – espécie vulnerável; “NT” – espécie quase ameaçada; “LC” – espécie pouco preocupante (Cabral, 2005).

Anfíbios	Vulnerabilidade		Endemismo	Estatuto	Espécie Alvo	Justificações/Notas
	BAMBU (A2)	GRASS (A1FI)				
<i>Hyla arborea</i>	Extr. Crítico	Extr. Crítico		LC	N	Espécie ubíqua, generalista em termos de habitats, apresentando uma larga distribuição – não deverá sofrer impactos directos das ACs.
<i>Pelodytes punctatus</i>	Extr. Crítico	Extr. Crítico		-	S	Em Portugal pode existir uma unidade evolutiva diferente da espanhola – muito importante para conservação da biodiversidade. Espécie associada a habitats costeiros.
<i>Lissotriton helveticus</i>	Crítico	Extr. Crítico		VU	S	Distribuição reduzida em Portugal.
<i>Triturus marmoratus</i>	Crítico	Extr. Crítico		LC	S	No trabalho <i>IberiaChange</i> a distribuição potencial actual está sobrestimada, pelo que os impactos deverão ser maiores do que os projectados.
<i>Chioglossa lusitanica</i>	Muito Alto	Extr. Crítico	X	VU	S	Populações a Sul são as mais diversas geneticamente e as mais ameaçadas pelas ACs.
<i>Alytes obstetricans</i>	Crítico	Crítico		LC	S	As populações a Sul do douro são importantes geneticamente e as mais ameaçadas. No trabalho <i>IberiaChange</i> a distribuição está sobrestimada, pelo que os impactos deverão ser maiores que os esperados.
<i>Alytes cister-nasii</i>	Muito Alto	Crítico	X	LC	S	Associados a charcos temporários que serão muito afectados pelas ACs. No trabalho <i>IberiaChange</i> a distribuição está sobrestimada, pelo que os impactos deverão ser ainda maiores que os esperados.
<i>Discoglossus galganoi</i>	Muito Alto	Crítico	X	NT	S	No trabalho <i>IberiaChange</i> a distribuição está errada; os impactos deverão ser maiores do que os projectados; impactos já foram documentados para a Galiza, onde há estudos mais completos.
<i>Rana iberica</i>	Muito Alto	Crítico	X	LC	S	A população da zona da serra de S. Mamede é importante para a manutenção da diversidade genética. No trabalho <i>IberiaChange</i> a distribuição está subestimada.
<i>Bufo calamita</i>	Muito Alto	Crítico		LC	S	Espécie associada a charcos temporários, habitat que será muito afectado pelas ACs.
<i>Salamandra salamandra</i>	Muito Alto	Muito Alto		LC	N	Espécie ubíqua com larga distribuição. No entanto, poderão existir núcleos de subespécies que poderão estar mais ameaçadas. Deverá reavaliar-se a vulnerabilidade quando houver mais informação.
<i>Triturus pygmaeus</i>	Muito Alto	Muito Alto	X	-	S	Espécie associada a charcos temporários, habitat que será muito afectado pelas ACs. Os charcos do Sul tendem a desaparecer; os charcos a Norte serão mais estáveis. Os dados de base do trabalho <i>IberiaChange</i> não são conhecidos.
<i>Pelodytes ibericus</i>	Muito Alto	Muito Alto	X	-	S	Espécie associada a charcos temporários, habitat que será muito afectado pelas ACs. Os resultados da tese da Doutora Sílvia Carvalho evidenciam que os impactos das alterações climáticas na distribuição serão muito elevados.

Tabela VI (Continuação) – Lista de espécies-alvo e justificações. Legenda: Alterações Climáticas – ACs; “S” – considerada espécie-alvo; “N” – não considerada espécie-alvo; “EN” – espécie em perigo; “VU” – espécie vulnerável; “NT” – espécie quase ameaçada; “LC” – espécie pouco preocupante (Cabral, 2005).

Anfíbios	Vulnerabilidade		Endemismo	Estatuto	Espécie Alvo	Justificações/Notas
	BAMBU (A2)	GRASS (A1FI)				
<i>Hyla meridionalis</i>	Muito Alto	Muito Alto		LC	N	Espécie termófila. Os resultados da tese da Doutora Sílvia Carvalho evidenciam que as populações apresentam um potencial de expansão em cenários de ACs.
<i>Pelobates cultripipes</i>	Alto	Muito Alto		LC	S	Apesar do aumento da distribuição potencial nos modelos climáticos a espécie está associada a charcos temporários, habitat muito vulnerável a ACs.
<i>Pleurodeles waltl</i>	Alto	Alto		LC	N	Espécie termófila – não deverá sofrer impactos directos relevantes das ACs.
<i>Triturus boscai</i>	Alto	Alto	X	LC	N	Não deverá sofrer impactos directos relevantes das ACs.
<i>Bufo bufo</i>	Alto	Alto		LC	N	Não deverá sofrer impactos directos relevantes das ACs.
<i>Phelophylax perezii</i>	Baixo	Baixo		LC	N	Não deverá sofrer impactos directos relevantes das ACs.
Répteis	Vulnerabilidade		Endemismo	Estatuto	Espécie Alvo	Justificações/Notas
	BAMBU (A2)	GRASS (A1FI)				
<i>Iberolacerta monticola</i>	Ext. Critico	Ext. Critico	X	VU	S	O trabalho <i>IberiaChange</i> usa os dados de distribuição de três a quatro subespécies diferentes na Península Ibérica não sendo fiáveis. Em Portugal só existe na serra da Estrela e é muito vulnerável às ACs.
<i>Vipera latastei</i>	Ext. Critico	Ext. Critico		VU	S	Esta espécie apresenta populações fragmentadas com dificuldades de dispersão mas não deverá sofrer impactos directos das ACs. As principais ameaças serão indirectas; as alterações de uso do solo, que afectarão o habitat disponível e a diminuição nas populações de presas. A espécie como um todo poderá não ser uma espécie-alvo. Todavia, considerando que existem três unidades evolutivas, sendo uma delas provavelmente um endemismo de Portugal, deve aplicar-se o princípio de precaução mantendo-a como espécie-alvo.
<i>Vipera seoanei</i>	Ext. Critico	Ext. Critico	X	EN	S	No trabalho <i>IberiaChange</i> a distribuição está sobrestimada, pelo que os impactos deverão ser ainda maiores do que os projectados.
<i>Coronella austriaca</i>	Critico	Ext. Critico		VU	S	Provavelmente é a segunda espécie mais vulnerável, a seguir a <i>Lacerta monticola</i>

Tabela VI (Continuação) – Lista de espécies-alvo e justificações. Legenda: Alterações Climáticas – ACs; “S” – considerada espécie-alvo; “N” – não considerada espécie-alvo; “EN” – espécie em perigo; “VU” – espécie vulnerável; “NT” – espécie quase ameaçada; “LC” – espécie pouco preocupante (Cabral, 2005).

Répteis	Vulnerabilidade		Endemismo	Estatuto	Espécie Alvo	Justificações/Notas
	BAMBU (A2)	GRASS (A1FI)				
<i>Anguis fragilis</i>	Critico	Critico		LC	S	Os impactos deverão ser menores que os modelados no Iberia Change mas foi aplicado o princípio de precaução mantendo-a como espécie-alvo. As populações que se encontram no seu limite meridional já se encontram ameaçadas.
<i>Podarcis carbonelli</i>	Critico	Critico	X	VU	S	Populações a Sul do Tejo apresentam uma distribuição fragmentada, confinada a áreas litorais, vulneráveis às alterações climáticas. A diferenciação genética das populações implica diferentes vulnerabilidades às ACs e a avaliação de impactos com modelos bioclimáticos deveria ser diferenciada para as diferentes unidades evolutivas. No trabalho <i>IberiaChange</i> a distribuição potencial actual está errada
<i>Lacerta schreiberi</i>	Muito Alto	Critico	X	LC	S	Importante preservar as populações isoladas e que apresentam diferenciação genética do Cercal e das serras de Monchique e S. Mamede.
<i>Psammodromus hispanicus</i>	Muito Alto	Crítico		NT	N	Possível expansão da área de distribuição por efeito das ACs. No trabalho <i>IberiaChange</i> a distribuição potencial actual está errada, pois a distribuição actual não é conhecida com rigor.
<i>Chalcides bedriagai</i>	Muito Alto	Crítico	X	LC	N	Possível expansão da área de distribuição, por efeito das ACs.
<i>Hemidactylus turcicus</i>	Muito Alto	Muito Alto		VU	N	Possível expansão da área de distribuição, por efeito das ACs.
<i>Chamaeleo chamaeleon</i>	Muito Alto	Muito Alto		LC	N	Espécie não autóctone, sendo provável a expansão da área de distribuição, por efeito das ACs.
<i>Acanthodactylus erythrus</i>	Muito Alto	Muito Alto		NT	N	A espécie apresenta populações fragmentadas. Possível expansão da área de distribuição pois a espécie beneficiará com o aumento da temperatura e com perda da cobertura vegetal.
<i>Lacerta lepida</i>	Muito Alto	Muito Alto		LC	N	Não deverá sofrer impactos directos relevantes das ACs.
<i>Podarcis bocagei</i>	Muito Alto	Muito Alto	X	LC	N	Não deverá sofrer impactos directos relevantes das ACs.
<i>Chalcides striatus</i>	Muito Alto	Muito Alto		LC	N	Não deverá sofrer impactos directos relevantes das ACs.
<i>Coronella girondica</i>	Alto	Muito Alto		LC	N	As populações não sofrerão impactos climáticos directos relevantes; poderão sofrer impactos devido à sua especificidade alimentar
<i>Blanus cinereus</i>	Alto	Alto	X	LC	N	Não sofrerão impactos climáticos relevantes
<i>Tarentola mauritanica</i>	Alto	Alto		LC	N	Não deverá sofrer impactos directos relevantes das ACs.

Tabela VI (Continuação) – Lista de espécies-alvo e justificações. Legenda: Alterações Climáticas – ACs; “S” – considerada espécie-alvo; “N” – não considerada espécie-alvo; “EN” – espécie em perigo; “VU” – espécie vulnerável; “NT” – espécie quase ameaçada; “LC” – espécie pouco preocupante (Cabral, 2005).

Répteis	Vulnerabilidade		Endemismo	Estatuto	Espécie Alvo	Justificações/Notas
	BAMBU (A2)	GRASS (A1FI)				
<i>Coluber hippocrepis</i>	Alto	Alto		LC	N	Não deverá sofrer impactos directos relevantes das ACs.
<i>Elaphe scalaris</i>	Alto	Alto		LC	N	Não deverá sofrer impactos directos relevantes das ACs.
<i>Macroprotodon cucullatus</i>	Alto	Alto		LC	N	As populações não sofrerão impactos climáticos directos relevantes; poderão sofrer impactos devido à sua especificidade alimentar.
<i>Malpolon monspessulanus</i>	Moderado	Alto		LC	N	Provável expansão da área de distribuição por efeito das ACs (já a ser observada). Pouca diversidade genética na Península Ibérica
<i>Podarcis hispanica</i>	Moderado	Moderado		LC	N	A espécie apresenta duas unidades genéticas, que deverão reagir de modo diferenciado às ACs: a forma do Sul pode aumentar e a do Norte diminuir. Quando existirem dados sobre a distribuição das duas unidades dever-se-á fazer modelação climática e reavaliar a vulnerabilidade.
<i>Psammodromus algirus</i>	Baixo	Moderado		LC	N	Provavelmente irá aumentar a distribuição.
<i>Emys orbicularis</i>	?	?		EN	S	A espécie depende da disponibilidade de água em corpos de água temporários, habitat particularmente vulnerável no Sul do país. A espécie está muito ameaçada (Em Perigo). Nas zonas de distribuição coincidentes com espécies invasoras é importante considerar este factor de ameaça em sinergia com as ACs. Os modelos climáticos existentes sugerem uma contracção (Sílvia Carvalho, comunicação pessoal).
<i>Mauremys leprosa</i>	?	?		LC	S	Esta espécie depende da disponibilidade de água. Apesar de menos ameaçada que <i>Emys</i> por não ser tão especialista em termos de habitat, também é vulnerável aos efeitos das ACs (Sílvia Carvalho, comunicação pessoal).
<i>Natrix maura</i>	?	?		LC	N	Os modelos climáticos existentes sugerem expansão na área de distribuição.
<i>Natrix natrix</i>	?	?		LC	S	Esta espécie depende da disponibilidade de água. Os modelos climáticos obtidos pela Doutora Sílvia Carvalho sugerem uma ligeira contracção (Sílvia Carvalho, comunicação pessoal).

3.3. Proposta de Medidas de Adaptação

Após pesquisa bibliográfica, o ICNF apresentou uma lista com propostas de medidas de adaptação para ser debatida na reunião perante os especialistas. Após discussão, foram identificadas trinta e nove medidas que se podem dividir em três grupos: “Informação e conhecimento”, com onze medidas; “Redução de vulnerabilidade e aumento da capacidade de resposta”, com dezassete medidas e “Participação, sensibilização e divulgação” com uma medida. Na Tabela seguinte apresento as medidas identificadas durante a reunião como relevantes para a adaptação de anfíbios e répteis (Tabela VII).

Tabela VII - Lista de medidas de adaptação resultantes da reunião com peritos. Legenda: Alterações Climáticas – ACs.

Informação e Conhecimento
1. Efectuar estudos sobre os efeitos das ACs sobre os anfíbios, especialmente espécies vulneráveis.
2. Efectuar estudos sobre os efeitos das ACs sobre répteis, especialmente espécies vulneráveis.
3. Avaliar o efeito da redução das zonas húmidas permanentes e temporárias para as populações de espécies de anfíbios e de répteis de água doce vulneráveis às ACs.
4. Fazer estudos da evolução de charcos temporários, incluindo modelação hidrológica, numa área piloto no Sudoeste Alentejano.
5. Efectuar estudos sobre as áreas de distribuição e os efeitos das ACs em espécies invasoras que exerçam pressão sobre as populações de anfíbios e répteis em Portugal.
6. Avaliar os efeitos dos fogos, principalmente para as espécies atlânticas.
7. Identificar um conjunto de espécies de anfíbios como indicador de ACs e desenvolver sistemas de acompanhamento a longo prazo para estas espécies: <i>Chioglossa lusitanica</i> .
8. Identificar um conjunto de espécies de répteis como indicador de ACs e desenvolver sistemas de acompanhamento a longo prazo para estas espécies: <i>L. monticola</i> ; <i>L. schreiberi</i> ; <i>Emys orbicularis</i> ; <i>Mauromys leprosa</i> (usar estudos de base do LIFE); <i>V. seoanei</i> (impactos a nível de microhabitats); <i>Chamaeleo chamaeleon</i> (estudos de base dos anos 90 no Algarve).
9. Repetir amostragens e metodologias em pontos conhecidos, incluindo os utilizados no atlas de anfíbios e répteis.
10. Desenvolver modelos fiáveis para detectar os efeitos das alterações climáticas nas populações de anfíbios.

Tabela VII (Continuação) - Lista de medidas de adaptação resultantes da reunião com peritos. Legenda: Alterações Climáticas – ACs.

Informação e Conhecimento
11. Efectuar estudos sobre os efeitos das ACs sobre os anfíbios, especialmente espécies vulneráveis.
12. Efectuar estudos sobre os efeitos das ACs sobre répteis, especialmente espécies vulneráveis.
13. Avaliar o efeito da redução das zonas húmidas permanentes e temporárias para as populações de espécies de anfíbios e de répteis de água doce vulneráveis às ACs.
14. Fazer estudos da evolução de charcos temporários, incluindo modelação hidrológica, numa área piloto no Sudoeste Alentejano.
15. Efectuar estudos sobre as áreas de distribuição e os efeitos das ACs em espécies invasoras que exerçam pressão sobre as populações de anfíbios e répteis em Portugal.
16. Avaliar os efeitos dos fogos, principalmente para as espécies atlânticas.
17. Identificar um conjunto de espécies de anfíbios como indicador de ACs e desenvolver sistemas de acompanhamento a longo prazo para estas espécies: <i>Chioglossa lusitanica</i> .
18. Identificar um conjunto de espécies de répteis como indicador de ACs e desenvolver sistemas de acompanhamento a longo prazo para estas espécies: <i>L. monticola</i> ; <i>L. schreiberi</i> ; <i>Emys orbicularis</i> ; <i>Mauromys leprosa</i> (usar estudos de base do LIFE); <i>V. seoanei</i> (impactos a nível de microhabitats); <i>Chamaeleo chamaeleon</i> (estudos de base dos anos 90 no Algarve).
19. Repetir amostragens e metodologias em pontos conhecidos, incluindo os utilizados no atlas de anfíbios e répteis.
20. Desenvolver modelos fiáveis para detectar os efeitos das ACs nas populações de anfíbios.
21. Desenvolver modelos fiáveis para detectar os efeitos das ACs nas populações de répteis.
Reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de resposta.
22. Conservar, gerir activamente ou criar charcos (temporários ou não), em zonas abertas, longe de estradas e que mantenham 10-70% de cobertura florestal. Criar ligações entre charcos, com orientação preferencial de Norte-> Sul
23. Controlar espécies exóticas invasoras e, quando possível, erradicá-las nos locais prioritários para as espécies mais vulneráveis.
24. Conservar ou recuperar galerias ripícolas em áreas importantes para a conservação de anfíbios e répteis vulneráveis, especialmente em zonas de montanha.
25. Criar ou melhorar passagens inferiores nas estradas principais (AE, IP e IC).

Tabela VII (Continuação) - Lista de medidas de adaptação resultantes da reunião com peritos. Legenda: Alterações Climáticas – ACs.

Reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de resposta.
26. Manter ou recuperar áreas florestais importantes para espécies de montanha vulneráveis (corredor ecológico de baixa para alta altitude).
27. Reverter áreas de cultivo intensivo degradadas para áreas naturais que mantenham condições para as espécies atlânticas, principalmente nas áreas críticas entre zonas atlânticas e mediterrânicas.
28. Conservar e reflorestar florestas de vegetação autóctone como medida de gestão do fogo.
29. Conservar os cursos de água de cabeceira da zona atlântica Nordeste.
30. Manter a heterogeneidade de habitats, criando pequenas áreas de micro habitats com espécies autóctones nas áreas de monoculturas (eucaliptal, pinhal, etc.).
31. Conservar áreas de bosque de carvalho.
32. Manter e recuperar as dunas secundárias importantes para espécies vulneráveis.
33. Elaborar planos de acção para espécies de anfíbios mais vulneráveis.
34. Elaborar planos de acção para espécies de répteis mais vulneráveis.
35. Incluir na RFCN "micro reservas" (<1hectare) importantes para Herpetofauna.
36. Elaborar planos de gestão para as áreas de interface entre o clima atlântico e mediterrânico e as "ilhas" climáticas como as serras de S. Mamede e de Monchique.
37. Rever estatutos de ameaça das populações nacionais de anfíbios.
38. Rever estatutos de ameaça das populações nacionais de répteis.
Participar, sensibilizar e divulgar
39. Efectuar campanhas sobre conservação de anfíbios e répteis e ACs.

Após a listagem das medidas de adaptação, estas foram então avaliadas em vários aspectos, entre os quais, a área de actividade em que se enquadram (Heller e Zavaleta, 2009). De seguida, estão representados os resultados desta avaliação (Figura 6).

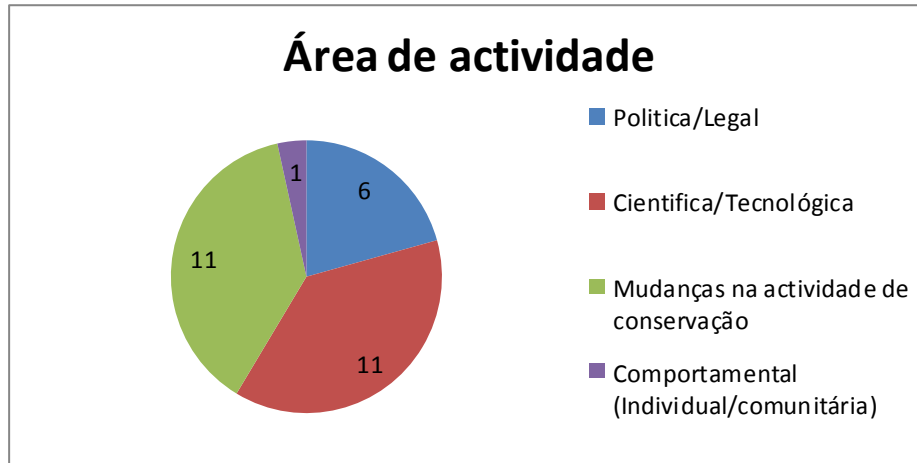


Figura 6 – Área de actividade das medidas de adaptação propostas.

Foram identificados os sectores da ENAAC que serão afectados por cada medida de adaptação proposta, podendo cada medida ter impactos em mais que do que um sector. Como se pode observar na figura 7, todas as medidas propostas terão efeitos ao nível do sector da biodiversidade, seguindo-se o sector de “Agricultura, Florestas e Pescas” como o segundo mais representado.

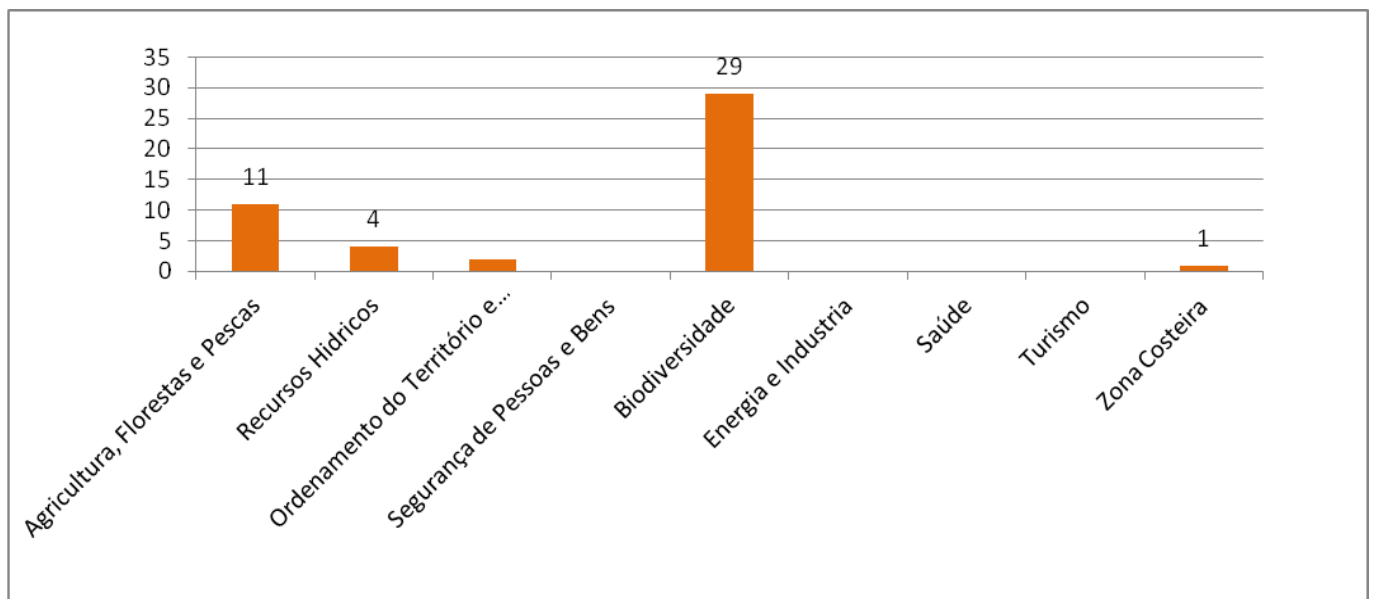


Figura 7- Medidas de adaptação propostas na reunião temática identificadas por sector da ENAAC.

Pode-se verificar também que vinte e três medidas não referem uma localização geográfica específica, contrariamente a apenas seis medidas que referem áreas geográficas de maior importância de conservação, indicadas a seguir:

- Medida 4: “Fazer estudos da evolução de charcos temporários, incluindo modelação hidrológica, numa área piloto no Sudoeste Alentejano.”
- Medida 17: “Reverter áreas de cultivo intensivo degradadas para áreas naturais que mantenham condições para as espécies atlânticas, principalmente nas áreas críticas entre zonas atlânticas e mediterrânicas.”
- Medida 19: “Conservar os cursos de água de cabeceira da zona atlântica Noroeste.”
- Medida 26: “Elaborar planos de gestão para as áreas de interface entre o clima atlântico e mediterrânico e as "ilhas" climáticas como as serras de S. Mamede e de Monchique.”
- Medida 27: “Rever estatutos de ameaça das populações nacionais de anfíbios.”
- Medida 28: “Rever estatutos de ameaça das populações nacionais de répteis.”

4. Discussão

O trabalho desenvolvido nesta dissertação permitiu confirmar a susceptibilidade dos anfíbios e répteis às alterações climáticas em Portugal, classificando as espécies em diferentes categorias de vulnerabilidade, identificando ainda espécies-alvo prioritárias para a conservação perante um cenário de alterações climáticas, e indicando medidas de conservação específicas que contribuam para a redução da vulnerabilidade destas espécies.

Este trabalho avalia dezanove espécies de anfíbios e vinte e oito de répteis, sendo uma análise bastante completa para o território Português, podendo ter um contributo importante para futuras decisões de conservação de espécies vulneráveis, assim como para a implementação da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas em Portugal.

4.1. Avaliação da Metodologia

A metodologia utilizada nesta dissertação para a avaliação da vulnerabilidade das espécies às alterações climáticas, tem como base, por um lado, resultados de modelos climáticos de distribuição potencial futura das espécies (Araújo *et al.*, 2012) e, por outro lado, uma avaliação por parte de especialistas, das características das espécies que lhes possam conferir limitações à sua capacidade adaptativa.

Como referido anteriormente, para obter distribuições potenciais futuras são usados modelos climáticos que tentam descrever as condições do clima no futuro, avaliando o potencial de mudança climática que se poderá vir a observar (IPCC, 2007). Esta avaliação apresenta alguns problemas logo à partida, pois ao trabalhar com estes modelos estamos a criar possíveis cenários futuros aos quais não é possível atribuir probabilidades de acontecimento. A escolha do modelo climático pode condicionar o diagnóstico sobre a magnitude e direcção dos impactos das alterações climáticas na distribuição das espécies (Pearson *et al.*, 2006). Por essa razão, é comum utilizar pelo menos dois cenários em estudos sobre impactos das alterações climáticas (IPCC, 2007). Neste trabalho, optou-se por utilizar o cenário mais gravoso, e o menos gravoso dos utilizados por Araújo e colegas (2012), tendo assim uma indicação da magnitude dos impactos esperados para a herpetofauna portuguesa.

Para além da limitação referente aos cenários climáticos utilizados, os modelos bioclimáticos também apresentam algumas limitações.

Os modelos bioclimáticos só relacionam a distribuição das espécies com poucas variáveis climáticas (normalmente temperatura e precipitação), resultando por vezes, em representações imprecisas da complexidade de interligações dos sistemas naturais (Legates, 2002), por exemplo, não considerando impactos indirectos. Este factor poderá levar a erros, como as áreas de distribuição das espécies actuais não incluírem informação sobre “disponibilidade de habitat”, não sendo contabilizadas, por exemplo, áreas urbanas ou agrícolas que não são colonizadas pela maioria das espécies. Os modelos também assumem uma capacidade fixa de dispersão das espécies, não considerando, por exemplo, limitações resultantes do tipo de habitats que terão de atravessar (Carvalho, 2010). Mesmo com as limitações inerentes, os resultados dos modelos ganham expressão ao apresentar conclusões idênticas em estudos distintos, como o caso dos resultados de Carvalho (2010), que indicam um declínio na distribuição cerca de 46% do total das espécies, e resultados semelhantes para a maioria destas. Por exemplo, são esperados impactos elevados para espécies como *Chioglossa lusitanica*, *Triturus marmoratus*, *Iberolacerta monticola* e *Vipera seoanei*, e baixos impactos para espécies como *Phelophylax perezii* e *Podarcis hispanica* (Carvalho, 2010).

As lacunas na distribuição das espécies, ou erros de identificação ou localização, podem também ter consequências importantes na qualidade dos modelos. Assim, a distribuição potencial actual das espécies, que serviu de base a projecções futuras neste trabalho, não corresponde a uma presença real de indivíduos, existindo zonas nos mapas de distribuição potencial actual correspondentes a sobrestimações da área adequada, e mais raramente a subestimações da área. Este problema foi apontado por todos os especialistas presentes na reunião temática.

A avaliação da capacidade adaptativa das espécies apresenta também algumas limitações. É uma avaliação subjectiva, dependente do especialista que está a avaliar, podendo surgir valores díspares em avaliações de diferentes especialistas. Este factor poderá levar à atribuição de diferentes categorias de restrição à capacidade adaptativa das espécies. Quanto ao método de avaliação destas características (Harley, 2011), este poderá estar mal ajustado, pois os valores de avaliação do resultado final de cada espécie atribuem categorias (baixa/média/alta restrição à capacidade adaptativa) que podem não reflectir bem as limitações adaptativas das espécies. Uma espécie fica categorizada com “alta” restrição à capacidade adaptativa se obtiver um resultado total maior que quatro valores. No entanto, verificaram-

se valores muito diferentes entre espécies dentro da mesma categoria de restrição (alta), alternando entre valores desde cinco até ao máximo de dezassete (Tabela IV).

Apesar das limitações existentes, esta metodologia tem grande aplicabilidade em diferentes áreas e grupos de espécies ou habitats, e baseia-se no conhecimento científico de peritos dos grupos em análise, utilizando dados de modelação actuais. Para além disso, é possível actualizar facilmente para novos cenários climáticos, permitindo usar diferentes cenários simultaneamente e ter em conta as respectivas incertezas, possibilitando de forma sistemática identificar espécies ou grupos de espécies mais vulneráveis.

4.2. Vulnerabilidade da Herpetofauna

Começando por analisar os cenários usados nesta dissertação, o cenário GRAS apresentou maior número de espécies em categorias de maior vulnerabilidade, relativamente ao cenário BAMBU, nas avaliações de ambas as classes. Este era um resultado expectável, correspondendo o cenário GRAS ao cenário com piores impactos futuros esperados.

Os resultados desta dissertação são consistentes com outros trabalhos, como Araújo (2006) e Carvalho (2010), prevendo maiores impactos, em espécies com afinidades de clima atlântico como *Chioglossa lusitanica* e *Vipera seoanei* e, particularmente, a espécie *Iberolacerta monticola* que ocorre em habitats de elevada altitude. Este factor está associado à tendência de regiões com clima atlântico virem a desaparecer com as alterações climáticas, especialmente com o aumento da temperatura e a diminuição da precipitação, passando a ter um clima marcadamente mediterrânico (Allen, 2003; Giannakopoulos *et al.*, 2009). Serão assim afectadas bastantes espécies, sendo os casos mais preocupantes os de espécies endémicas, como é o caso de *Alytes cisternasii*, *Rana iberica* ou *Lacerta schreiberi*, entre outras.

Tanto o resultado da reunião com os especialistas, como a comparação com resultados de outros trabalhos, reforçam a ideia de que estes dois grupos devem ser alvo de maior protecção, pois muitas das suas espécies são vulneráveis às alterações climáticas previstas. Isto pode ser observado principalmente no grupo dos anfíbios, com cerca de 53% das espécies classificadas como vulneráveis no cenário com maiores impactos, comparando com os 37,5% de espécies de répteis nesta situação.

Pode-se considerar os répteis mais resistentes a efeitos das alterações climáticas em comparação com os anfíbios, muito devido a diferenças ecofisiológicas entre estas duas classes. Os répteis desenvol-

veram mecanismos biológicos adaptativos para a escassez de água, como por exemplo a composição calcária da casca dos seus ovos (enquanto que os ovos dos anfíbios estão apenas envolvidos por uma membrana gelatinosa), e a utilização de ácido úrico como produto de excreção, permitindo reter uma maior quantidade de água no corpo. A maioria dos répteis não são dependentes de água para a reprodução, em grande contraste com os anfíbios (Gibbons *et al.*, 2000; Carvalho, 2010). Esta maior vulnerabilidade por parte dos anfíbios é também reforçada com resultados de estudos internacionais, como o caso de um estudo da União Internacional da Conservação da Natureza que refere que cerca de metade das espécies de anfíbios no mundo (3,217 em 6,222 (52%)) são potencialmente susceptíveis às alterações climáticas (Foden *et al.*, 2008). Os dois grupos têm sido alvo de vários estudos a nível mundial, que indicam a sua vulnerabilidade a alterações climáticas, estando já registados declínios populacionais relacionados com alterações climáticas nas últimas décadas. Por exemplo, Wake (2007) indica o declínio em cerca de 4.1% – 4.5% por ano desde 1970 nas populações florestais de répteis e anfíbios na Costa Rica. Já Bickford e colegas (2010) descrevem declínios em populações existentes em locais considerados hotspots de biodiversidade no Sudeste Asiático.

4.3. Espécies-alvo

A avaliação dos resultados de vulnerabilidade por parte dos especialistas, e consequente listagem de espécies-alvo, permitiu chegar a uma listagem das espécies que apresentam maior susceptibilidade às alterações climáticas. À análise de dados bioclimáticos e avaliação da restrição das características adaptativas das espécies, acrescentou-se uma análise complementar que colmatou possíveis erros e falta de informação sobre as características das populações, com o conhecimento de especialistas destes grupos.

No total podemos contabilizar doze espécies de anfíbios consideradas como espécies-alvo, comparativamente com dez espécies-alvo de répteis. Cerca de 63% dos anfíbios estão assim listados como espécie-alvo, contra apenas 36% dos répteis na mesma situação, sendo contabilizadas as quatro espécies de répteis aquáticos para esta avaliação. É importante salientar que nos anfíbios, a espécie *Hyla arborea* estava classificada na categoria mais alta de vulnerabilidade e ficou fora da lista de espécies-alvo. No sentido inverso, três espécies fora das categorias mais altas de vulnerabilidade (Crítico e Extremamente Crítico) foram classificadas como espécies-alvo, nomeadamente, *Pelobates cultripes*, *Triturus pygmeus* e *Pelodytes ibericus*. No caso dos répteis, duas espécies classificadas como “Críticas” num dos cenários em

estudo não constaram como espécies-alvo, designadamente, *Psammodromus hispanicus* e *Chalcides bedriagai*.

Dentro da lista final de espécies-alvo é interessante destacar alguns casos de espécies que possam ser prioritárias num ponto de vista de conservação, como por exemplo, espécies consideradas no presente como ameaçadas: *Chioglossa lusitanica*, *Lissotriton helveticus*, *Iberolacerta monticola*, *Coronella austriaca*, entre outras (Cabral *et al.*, 2005); espécies endémicas, como por exemplo *Alytes cisternasii*, *Pelodytes ibericus*, *Lacerta schreiberi* ou *Podarcis carbonelli*; ou mesmo espécies cujas distribuições sejam já restritas e/ou muito fragmentadas, casos de *Lissotriton helveticus*, *Vipera seoanei* ou *Vipera latastei*.

Quanto às espécies aquáticas, *Natrix natrix*, *Natrix maura*, *Emys orbicularis* e *Mauremys leprosa*, mesmo não tendo sido avaliada a sua vulnerabilidade, três foram identificadas como espécies-alvo, uma vez que serão bastante ameaçadas em cenários de alterações climáticas devido à sua dependência praticamente total de corpos de água, e serão por isso importantes em futuras decisões de medidas de conservação. Está excluída a espécie *Natrix maura*, que segundo os padrões de distribuição actuais e os resultados de modelação bioclimática obtidos pela Doutora Sílvia Carvalho, poderá expandir a sua área de distribuição (Carvalho, comunicação pessoal).

Esta listagem de espécies-alvo deixa referenciadas espécies importantes no âmbito de conservação da biodiversidade num contexto de alterações climáticas, podendo contribuir para futuras decisões políticas de gestão de áreas protegidas, ou estratégias de protecção e conservação mais objectivas e concretas que possam proteger espécies, que não estando actualmente ameaçadas, são bastante vulneráveis a mudanças climáticas num futuro próximo.

4.4. Adaptação

Na avaliação das medidas de adaptação propostas, podemos salientar que a área “comportamental” teve pouca representatividade em termos de medidas propostas, havendo uma distribuição semelhante para as restantes áreas. Isto indica que as mudanças necessárias não terão propriamente como alvo o comportamento individual e comunitário, mas sim um aumento de conhecimento científico e tecnológico, mudanças de políticas, e também de mudança no foco das actividades de conservação actuais, que poderão não estar adaptadas à realidade das alterações climáticas e vulnerabilidades inerentes.

Quanto aos sectores da ENAAC abrangidos pelas medidas seleccionadas, como seria expectável, as medidas inserem-se todas no sector da Biodiversidade, sendo que algumas delas abrangem também outros sectores como “Agricultura, Florestas e Pescas”, “Recursos Hídricos” e “Zonas Costeiras”. Esta sobreposição das medidas de adaptação entre sectores sugere que deverá haver uma forte articulação durante o processo de desenvolvimento e implementação da estratégia nacional, sendo fundamental existir uma sinergia intersectorial para contribuir para uma acção coordenada, facilitando e acelerando a criação de medidas e tarefas necessárias de protecção a espécies mais vulneráveis.

Na globalidade, poucas medidas referem uma área geográfica específica. Isto poderá significar que o conhecimento no terreno é ainda insuficiente para se poder propor medidas para localizações específicas. As áreas de distribuição identificadas, correspondem muitas vezes a áreas de montanha, maioritariamente na zona Norte do país, sendo as medidas mais exequíveis as que indicam áreas mais restritas e já com algum estatuto de conservação, como parques naturais e/ou áreas protegidas. Isto revela a importância deste tipo de habitats para estas espécies, tanto no presente, como para a sua persistência no futuro (Carvalho, 2010). As áreas identificadas correspondem ainda na maior parte, a zonas restritas de interface entre clima mediterrânico e atlântico, indicando claramente a importância e sensibilidade destas regiões para a herpetofauna Portuguesa.

Numa revisão bibliográfica de estratégias de adaptação às alterações climáticas para a gestão da biodiversidade (Heller e Zavaleta, 2009), conclui-se que as três recomendações mais frequentes referem a necessidade de aumentar a conectividade entre habitats (corredores verdes, remoção de barreiras à dispersão, reflorestação), a integração das alterações climáticas em exercícios de planeamento (criação de reservas, controlo de pragas) e a mitigação de outras ameaças, como o controlo de espécies invasoras, a crescente fragmentação de habitats e o aumento da poluição. Estas recomendações são boas directrizes para futuros planos de gestão de âmbito nacional, podendo as medidas propostas pelos especialistas neste estudo servir de exemplos a seguir, enquadrando-se nestas três categorias para gestão da biodiversidade.

No panorama actual as espécies estão já a sofrer impactos climáticos, e com este aumento de consciencialização sobre os impactos negativos das alterações climáticas, é necessário apostar na celeridade de revisão das medidas por parte dos organismos responsáveis, de modo a obter priorização, regionalização e objectividade nas medidas de adaptação, para que se possa proteger da melhor forma grupos mais vulneráveis, populações muito fragmentadas em grande perigo de extinção local, e habitats cruciais para a sobrevivência de muitas espécies.

4.5. Considerações Finais

Existem ainda muitos desafios na previsão e monitorização dos impactos das alterações climáticas na biodiversidade e nos ecossistemas. É necessário ter em conta que alguns efeitos poderão tornar-se evidentes apenas a longo prazo. Os efeitos das alterações climáticas nos ecossistemas e na biodiversidade associada são muito complexos, sendo necessário considerar a plasticidade fenotípica e genotípica das espécies, as suas respostas aos efeitos de vários factores climáticos em simultâneo, bem como as interações entre as várias componentes dos ecossistemas e os impactos indirectos que daí advêm (Canale e Henry, 2010; Goldberg *et al.*, 2012).

Nesta dissertação, foram obtidos resultados importantes na avaliação de vulnerabilidade às alterações climáticas em duas classes de vertebrados presentes em Portugal, definindo espécies prioritárias para conservação e para a elaboração de propostas de medidas de adaptação. É de salientar a importância da conservação de habitats aquáticos de água doce (Lovejoy e Hannah, 2005), muito vulneráveis às alterações climáticas, fundamentais para a sobrevivência da herpetofauna, em particular os anfíbios (Rebelo, *in press*). Também as florestas autóctones, nomeadamente florestas caducifólias e bosques ribeirinhos, que tendem a ser substituídas por cultivo de monoculturas, são habitats particularmente vulneráveis (Cabral *et al.*, 2005), e especialmente importantes para a conservação de muitas espécies selvagens. Existem já estratégias para proteger estes sistemas naturais, mas talvez se devesse enfatizar mais a sua extrema importância para várias espécies, como promover mais acções de consciencialização pública, maior protecção legal destas áreas, e tentar diminuir a perturbação e uso antropogénicos nestes sistemas. São necessárias acções que minimizem os impactos negativos que começam já a ocorrer sobre alguns sistemas naturais, que muito provavelmente se irão agravar nas próximas décadas.

Estes resultados apoiarão o ICNF na elaboração da ENAAC na estratégia sectorial para a Biodiversidade, contribuindo para a sua definição e implementação, tanto nos resultados de vulnerabilidade e lista de espécies-alvo, como na elaboração de medidas potenciais de protecção das espécies susceptíveis às alterações climáticas. Contudo, muitas outras espécies ficam ainda por estudar, com incerteza nos impactos que poderão sofrer devido a alterações no clima, e no grau da sua vulnerabilidade.

A metodologia utilizada neste estudo é replicável para outros grupos animais e mesmo de flora, caso existam dados de base sobre a distribuição bioclimática das espécies. É necessário continuar a avaliar a vulnerabilidade dos diferentes grupos às alterações climáticas e criar medidas de adaptação para as

espécies mais vulneráveis. Esta dissertação alargou o conhecimento nesta área, esperando-se que seja apenas o início de uma análise necessária ao estado da Biodiversidade nacional.

5. Referências Bibliográficas

- Aguiar, R. e F.D. Santos. (2007). MISP – Energia e Emissões de Gases com Efeito de Estufa: Um Exercício de Prospectiva para Portugal até 2070. Projecto MISP – Climate Change: Mitigation Strategies in Portugal. Fundação Calouste Gulbenkian e Instituto D. Luiz, Lisboa. pp 48.
- Allen, H. (2003). Response of past and present Mediterranean ecosystems to environmental change. *Progress in Physical Geography*, vol. 27 no. 3. pp 359-377
- Alves, J.M.D., Espírito, J.C., Costa, J.H.C. Gonçalves e M. F. Lousã. (2008). Habitats naturais e seminaturais de Portugal continental: tipos de habitats mais significativos e agrupamentos vegetais característicos. Lisbon: Assírio & Alvim / Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade.
- Araújo, M.B., Guilhaumon F., Neto D. R., Pozo, I., & Calmaestra R. (2012) Biodiversidade e Alterações Climáticas /Biodiversidad y Alteraciones Climáticas. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território & Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Lisboa /Madrid. pp 658.
- Araújo, M.B., W. Thuiller and R.G. Pearson (2006). Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*, 33: pp 1712–1728.
- Bagne, Karen E.; Friggens, Megan M.; and Finch, Deborah M. 2011. A System for Assessing Vulnerability of Species (SAVS) to Climate Change. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-257. Fort Collins, CO. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp 28.
- Beebee, T.J., & Griffiths, R. A. (2005). The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? *Biological Conservation*, pp 271-285.
- Bickford, D.; Howard, S. D.; Ng, D. J. J.; Sheridan, J. A. (2010). Impacts of climate change on the amphibians and reptiles of Southeast Asia. *Biodiversity & Conservation*; Vol. 19 Issue 4, pp 1043-1062
- Blackford, J.C. (2010). Predicting the impacts of ocean acidification: Challenges from an ecosystem perspective. *Journal of Marine Systems*, pp 12-18.
- Both C., te Marvelde L. (2007) Climate change and timing of avian breeding and migration throughout Europe. *Clim Res* 35: pp 93-105
- Cabral, H.N.; Costa, M.J. e Salgado, J.P. (2001). *Does the Tagus estuary fish community reflect environmental changes?* *Climate Research* 18, pp 119-126.
- Cabral, M.J., J. Almeida, P.R. Almeida, T. Dellinger, N. Ferrand de Almeida, M.E. Oliveira, J.M. Palmeirim, A.L. Queiroz, L. Rogado, & M. Santos Reis (eds.). (2005). Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. Instituto de Conservação da Natureza, Lisboa.
- Canale, C.I., & Henry, P.Y. (2010). Adaptive phenotypic plasticity and resilience of vertebrates to increasing climatic unpredictability. *Climate Research*, Vol.43, pp 135-147.

- Carvalho, S, (2010). *Biodiversity and Conservation Planning of the Amphibians and Reptiles in the Western Mediterranean Basin*. Lisboa. Dissertação de Doutoramento em Biologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Cruz, M.J. e Avelar, D. (2010). Biodiversidade. In Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas. F.D.Santos e M.J. Cruz (Editores), Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e Câmara Municipal de Cascais. Lisboa. pp 253.
- Cruz, M.J., Rebelo, R. e Crespo, E.G. (2006). Effects of an introduced crayfish, *Procambarus clarkii*, on the distribution of South-western Iberian amphibians in their breeding habitats. *Ecography* 29: pp 329-338.
- Cuttelod, A., García, N., Abdul Malak, D., Temple, H. and Katariya, V. (2008). The Mediterranean: a biodiversity hotspot under threat. In: J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor and S.N. Stuart (eds). The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Gland, Switzerland.
- D'Amen, M., Bombi, P., (2009). Global warming and biodiversity: Evidence of climate-linked amphibian declines in Italy, *Biological Conservation*, Volume 142, Issue 12, pp 3060-3067, ISSN 0006-3207, 10.1016/j.biocon.2009.08.004.
- EEA, JRC & WHO (2008) Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment. European Environment Agency, Copenhagen.
- Felicísimo, Á. M. (coord.) 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2. Flora y vegetación. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, pp 552.
- Foden, W., Mace, G., Vié, J.-C., Angulo, A., Butchart, S., DeVantier, L., Dublin, H., Gutsche, A., Stuart, S. and Turak, E. (2008). Species susceptibility to climate change impacts. In: J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor and S.N. Stuart (eds). The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Gland, Switzerland.
- Frouin, R., A. F. G. Fiúza, I. Ambar, and T. J. Boyd. (1990). Observations of a poleward surface current off the coasts of Portugal and Spain during winter. *J. Geophys. Res.*, 95: pp 679–691.
- Giannakopoulos, C, Le Sager, P, Bindi, M, Moriondo, M, Kostopoulou, E and Goodess, CM (2009) *Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming*. *Global and Planetary Change*, 68 (3). pp. 209-224. ISSN 09218181
- Gibbons, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., J. L. Greene, T. Mills, Y. Leiden, S. Poppy and C. T. Winne. (2000). The Global Decline of Reptiles, Déjà Vu Amphibians. *BioScience*, 50, pp 653-666.
- Goldberg, T., Nevo, E., & Degani, G. (2012). Phenotypic Plasticity in Larval Development of Six Amphibian Species in Stressful Natural Environments. *Zoological Studies*, pp 345-361.
- Harley, M. (2011, April). Climate change and the Natura 2000 network: assessments of species and habitat vulnerability. European Conference on Biodiversity and Climate Change - Science.

- Heller, N.E., Zavaleta, E.S. (2009). Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation*, Vol 142, Issue 1, January 2009, pp 14-32, ISSN 0006-3207, 10.1016/j.biocon.2008.10.006.
- Hendriks, I., & Duarte, C. (2010). Ocean acidification: Separating evidence from judgment e A reply to Dupont *et al.* *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, pp 186-190.
- Hickling, R., Roy, D. B., Hill, J. K., Fox, R. and Thomas, C. D. (2006). The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology*, 12: pp 450–455. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01116.x
- IPCC (2007). IPCC Fourth Assessment Report (AR4). Watson, R.T. and the Core Writing Team (Eds.) IPCC, Geneva, Switzerland. pp 184.
- Legates, David R., (2002). Limitations of Climate Model as Predictors of Climate Change. National Center for Policy Analysis, Brief Analysis, nº 396, online «<http://www.ncpa.org/pdfs/ba396.pdf>»
- Lindén, A. (2011). Using first arrival dates to infer bird migration phenology. *Boreal Env. Res.* 16 (suppl. B): pp 46-60
- Loureiro, A., Almeida, N.F., Carretero, M.A. e Paulo, O.S. (2008). *Novo Atlas dos Anfíbios e Répteis de Portugal*. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa.
- Lovejoy, T.E. e Hannah, L., (2005). *Climate Change and Biodiversity*. Yale University Press. pp 418.
- Magalhães, M. F., Batalha, D. C. and Collares-Pereira, M. J. (2002), Gradients in stream fish assemblages across a Mediterranean landscape: contributions of environmental factors and spatial structure. *Freshwater Biology*, 47: pp 1015–1031. doi: 10.1046/j.1365-2427.2002.00830.x
- Magalhães, M. F., Schlosser, I. J. and Collares-Pereira, M. J. (2003). The role of life history in the relationship between population dynamics and environmental variability in two Mediterranean stream fishes. *Journal of Fish Biology*, 63: pp 300–317. doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00148.x
- MAOT. (2002). *A Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade*. MAOT
- Massu, N. et Landmann, G. (2011) coord. *Connaissance des impacts du changement climatique sur la biodiversité en France métropolitaine, synthèse de la bibliographie*. Mars 2011. eCoFor. pp 180. ISBN 978-2-914770-04-0
- Mitchell R.J., Morecroft M.D., Acreman M., Crick H.Q.P., Frost M., Harley M., Maclean I.M.D., Mountford O., Piper J., Pontier H., Rehfisch M.M., Ross L.C., Smithers R. J., Stott A., Walmsley C., Watts O, Wilson E. (2007) *England Biodiversity Strategy - towards adaptation to climate change. Final report to Defra for Contract No. CR0327. Project Report*. Defra, Godalming, Surrey, (UK).
- Pagiola, S., Ritter, K. v., Bishop, J. (2004). *Assessing the Economic Value of Ecosystem Conservation*, Environment Department Paper No.101.
- Pearson, R. G., Thuiller, W., Araújo, M. B., Martinez-Meyer, E., Brotons, L., McClean, C., Miles, L., Segurado, P., Dawson, T. P. and Lees, D. C. (2006), Model-based uncertainty in species range prediction. *Journal of Biogeography*, 33: pp 1704–1711. doi: 10.1111/j.1365-2699.2006.01460.x

- PECSAC (2009). Alterações Climáticas - Sintra. Plano Estratégico do Concelho de Sintra face às Alterações Climáticas. F.D. Santos e R. Aguiar (Editores). Câmara Municipal de Sintra, Sintra. pp 48. ISBN 978-989-96193-0-2
- Planton, S., Déqué, M., Chauvin, F., & Terray, L. (2008). Expected impacts of climate change on extreme climate events. *Comptes Rendus Geoscience*, Volume 340, Issues 9–10, September–October 2008, pp 564-574.
- Pörtner, H. O. and A. P. Farrell. (2008). Physiology and Climate Change. *Science* 322: pp 690-692.
- Pounds, J.A., Bustamante, M.R., Coloma, L.A., Consuegra, J.A., Fogden, M.P.L., Foster, P.N., Marca, E.L., Masters, K.L., Merino-Viteri, A., Puschendorf, R., Ron, S.R., Sanchez-Azofeifa, G.A., Still, C.J., Young, B.E., (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439, pp 161-167.
- Primo A.L., Azeiteiro U.M., Marques S.C., Martinho F., Pardal M.A. (2009) Changes in zooplankton diversity and distribution pattern under varying precipitation regimes in a southern temperate estuary. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 82: pp 341-347.
- Prober, S.M., Thiele, K.V., Rundel, P.W., Yates, C.J., Berry, S.L., Byrne, M., Christidis, L., Gosper, C.R., Grierson, P.F., Lemson, K., Lyons, T., Macfarlane, C., O’Conner, M.H., Scott, J.K., Standish, R.J., Stock, W.D., Etten, E.J., Wardell-Johnson, G.W., Watson, A. (2012). Facilitating adaptation of biodiversity to climate change: a conceptual framework applied to the world’s largest Mediterranean-climate woodland. *Climatic Change*. 110. pp 227-248
- Rebelo, R., Castro, M. J., Cruz, M. J., Oliveira, J. Teixeira, J. & Crespo, E. (*In press*). Conservation and Declines of Amphibians in Portugal – Chapter 31. In *Western Europe – Status of Conservation and Decline*. Amphibian Biology Series, Vol 11: *In press*.
- Roe J. H., Georges, A. (2007) Heterogeneous wetland complexes, buffer zones, and travel corridors: Landscape management for freshwater reptiles, *Biological Conservation*, Volume 135, Issue 1, February 2007, pp 67-76, ISSN 0006-3207, 10.1016/j.biocon.2006.09.019.
- Santos X., Brito J.C., Sillero N., Pleguezuelos J. M., Llorente G. A., Fahd S., Parellada X. (2006) Inferring habitat-suitability areas with ecological modelling techniques and GIS: A contribution to assess the conservation status of *Vipera latastei*, *Biological Conservation*, Volume 130, Issue 3, July 2006, pp 416-425, ISSN 0006-3207, 10.1016/j.biocon.2006.01.003.
- SIAM I. (2002). F.D. Santos, K. Forbes, R. Moita (editors), *Climate Change in Portugal, Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project*, Gradiva, Lisbon, Portugal.
- SIAM II. (2006). F.D. Santos e P. Miranda (editores) *Alterações Climáticas em Portugal Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação*. Projeto SIAM II, Gradiva, Lisboa Sousa Reis *et al.*, 2001
- Smith G.R., Waters, M.A., Retting J.E. (2000). Consequences of embryonic uv-b exposure for embryos and tadpoles of the plains leopard frog. *Conserv. Biol.* 14: pp 1903-1907.

Vinagre, C., Santos, F., Cabral, H., e Costa, M. (2011). Impact of climate warming upon the fish assemblages of the Portuguese coast under different scenarios. (S. B. Heidelberg, Ed.) *Regional Environmental Change*, 11, pp 779-789.

Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2009). *Herpetology* (Third Edition). Amsterdam, Academic Press/Elsevier. ISBN: 978-0-12-374346-6

Wake, D.B., 2007. Climate change implicated in amphibian and lizard declines. *Proceedings of the National Academy of Science* 104, pp 8201-8202.

Willis, K. J., & Bhagwat, S. A. (2009). Biodiversity and Climate Change. *Ecology*, Vol 326. pp 806-807.

6. Lista de Anexos

- **Anexo 1:** Exemplo de um mapa de distribuição bioclimática de uma espécie de anfíbio.
- **Anexo 2:** valores de Sobreposição e Rácio de espaço climático de quatro espécies.
- **Anexo 3:** Tabela de avaliação da restrição da capacidade adaptativa da espécie *Hyla arborea*.
- **Anexo 4:** Agenda da reunião temática com especialistas da herpetofauna.
- **Anexo 5:** Lista de presenças da Reunião de Herpetofauna.
- **Anexo 6:** Avaliação da restrição da capacidade adaptativas das espécies de Anfíbios.
- **Anexo 7:** Avaliação da restrição da capacidade adaptativas das espécies de Répteis.

Anexo 1

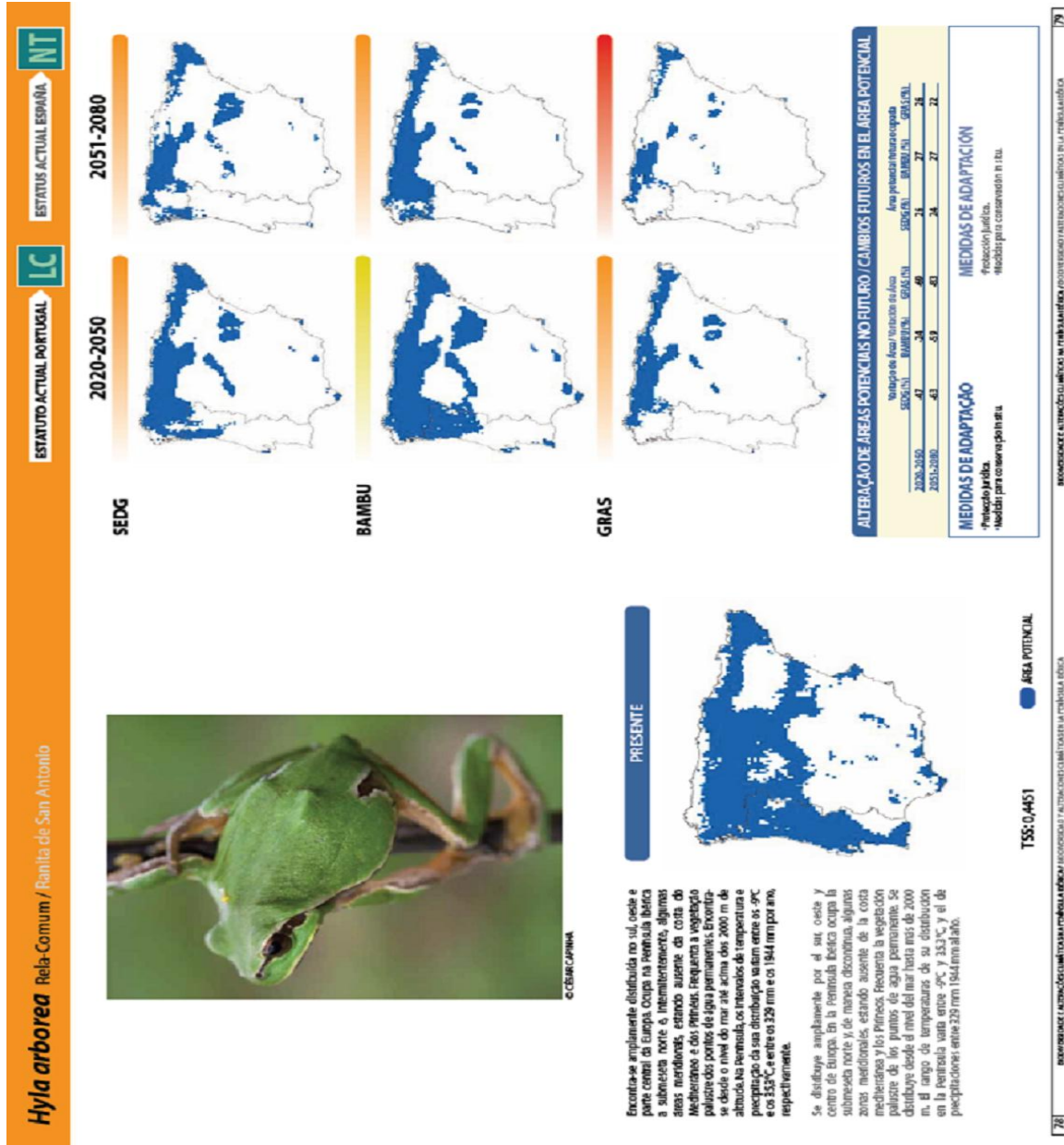


Figura 8 - Exemplo de um mapa de distribuição bioclimática de uma espécie de anfíbio – *Hyla arborea*.

Anexo 2

Tabela VIII- Exemplo de atribuição de valor final de impacto climático em quatro espécies.

Espécie	Espaço Temporal	Cenário	Sobreposição	Categoria de Impacto da Sobreposição	Rácio	Categoria de Impacto do Rácio	Valor final de Impacto Climático
<i>Salamandra salamandra</i>	2051-2080	A1F1	59%	Moderado	-33%	Moderado	Alto
<i>Hyla arborea</i>	2051-2080	A1F1	22%	Muito Alto	-83%	Muito Alto	Muito Alto
<i>Lacerta schreiberi</i>	2051-2080	A1F1	49%	Alto	-45%	Moderado	Alto
<i>Malpolon monspessulanus</i>	2051-2080	A1F1	47%	Alto	-28%	Baixo	Moderado

Anexo 3

Tabela IX - Avaliação das características ecológicas da espécie *Hyla arborea*:

Limitações	Características Ecológicas	Avaliação
Limitações Gerais	População/Range pequeno na Península Ibérica	0
	Baixas taxas de sobrevivência / reprodução	1
	Gerações Longas / ciclos de vida	0
	População em declínio na Península Ibérica	1
	Baixa diversidade genética	0
	Especialistas – requisitos específicos do habitat	1
	Nicho estreito	0
	Associação crítica com outra(s) espécie(s) vulnerável	0
Subtotal		3
Limitações de Coloni-zação/Dispersão	Barreiras à dispersão (água, topografia, barreiras antropogénicas)	0
	Habilidade de dispersão e/ou colonização limitada	1
	Distribuição maioritariamente em habitats fragmentados	1
Subtotal		2
Resultado Total de Restrição da Capacidade Adaptativa		5
Categoria		>4 Alta

Anexo 4 - Agenda da reunião temática com especialistas da herpetofauna.

REUNIÃO TEMÁTICA

Anfíbios e Répteis

Horário: 14h – 18h

Agenda

Adaptação às alterações climáticas: enquadramento nacional para o setor da biodiversidade. Paula Rito Araújo, ICNF	ENAAC, CECAAC, setor biodiversidade, plano de trabalho, produto final, metodologias, BioAdapt; agenda, objetivos e metodologias da reunião.
Alterações climáticas. Mário Pulquério, CCIAM	Modelos e cenários de alterações climáticas.
Alterações Climáticas e Biodiversidade. Maria João Cruz, CCIAM	Resumo do documento de caracterização.
Impactos e Vulnerabilidades da Herpetofauna Portuguesa. Tiago Costa, CCIAM	Metodologias e resultados da análise da vulnerabilidade climática de anfíbios e répteis. Espécies-alvo e descrição dos seus parâmetros de vulnerabilidade
Proposta e discussão das espécies alvo. Emília Paula Silva, ICNF e Mário Pulquério, CCIAM	Objetivo – definir as espécies alvo de medidas de adaptação consensual entre especialistas.
Proposta e discussão de medidas de adaptação da Herpetofauna às alterações climáticas. Emília Paula Silva, ICNF e Mário Pulquério, CCIAM	Objetivo – definir medidas de adaptação das espécies alvo
Avaliação das medidas de adaptação da Herpetofauna às alterações climáticas (importância, urgência). David Avelar e Mário Pulquério, CCIAM	Objetivo – avaliar as medidas de adaptação propostas

Anexo 5 – Lista de presenças da reunião com especialistas de herpetofauna

Reunião temática - Anfíbios e Répteis

Lista de presenças

CIBIO, Porto

17 de Julho 2012

NOME DO REPRESENTANTE	ENTIDADE	ENDEREÇO ELECTRÓNICO
Paula Rito Araújo	ICNF	ritop@icnb.pt
Emília Paula Silva	ICNF	silvae@icnb.pt
Maria João Cruz	CCIAM, SIM, FCUL	cruz.mjoao@gmail.com
David Avelar	CCIAM, SIM, FCUL	david.a.avelar@gmail.com
Mário Pulquério	CCIAM, SIM, FCUL	mariopulquerio@gmail.com
Tiago Costa	CCIAM, SIM, FCUL	bioadapt@fc.ul.pt
Xavier Santos	CIBIO	xsantossantivo@gmail.com
Fernando Martinez Freiria	CIBIO	martinez-freiria@cibio.up.pt
José Carlos Brito	CIBIO	jcbrito@cibio.up.pt
Miguel A. Carretero	CIBIO	carretero@cibio.up.pt
Helena Gonçalves	CIBIO	hgoncalves@cibio.up.pt
José Teixeira	CIBIO	jteixeira@cibio.up.pt
Sílvia Carvalho	CIBIO	silviacarvalho@cibio.up.pt

Anexo 6 – Avaliação da restrição da capacidade adaptativas das espécies de Anfíbios.

		Score																		
		<i>Chioglossa lusitana</i>	<i>Pleurodeles waltl</i>	<i>Salamandra salamandra</i>	<i>Lissotriton boscai</i>	<i>Lissotriton helveticus</i>	<i>Triturus marmoratus</i>	<i>Triturus pygmaeus</i>	<i>Alytes cisternasii</i>	<i>Alytes obstetricans</i>	<i>Discoglossus galganoi</i>	<i>Pelobates cultripes</i>	<i>Pelodytes ibérico</i>	<i>Pelodytes punctatus</i>	<i>Bufo bufo</i>	<i>Epidalea calamita</i>	<i>Hyla arborea</i>	<i>Hyla meridionalis</i>	<i>Rana iberica</i>	<i>Pelophylax perezi</i>
Limitações	Características Ecológicas																			
Limitações Gerais	População/Range pequeno na Península Ibérica	2	0	0	0	2	0	1	1	0	1	0	2	1	0	0	0	1	2	0
	Baixas taxas de sobrevivência / reprodução	1	0	1	0	1	0	0	2	2	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0
	Gerações Longas / ciclos de vida	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	População em declínio na Península Ibérica	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	0	1	1	0	0	1	0	1	0
	Baixa diversidade genética	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Especialistas - requisitos específicos do habitat	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	2	0
	Nicho estreito	2	0	1	0	2	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	2	0
Associação crítica com outra(s) espécie(s) vulnerável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Subtotal		9	2	5	2	11	4	5	6	6	5	1	5	4	1	2	3	3	9	0
Limitações de Colonização/ Dispersão	Barreiras à dispersão (água, topografia, barreiras antropogénicas)	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	Habilidade de dispersão e/ou colonização limitada	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
	Distribuição maioritariamente em habitats fragmentados	1	1	1	0	2	1	1	0	1	2	1	0	0	0	1	1	1	1	0
Subtotal		4	2	2	1	5	2	3	2	2	4	3	1	1	1	3	2	2	3	1
Resultado Total de Restrição da Capacidade Adaptativa		13	4	7	3	16	6	8	8	8	9	4	6	5	2	5	5	5	12	1

Anexo 7 - Avaliação da restrição da capacidade adaptativas das espécies de Répteis.

		Score - Ordem Sauria															
		Hemidactylus turcicus	Tarentola mauritanica	Chamaeleo chamaeleon	Anguis fragillis	Blanus cinereus	Acanthodactylus erythrurus	Timon lepidus	Lacerta schreiberi	Iberolacerta monticola	Podarcis bocagei	Podarcis carbonelli	Podarcis hispanica	Psammudromus algirus	Psammudromus hispanicus	Chalcides bedriagai	Chalcides striatus
Limitações Gerais	População/Range pequeno na Península Ibérica	1	0	2	1	0	1	0	1	2	1	2	0	0	0	1	0
	Baixas taxas de sobrevivência / reprodução	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Gerações Longas / ciclos de vida	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	População em declínio na Península Ibérica	0	0	2	1	0	1	1	2	2	1	1	0	0	1	1	1
	Baixa diversidade genética	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Especialistas - requisitos específicos do habitat	1	0	2	1	0	1	1	2	2	1	1	0	0	1	0	1
	Nicho estreito	1	0	2	1	0	1	1	2	2	0	1	0	0	1	1	1
	Associação crítica com outra(s) espécie(s) vulnerável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal		4	1	11	6	1	4	4	9	9	3	5	0	0	3	4	4
Limitações de Colonização/Dispersão	Barreiras à dispersão (água, topografia, barreiras antropogénicas)	0	0	2	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1
	Abilidade de dispersão e/ou colonização limitada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Distribuição maioritariamente em habitats fragmentados	1	1	2	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	1
Subtotal		2	2	5	3	2	3	3	3	5	1	2	1	1	2	1	3
Score Total de Restrição da Capacidade Adaptativa		6	3	16	9	3	7	7	12	14	4	7	1	1	5	5	7

		Score - Ordem Serpentes e Testudines											
		Hemorrhois hippocrepis	Coronella austriaca	Coronella girondica	Rhinechis scalaris	Macroprotodon cucullatus	Malpolon monspessulanus	Vipera latastei	Vipera seoanei	Natrix maura	Natrix natrix	Emys orbicularis	Mauremys leprosa
Limitações Gerais	População/Range pequeno na Península Ibérica	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0
	Baixas taxas de sobrevivência / reprodução	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
	Gerações Longas / ciclos de vida	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	População em declínio na Península Ibérica	0	2	0	0	0	0	1	2	0	1	2	0
	Baixa diversidade genética	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Especialistas - requisitos específicos do habitat	0	2	0	0	0	0	1	2	0	1	2	0
	Nicho estreito	1	2	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0
Associação crítica com outra(s) espécie(s) vulnerável	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Subtotal		2	12	1	1	2	1	5	9	1	4	10	1
Limitações de Colonização/Dispersão	Barreiras à dispersão (água, topografia, barreiras antropogénicas)	0	2	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1
	Abilidade de dispersão e/ou colonização limitada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Distribuição maioritariamente em habitats fragmentados	0	2	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0
Subtotal		1	5	2	1	2	1	3	3	1	3	4	2
Score Total de Restrição da Capacidade Adaptativa		3	17	3	2	4	2	8	12	2	7	14	3