

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

---

**Relatório da Fase 2**

**Plano de monitorização e gestão de espécies  
invasoras na área de influência de Alqueva**

t12071/01 Dez-13





## Apresentação

---

A NEMUS, Gestão e Requalificação Ambiental, Lda., apresenta o Relatório da Fase 2 relativo ao **Plano de monitorização e gestão de espécies invasoras na área de influência de Alqueva**.

A referida prestação de serviços está integrada no âmbito do **Projeto LIFE 10/NAT/ES/000582** “Lucha contra las Especies Invasoras en las Cuencas Hidrográficas del Tajo y del Guadiana en la Península Ibérica” (INVASEP) Ação A.6 Acciones de monitorización y evaluación de las especies invasoras en el área de Alqueva (Alentejo\_Portugal).

A NEMUS agradece o acompanhamento e todo o empenho demonstrado pela EDIA, em particular as facilidades concedidas para a realização do trabalho.

Lisboa, 23 de dezembro de 2013

**O Diretor de Projeto**

Pedro Bettencourt Correia





## ÍNDICE

---

<b>1. Introdução</b>	<b>7</b>
<b>2. Quantidades potenciais de espécies invasoras</b>	<b>9</b>
2.1. Introdução	9
2.2. Metodologias e princípios aplicados	9
2.2.1. Espécies elegíveis	9
2.2.2. Cenários de alterações climáticas	10
2.2.3. Princípios e conceitos-chave	15
2.2.4. Metodologia dos cálculos	17
2.3. Eichhornia crassipes	18
2.3.1. Situação atual	18
2.3.2. Quantidades potenciais a médio e longo prazo	19
2.4. Dreissena polymorpha	24
2.4.1. Situação atual	24
2.4.2. Quantidades potenciais a médio e longo prazo	24
2.5. Potamopyrgus antipodarum	30
2.5.1. Situação atual	30
2.5.2. Quantidades potenciais a médio e longo prazo	31
<b>3. Métodos e locais-chave para deteção da entrada</b>	<b>39</b>
3.1. Introdução	39
3.2. Locais-chave para deteção e monitorização	40
3.3. Métodos de deteção e monitorização	42
3.3.1. Alternanthera philoxeroides	42
3.3.2. Eichhornia crassipes	43
3.3.3. Elodea canadensis	43
3.3.4. Hydrilla verticillata	44
3.3.5. Impatiens glandulifera	45

3.3.6.	Dreissena polymorpha	45
3.3.7.	Potamopyrgus antipodarum	48
3.3.8.	Silurus glanis	49
3.3.9.	Bufo marinus	51
3.3.10.	Rana catesbeiana	52
3.4.	Nota síntese sobre métodos e locais-chave para deteção da entrada	53
<b>4.</b>	<b>Meios de prevenção, controlo e combate</b>	<b>59</b>
4.1.	Estrutura do capítulo	59
4.2.	Princípios e conceitos-chave	60
4.2.1.	Prevenção, controlo e combate	60
4.2.2.	Métodos físicos, químicos e biológicos	61
4.3.	Plantas aquáticas flutuantes	65
4.3.1.	Prevenção	66
4.3.2.	Controlo e combate	68
4.4.	Plantas aquáticas submersas	69
4.4.1.	Prevenção	69
4.4.2.	Controlo e combate	70
4.5.	Plantas terrestres	70
4.5.1.	Prevenção	71
4.5.2.	Controlo e combate	71
4.6.	Arundo donax	72
4.6.1.	Prevenção	72
4.6.2.	Controlo e combate	72
4.7.	Procambarus clarkii	73
4.7.1.	Prevenção	73
4.7.2.	Controlo e combate	73
4.8.	Corbicula fluminea	74
4.8.1.	Prevenção	74



4.8.2. Controlo e combate	74
4.9. Dreissena polymorpha	75
4.9.1. Prevenção	76
4.9.2. Controlo e combate	79
4.10. Potamopyrgus antipodarum	81
4.10.1. Prevenção	81
4.10.2. Controlo e combate	82
4.11. Peixes	82
4.11.1. Prevenção	83
4.11.2. Controlo e combate	84
4.12. Anfíbios	86
4.12.1. Prevenção	86
4.12.2. Controlo e combate	87
4.13. Trachemys spp.	88
4.13.1. Prevenção	88
4.13.2. Controlo e combate	88
<b>5. Análise económica dos custos de prevenção, controlo e combate das espécies invasoras</b>	<b>89</b>
5.1. Introdução	89
5.2. Jacinto-de-água	90
5.3. Mexilhão-zebra e Potamopyrgus antipodarum	98
5.4. Nota conclusiva	101
<b>6. Programa de monitorização e controlo</b>	<b>103</b>
6.1. Programa de monitorização	103
6.2. Programa de controlo	113
<b>7. Lacunas de informação e conhecimento</b>	<b>121</b>
<b>8. Nota final</b>	<b>123</b>

<b>9. Bibliografia</b>	<b>127</b>
<b>10. Anexos</b>	<b>135</b>





## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1 – Evolução da anomalia da temperatura média da baixa atmosfera para a Península Ibérica, desde há 20.000 anos relativamente à média dos últimos 10.000 anos (15°C), representada numa escala logarítmica de tempo. A partir do ano identificado como Presente (2004) representam-se a tracejado 3 cenários possíveis para a evolução da anomalia da temperatura média global, até 2100, obtidos com os cenários do IPCC. Figura adaptada de Santos & Miranda (2006)	12
Figura 2 – Curvas de crescimento de <i>Eichhornia crassipes</i> (biomassa total)	22
Figura 3 – Mapa sintético indicando os principais pontos-chave dos surtos de jacinto-de-água no Guadiana, em território espanhol, entre 2004 e 2006	65
Figura 4 – Barreira de contenção de jacinto-de-água mantida pela EDIA: aspeto geral, pormenor de ponto de amarração na margem, método de libertação de elementos flutuantes após inspeção	67
Figura 5 – Padrão diferenciado de evolução do custo marginal em adiar a remoção por mais um período	90
Figura 6 – Custo total de acordo com o período da primeira remoção segundo o cenário climático: jacinto-de-água (taxa de desconto: 2,0%)	97

## ÍNDICE DE QUADROS

---

Quadro 1 – Valores dos parâmetros da equação logística para a disseminação de <i>Eichhornia crassipes</i>	20
Quadro 2 – Evolução da biomassa total de <i>Eichhornia crassipes</i> na área de estudo	22
Quadro 3 – Densidades máximas de <i>Dreissena polymorpha</i> referidas na literatura	25
Quadro 4 – Avaliação do risco de disseminação de <i>Dreissena polymorpha</i> pela área de estudo	29
Quadro 5 – Densidades de <i>Potamopyrgus antipodarum</i> observadas nas populações nativas da Nova Zelândia e em locais invadidos	32
Quadro 6 – Avaliação do risco de disseminação de <i>Potamopyrgus antipodarum</i> pela área de estudo	36
Quadro 7 – Espécies invasoras não presentes na área de estudo	39
Quadro 8 – Locais-chave para deteção e monitorização	41
Quadro 9 – Locais-chave para a deteção e controlo de espécies invasoras na área de estudo e espécies às quais se dirigem	55
Quadro 10 – Tabela de amortização dos custos fixos iniciais (rubricas tipo indicativas)	92
Quadro 11 – Custo marginal em adiar a primeira remoção por mais um período segundo o cenário climático: jacinto-de-água (taxa de desconto de 2%, valores em euros)	94
Quadro 12 – Quadro síntese dos resultados da análise económica: jacinto-de-água	95
Quadro 13 – Custos de prevenção face ao mexilhão-zebra: Estudo de caso do Ebro, Espanha (valores em euros de 2013, corrigidos de diferenças de paridade de poder de compra)	99
Quadro 14 – Custos de controlo e combate do mexilhão-zebra: Estudo de caso do Ebro, Espanha (valores em euros de 2013, corrigidos de diferenças de paridade de poder de compra)	101
Quadro 15 – Programa de monitorização e deteção de espécies invasoras na área de estudo	105
Quadro 16 – Programa de controlo de espécies invasoras na área de estudo	115



## I. Introdução

O presente documento corresponde ao relatório da 2ª fase (fase conclusiva) do **Plano de monitorização e gestão de espécies invasoras na área de influência de Alqueva**, adjudicado à NEMUS – Gestão e Requalificação Ambiental, Lda. pela EDIA - Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas do Alqueva, S.A..

A referida prestação de serviços está integrada no âmbito do **Projeto LIFE 10/NAT/ES/000582** “Lucha contra las Especies Invasoras en las Cuencas Hidrográficas del Tajo y del Guadiana en la Península Ibérica” (INVASEP) Ação A.6 Acciones de monitorización y evaluación de las especies invasoras en el área de Alqueva (Alentejo\_Portugal).

Este relatório corresponde ao desenvolvimento do plano de monitorização e gestão propriamente dito, sendo desenvolvidos os seguintes aspetos:

- no capítulo 2 efetua-se a avaliação de **quantidades potenciais** de espécies invasoras na área de estudo;
- no capítulo 3 definem-se os métodos e os locais-chave de **deteção da entrada** das espécies ausentes da área de estudo;
- no capítulo 4 analisam-se os **meios de prevenção, de controlo e de combate** existentes e indicam-se os mais adequados;
- no capítulo 5 faz-se a **análise económica** dos custos envolvidos;
- no capítulo 6 apresenta-se o **programa de monitorização e controlo**;
- no capítulo 7 listam-se as principais **lacunas de informação e de conhecimento**.

No quadro seguinte apresenta-se a composição da Equipa Técnica afeta ao desenvolvimento deste trabalho.

<b>Técnico</b>	<b>Função</b>
<b>Pedro Bettencourt</b>	Geólogo; Especialista em Geologia Marinha <b>Coordenador geral</b>
<b>Sara de Sousa</b>	Bióloga <b>Coordenadora adjunta</b>
<b>Ângela Canas</b>	Engenheira do Ambiente; Mestre em Engenharia e Gestão de Tecnologia e Doutorada em Engenharia do Ambiente

<b>Técnico</b>	<b>Função</b>
<b>Cláudia Fulgêncio</b>	Engenheira do Ambiente; Gestora da Qualidade
<b>Elisabete Teixeira</b>	Arquiteta Paisagista, Pós-graduada em Território, Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
<b>Gisela Sousa</b>	Bióloga
<b>Gonçalo Dumas</b>	Técnico de SIG
<b>João Fernandes</b>	Engenheiro do Ambiente
<b>Júlia Mendes</b>	Arquiteta Paisagista
<b>Maria Grade</b>	Engenheira do Ambiente, Mestre em Sistemas de Informação Geográfica
<b>Pedro Afonso Fernandes</b>	Economista; Mestre em Planeamento Regional e Urbano e em Economia; Doutorando em Urbanismo
<b>Sónia Alcobia</b>	Geóloga



## 2. Quantidades potenciais de espécies invasoras

### 2.1. Introdução

A presente secção refere-se à determinação das quantidades potenciais de espécies invasoras na área de estudo. Assim, neste capítulo, indicam-se, para cada espécie elegível, valores prováveis (em unidades adequadas) da quantidade potencial de cada uma na área de estudo, para um horizonte temporal de curto prazo, uma vez que as taxas de crescimento das espécies analisadas são muito elevadas, o que significa que, em alguns casos, se atinge a capacidade máxima do sistema ecológico em poucos meses. Para a determinação destes valores consideraram-se os elementos recolhidos na Fase 1, nomeadamente as tendências de dispersão e disseminação das espécies invasoras no EFMA.

### 2.2. Metodologias e princípios aplicados

#### 2.2.1. Espécies elegíveis

Na Fase 1 definiu-se o **objeto de estudo**, de acordo com a metodologia que se apresentou no Relatório respetivo (Capítulo 6.1.), sendo este composto por **30 espécies** invasoras ou potencialmente invasoras, cuja ocorrência na área de estudo é expectável atualmente ou num futuro a curto/médio prazo.

No âmbito da avaliação de tendências de dispersão e disseminação, analisou-se, para cada uma destas espécies, a situação quanto à sua área de ocorrência atual e quanto à sua capacidade e métodos de dispersão, tendo sido determinada a existência de quatro situações distintas: a) espécies com presença confirmada na área de estudo; b) espécies com ocorrência provável na área de estudo; c) espécies ausentes da área de estudo mas cuja via de dispersão primordial é antrópica; d) espécies ausentes da área de estudo para as quais a via primordial de dispersão é natural. Destas, concluiu-se que o exercício de determinação das tendências de dispersão e disseminação era pertinente apenas para as espécies integradas no último grupo, para as quais foi possível prever, com um grau aceitável de fiabilidade: o(s) ponto(s) de entrada prováveis e o(s) sentido(s) de dispersão dentro da área de estudo. Integram este grupo 3 espécies: *Eichhornia crassipes* (jacinto-de-água; planta flutuante), *Dreissena polymorpha* (mexilhão-zebra; bivalve sésil) e *Potamopyrgus antipodarum* (sem nome comum; gastrópode). Estas são as **espécies elegíveis** para o exercício de determinação das quantidades potenciais, a que se refere o presente capítulo.

De acordo com os dados disponíveis, estas espécies não ocorrem atualmente na área de estudo, mas estão nas proximidades. Duas estão presentes em Espanha (*Eichhornia crassipes* no rio Guadiana e

*Dreissena polymorpha* nas bacias hidrográficas do Norte) e *Potamopyrgus antipodarum* encontra-se já em território nacional, mas apenas nas bacias hidrográficas do litoral (estuário do rio Minho e ria de Aveiro).

As características que conferiram elegibilidade a estas espécies para a determinação das suas tendências de dispersão e disseminação, são as mesmas que as qualificam para a determinação das quantidades potenciais de espécies invasoras na área de estudo, nomeadamente o facto de a dispersão se efetuar preferencialmente por via natural, já que o facto de não serem transacionadas nem terem qualquer interesse comercial atualmente diminui a probabilidade de introdução deliberada. Não está, no entanto, eliminada a possibilidade de introdução acidental, em particular das espécies de animais (*Dreissena polymorpha* e *Potamopyrgus antipodarum*), que são facilmente disseminadas, se não forem tomadas as devidas precauções (mencionadas nos meios de prevenção – capítulo 5).

## 2.2.2. Cenários de alterações climáticas

No presente capítulo 2 faz-se, para cada uma das espécies elegíveis, uma previsão da evolução da sua quantidade em **três cenários climáticos prováveis**, correspondentes a condições ambientais distintas. A questão das alterações climáticas não é, de todo, consensual, e, neste âmbito, surgem duas grandes incertezas basilares, que importa mencionar, uma vez que estarão inevitavelmente presentes nos cálculos efetuados no âmbito deste capítulo, influenciando o seu resultado, ainda que de forma indeterminada. Concretamente, a primeira incerteza refere-se aos cenários climáticos propriamente ditos: não se sabe, de facto, como vai ser o clima, em determinada região, daqui a 50 ou 100 anos; há várias previsões, que consideram diversos fatores, e que alcançam diferentes resultados, todos com um grau de incerteza muito relevante. Em segundo lugar, surge a incerteza relativa às consequências que daí advêm, isto é: mesmo que seja possível determinar, com um grau de segurança aceitável, como será o clima em determinada região daqui a 50 ou 100 anos, os impactes sobre o território e sobre as espécies são muito difíceis de prever, o que imprime um segundo grau de incerteza aos cálculos que se efetuam no âmbito do presente capítulo.

Seguidamente clarificam-se alguns aspetos relativos aos cenários climáticos que serão utilizados para prever a evolução das quantidades potenciais de espécies invasoras na área de estudo.

### A. Tendências climáticas registadas

Um estudo recente (ICNF, 2013) relativo à adaptação das florestas às alterações climáticas e realizado no âmbito da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAAC) lista algumas das



conclusões do relatório do SIAM II<sup>1</sup>. Nomeadamente no que se refere às **tendências registadas** destacam-se as seguintes:

- Aumento médio da temperatura do ar de 0,74<sup>o</sup>C nos últimos 100 anos;
- Desde a década de 1970, aumento da temperatura média em todas as regiões de Portugal a uma taxa média de 0,5<sup>o</sup>C por década; No Alentejo o aumento foi de 0,44<sup>o</sup>C por década;
- Desde a década de 1970, aumento da frequência e intensidade das situações de seca; No Alentejo registaram-se episódios de seca mais frequentes e severos desde a década de 1980;
- A variação sazonal no Alentejo traduziu-se numa redução sistemática da precipitação na primavera enquanto no outono, em 12 dos últimos 20 anos a precipitação foi superior à média;
- O conjunto de áreas suscetíveis à desertificação aumentou de 36% para 58% da superfície continental;

## B. Cenários climáticos

As tendências registadas têm servido de base para as equipas envolvidas no projeto SIAM produzirem projeções climáticas para as próximas décadas, que resultam da consideração de diferentes cenários de emissão de gases com efeito de estufa (com base em pressupostos económicos, sociais, tecnológicos e demográficos), que são utilizados em modelos climáticos que permitem, por sua vez, obter diferentes cenários climáticos. Assim, os principais resultados relativos a **cenários climáticos em Portugal continental** que emanaram dos projetos SIAM I e SIAM II são os seguintes:

- Todos os modelos, em todos os cenários, preveem um **aumento significativo da temperatura média** em todas as regiões de Portugal continental até ao fim do século XXI:
  - No período 2011-2040 prevê-se que a temperatura média anual suba 0,5<sup>o</sup>C a 1,5<sup>o</sup>C (aumentando do litoral para o interior e de sul para norte);
  - No período 2041-2070 prevê-se que a temperatura média anual suba 1,5<sup>o</sup> a 3<sup>o</sup>C;
  - No período 2070- 2100 prevê-se que o aumento da temperatura média anual possa atingir os 5<sup>o</sup>C.
- Estimam-se ainda **aumentos de temperatura máxima no verão** de 7<sup>o</sup>C no interior do país;

---

<sup>1</sup> O projeto SIAM (*Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures*) teve como objetivo a realização da primeira avaliação integrada dos impactos e medidas de adaptação às alterações climáticas em Portugal Continental no século XXI. Os estudos realizados basearam-se em cenários do clima futuro obtidos a partir de modelos de circulação geral da atmosfera e incidiram sobre um conjunto de setores socioeconómicos e sistemas biofísicos.

- Relativamente às **ondas de calor** (número de dias consecutivos, pelo menos 6, em que a temperatura máxima excede o respetivo percentil P90, calculado no período de referência 1961-1990), prevê-se um aumento significativo da sua frequência e intensidade; O relatório do SIAM II indica que o número máximo de dias consecutivos com temperatura superior a 35°C (dias muito quentes) deverá aumentar substancialmente, sobretudo nas regiões do interior;
- A previsão de alterações ao nível da precipitação é mais incerta, no entanto quase todos os modelos preveem a **redução da precipitação média anual em Portugal continental**; em relação à média de 1961-90 os valores projetados indicam, até 2040, uma diminuição de 10% a 25%, agravando-se de Norte para Sul;

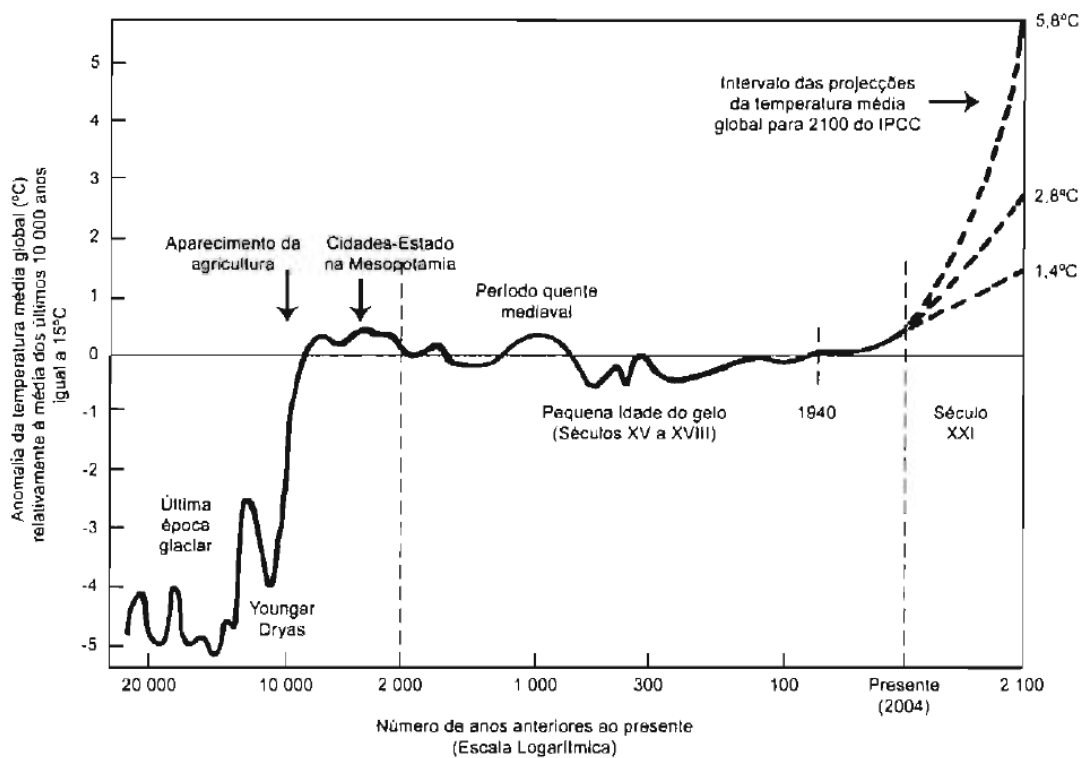


Figura 1 – Evolução da anomalia da temperatura média da baixa atmosfera para a Península Ibérica, desde há 20.000 anos relativamente à média dos últimos 10.000 anos (15°C), representada numa escala logarítmica de tempo. A partir do ano identificado como Presente (2004) representam-se a tracejado 3 cenários possíveis para a evolução da anomalia da temperatura média global, até 2100, obtidos com os cenários do IPCC. Figura adaptada de Santos & Miranda (2006)





De entre os diversos cenários climáticos desenvolvidos no âmbito do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) consideram-se no presente estudo três (que se descrevem seguidamente), que enquadram e influenciam a evolução das quantidades das espécies invasoras em três condições ambientais distintas. A opção por estes três cenários resulta do reconhecimento da importância em assegurar a comparabilidade dos dados compilados e/ou produzidos no âmbito do presente estudo com os dados constantes das mais recentes publicações e estudos de maior relevância nacional no que se refere à área temática das invasões biológicas. Assim, adotaram-se no presente trabalho os seguintes cenários de emissões, igualmente considerados por Araújo e colaboradores (2011) na publicação “Biodiversidade e Alterações Climáticas na Península Ibérica”, cujos objetivos incluíram a avaliação de possíveis impactos desta alteração e a previsão da situação futura (em termos geográficos e de estatuto de conservação) de uma amostra representativa de espécies da fauna Ibérica:

- **Cenário BAMBU (Business As Might Be Usual):** equivalente ao cenário A2 definido pelo IPCC, é o cenário de referência. Baseia-se na extrapolação das políticas Europeias atuais para o futuro. Nesse sentido, é um cenário que prevê a adoção de algumas medidas de mitigação das alterações climáticas;
- **Cenário GRAS (Growth Applied Strategy):** equivalente ao cenário A1FI do IPCC. Parte do pressuposto que a Europa incrementa a tendência de liberalização, desregularização e globalização dos mercados. Em termos de respostas às alterações climáticas é um cenário que prevê a adoção de políticas que se inserem no modelo “Adaptação” (da sociedade às alterações climáticas) e não no modelo “Mitigação”. Neste âmbito, as políticas de sustentabilidade são interpretadas como sendo sinónimo de crescimento económico;
- **Cenário SEDG (Sustainable European Development Goal):** equivale ao cenário B1 do IPCC. Pressupõe a integração de políticas ambientais, sociais, institucionais e económicas num contexto de sustentabilidade. Do ponto de vista técnico é um cenário normativo que parte do pressuposto que as políticas são definidas com vista à obtenção de objetivos concretos.

Em termos práticos, o cenário GRAS é o mais extremo no que se refere às alterações climáticas. Entre o cenário de referência BAMBU e o cenário SEDG verifica-se que, para o período até 2050<sup>2</sup>, os impactos estimados são superiores no cenário SEDG e inferiores no BAMBU, havendo uma inversão desta situação no período posterior.

---

<sup>2</sup> Araújo *et al.* (2011) adotaram períodos temporais de trabalho de 30 anos, concretamente: 2021-2050 e 2051-2080.

## C. Impactes potenciais e respostas

No que respeita ao meio aquático, as alterações climáticas com maior impacto (ICNF, 2013) serão: o aumento da temperatura do ar, a redução da precipitação primaveril e o aumento da probabilidade de ocorrência e da intensidade de cheias, secas e ondas de calor. Estas alterações deverão refletir-se em diversos níveis: na hidrologia, hidromorfologia, parâmetros físico-químicos, biologia e ecologia dos sistemas aquáticos, tanto lênticos como lóticos.

De forma geral, destacam-se os seguintes impactes potenciais e respostas dos ecossistemas:

- A Sul do Douro parece haver uma clara tendência para uma **diminuição do escoamento** durante o século XXI;
- O aumento de temperatura irá implicar uma **redução direta do oxigénio dissolvido** em todas as massas de água;
- Nas massas de água lênticas o aumento de temperatura deverá provocar um aumento da produtividade primária, da matéria orgânica dissolvida e da eutrofização; os *blooms* de microalgas também deverão aumentar, o que terá como consequências a degradação do estado ecológico das massas de água e maior probabilidade de ocorrência de mortalidade piscícola;
- As alterações mencionadas nos pontos anteriores, aliadas a outras (relativas à conectividade longitudinal, às condições necessárias ao recrutamento nos tributários e nos leitos de desova, que não serão detalhadas no presente documento por não se inserirem no seu âmbito) terão impactes sobre a **estrutura populacional da comunidade de peixes**, nomeadamente prevê-se: diminuição dos exemplares de grande dimensão de barbo (espécies nativas) e de carpa (espécie exótica), empobrecimento genérico em espécies nativas, aumento da abundância relativa de espécies exóticas como a carpa (*Cyprinus carpio*), o pimpão (*Carassius auratus*), a perca-sol (*Lepomis gibbosus*) ou o alburno (*Alburnus alburnus*) e diminuição da abundância de achigã (*Micropterus salmoides*), devido a uma redução do sucesso no recrutamento (como consequência de uma maior variação de nível da água na altura da reprodução).

Ao nível da Península Ibérica, onde se concentra mais de 50% da biodiversidade europeia, parece ser relativamente consensual que uma elevada percentagem da biodiversidade Ibérica está ameaçada pelas alterações climáticas que se projetam para o futuro. No estudo pioneiro desenvolvido por Araújo e colaboradores (2011), os autores projetaram áreas de distribuição potenciais climáticas de diversas espécies de vertebrados da Península Ibérica, nos três cenários de emissões descritos no ponto anterior



(BAMBU, GRAS e SEDG). Apesar de existir uma variabilidade assinalável entre projeções, os autores concluíram que 32% das espécies modeladas seriam forçadas a realizar importantes migrações no decurso do século XXI, pelo menos no cenário de referência BAMBU, se procurassem continuar a ocorrer em condições climáticas semelhantes às atuais.

Deve ser destacado, no entanto, que uma das **principais incertezas relacionadas com os impactes potenciais e respostas dos ecossistemas** às alterações climáticas, de acordo com ICNF (2013), é precisamente relativa à previsão da evolução das comunidades piscícolas, devido à possível entrada de novas espécies exóticas de caráter invasor, que é particularmente relevante em ambientes lênticos, como a área de estudo, já que há uma forte correlação entre a presença de albufeiras e a entrada e dispersão de espécies exóticas (Vinyoles, *et al.*, 2007).

Reforça-se assim, que, no que se refere à questão das alterações climáticas e à sua consideração nos cálculos das quantidades potenciais de espécies invasoras na área de estudo, devem ser destacados dois **importantes graus de incerteza**: a) relativa às condições climáticas futuras em Portugal e, em particular, na área de estudo; b) relativa aos impactes das alterações climáticas e às reações do ecossistema, nomeadamente as modificações nas estruturas das populações biológicas, onde se inclui a entrada ou a expansão de espécies exóticas.

### 2.2.3. Princípios e conceitos-chave

Para calcular a evolução da quantidade de espécies exóticas ao longo do tempo na área de estudo, e em três cenários climáticos distintos, aplicaram-se alguns princípios básicos de **dinâmica populacional** assim como de **ecologia de espécies invasoras**, tendo sido necessário proceder, em alguns casos, a aproximações e/ou adaptações, que importa clarificar.

#### A. Dinâmica populacional

De facto, o cálculo do crescimento populacional é um processo de elevada complexidade, que exige o desenvolvimento, aplicação e teste de diversas fórmulas que têm que ser alimentadas por dados de base muito diversos e com elevada robustez (densidade populacional, estrutura etária, frequências alélicas, organização social caso exista, dispersão, variação temporal e espacial da qualidade dos locais disponíveis, taxas de extinção local e recolonização, entre outras). Pité & Avelar (1996) referem que muitos dos modelos desenvolvidos para estudar e prever dinâmicas populacionais têm sido sistematicamente colocados em causa e substituídos por outros, mais “realistas” e adaptados a cada caso particular, baseados no reconhecimento da heterogeneidade ecológica; No entanto, apresentam a desvantagem de serem muito mais complexos o que dificulta a sua aplicação e extrapolação para outros casos.

A equipa técnica envolvida no desenvolvimento do presente estudo reconhece a importância das questões técnicas e científicas relativas ao estudo de dinâmicas populacionais e compreende que a complexidade crescente de que se reveste o estudo destas matérias é um reflexo e reconhecimento da complexidade de fatores e relações que compõem os sistemas ecológicos. No entanto, no âmbito do presente estudo, cujo objetivo é a produção de uma ferramenta útil de apoio à decisão que seja simultaneamente prática, para aplicação no terreno, não se pretende aprofundar ou analisar exaustivamente assuntos como a dinâmica e ecologia populacional. Antes, e dando continuidade ao estilo de análise pragmática adotada na Fase 1, encara-se este tema como um tema de suporte ao restante estudo, e assume-se claramente a opção de simplificar a sua abordagem, sem prejuízo do rigor e correção científica.

Assim, listam-se seguidamente os princípios adotados no âmbito específico da dinâmica de populações e apontam-se, sempre que pertinente, as simplificações e/ou aproximações efetuadas em cada caso.

- **Crescimento exponencial e equação logística:** considera-se, para efeitos dos cálculos, que as populações de espécies exóticas crescem exponencialmente após uma fase de crescimento inicial lento (que ocorre imediatamente após a entrada na área de estudo) e que atingem um patamar em determinado momento (resultante da desaceleração do crescimento, devido à competição pelos recursos); esta tipologia de crescimento populacional é representada pela equação logística, e considera-se que esta traduz de forma aceitável a realidade, na maior parte dos estudos deste âmbito; não deixa, no entanto, de ser uma aproximação matemática.
- **Reprodução contínua:** a maior parte das espécies dos *taxa* mais complexos (plantas superiores e animais vertebrados) tem reprodução sazonal; no entanto, para efeitos dos cálculos, considera-se que a reprodução é contínua ao longo do ano, o que constitui uma aproximação aceitável no caso específico das espécies exóticas que tendem a multiplicar-se assexuadamente e de forma relativamente independente das estações do ano, em particular quando ocorrem em áreas artificializadas como a albufeira da área de estudo.

## **B. Ecologia de espécies invasoras**

Alguns princípios e conceitos-chave mais consensuais no âmbito da temática das invasões biológicas, que foram aplicados para a realização dos cálculos de previsão da quantidade de espécies exóticas na área de estudo são:



- **Tempo de residência:** a probabilidade de uma espécie se tornar invasora aumenta com o decorrer do tempo, desde a sua introdução. Isto deve-se a um aumento progressivo da pressão dos propágulos, assim como ao aumento da probabilidade de ocorrência de eventos estocásticos (como perturbações do meio ou situações de disseminação casuística), que facilitam o estabelecimento de uma população, o que, por sua vez, promove a propagação e agrava os impactes;
- **Dispersão de longa distância:** as taxas de dispersão de longa distância (em particular de espécies de plantas) nos ecossistemas que invadem são normalmente mais elevadas que as taxas de dispersão nos ecossistemas nativos; isto é explicado pela ocorrência, nos meios recetores, de métodos de dispersão não-naturais, de onde se destaca a disseminação de propágulos promovida pelo Homem;
- **Pressão dos propágulos:** também denominado “esforço de introdução” é um princípio que refere que a probabilidade de sucesso de uma invasão é tão maior quanto maior for o número de indivíduos introduzidos ou o número de eventos de introdução;
- **Associações sinantrópicas:** espécies que estejam, intencionalmente ou não, associadas ao Homem são disseminadas de forma mais abrangente, são mais frequentemente introduzidas e em maiores números, sendo estas as espécies com maior probabilidade de invadir novas áreas.

#### 2.2.4. Metodologia dos cálculos

Para calcular as quantidades potenciais de espécies invasoras recorreu-se a bibliografia especializada (nomeadamente estudos publicados que referem quantidades e taxas de disseminação de uma ou várias das espécies em causa) e aplicaram-se os princípios definidos no ponto anterior.

A metodologia de cálculo das quantidades potenciais de espécies invasoras na área de estudo seguiu os passos seguintes:

1. Compilação de informação bibliográfica referente a estudos de previsão de quantidades destas espécies em áreas invadidas e seleção das metodologias de abordagem mais consensuais;
2. Seleção pericial de taxas de disseminação padrão e densidades máximas (para integração na equação de crescimento logístico, nos casos aplicáveis) adequadas às condições da área de estudo, para o cenário climático de referência BAMBU;

3. Seleção pericial de taxas de crescimento e densidades máximas para os cenários climáticos GRAS e SEDG (para as espécies às quais é possível adaptar a equação logística de crescimento);
4. Definição de uma unidade de trabalho adequada (considerando as características da área de estudo e as unidades mais comumente utilizadas nos estudos de referência, para garantir maior comparabilidade);
5. Definição de metodologias alternativas de abordagem para as espécies em que não é possível adotar a equação logística de crescimento.

Os cálculos de quantidades de espécies invasoras foram efetuados para cada espécie individualmente, não tendo sido consideradas alterações nas taxas e/ou padrões de crescimento por efeitos cumulativos ou sinérgicos resultantes da presença de outras espécies invasoras. No entanto, a existência possível destes efeitos é tida em causa nos capítulos seguintes, nomeadamente nos que se referem a: definição de locais para controlo, métodos de deteção e alarme e programas de monitorização.

Os subcapítulos seguintes apresentam a metodologia específica aplicada à determinação das quantidades potenciais de cada espécie invasora na área de estudo, assim como os resultados desses exercícios.

## 2.3. Eichhornia crassipes

### 2.3.1. Situação atual

Atualmente, *Eichhornia crassipes* (jacinto-de-água) não ocorre na área de estudo, sendo assim o ponto de partida de **zero unidades de *Eichhornia crassipes***.

*Eichhornia crassipes* está, no entanto, presente na bacia do Guadiana em território espanhol, tendo sido registada a cerca de 30 km da fronteira (e da cabeceira da albufeira de Alqueva) em 2012, na sequência de cheias que provocaram a rutura de barreiras flutuantes de contenção da sua expansão.



## 2.3.2. Quantidades potenciais a médio e longo prazo

### 2.3.2.1. Metodologia

Na presente secção apresentam-se os valores prováveis da quantidade potencial de *Eichhornia crassipes* na área de estudo, para um horizonte temporal de cerca de 2 anos (750 dias, concretamente), após a ocorrência de um episódio de invasão, e considerando três cenários climáticos distintos.

Para efetuar os cálculos que permitiram chegar aos valores apresentados considerou-se o **modelo logístico** de crescimento, que considera a existência de limites de crescimento da população (traduzidas por uma capacidade de carga  $K$ ), relacionadas com os recursos disponíveis. Trata-se de um modelo mais realista que o exponencial, que só se aplica em condições excecionais e apenas em curtos estágios iniciais em que não há intervenção de outros fatores (como a competição pelos diversos recursos: alimento, espaço, luz, entre outros). De facto, no médio prazo intervêm fatores que tendem a diminuir a taxa de crescimento porque os recursos vão escasseando e a competição por esses diversos fatores finitos intensifica-se à medida que a população aumenta. A equação logística do crescimento de uma população considera a existência de gerações sobrepostas e a reprodução contínua (ambos princípios aplicáveis à maioria das espécies invasoras).

$$W = K / (1 + e^{-at})$$

Sendo:

$W$  = biomassa em determinado momento ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$r$  = taxa de crescimento intrínseco diária

$K$  = valor-limite de crescimento da população ou capacidade de carga ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$a$  = constante de integração que define a posição da curva de crescimento em relação à origem

$t$  = tempo (dias)

Para efetuar os cálculos que permitiram chegar aos valores apresentados considerou-se a taxa de crescimento base (cenário de referência BAMBU) mais difundida e referenciada nos trabalhos e estudos publicados, referentes a condições ambientais semelhantes: «**duplicação da biomassa em 1 a 3 semanas**» (Mitchell 1976, Wolverton & McDonald, 1979 e Langeland & Burkes, 1998 em: portal do Smithsonian Marine Station at Fort Pierce; Gutiérrez *et al.*, 2000 em: Julien, *et al.*, 2001; Lindsey & Hirt, 1999 em: Williams s.d. em: portal do ISSG), o que corresponde a uma **taxa de crescimento intrínseco diária ( $r$ ) de 4,9%**.

Os restantes parâmetros da equação logística devem idealmente ser calculados com base em dados de campo concretos (nomeadamente em experiências *in situ* de determinação de taxas de crescimento da

espécie em causa). Concretamente, a capacidade de carga  $K$  que reflete os recursos disponíveis, é intrínseca de cada sistema e varia também com a altura do ano (por exemplo: no verão o fotoperíodo é maior que no inverno, o que se reflete na quantidade de luz disponível para a realização de fotossíntese). Assim, e uma vez que não é possível obter dados reais para a área de estudo (porque jacinto-de-água não se encontra presente), recorreu-se a dados publicados para outras situações, equiparáveis em certa medida à situação da área de estudo. Nesse âmbito, destaca-se o trabalho de Gutiérrez *et al.* (2000) em: Julien, *et al.* (2001), referente à determinação da evolução da biomassa e da produtividade de populações invasoras de *Eichhornia crassipes* em diversas albufeiras no México.

O quadro seguinte apresenta os valores que se consideraram para as variáveis  $a$ ,  $r$  e  $K$  para definir a equação logística que traduz o crescimento, em biomassa por área (kg/m<sup>2</sup>) da espécie, em cada um dos cenários climáticos BAMBU, SEDG e GRAS.

Quadro 1– Valores dos parâmetros da equação logística para a disseminação de *Eichhornia crassipes*

	$a$	$r$	$K$	Condições modelo (Gutiérrez <i>et al.</i> ,2000)
<b>BAMBU</b>	4,7073	0,0499	51	Albufeira Requena <sup>1</sup> (dados de Jul. - Fev.).
<b>SEDG</b>	4,7073	0,0722	55	Albufeira Requena <sup>1</sup> (dados de primavera: Abr. - Jun).
<b>GRAS</b>	4,7073	0,152	60,7	Albufeira Cruz Pintada <sup>2</sup> .

**Notas:** (1) Albufeira Requena: eutrófica, clima temperado; (2) Albufeira Cruz Pintada: eutrófica, clima quente.

Como o quadro evidencia, considerou-se para os três cenários o mesmo valor da constante de integração ( $a$ ) para assegurar situações de partida (entrada da espécie) idênticas nos três casos. Para o cenário de referência BAMBU consideraram-se os valores da taxa de crescimento intrínseco diária ( $r$ ) e da capacidade de carga ( $K$ ) correspondentes às da albufeira Requena entre julho e fevereiro; Para o cenário SEDG consideraram-se os valores da mesma albufeira mas durante a primavera, o que determina uma maior capacidade de carga e uma maior taxa de crescimento intrínseco diária; Para o cenário mais extremo GRAS consideraram-se valores de uma outra albufeira – Cruz Pintada – também eutrófica mas numa zona de clima quente, onde se atingem valores de capacidade de carga ainda mais elevados, assim como maiores taxas de crescimento intrínseco diárias.

As funções acima devolvem a variação da densidade (kg/m<sup>2</sup>) da espécie ao longo do tempo, nas condições indicadas. Para prever a disseminação na área de estudo ao longo do tempo (m<sup>2</sup>), definiu-se, para cada cenário climático, uma nova equação logística de expansão da espécie em área, considerando





uma capacidade de carga equivalente à área da albufeira de Alqueva ( $25.000 \text{ ha} = 2,5 \times 10^8 \text{ m}^2$ )<sup>3</sup>; para cada cenário manteve-se a taxa de crescimento intrínseco diária utilizada nos cálculos anteriores; a constante de integração foi calculada de forma a traduzir uma entrada de  $1 \text{ m}^2$  de jacinto-de-água.

A equação logística considera que o crescimento é constante ao longo de todo o ano, o que não acontece de facto (no inverno as taxas de crescimento reais são muito inferiores às taxas de primavera). No entanto, Gutiérrez *et al.*, 2000 (em: Julien, *et al.*, 2001) referem que a curva de crescimento de *Eichhornia crassipes* aproxima-se bastante da sigmoideal definida por esta equação, pelo que a sua aplicação é aceite e amplamente utilizada pela comunidade científica.

Nos cálculos efetuados não se introduziram nos modelos de crescimento correções para a mortalidade, doenças e herbivoria, à semelhança dos estudos usados como base (Gutiérrez *et al.*, 2000 em: Julien, *et al.*, 2001): para a herbivoria alguns autores consideram que o seu impacte é, regra geral, irrelevante; no que se refere à morte de folhas, vários autores referem que a produção destes órgãos vegetais é constante e proporcional à mortalidade foliar, pelo que se considera que o número de folhas viáveis é constante ao longo do tempo, não influenciando, deste modo, a biomassa total presente num dado momento.

### 2.3.2.2. Resultados

O quadro seguinte apresenta a evolução da biomassa total de *Eichhornia crassipes* (em milhares de T) na área de estudo, após um episódio de invasão, considerando-se a entrada através do leito principal do Guadiana, e a expansão progressiva até à primeira barreira à sua progressão – a barragem de Alqueva. Considera-se uma escala de evolução temporal de base diária.

---

<sup>3</sup> Considerou-se a via preferencial de entrada na área de estudo definida no relatório da Fase 1 (através do leito principal do Guadiana) e a área de expansão potencial equivalente à área definida no mesmo documento para a 1ª fase de invasão (albufeira de Alqueva, desde cabeceira até à barragem, que constitui a 1ª barreira à progressão).

Quadro 2 – Evolução da biomassa total de *Eichhornia crassipes* na área de estudo

Biomassa total (milhares T) por cenário climático			
Tempo (dias)	BAMBU	SEDG	GRAS
0	0	0	0
50	0	0	0
100	0	0	53
150	0	1	13.273
200	1	50	15.174
250	8	1.626	15.175
300	97	11.442	15.175
350	1.089	13.675	15.175
400	6.770	13.748	15.175
450	11.884	13.750	15.175
500	12.674	13.750	15.175
550	12.744	13.750	15.175
600	12.749	13.750	15.175
650	12.750	13.750	15.175
700	12.750	13.750	15.175
750	12.750	13.750	15.175

Os valores apresentados são traduzidos em forma gráfica na figura seguinte, que ilustra as curvas de crescimento (biomassa total) de *Eichhornia crassipes* para cada cenário climático.

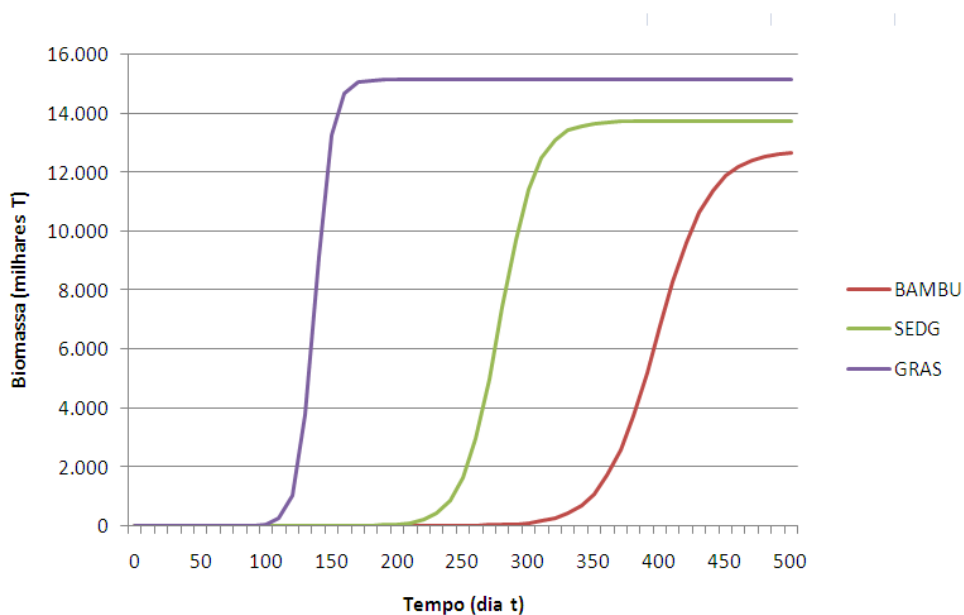


Figura 2 – Curvas de crescimento de *Eichhornia crassipes* (biomassa total)



O gráfico evidencia a elevadíssima taxa de crescimento e disseminação da espécie, que é um dos motivos que justificou a sua inclusão na lista IUCN das 100 mais perigosas espécies exóticas invasoras a nível mundial (portal do ISSG). A sua velocidade de disseminação tornou necessária a aplicação de uma escala de base diária ao eixo da evolução temporal.

O gráfico evidencia ainda as principais diferenças entre os três cenários:

- No cenário mais extremo (GRAS) **atinge-se a capacidade de carga** (equivalente à invasão da totalidade do espelho de água da albufeira de Alqueva) em **210 dias**; a mesma situação é alcançada em **420 dias** no cenário SEDG e em **610 dias** no cenário de referência BAMBU;
- A cobertura total do espelho de água traduz-se em **biomassas totais** distintas nos três cenários, o que reflete as previsíveis disponibilidades distintas de recursos (à exceção da área disponível que se mantém); assim, no cenário de referência BAMBU a capacidade de carga absoluta é de **12.750 milhares de T**; no cenário intermédio SEDG é de **13.750 milhares de T**; no cenário extremo GRAS é de **15.175 milhares de T**;
- A fase de crescimento exponencial não só é progressivamente mais “agressiva” (declive mais elevado) para os cenários mais extremos, como o seu pico (**crescimento máximo diário**) é também atingido em diferentes momentos: no cenário GRAS é atingido aos **140 dias após a invasão**; no cenário SEDG o pico de crescimento acontece mais tarde, aos **280 dias após a invasão**; no cenário de referência BAMBU a taxa de crescimento diária máxima é atingida aos **400 dias após a invasão**.

De facto, as diferenças entre os diversos cenários climáticos são notórias e muito relevantes. Hellmann e colaboradores (2008) referem que há fortes interações entre as alterações climáticas e as invasões de espécies vegetais e que o jacinto-de-água em particular, sendo uma espécie de climas quentes, deverá ser “beneficiada” com as alterações que se preveem, ao nível do clima global. Por exemplo, a reprodução sexuada desta espécie está fortemente limitada nas áreas que invade, devido à inexistência de condições adequadas para a germinação das sementes que produz. No entanto, e de acordo com Pan e colaboradores, 2012 (em: Francis, 2012), esta situação pode modificar-se no futuro, devido às alterações climáticas previstas, e a diversidade genética das populações exóticas de jacinto pode aumentar com o aumento de episódios de introdução, o que irá conferir maior resiliência à população e eventualmente maior resistência às intervenções de controlo. Esta previsão significa que as curvas de disseminação da

espécie (Figura 2) calculadas para os cenários SEDG e GRAS podem ser ainda mais agressivas (crescimento mais rápido) do que as apresentadas.

## 2.4. Dreissena polymorpha

### 2.4.1. Situação atual

Atualmente, *Dreissena polymorpha* não ocorre na área de estudo, sendo assim o ponto de partida de **zero unidades de *Dreissena polymorpha***.

*Dreissena polymorpha* está, no entanto, presente em território espanhol, na zona Nordeste da Península Ibérica, podendo entrar na área de estudo por via antrópica (em águas de lastro, presos a cascos de embarcações, em equipamento de pesca e atividades aquáticas, entre outros).

### 2.4.2. Quantidades potenciais a médio e longo prazo

#### 2.4.2.1. Metodologia

Os aspetos biológicos (ciclo de vida, taxas de desenvolvimento, modo de alimentação, ente outros) e ecológicos (tipologias de substratos que coloniza, preferências físicas e químicas do meio, relações tróficas que estabelece, entre outras) de *Dreissena polymorpha* conferem a esta espécie uma elevada agressividade colonizadora, que, aliada aos avultados prejuízos económicos que provoca, em pouco tempo, em várias infraestruturas hídricas, lhe valeu a classificação de “uma das piores espécies invasoras a nível mundial”.

De facto, o mexilhão-zebra possui uma notável plasticidade, podendo desenvolver-se numa gama muito alargada de condições bióticas e abióticas (Cf. Capítulo 6.4.2. do Relatório da Fase 1). Assim, embora prefira superfícies rígidas para se fixar e desenvolver, ocorre também em superfícies móveis (como fundos arenosos e/ou com vegetação) e chega mesmo a fixar-se às conchas de outros indivíduos, num padrão de desenvolvimento em camadas sobrepostas. Para além de ser pouco exigente relativamente ao tipo de substrato, é ainda assinalável o facto de ser sésil durante parte do seu ciclo de vida (fixado a um substrato), sendo plânctónico durante outra parte (vive livre na coluna de água). De notar, adicionalmente, as suas reduzidas dimensões, tanto do adulto sésil (5 cm no máximo) como das larvas plânctónicas (40-60 µm). Estas três características – plasticidade ecológica, existência de dois tipos biológicos distintos no



ciclo de vida, e dimensões reduzidas – tornam inviável qualquer tentativa de prever a evolução de quantidades potenciais da espécie ao longo do tempo.

Efetivamente, embora existam numerosos estudos e abordagens do tema, nenhuma delas incluiu o cálculo da evolução de quantidades. Não só pelos três motivos apresentados como também pelo facto de o limite (densidade máxima por área) não ser facilmente determinável. Listam-se no quadro seguinte, a título de exemplo, algumas densidades mencionadas em estudos publicados.

Quadro 3 – Densidades máximas de *Dreissena polymorpha* referidas na literatura

Densidades	Local	Fonte
<b>Mín.:</b> 32 ind./m <sup>2</sup> <b>Máx.:</b> 8.400 ind./m <sup>2</sup>	Costa de Estónia e da Letónia	Kotta <i>et al.</i> (1998)
<b>Mín.:</b> 0,41 g/m <sup>2</sup> <b>Máx.:</b> 1.463,18 g/m <sup>2</sup>	Costa de Estónia e da Letónia	Kotta <i>et al.</i> (1998)
<b>Mín.:</b> 500 ind./m <sup>2</sup> <b>Máx.:</b> 65.000 ind./m <sup>2</sup>	Rio Ebro	Durán <i>et al.</i> (2010)
1.000.000 – 2.000.000 ind./m <sup>2</sup>	(não menciona)	Hayward & Estevez (1997)

Assim, no que se refere a metodologias de previsão da disseminação desta espécie, a abordagem que tem sido adotada, em particular pelas entidades responsáveis pela gestão de ambientes aquáticos ou de equipamentos e infraestruturas hidráulicas, tem sido a de atribuir uma probabilidade de disseminação da espécie para determinada área, considerando essencialmente as características abióticas e bióticas do local-alvo – Índice de adequabilidade do habitat. A título de exemplo, referem-se algumas dessas abordagens:

- Strayer (1991) desenvolveu um modelo para prever a evolução da distribuição da espécie na América do Norte, fazendo corresponder variáveis climáticas (essencialmente dados de temperatura do ar) de zonas invadidas na Europa com o clima da América do Norte; No entanto, alguns anos mais tarde, detetou-se a presença do mexilhão-zebra em áreas não previstas pelo modelo.
- Drake e Bossenbroek (2004) publicaram um outro modelo que integrou variáveis relacionadas com o clima, geologia e topografia. Este modelo previu a probabilidade de ocorrência da espécie ao longo dos Estados Unidos da América, numa escala de 0% a 100%. No entanto, Whittier *et al.* (2008) apontaram o facto de este modelo ter falhado na

previsão de ocorrência de uma espécie muito semelhante (*Dreissena bugensis*) que foi entretanto detetada em áreas não previstas pelo modelo. Esta espécie tinha já aparecido na zona de Great Lakes, logo após o aparecimento de *Dreissena polymorpha*.

- Whittier *et al.* (2008) desenvolveram um modelo alternativo ao de Drake e Bossenbroek (2004) integrando adicionalmente a concentração de cálcio dos ambientes-alvo, e serviram-se dele para prever as áreas potenciais de disseminação de *Dreissena polymorpha*, numa escala de quatro classes (risco muito baixo, baixo, elevado e variável). Com este modelo alternativo obtiveram resultados distintos, para algumas áreas. Neste momento subsiste a dúvida sobre para onde alocar os recursos de combate e controlo da invasão.

De facto, *Dreissena polymorpha* é uma espécie pouco exigente, com uma elevada capacidade de adaptação, o que tem dificultado esta abordagem preditiva. Cohen (2005) elaborou um artigo de revisão de todos os elementos publicados até à data relativos às exigências e preferências ecológicas do mexilhão-zebra, tendo compilado informação sobre os valores-limite para diversos fatores, de que se destacam: temperatura da água, concentração de cálcio, salinidade, pH, oxigénio dissolvido, condutividade, entre outros. Os diversos estudos consultados indicam uma multiplicidade de valores para os diferentes locais onde as investigações foram efetuadas e para as diferentes fases do ciclo de vida da espécie (cf. Quadro 4).

## **A. Temperatura**

Embora se considere, muitas vezes, como limite inferior para o desenvolvimento de adultos a temperatura de 6°C, este valor não é consensual. De facto, alguns autores indicam que esta é a baliza térmica para a ocorrência da espécie na Europa, sendo antes 11-12°C o limite inferior para o desenvolvimento dos adultos.

De modo homólogo, alguns estudos concluíram que 25°C é o limite superior habitual da distribuição da espécie. Temperaturas da ordem de 26-32°C resultam na morte de adultos e de larvas, sendo que há referência a taxas de mortalidade de 100% quando a temperatura se situa em 33-36°C.

## **B. Salinidade**

Embora haja diversas referências a limites de salinidade, de facto o mexilhão-zebra é mais sensível a alterações da salinidade do que aos valores de salinidade absoluta. Concretamente: numa zona de



estuário, com variações periódicas e bruscas de salinidade, *Dreissena polymorpha* não parece sobreviver acima de 2 ppt. No entanto, em meios aquáticos com maior estabilidade físico-química (como lagos), a espécie aguenta concentrações muito mais elevadas de sal (estima-se que o limite para esses casos se situe em 6 ppt, embora se tenha conseguido atingir valores mais extremos em condições controladas, após aclimação prolongada).

O limite superior de salinidade onde se verificou na prática ocorrência de reprodução foi 2 ppt.

A questão dos limites de salinidade tem sido alvo de controvérsia e diferentes autores têm obtido resultados muito distintos, em diversas situações.

### C. pH

Os limites de pH são também fonte de discórdia e, tal como se referiu para a salinidade, as alterações bruscas parecem ser mais relevantes do que os valores absolutos. Adicionalmente, o pH altera a taxa de fixação de cálcio e de outros processos vitais para a espécie, pelo que os seus efeitos são múltiplos e difíceis de determinar.

Num estudo efetuado em 76 lagos da Europa (Ramcharan, *et al.*, 1992) os autores determinaram que 7,3 é o limite inferior de ocorrência da espécie.

7,4 está indicado como sendo o limite inferior para o desenvolvimento de larvas e 7,5 como o limite para o desenvolvimento de adultos.

### D. Cálcio

Sendo um bivalve, *Dreissena polymorpha* é francamente dependente da disponibilidade de cálcio no meio para garantir a produção e crescimento das valvas. No entanto, os valores mínimos que possibilitam o seu estabelecimento e desenvolvimento num determinado meio aquático não são consensuais. De facto, o cálcio parece ser, porventura, o elemento mais determinante para o sucesso das populações de mexilhão-zebra e, adicionalmente, o que apresenta maior interação com os restantes (pH, temperatura, entre outros).

Assim, alguns autores referem que abaixo de 5-6 mg/L não há sobrevivência, sendo o limite inferior de ocorrência de 10 mg/L. Outros autores colocam o limite inferior para os adultos (sem mencionar se são limites para a sobrevivência ou para o desenvolvimento) em 12-15 mg/L. Os valores diferem bastante entre

os estudos realizados na América e os realizados no continente Europeu ou Asiático; Ramcharan e colaboradores (1992), que efetuaram um estudo em 76 lagos da Europa, determinaram que só existem mexilhões-zebra em ambientes com mais de 28,3 mg/L de cálcio, sendo que apenas foram detetadas populações desta espécie com dimensões consideráveis em concentrações de cálcio superiores a 34,5 g/L.

## E. Oxigénio dissolvido

O limite inferior de oxigénio dissolvido para a sobrevivência da espécie está referido como sendo de 4 mg/L, mas este valor é altamente dependente da temperatura. De facto, o mexilhão-zebra pode sobreviver até 6 dias em condições de anóxia, a 17-18°C. A temperaturas mais elevadas (23-24°C) apenas sobrevive 3 dias.

Embora sendo uma espécie claramente aquática, está descrita a sobrevivência de indivíduos adultos fora de água até 3-5 dias em condições de temperatura adequada (in: portal do ISSG).

### 2.4.2.2. Resultados

No quadro seguinte sintetizam-se alguns dos limites de seis parâmetros físico-químicos (temperatura da água, salinidade, pH, concentração de cálcio, oxigénio dissolvido e condutividade) para o bom desenvolvimento de adultos e de larvas de *Dreissena polymorpha*, de acordo com o artigo de revisão de Cohen (2005).

Os valores apresentados no quadro nas colunas “**limites desenvolvimento**” são os indicados como adequados para o desenvolvimento, tanto de adultos como de larvas. A sobrevivência da espécie foi, no entanto, verificada num espectro mais alargado de valores que não são aqui apresentados por não constituírem informação relevante, tendo em conta o objetivo do presente estudo.

Os valores apresentados nas colunas “**condições na área de estudo (2010-2012)**” resultam de:

- **Média:** média de todos os dados recolhidos no período indicado na área de estudo;
- **Valor mínimo:** valor mais baixo, considerando como universo os valores médios de cada parâmetro em cada uma das sete áreas seguintes: Álamos I, Álamos II, Álamos III, Alqueva, Loureiro, Pedrógão e Pedrógão/Ardila;





- **Valor máximo:** valor mais elevado, considerando como universo os valores médios de cada parâmetro em cada uma das sete áreas seguintes: Álamos I, Álamos II, Álamos III, Alqueva, Loureiro, Pedrógão e Pedrógão/Ardila.

A “**classif. risco**” corresponde a uma classificação pericial e qualitativa do risco de disseminação da espécie pela área de estudo, caso ocorra a sua entrada. À semelhança do índice de adequabilidade do habitat, trata-se de uma avaliação (mais expedita) da adequação da área de estudo aos requisitos de desenvolvimento (crescimento e reprodução) da espécie. Adotou-se a seguinte escala:

- **Risco elevado:** condições adequadas ao desenvolvimento de larvas e de adultos;
- **Em risco:** condições adequadas apenas ao desenvolvimento de larvas ou de adultos;
- **Sem risco:** condições não adequadas ao desenvolvimento de larvas nem de adultos;
- **Indeterminado:** dados disponíveis não permitem concluir.

Quadro 4– Avaliação do risco de disseminação de *Dreissena polymorpha* pela área de estudo

Fatores	Limites desenvolvimento *		Condições na área de estudo (2010-2012) **			Classif. risco
	Adultos	Larvas	Média	Valor mínimo	Valor máximo	
Temperatura (°C)	6 - 30	12-24	17,1	16,1 (Pedrógão/Ardila)	19,8 (Álamos II)	Risco elevado
Salinidade (ppt)	0 - 0,6	0 - indet.	0,14	0,11 (Pedrógão)	0,15 (Álamos III)	Risco elevado
pH	7,5 - 8,7	7,4 - 9,4	7,81	7,70 (Alqueva)	8,62 (Álamos I)	Risco elevado
Cálcio (mg/l)	>25	>12	29,5	28,3 (Álamos III)	33,0 (Loureiro)	Risco elevado
Oxigénio diss. (mg/l)	>8	Indet.	5,6	4,8 (Alqueva)	8,0 (Álamos)	Indet.
Condutividade (µS/cm)	>83	Indet.	364	350 (Alqueva)	396 (Loureiro)	Em risco

\* Fonte dos dados: Cohen (2005). \*\* Fonte dos dados: EDIA (anos hidrológicos de 2010/2011 e 2011/2012).

A análise do quadro permite concluir que, na eventualidade de ocorrer a entrada da espécie na área de estudo, estão reunidas as condições físico-químicas para que a disseminação ocorra com grande rapidez e que o sistema seja invadido por *Dreissena polymorpha*, já que a área de estudo apresenta as condições ideais para o desenvolvimento da espécie. De facto, as taxas de reprodução e disseminação da espécie, em ambientes favoráveis, são notáveis:

- A reprodução ocorre na primavera e no verão, chegando cada postura a ter 40.000 ovos, e podendo alcançar 1.000.000 em uma temporada, o que significa que um único indivíduo pode produzir até 1.000.000 de descendentes por ano (GEIB, 2006; portal DAISIE);
- Em águas com temperaturas elevadas a reprodução pode ocorrer em contínuo, durante todo o ano;
- A taxa de crescimento de indivíduos sexualmente maduros é de 1-1,5cm/ano/indivíduo (Mackie *et al.*, 1989 e Mackie & Schloesser, 1996 em: TPWD, 2010);
- Os indivíduos vivem 3 a 9 anos (3 a 9 em lagos na Polónia; até 5 nas águas da Grã-Bretanha; 6 a 9 em reservatórios de água na Rússia; na América do Norte a longevidade é significativamente inferior: 1,5-2 anos) e atingem a maturidade no primeiro ano de vida em condições ótimas, sendo mais comum que este estágio seja atingido apenas no segundo ano de vida (TPWD, 2010);
- A espécie tem um padrão de disseminação em área (fixa-se preferencialmente a substratos fixos mas também a substratos móveis, como areia) e em volume (fixa-se sobre a concha de outros indivíduos).

Não será demais reforçar que a extrema tolerância de *Dreissena polymorpha* aliada ao seu padrão de disseminação e às elevadas taxas de reprodução justificam a sua classificação como “uma das piores espécies invasoras a nível mundial”.

Embora não seja possível prever e calcular quantidades desta espécie, a análise pericial efetuada permite assegurar que, caso esta espécie entre na área de estudo a sua disseminação será muito rápida e dificilmente controlável, como se detalha nos capítulos respetivos.

## 2.5. Potamopyrgus antipodarum

### 2.5.1. Situação atual

Atualmente, *Potamopyrgus antipodarum* não ocorre na área de estudo, sendo assim o ponto de partida de **zero unidades de *Potamopyrgus antipodarum***.

*Potamopyrgus antipodarum* está, no entanto, presente em algumas bacias hidrográficas do litoral português: estuário do rio Minho e ria de Aveiro, podendo entrar na área de estudo por via antrópica (em



águas de lastro, presos a cascos de embarcações, em equipamento de pesca e atividades aquáticas, entre outros).

## 2.5.2. Quantidades potenciais a médio e longo prazo

### 2.5.2.1. Metodologia

Tal como com *Dreissena Polymorpha*, as invasões de *Potamopyrgus antipodarum* são favorecidas por diversos aspetos biológicos e ecológicos associados a esta espécie:

- Capacidade de desenvolvimento numa larga gama de habitats aquáticos: nomeadamente águas doces ou moderadamente salinas, oligotróficas ou eutróficas e com temperatura da água variável (Cada, 2004; Levri *et al.*, 2007);
- Tolerância a curtos períodos de emersão: fazendo com que seja facilmente transportável, nomeadamente de forma não intencional pelo homem ou por aves aquáticas (Cada, 2004); caso o seu opérculo seja mantido húmido e não exposto a calor excessivo, pode sobreviver em emersão durante várias semanas (Harju, 2007; Vinson *et al.*, 2007);
- As suas reduzidas dimensões e a presença maioritariamente em profundidade, principalmente em alguns locais (abaixo dos 10 m nos Grandes Lagos dos E.U.A.): dificulta a deteção / monitorização de pequenas densidades (Levri *et al.*, 2007; Levri & Jacoby, 2008; Therriault *et al.*, 2010);
- Facilidade de reprodução: reprodução assexuada por partenogénese e populações invasoras constituídas quase inteiramente por fêmeas (uma única fêmea pode originar uma nova população num novo habitat); idade reprodutiva atingida aos 3-6 meses; cada fêmea pode gerar grandes quantidades de embriões (cerca de 20 a 100 por gestação), com frequência trimestral; embriões desenvolvem-se em juvenis no corpo da mãe e uma vez no meio não necessitam de cuidados paternos (Cada, 2004; James, 2007; Levri & Jacoby, 2008);
- Mobilidade: capacidade de dispersão ativa, nomeadamente por movimentos volitivos para montante e jusante, e passiva (transporte não intencional por pessoas ou animais) (Cheng & LeClair, 2011; James, 2007), podendo mesmo sobreviver à passagem pelo trato digestivo de alguns peixes (Haynes *et al.*, 1985, citado em Loo *et al.*, 2007);
- A tolerância a parâmetros ambientais pode depender do património genético da população invasora: a invasão mundial tem sido dominada por três diferentes fenótipos (Therriault *et al.*, 2010).

Destes aspetos são destacados como especialmente importantes para o sucesso das invasões a tolerância a uma larga gama de habitats e a facilidade de reprodução (Proctor *et al.*, 2007).

Para além das características biológicas e ecológicas de *Potamopyrgus antipodarum* as invasões desta espécie, à semelhança das de outras espécies invasoras, poderão ser facilitadas pelo habitat, nomeadamente (Harju, 2007):

- Baixa diversidade biológica nativa;
- Ausência de predadores e parasitas (Cada, 2004; Cheng & LeClair, 2011);
- Perturbação antropogénica.

Estes fatores fazem com que corpos de água alterados pelo homem, por exemplo por intermédio de barragens e canais, sejam especialmente sensíveis a invasões por esta espécie.

Todos estes aspetos contribuem para dificultar a previsão da evolução de quantidades potenciais de espécie ao longo do tempo.

A complexidade deste exercício de previsão é ainda acrescida de lacunas de conhecimento referentes ao comportamento das populações invasoras de *Potamopyrgus antipodarum*. De facto, embora existam numerosos estudos e abordagens do tema, nomeadamente análises de risco de invasão, nenhuma delas incluiu o cálculo da evolução de quantidades. Não só pelos motivos apresentados como também pelo facto de o limite (densidade máxima por área) não ser facilmente determinável, mesmo em locais onde existe um longo histórico de invasão por esta espécie (caso da Austrália, com registos desde 1895, cf. Loo *et al.*, 2007).

Listam-se no quadro seguinte, a título de exemplo, algumas densidades observadas em locais invadidos mencionadas em estudos publicados recentemente bem como, a título comparativo, a densidade comum nas populações nativas na Nova Zelândia.

Quadro 5 – Densidades de *Potamopyrgus antipodarum* observadas nas populações nativas da Nova Zelândia e em locais invadidos

Densidades (indivíduos/m <sup>2</sup> )	Local	Data	Fonte
<1.000	Rios na Nova Zelândia	1989-1994	HOLOMUZKI & BIGGS (1999)
> 100	Ribeira de Almonaster (Província de Huelva, Espanha)	1999-2002	PÉREZ-QUINTERO <i>et al.</i> (2004)



Densidades (indivíduos/m <sup>2</sup> )	Local	Data	Fonte
800.000	Lago Zurich (Suíça)	(não menciona)	ALONSO & CASTRO-DIÉZ (2008)
20.000	Costa do Lago Capitol (Estado de Washington, E.U.A.)	2009	CHENG & LECLAIR (2011)
8.864 - 27.996	Canais em Darlington Spring Creek (Estado de Montana, E.U.A.)	2000-2001	CADA (2004)
59.900 - 221.000	Rio Colorado (Estado do Arizona, E.U.A.)	2000-2007	CROSS <i>et al.</i> (2010)
5.000 - 750.000	Canal Silver Creek Preserve (Estado de Idaho, E.U.A.)	2004-2005	JAMES (2007)
25.000 - 300.000	Bacia do Rio Madison (Estados de Montana e Wyoming, E.U.A.)	1997-1998	KERANS <i>et al.</i> (2005)
70 - 1.365	Rio Green (Estado do Utah, E.U.A.)	2005-2006	VINSON <i>et al.</i> (2007)
32	Lago Erie (Estado de Ontário, Canadá)	2005-2006	LEVRI <i>et al.</i> (2007)
49.260	Lago Purrumbete (Austrália)	(não menciona)	SCHREIBER <i>et al.</i> (1998)

Assinala-se que a variação de densidades é considerável, tanto em entre populações invasoras como, entre populações invasoras e populações nativas, nas quais as densidades comuns são relativamente modestas.

Assim, no que se refere a metodologias de previsão da disseminação desta espécie, a abordagem que tem sido adotada, em particular pelos organismos responsáveis pela gestão de ambientes aquáticos ou de equipamentos e infraestruturas hidráulicas, tem sido a de atribuir uma probabilidade de disseminação da espécie para determinada área, considerando essencialmente as características abióticas e bióticas do local-alvo – Índice de adequabilidade do habitat. No uso desta técnica assume-se que a espécie irá invadir zonas que têm as mesmas características que os seus locais dos seus ecossistemas nativos (Kornis & Zanden, 2010).

A ponderação das várias características abióticas e bióticas para obtenção de uma probabilidade geral é geralmente feita com recurso a um **modelo de nicho ecológico** (desenvolvido com recurso a uma de várias técnicas estatísticas) que determina as características mais relevantes para determinação da adequabilidade. Este modelo é alimentado com as características abióticas e bióticas de locais com presença e ausência da espécie, representativas do nicho completo da espécie invasora e das quais depende a exatidão das previsões obtidas (Therriault *et al.*, 2010).

A título de exemplo, referem-se algumas dessas abordagens incluídas em estudos recentes:

- Therriault *et al.* (2010) desenvolveram um modelo de nicho ecológico usando um algoritmo genético para prever o risco de invasão por *Potamopyrgus antipodarum* em oito regiões dos E.U.A. e Sul do Canadá: este modelo calcula a probabilidade de invasão com base em variáveis ambientais (temperatura do ar, radiação, acumulação de escoamento, índice topográfico, declive, precipitação, índice de dias húmidos, elevação) e concentração de cálcio em água de lagos, sendo alimentado com dados de presença da espécie na América do Norte. Os resultados indicam grande adequabilidade ambiental nos Grandes Lagos e na ilha de Vancouver, onde existe já presença atual, bem como outros locais ainda não invadidos, sendo indicada baixa adequabilidade na bacia de drenagem do Oceano Ártico. A distribuição prevista em latitude no Canadá é consistente com a verificada na Europa;
- Lim *et al.* (2011) consideram um modelo de maximização de entropia para a previsão da distribuição potencial da população de *Potamopyrgus antipodarum* no estado de Oregon (E.U.A.): o modelo baseia-se em variáveis caracterizadoras do ambiente (elevação do terreno, precipitação mensal, temperatura do ar máxima mensal, temperatura do ar mínima mensal) e atividade humana (densidade populacional, proximidade a estradas primárias e secundárias), sendo alimentado com dados de presença da espécie nos estados do Pacífico Noroeste. Os resultados desta aplicação indicam que a adequabilidade do habitat para o estabelecimento de populações da espécie é superior em locais com maior elevação, grande densidade populacional e mais perto de principais estradas;
- Harju (2007) desenvolveu um modelo de nicho ecológico para determinar novos rios do Oeste dos E.U.A. (Idaho, Montana, Utah e Wyoming) suscetíveis a invasão por *Potamopyrgus antipodarum* através do transporte não intencional por pescadores: baseado em variáveis caracterizadoras de atividade humana (ex. distância a centros populacionais e a zonas de pesca e densidade populacional) e alimentado com dados de presença da espécie nesta região. Um resultado inesperado do estudo foi a baixa adequabilidade em áreas vizinhas ao Yellowstone National Park, relativamente distantes de centros populacionais importantes, onde a espécie está presente em várias áreas e se espera que venha a expandir, devido ao intenso uso para recreação. Este resultado coloca em evidência as limitações de estudos de adequabilidade, devido à representatividade necessariamente incompleta das variáveis abióticas e bióticas escolhidas.



O sucesso desta técnica de previsão da disseminação de espécies invasoras como ferramenta para a sua gestão é limitado pelo facto de estas espécies frequentemente se comportarem de forma diferente e potencialmente de forma imprevisível nos ecossistemas invadidos quando comparados com os ecossistemas nativos, nomeadamente devido à ausência de predadores, competidores e parasitas e à rápida adaptação a um novo ambiente (Kornis & Zanden, 2010).

No presente trabalho, a escassez de dados detalhados sobre populações invasoras próximas ao local de estudo, associada à necessidade de processamento de dados detalhados (requeridos pelas técnicas de modelação da adequabilidade de habitat), fazem com que seja pouco viável e compensatório para a qualidade das previsões a aplicação de um modelo complexo para a determinação da probabilidade de invasão por *Potamopyrgus antipodarum*.

Desta forma, considera-se que o método de previsão de invasão por *Potamopyrgus antipodarum* mais adequado é a avaliação qualitativa da adequabilidade da área de estudo face a tolerâncias fisiológicas considerada críticas para a espécie, interpretando os resultados tendo em conta as limitações do método.

### 2.5.2.2. Resultados

No quadro seguinte sintetizam-se alguns dos limites de seis parâmetros físico-químicos (temperatura da água, salinidade, pH, concentração de cálcio, condutividade e sólidos totais dissolvidos - TDS) para o desenvolvimento ideal ou moderado de populações de *Potamopyrgus antipodarum*, de acordo com Therriault *et al.* (2010; adaptado de Mackie & Claudi, 2010).

Os valores apresentados no quadro nas colunas “**limites desenvolvimento**” estão divididos em limites para um desenvolvimento **ideal** (considerados pelos autores como limites com “elevado potencial para infestação massiva”) e limites para um desenvolvimento **moderado** (considerados pelos autores como limites com “potencial moderado para infestação preocupante”).

Os valores apresentados nas colunas “**condições na área de estudo (2010-2012)**” resultam de:

- **Média:** média de todos os dados recolhidos no período indicado, na área de estudo;
- **Valor mínimo:** valor mais baixo, considerando como universo os valores médios de cada parâmetro em cada uma das sete áreas seguintes: Álamos I, Álamos II, Álamos III, Alqueva, Loureiro, Pedrógão e Pedrógão/Ardila;
- **Valor máximo:** valor mais elevado, considerando como universo os valores médios de cada parâmetro em cada uma das sete áreas seguintes: Álamos I, Álamos II, Álamos III, Alqueva, Loureiro, Pedrógão e Pedrógão/Ardila.

A “**classif. risco**” corresponde a uma classificação pericial e qualitativa do risco de disseminação da espécie pela área de estudo, caso ocorra a sua entrada. À semelhança do índice de adequabilidade do habitat, trata-se de uma avaliação (mais expedita) da adequação da área de estudo aos requisitos de desenvolvimento (crescimento e reprodução) da espécie. Adotou-se a seguinte escala:

- **Risco elevado:** condições enquadram-se nas definidas pelos autores para o desenvolvimento ideal (infestação massiva);
- **Em risco:** condições enquadram-se nas definidas pelos autores para o desenvolvimento moderado (infestação preocupante);
- **Sem risco:** condições não se enquadram nas definidas pelos autores, nem para o desenvolvimento ideal, nem para o desenvolvimento moderado;
- **Indeterminado:** dados disponíveis não permitem concluir.

Quadro 6– Avaliação do risco de disseminação de *Potamopyrgus antipodarum* pela área de estudo

Fatores	Limites desenvolvimento *		Condições na área de estudo (2010-2012) **			Classif. risco
	Ideal	Moderado	Média	Valor mínimo	Valor máximo	
Temperatura (°C)	20 - 26	15 - 20 26 - 30	17,1	16,1 (Pedrógão/Ardila)	19,8 (Álamos II)	Em risco
Salinidade (‰)	2,0 - 5,0	0,1 - 2,0 5,0 - 15,0	0,14	0,11 (Pedrógão)	0,15 (Álamos III)	Em risco
pH	7,5 - 8,5	6,9 - 7,5	7,81	7,70 (Alqueva)	8,62 (Álamos I)	Risco elevado
Cálcio (mg Ca/l)	7 - ?	4 - 7	29,5	28,3 (Álamos III)	33,0 (Loureiro)	Em risco
Condutividade (µS/cm)	1.200 – 9.000	200 - 1.200 9.000 - 25.000	364	350 (Alqueva)	396 (Loureiro)	Em risco
TDS (mg/l)	800 – 6.000	130 - 800 6.000 - 16.800	228	204 (Alqueva)	318 (Álamos II)	Em risco

\* Fonte dos dados: Therriault *et al.* (2010; adaptado de Mackie & Claudi, 2010). \*\* Fonte dos dados: EDIA (anos hidrológicos de 2010/2011 e 2011/2012).

A análise do quadro permite concluir que há um risco moderado de disseminação da espécie pelo sistema, uma vez que as características físico-químicas consideradas para a área de estudo favorecem o desenvolvimento moderado dos indivíduos. Apenas o valor de pH (médio, máximo e mínimo) se situa dentro dos limites de desenvolvimento ideal, o que levou a uma classificação de risco elevado para este elemento. Menção ainda para a concentração de cálcio, cujo limite superior para o desenvolvimento ideal





não está definido, o que levou à classificação cautelosa de “em risco”, uma vez que os valores existentes na área de estudo são cerca de quatro vezes superiores ao limite inferior para o desenvolvimento ideal.

Note-se, no entanto, que estas tolerâncias poderão não ser independentes, conhecendo-se, nomeadamente, a interação entre a temperatura e a concentração de cálcio, com redução da resistência térmica da espécie ao aumento da temperatura em meios com escassez de cálcio (17 mg/L Ca<sup>++</sup>) face aos com abundância de cálcio (107 mg/L Ca<sup>++</sup>) e entre a temperatura e a salinidade, com redução da sobrevivência a temperaturas inferiores a 0°C em meios mais salinos (Therriault *et al.*, 2010).

*Esta página foi deixada propositadamente em branco.*



### 3. Métodos e locais-chave para deteção da entrada

Na presente secção discutem-se os **métodos** mais adequados e eficazes para detetar a entrada de espécies invasoras na área de estudo e monitorizar a sua disseminação no interior da mesma. Identificam-se ainda os principais **pontos-chave** onde deve ser feita essa deteção e a monitorização.

#### 3.1. Introdução

O objeto de estudo do presente trabalho é constituído por um conjunto de 30 espécies invasoras, pertencentes à flora e à fauna alóctones, que foram selecionadas como relevantes por diversos motivos (grau elevado de risco reconhecido legalmente, preferência ecológicas que correspondem às condições existentes na área de estudo, impactes potenciais). Destas espécies, 16 já ocorrem na área de estudo e 4 estão provavelmente presentes. Restam assim 10 espécies (5 plantas e 5 animais) que estão atualmente ausentes da área de estudo e cujá eventual entrada importa detetar tão cedo quanto possível, de forma a acionar os métodos de controlo e combate mais adequados e impedir ou minimizar os impactes negativos potenciais.

Assim, no presente capítulo apresentam-se métodos de deteção de entrada para as 10 espécies invasoras que integram o objeto de estudo mas que se encontram atualmente ausentes (listadas no quadro seguinte).

Quadro 7 – Espécies invasoras não presentes na área de estudo

Tipologia	Espécie	Ocorrência atual	Local provável de entrada
FLORA	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	Europa (França e Itália)	Ind.
	<i>Eichhornia crassipes</i>	Bacia hidrogr. Guadiana (Espanha)	Cabeceira da albufeira de Alqueva
	<i>Eloдея canadensis</i>	Douro Litoral e Beira Litoral	Ind.
	<i>Hydrilla verticillata</i>	Desconhecida (todos os continentes)	Ind.
	<i>Impatiens glandulifera</i>	Espanha	Ind.
BIVALVES	<i>Dreissena polymorpha</i>	Área Nordeste da Península Ibérica	Por montante ou ind.
GASTRÓPODES	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Bacias hidrogr. do litoral (estuário do rio Minho e ria de Aveiro)	Por montante ou ind.
PEIXES	<i>Silurus glanis</i>	Troço espanhol do Tejo internacional	Ind.
ANFÍBIOS	<i>Bufo marinus</i>	(Comercializada em lojas de animais de companhia em Portugal)	Ind.
	<i>Rana catesbeiana</i>	Espanha (evadida de quintas de cativoiro)	Pela fronteira ou ind.

Ind. = indeterminado.

Da análise do quadro verifica-se que 9 das 10 espécies têm local de entrada indeterminado; destas, 3 poderão entrar (se a dispersão ocorrer por via natural) por montante (acompanhando a corrente do rio Guadiana) ou através da fronteira com Espanha. Apenas uma espécie tem local de entrada relativamente previsível: *Eichhornia crassipes* (jacinto-de-água), que deverá entrar pela cabeceira da albufeira de Alqueva, já que é pouco provável a sua introdução por via antrópica, quer de forma propositada, quer de forma inadvertida.

## 3.2. Locais-chave para deteção e monitorização

Para garantir uma deteção precoce da entrada das espécies listadas no ponto anterior na área de estudo importa definir métodos adequados às espécies em causa, que sejam eficazes e que produzam resultados fiáveis. Neste âmbito, a monitorização regular de locais-chave é, sem dúvida, a forma mais eficaz de garantir a deteção de entrada.

Para a definição desses **locais-chave** considerou-se como base toda a rede de infraestruturas de armazenamento e transporte de água do EMFA inserida na área de estudo, nomeadamente: as albufeiras, reservatórios, condutas e sistemas de bombagem.

Assim, na presente secção identificam-se os locais-chave que se considerou melhor se adequarem à **deteção da entrada** de espécies invasoras na área de estudo e ao **controlo da sua expansão** no seu interior. O processo de definição destes locais assentou nas seguintes premissas:

- Análise crítica dos **cenários prováveis de dispersão** das três espécies que se consideraram elegíveis para esta tarefa (definidos no Relatório da Fase 1) – áreas identificadas como vias preferenciais de entrada e/ou dispersão das espécies consideradas;
- Consideração das **quantidades prováveis** daquelas espécies a médio e longo prazo na área de estudo (definidas na secção anterior – Capítulo 2.);
- Análise de toda a **rede de infraestruturas de armazenamento e transporte** de água do EMFA inseridas na área de estudo que podem constituir meios de disseminação ou barreiras à progressão das espécies;
- Apreciação das características fisiológicas e **requisitos ecológicos** de cada espécie – ambientes preferenciais de dispersão/propagação e áreas alvo de invasão expectáveis;
- Registo de **áreas de distribuição atual** de espécies invasoras na área de estudo, pertencentes ao mesmo grupo;



- Consideração de **áreas cuja invasão trará consequências negativas operativas de grande significância** nas funções desempenhadas no EFMA;
- **Acessibilidade** dos locais, de forma a maximizar os recursos alocados às ações de deteção e controlo.

A par dos critérios mencionados procurou-se definir um número limitado de locais e sempre que possível estudar localizações-chave que se adequassem a mais do que uma espécie, otimizando a rede de locais estabelecida.

O quadro seguinte lista os 15 locais-chave selecionados, sendo a sua representação espacial no terreno apresentada na carta 1 (Anexo).

Quadro 8 – Locais-chave para deteção e monitorização

Ponto	Local	Coordenadas (WGS84)
P1	Barreira flutuante amovível	38,793459 N 7,154359 W
P2	Pipinhas (ilha)	38,384665 N 7,406040 W
P3	Área ribeirinha	38,333677 N 7,336245 W
P4	Plano de água	38,284125 N 7,413664 W
P5	Frente da barragem de Alqueva	38,197365 N 7,494677 W
P6	Frente da barragem de Pedrógão	38,109654 N 7,629515 W
P7	Ligação Alqueva-Álamos	38,336227 N 7,573962 W
P8	Ligação Álamos-Loureiro	38,346728 N 7,633207 W
P9	Ligação Loureiro-Monte Novo	38,373576 N 7,734277 W
P10	Ligação Loureiro-Alvito	38,365287 N 7,739329 W
P11	Cheles (cais)	38,525189 N 7,298334 W
P12	Monsaraz (cais)	38,427954 N 7,382095 W
P13	Mourão (cais)	38,370410 N 7,356266 W
P14	Campinho (cais)	38,355217 N 7,443568 W
P15	Estrela (cais)	38,265051 N 7,388311 W

Os 15 locais-chave selecionados são representativos da diversidade de infraestruturas (frentes de barragens e condutas de ligação), de biótopos (planos de água, ilhas e áreas ribeirinhas) e de condições hidromorfológicas existentes na área de estudo. Estão ainda representados os principais pontos potenciais de entrada de espécies exóticas na área de estudo: limite montante cais de acesso de pessoas e embarcações.

A maior parte dos pontos é adequada à deteção e monitorização de mais do que uma espécie, o que contribui para uma relevante poupança de recursos e concentração temporal de tarefas.

Detalhes relativos aos pontos-chave (nomeadamente: os motivos que levaram à seleção de cada ponto, as suas principais características físicas, e as espécies que se pretende detetar e monitorizar em cada um) são apresentados no quadro síntese (Quadro 9), no final do presente capítulo.

### 3.3. Métodos de deteção e monitorização

Na presente secção apresentam-se os métodos mais indicados para detetar a entrada das 10 espécies invasoras que integram o objeto de estudo mas que não estão ainda presentes na área considerada (cf. secção 3.1. Introdução).

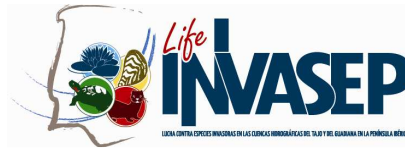
Os métodos selecionados permitem, na maior parte dos casos, a deteção de mais do que uma espécie em simultâneo, de forma a minimizar os gastos envolvidos. Deu-se também preferência a técnicas de deteção com eficácia comprovada, que produzem resultados fiáveis, reprodutíveis e comparáveis, e que permitem a continuidade da sua utilização no longo prazo.

Para cada uma das espécies identificadas (Quadro 7) apresenta-se: o(s) método(s) de deteção a utilizar, os pontos-chave onde devem ser aplicados, a periodicidade e, nos casos aplicáveis, os equipamentos que devem ser empregados e as amostras que devem ser recolhidas, assim como a tipologia de resultados esperados.

#### 3.3.1. *Alternanthera philoxeroides*

*Alternanthera philoxeroides* é uma planta que coloniza habitats aquáticos e terrestres e que está presente em França e em Itália. Pode entrar na área de estudo por via aquática (fragmentos transportados na corrente) ou por via terrestre (reprodução via fragmentação com origem em indivíduos estabelecidos em meio terrestre).

O único método que permite a deteção desta espécie com elevada fiabilidade é a **monitorização periódica** no terreno, através de **prospeções de campo dirigidas** à deteção da espécie nos habitats favoráveis: locais aquáticos, em condições eutróficas, pastagens húmidas e pobres, em terras irrigadas, zonas ribeirinhas, cursos de água, e canais de irrigação. Esta prospeção deve ser efetuada por especialistas em identificação de flora.



Neste caso não há pontos específicos de entrada, pelo que, para efetuar a deteção nos limites da área de estudo, se recomenda a seguinte abordagem sequencial:

1. Percorrer todo o limite da área de estudo, para **identificar os habitats propícios** à ocorrência e estabelecimento da espécie;
2. Definir em cada um desses locais **um ou mais pontos** adequados à deteção da entrada da espécie na área de estudo;
3. Efetuar a **prospecção do terreno** dirigida à deteção da espécie, **duas vezes por ano**, recorrendo a um técnico especialista na identificação de flora.

Numa primeira fase, enquanto não haja definição de pontos de monitorização, sugere-se a aplicação desta metodologia pelo menos nos pontos-chave indicados abaixo (definido para monitorizar a entrada de outras espécies; cf. Anexo I, Carta 1), e com a mesma periodicidade usada para essas espécies, numa perspetiva de concentrar recursos.

- **P2 - Ilha Pipinhas:** trimestralmente (englobando os vários períodos estacionais do ano);
- **P3 - Área ribeirinha:** trimestralmente (englobando os vários períodos estacionais do ano).

### 3.3.2. *Eichhornia crassipes*

*Eichhornia crassipes* é uma planta aquática flutuante, presente nas imediações da área de estudo, apenas alguns km a montante. A sua entrada na área de estudo será previsivelmente pela cabeceira da albufeira de Alqueva.

O método mais adequado para a sua deteção é a monitorização no terreno através da **inspeção dos elementos biológicos retidos na barreira flutuante amovível**, localizada na zona da ponte da Ajuda (cf. Anexo I, Carta 1 – P1).

Este método deverá idealmente ser aplicado com uma periodicidade quinzenal – o que de resto já acontece.

### 3.3.3. *Elodea canadensis*

*Elodea canadensis* é uma planta aquática submersa que ocorre preferencialmente em águas paradas ou com corrente fraca.

Atualmente a sua presença está registada no Norte de Portugal (Douro Litoral e Beira Litoral), podendo a sua entrada na área de estudo ocorrer por um ponto indeterminado.

A única forma totalmente fiável de deteção da entrada de *Elodea canadensis* na área de estudo é através da **prospeção do terreno**, dirigida à sua deteção, e efetuada por especialistas de identificação de flora.

Uma vez que o ponto de entrada é indeterminado, e com o intuito de minimizar os gastos envolvidos, sugere-se que a prospeção seja efetuada nos seguintes pontos-chave (cf. Anexo I, Carta 1; com a periodicidade indicada em cada um), que são também utilizados para detetar a entrada de outras espécies, nos mesmos momentos:

- **P2 - Ilha Pipinhas:** trimestralmente (englobando os vários períodos estacionais do ano);
- **P3 - Área ribeirinha:** trimestralmente (englobando os vários períodos estacionais do ano).

### 3.3.4. *Hydrilla verticillata*

*Hydrilla verticillata* pertence ao mesmo grupo que *Elodea canadensis* – plantas aquáticas submersas – embora a primeira tolere zonas com maior hidrodinamismo, quando comparada com a última.

Não há registos detalhados da sua área de ocorrência em Portugal, mas é provável que já esteja presente. Na área de estudo presume-se que ainda esteja ausente, podendo a sua entrada ocorrer por um ponto indeterminado.

O método mais adequado para detetar a sua entrada na área de estudo é, à semelhança de *Elodea canadensis* (espécie inserida no mesmo grupo), a **prospeção do terreno**, dirigida à sua deteção, e efetuada por especialistas de identificação de flora. Numa ótica de concentração de recursos e minimização de gastos associados ao processo de deteção e alarme de entrada de espécies exóticas invasoras na área de estudo, sugere-se a utilização de dois pontos-chave (cf. Anexo I, Carta 1) e periodicidades comuns a outras espécies:

- **P2 - Ilha Pipinhas:** trimestralmente (englobando os vários períodos estacionais do ano);
- **P3 - Área ribeirinha:** trimestralmente (englobando os vários períodos estacionais do ano).





### 3.3.5. *Impatiens glandulifera*

*Impatiens glandulifera* é uma planta terrestre que prefere meios frescos e húmidos como as margens dos rios e canais. Embora a sua presença ainda não tenha sido detetada em Portugal, encontra-se presente em Espanha.

O seu potencial ornamental promove a sua dispersão e inviabiliza a determinação do local provável de entrada da área de estudo.

O método mais adequado para detetar a sua entrada na área de estudo é, à semelhança das restantes espécies da flora, a **prospecção do terreno**, dirigida à sua deteção, e efetuada por especialistas de identificação de flora.

Uma vez que não se consegue prever qual/is o(s) ponto(s) mais prováveis de entrada, e prosseguindo a ótica de gestão eficiente de recursos, sugere-se a utilização dos seguintes pontos-chave (cf. Anexo I, Carta 1) e periodicidades de monitorização, já definidos para outras espécies:

- **P2 - Ilha Pipinhas:** trimestralmente (englobando os vários períodos estacionais do ano);
- **P3 - Área ribeirinha:** trimestralmente (englobando os vários períodos estacionais do ano).

### 3.3.6. *Dreissena polymorpha*

*Dreissena polymorpha* é um pequeno bivalve de água doce, considerada uma das piores espécies invasoras a nível mundial.

Embora ainda não tenha sido detetado em Portugal, ocorre em Espanha, na bacia hidrográfica do Ebro. O seu ciclo de vida inclui uma fase móvel (larva transportada pela água) e uma fase imóvel (adulto que se fixa a bases muito diversas), podendo a sua entrada na área de estudo ocorrer por duas vias: transporte natural através do meio aquático (sendo o ponto de entrada a cabeceira da albufeira de Alqueva) ou via equipamentos, embarcações ou outros materiais contaminados (sendo o ponto de entrada indeterminado).

Assim, a deteção da entrada da espécie na área de estudo deve obrigatoriamente considerar a existência das duas tipologias biológicas deste ser vivo ao longo do seu ciclo de vida e a multiplicidade de vias e de pontos de entrada possíveis. Para tal, sugere-se a aplicação dos seguintes métodos, com eficácia comprovada, que produzem resultados fiáveis, reproduzíveis e comparáveis:

- Campanhas de **amostragem de água** para detetar a presença de larvas
- **Inspeção de fundos** onde pode ocorrer a fixação de adultos
- Instalação de **pendentes para fixação de adultos** em pontos estratégicos

## A. Campanhas de amostragem de água

Estas campanhas destinam-se a detetar a presença de larvas em suspensão na coluna de água.

Deve agendar-se uma campanha anual de recolha de amostras, que se concentra no período Maio-Setembro. Neste período deve ser efetuada uma recolha em todos os pontos, de 15 em 15 dias. Durán e colaboradores (2010) referem a importância de recolher sempre, em cada local, uma amostra de água de superfície e uma amostra de água em profundidade (na zona do termoclina, onde se dá a alteração de temperatura) para garantir a fiabilidade dos resultados.

De seguida faz-se a observação cuidada de cada amostra ao microscópio de luz polarizada para identificar a presença de larvas desta espécie, tendo esta tarefa que ficar obrigatoriamente a cargo de um especialista na área.

É essencial garantir a abrangência do período temporal de maio a setembro para abarcar o pico de reprodução que ocorre entre maio e junho e para abarcar ainda o segundo período de recrutamento da responsabilidade dos adultos que se fixam durante o verão e que têm um pico de crescimento entre agosto e setembro.

Os resultados obtidos em cada campanha anual devem ser analisados de forma crítica e motivar, se pertinente, alterações do plano de amostragens do ano seguinte.

Pontos de aplicação do método (cf. Anexo I, Carta 1):

- **P1** - área de localização da barreira flutuante amovível
- **P5 e P6** - frente de barragens
- **P7, P8 e P9** – ligações
- **P11, P12, P13, P14 e P15** - cais de acesso de embarcações

No total, por cada campanha anual, devem ser recolhidas e analisadas **220 amostras**: 11 pontos x 2 amostras (1 superficial e 1 em profundidade) x 10 datas (período Maio-Setembro, quinzenalmente). A título de comparação, Durán *et al.* (2010) referem que, em 2009, na bacia hidrográfica do Ebro, analisaram-se 65 massas de água (principalmente açudes e barragens navegáveis), o que correspondeu a 182 pontos de amostragem e 1.096 amostras.



## B. Inspeção de fundos

Estas campanhas destinam-se a detetar a presença de adultos fixos ao fundo dos corpos de água. A inspeção dos fundos é efetuada com luneta de Kalfa, em zonas de baixa profundidade (inferior a 1 m de coluna de água) e deve obrigatoriamente ser efetuada por um técnico especialista na área, uma vez que envolve a identificação de uma espécie com elevada variabilidade morfológica.

Na área de estudo, e considerando o objetivo de detetar a entrada da espécie, recomenda-se a realização de inspeções trimestrais, enquanto não houver indícios da presença de *Dreissena polymorpha*. A periodicidade deve passar a mensal, assim que haja deteção confirmada ou suspeitas da entrada na área de estudo.

Pontos de aplicação do método (cf. Anexo I, Carta 1):

- **P2** - Pipinhas (ilha)
- **P3** - área ribeirinha

## C. Pendentes para fixação de adultos

Os pendentes são superfícies lisas de área fixa e de cor homogénea, que são penduradas submersas (em estruturas flutuantes), na vertical, a profundidades previamente selecionadas. Constituem meios adequados ao estabelecimento de colónias de mexilhão-zebra, que se fixam a esta estrutura e aí se desenvolvem.

Os pendentes devem ser instalados em pontos-chave, onde interessa detetar a presença da espécie, e devem ser periodicamente inspecionados, bastando para tal içá-los e observar cuidadosamente toda a superfície, para detetar se houve a fixação de algum indivíduo.

Na área de estudo, e considerando o objetivo de detetar a entrada da espécie, recomenda-se a inspeção trimestral de todos os pendentes, enquanto não houver indícios da presença de *Dreissena polymorpha*. A periodicidade deve passar a mensal, assim que haja deteção confirmada ou suspeitas da entrada na área de estudo.

Pontos de aplicação do método (cf. Anexo I, Carta 1):

- **P1** - Área de localização da barreira flutuante amovível
- **P4** - plano de água
- **P5** e **P6** - frente de barragens
- **P7, P8, P9** e **P10** - ligações

### 3.3.7. *Potamopyrgus antipodarum*

*Potamopyrgus antipodarum* é um gastrópode de pequenas dimensões que habita uma grande variedade de ecossistemas, incluindo rios, reservatórios, lagos e estuários. Não ocorre na área de estudo, mas já está presente em Portugal, nas bacias hidrográficas do litoral (estuário do rio Minho e ria de Aveiro).

Desconhece-se o motivo da sua introdução em território nacional, e as suas dimensões reduzidas fazem com que possa ser introduzido em novas áreas por muitos tipos de utilizadores de água, inadvertidamente, o que inviabiliza a determinação do local provável de entrada da área de estudo.

Os métodos mais indicados para detetar a sua presença na área de estudo são: a **inspeção de pedras, rochas, troncos ou outros detritos** e **arrasto por kick-sampling**.

#### **A. Inspeção de pedras, rochas, troncos ou outros detritos**

Esta espécie tem uma elevada plasticidade ecológica, pelo que é necessário monitorizar locais diversos. Assim, devem inspecionar-se pedras, rochas, troncos ou outros detritos de dimensões entre 8 cm<sup>3</sup> e 1.000 cm<sup>3</sup> em áreas de substrato grosso, fino e com vegetação.

A inspeção deve ser efetuada por um especialista na área (uma vez que o método envolve a necessária e correta identificação da espécie), em áreas com profundidade inferior a 1 m. A prospeção de cada sítio fica concluída se num período máximo de 20 minutos não ocorrer nenhuma deteção.

Uma vez que os picos reprodutivos desta espécie variam muito entre países (NZMS-MCPWG, 2007) e não há dados disponíveis relativos a Portugal, sugere-se que este método seja aplicado com uma periodicidade trimestral, englobando os vários períodos estacionais do ano.



Pontos de aplicação do método (cf. Anexo I, Carta 1):

- **P2** - Pipinhas (ilha)
- **P3** - área ribeirinha

## **B. Arrasto por *kick-sampling***

A prospeção com redes de arrasto de *kick sampling* é uma metodologia complementar de deteção.

Baseia-se na realização de arrastos através da metodologia de *kick-sampling* em diferentes tipos de substrato, em trajetória zig-zag e varrimentos ativos em áreas de macrófitos, durante cerca de 3 minutos, ao longo de transectos de 15-20 m.

O método deve ser aplicado por um especialista na área (uma vez envolve a correta identificação da espécie).

Pelo motivo exposto no ponto anterior (os picos reprodutivos da espécie variam muito entre países), sugere-se que este método seja aplicado com uma periodicidade trimestral, englobando os vários períodos estacionais do ano.

Pontos de aplicação do método (cf. Anexo I, Carta 1):

- **P2** - Pipinhas (ilha)
- **P3** - área ribeirinha

### **3.3.8. *Silurus glanis***

*Silurus glanis* é a única espécie de peixe invasor, dos selecionados como objeto de estudo, ainda não presente na área de estudo. Está, no entanto, já presente em Portugal (na zona do Tejo internacional) e em Espanha, em diversas albufeiras.

O seu valor para a pesca desportiva motiva a introdução deliberada e ilegal da espécie nos corpos de água onde ainda não ocorre, o que dificulta a previsão dos possíveis pontos de entrada na área de estudo.

O método mais adequado para detetar a sua entrada na área de estudo é a monitorização periódica da ictiofauna através de **pesca elétrica** e de **pesca com redes de emalhar**. Recomenda-se ainda a recolha de elementos adicionais de forma pontual, por exemplo nos **eventos de pesca desportiva**.

## **A. Pesca elétrica**

Recomenda-se a monitorização periódica da ictiofauna ocorrente na área de estudo através da realização de pesca elétrica em áreas de profundidade variável, adequando a metodologia de acordo com os valores de profundidade: em profundidades inferiores a 1 m, realização de pesca elétrica vadeável; em profundidades superiores a 1 m, realização de pesca elétrica a partir de embarcação.

Para garantir uma correta abrangência de todos os períodos biológicos relevantes, sugere-se que este método seja aplicado com uma periodicidade trimestral, englobando os vários períodos estacionais do ano, nos seguintes pontos (cf. Anexo I, Carta 1):

- **P1** - área de localização da barreira flutuante amovível
- **P2** - Pipinhas (ilha)
- **P4** - plano de água

## **B. Pesca com redes de emalhar**

Recomenda-se ainda, a colocação de redes de emalhar de profundidade (para espécies bentónicas), em alguns pontos, de forma a alargar o espectro de captura.

De modo homólogo ao recomendado para a pesca elétrica, recomenda-se que este método seja aplicado com uma periodicidade trimestral, englobando os vários períodos estacionais do ano, nos seguintes pontos (cf. Anexo I, Carta 1):

- **P1** - área de localização da barreira flutuante amovível
- **P4** - plano de água

## **C. Outros métodos**

Pode ainda ser recolhida informação complementar relevante, durante os eventos de pesca desportiva que ocorram na área de estudo. Sugere-se o acompanhamento destes eventos, com registo de todos os exemplares piscícolas alóctones capturados.



### 3.3.9. Bufo marinus

*Bufo marinus* é um sapo que, embora não ocorra em Portugal estabelecido na Natureza, existe à venda em lojas de animais de companhia, o que representa um risco elevado de que possa ser libertado no meio natural, em particular na área de estudo. O seu eventual ponto de entrada é, por esse motivo, indeterminável.

A **monitorização periódica** das zonas com habitats favoráveis é a forma mais eficaz de detetar a entrada da espécie na área de estudo. *Bufo marinus* ocorre em todo o tipo de zonas húmidas, de preferência com pouca profundidade como: áreas ribeirinhas degradadas onde o coberto vegetal original tenha sido removido e terrenos ribeirinhos cultivados. Não estando definidos pontos prováveis de entrada, recomenda-se a seguinte abordagem sequencial:

1. Percorrer todo o limite da área de estudo, para **identificar os habitats propícios** à ocorrência e estabelecimento da espécie;
2. Definir em cada um desses locais **um ou mais pontos** adequados à deteção da espécie na área de estudo;
3. Efetuar as **metodologias de prospeção do terreno** dirigidas à deteção da espécie (indicadas abaixo), com a periodicidade indicada.

Numa primeira fase, enquanto não haja definição de pontos de monitorização, sugere-se a aplicação desta metodologia pelo menos no ponto indicado abaixo (definido para monitorizar a entrada de outras espécies), numa perspetiva de concentração de recursos.

As metodologias mais indicadas para detetar a presença de *Bufo marinus* são: a **armadilhagem** e a realização de **transectos para deteção acústica**.

#### A. Armadilhagem

Um dos métodos mais eficazes de deteção da presença de *Bufo marinus* é a utilização de armadilhas com atrativos acústicos (vocalizações da espécie), com particular incidência no período noturno da época da reprodução (maio a junho). É recomendável, no entanto, a abrangência de todo o ciclo anual, através da realização de campanhas trimestrais.

Enquanto não haja a definição de pontos mais adequados, sugere-se a aplicação do método no ponto seguinte (cf. Anexo I, Carta 1):

- **P3** - área ribeirinha

## B. Transectos para deteção acústica

A realização de transectos para deteção acústica é também um método comumente utilizado, pela sua elevada eficácia. Sugere-se a realização de transectos para deteção acústica de vocalizações da espécie, com particular incidência nas áreas consideradas preferenciais à sua ocorrência (zonas húmidas, de preferência com pouca profundidade como: áreas ribeirinhas degradadas onde o coberto vegetal original tenha sido removido e terrenos ribeirinhos cultivados).

Recomenda-se uma duração de cerca de 20 minutos por transecto/local. Os transectos devem ser efetuados com periodicidade trimestral, com maior incidência no período noturno da época de reprodução (maio a junho).

Enquanto não haja a definição de pontos mais adequados, sugere-se a aplicação do método no ponto seguinte (cf. Anexo I, Carta 1):

- **P3** - área ribeirinha

### 3.3.10. *Rana catesbeiana*

*Rana catesbeiana* é uma rã invasora que não se encontra na natureza, em Portugal. No entanto, ocorre em Espanha, onde se deverá ter evadido de quintas de cativeiro.

Poderá entrar na área de estudo a partir de Espanha, ou na sequência de libertação intencional em território nacional por parte de proprietários destes espécimes, já que é uma espécie comercializada para aquariofilia.

À semelhança do que se referiu para *Bufo marinus*, a **monitorização periódica** das zonas com habitats favoráveis é a forma mais eficaz de detetar a entrada da espécie na área de estudo. *Rana catesbeiana* ocorre numa grande variedade de habitats aquáticos (preferencialmente lânticos) e em áreas com elevado grau de artificialização, pelo que as suas áreas de ocorrência potencial se sobrepõem em grande parte às de *Bufo marinus*. Deste modo, sugere-se a mesma abordagem para ambas as espécies de anfíbios, concretamente, recomenda-se:

1. Percorrer todo o limite da área de estudo, para **identificar os habitats propícios** à ocorrência e estabelecimento da espécie;





2. Definir em cada um desses locais **um ou mais pontos** adequados à deteção da espécie na área de estudo;
3. Efetuar as **metodologias de prospeção do terreno** dirigidas à deteção da espécie (conferir detalhes na secção referente a *Bufo marinus*), com a periodicidade indicada.

As metodologias mais indicadas para detetar a presença de *Rana catesbeiana* são igualmente: a **armadilhagem** e a realização de **transectos para deteção acústica**. Para detalhes relativos à periodicidade e pontos de monitorização temporários (enquanto não haja a seleção dos pontos definitivos nos locais mais adequados à sua ocorrência) consultar a secção referente a *Bufo marinus*.

### **3.4. Nota síntese sobre métodos e locais-chave para deteção da entrada**

A deteção precoce da entrada de espécies invasoras na área de estudo é essencial para garantir uma gestão adequada de todos os recursos naturais e infraestruturais presentes. A forma mais eficaz de consegui-lo é através da monitorização regular de locais-chave, aplicando metodologias adequadas às espécies em causa, em pontos estratégicos.

Nas páginas seguintes apresentam-se, na forma de quadro sintético, os 15 locais-chave seleccionados para detetar a entrada de espécies invasoras na área de estudo, indicam-se as suas características físicas e territoriais, apontam-se os motivos que levaram à sua seleção, e listam-se as espécies a detetar e os métodos a aplicar em cada um.

*Esta página foi deixada propositadamente em branco.*



Quadro 9 – Locais-chave para a deteção e controlo de espécies invasoras na área de estudo e espécies às quais se dirigem

Coordenadas (WGS84)	Justificação	Características	Espécies	Métodos de deteção e monitorização
<b>P1 – Barreira flutuante amovível</b>				
38,793459 N 7,154359 W	Estrutura já instalada; barreira física à progressão de espécies invasoras flutuantes	Entrada montante na área de estudo	<i>Eichhornia crassipes</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção dos elementos flutuantes retidos na barreira flutuante</li> </ul>
			<i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Amostragem de água</li> <li>Inspeção de pendentos</li> </ul>
			<i>Silurus glanis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pesca elétrica</li> <li>Pesca com redes de emalhar</li> </ul>
<b>P2- Pipinhas (ilha)</b>				
38,384665 N 7,406040 W	Área de ocorrência atual de <i>Aster squamatus</i> ; com características fisiográficas e ecológicas que se aproximam dos requisitos para a fixação e disseminação de várias espécies invasoras	Área de baixa profundidade e de elevada exposição solar	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prospeções de campo dirigidas</li> </ul>
			<i>Elodea canadensis</i>	
			<i>Hydrilla verticillata</i>	
			<i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção de fundos</li> </ul>
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção de pedras, rochas, troncos ou outros detritos</li> <li>Arrasto por <i>kick-sampling</i></li> </ul>		
	<i>Silurus glanis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pesca elétrica</li> </ul>		
	Áreas marginais com sombra disponível	<i>Impatiens glandulifera</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prospeções de campo dirigidas</li> </ul>	

Coordenadas (WGS84)	Justificação	Características	Espécies	Métodos de deteção e monitorização
<b>P3- Área ribeirinha</b>				
38,333677 N 7,336245 W	Com características fisiográficas e ecológicas que se aproximam dos requisitos para a fixação e disseminação de várias espécies invasoras	Área ribeirinha próxima de zonas agricultadas	<i>Alternanthera philoxeroides</i> <i>Elodea canadensis</i> <i>Hydrilla verticillata</i> <i>Impatiens glandulifera</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prospecções de campo dirigidas</li> </ul>
		Área ribeirinha degradada, onde o coberto vegetal original foi removido	<i>Bufo marinus</i> <i>Rana catesbeiana</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armadilhagem</li> <li>• Transectos para deteção acústica</li> </ul>
		Área de corrente lenta, com fundos heterogéneos	<i>Dreissena polymorpha</i>  <i>Potamopyrgus antipodarum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeção de fundos</li> <li>• Inspeção de pedras, rochas, troncos ou outros detritos</li> <li>• Arrasto por <i>kick-sampling</i></li> </ul>
<b>P4- Plano de água</b>				
38,284125 N 7,413664 W	Próximo de zona de cais instalado	Inserido em zona de navegação livre segundo o POAAP	<i>Silurus glanis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesca elétrica</li> <li>• Pesca com redes de emalhar</li> </ul>
			<i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeção de pendentes</li> </ul>
<b>P5 e P6 – Frente de barragens</b>				
Alqueva 38,197365 N 7,494677 W Pedrógão 38,109654 N 7,629515 W	Barreiras físicas à entrada e progressão de espécies invasoras	Frente das barragens de Alqueva e Pedrógão	<i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amostragem de água</li> <li>• Inspeção de pendentes</li> </ul>



Coordenadas (WGS84)	Justificação	Características	Espécies	Métodos de deteção e monitorização
<b>P7, P8, P9 e P10 - Ligações</b>				
<u>P7</u> 38,336227 N 7,573962 W	Estruturas de ligação entre as várias albufeiras, pelo que se invadidas constituirão focos de dispersão; se colmatadas devido a invasão acarretarão encargos financeiros e funcionais elevados ao EFMA	P7 - Ligação Alqueva-Álamos	<i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amostragem de água (exceto P10)</li> <li>• Inspeção de pendentos</li> </ul>
<u>P8</u> 38,346728 N 7,633207 W		P8 - Ligação Álamos-Loureiro		
<u>P9</u> 38,373576 N 7,734277 W		P9 - Ligação Loureiro-Monte Novo		
<u>P10</u> 38,365287 N 7,739329 W		P10 - Ligação Loureiro-Alvito		

Coordenadas (WGS84)	Justificação	Características	Espécies	Métodos de deteção e monitorização
<b>PI1, PI2, PI3, PI4 e PI5 – Cais de acesso de embarcações</b>				
<u>PI1</u> 38,525189 N 7,298334 W <u>PI2</u> 38,427954 N 7,382095 W <u>PI3</u> 38,370410 N 7,356266 W <u>PI4</u> 38,355217 N 7,443568 W <u>PI5</u> 38,265051 N 7,388311 W	Acesso facilitado para recolha de amostras.  Pontos prováveis de entrada da espécie, através de embarcações e equipamentos contaminados.	Cais de acesso aos corpos de água	<i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amostragem de água</li> </ul>



## 4. Meios de prevenção, controlo e combate

O presente capítulo refere-se à prevenção, controlo e combate de espécies invasoras e aos métodos utilizados.

Atualmente, não existe, na área de estudo, um sistema estruturado de prevenção, controlo e combate de espécies invasoras, embora estejam implementados alguns procedimentos pontuais que contribuem para este fim. Destaca-se, por exemplo, a barreira flutuante amovível colocada na zona de cabeceira da albufeira de Alqueva, que permite prevenir a entrada de espécies flutuantes como o jacinto-de-água.

Neste capítulo indicam-se, deste modo, os meios mais comumente utilizados para a prevenção, controlo e de combate de espécies exóticas invasoras e analisa-se a sua aplicabilidade à área de estudo do ponto de vista prático e económico. Esta análise baseia-se em dados técnicos e científicos disponíveis (nomeadamente em casos de estudo), em particular em casos ocorrentes em território espanhol.

### 4.1. Estrutura do capítulo

O presente capítulo inicia com uma abordagem teórica de alguns conceitos de base relacionados com a prevenção, controlo e combate de espécies invasoras. Segue-se a análise das diversas espécies objeto de estudo. Dando continuidade à abordagem definida na Fase 1 do presente estudo, na qual se definiu que se pretende conferir utilidade prática ao presente documento, ambicionando que este se constitua como um instrumento de apoio à decisão, prossegue-se, na presente secção, a estrutura analítica que considera **14 grupos de espécies**, encabeçados pelas respetivas **espécies-modelo**. Assim, nos 14 sub-capítulos que se seguem à definição dos principais conceitos de base, aborda-se, para cada grupo de espécies, as principais metodologias de: prevenção, de controlo e de combate atualmente existentes.

A gravidade (em termos de significância e magnitude) dos impactes associados à presença das espécies dos vários grupos considerados é muito distinta (cf. Capítulo 8, Relatório da Fase 1) e este facto reflete-se de forma notória na quantidade de informação existente e disponível, relativa a técnicas prevenção, de controlo e de combate. Deste modo, enquanto para alguns grupos de espécies está descrita uma grande diversidade de técnicas e de abordagens, para outros grupos a informação escasseia e os casos de estudo são quase inexistentes. Assim, não sendo intenção da equipa técnica que elaborou o presente Plano equiparar o volume de informação apresentada para cada grupo, houve, no entanto, necessidade de proceder a uma seleção criteriosa dos elementos disponíveis para alguns dos grupos, para evitar a produção de textos extensos e análises exaustivas, pouco vantajosas neste contexto. Deu-se prioridade à apresentação de técnicas adequadas ao contexto da área de estudo e com eficácia documentada.

## 4.2. Princípios e conceitos-chave

Antes de proceder à análise e discussão dos métodos de prevenção, de controlo e de combate às espécies invasoras, importa clarificar e distinguir alguns conceitos, concretizando o seu significado e a sua abrangência técnica e científica. Assim, nos parágrafos seguintes, procede-se à definição dos termos prevenção, controlo e combate e introduz-se a divisão clássica dos métodos existentes em: físicos, químicos e biológicos, concretizando-se com exemplos.

### 4.2.1. Prevenção, controlo e combate

Entende-se, no presente documento, **prevenção** como “prevenção da entrada, na área de estudo, de uma determinada espécie na forma de: indivíduo, propágulo (fragmentos ou partes que mantenham a capacidade de desenvolvimento e reprodução, sexuada ou assexuada) ou elemento do ciclo de vida que participe diretamente para a multiplicação e aumento das populações (gâmetas, sementes, larvas, entre outros)”.

**Controlo** é a ação ou conjunto de ações dirigidas a uma espécie ou grupo de espécies, que permitem manter os efetivos abaixo de determinado valor, sendo este valor resultado de um compromisso entre os custos das intervenções e os custos da presença da espécie/grupo de espécies. O controlo não pretende eliminar a presença da espécie, mas antes mantê-la em níveis controlados. A opção pelo controlo (e não pelo combate) tem normalmente um fundamento de ordem económica: os custos da sua eliminação tornam o processo inviável ou a presença da espécie tem benefícios económicos associados (por exemplo a espécie tem interesse comercial ou cinegético).

**Combate** é entendido, no âmbito do presente documento, como a ação ou conjunto de ações que pretendem levar, a curto ou médio prazo, à eliminação total da espécie de determinada área. A experiência tem demonstrado, em casos de estudo das mais diversas áreas, que as ações de combate de espécies invasoras, para serem eficazes, devem ser concentradas no espaço e alargadas no tempo, e nunca o contrário (concentradas no tempo e alargadas no espaço); a segunda opção pode ter consequências nefastas para os ecossistemas (pode levar a um posterior agravamento da situação de invasão), para além das óbvias perdas associadas ao investimento inicial no processo de combate, que é frequentemente elevado (Marchante, *et al.*, 2005). Este princípio aplica-se também ao controlo, que é, aliás, a abordagem mais frequente, sendo o combate um conceito relativamente utópico, especialmente em alguns contextos geográficos.





De uma forma geral, e em particular no que se refere a espécies invasoras, os custos associados à prevenção são significativamente inferiores àqueles associados ao controlo ou ao combate, o que encontra explicação no facto destas espécies se propagarem e disseminarem a taxas muito elevadas nos locais que invadem, o que faz com que, em muitos casos, sejam impossíveis de combater e difíceis de controlar. Esta característica determina que a abordagem mais eficaz, num cenário de ausência de uma dada espécie, seja a de investir na prevenção da sua entrada, nas suas várias facetas (informação, sensibilização, fiscalização e, finalmente, aplicação de meios físicos de barreira nos casos em que isso seja possível).

## 4.2.2. Métodos físicos, químicos e biológicos

Quer se fale de prevenção, de controlo ou de combate de um agente biológico, os métodos a aplicar podem ser divididos em: **físicos**, **químicos** e **biológicos**. A utilização combinada de metodologias pertencentes a diversos tipos é habitualmente a opção mais eficaz, como se verá adiante.

### 4.2.2.1. Métodos físicos

Os métodos físicos consistem em recorrer a ações físicas ou equipamentos e materiais inertes que tirem partido de características físicas do elemento invasor (tamanho, forma, necessidade de determinado substrato de fixação ou meio de transporte, entre outros), para impedir a sua entrada ou limitar o seu desenvolvimento.

São métodos físicos: a **remoção manual** com ou sem recurso a equipamento (através de: corte, arranque, fricção, esmagamento, captura com armadilhagem/pesca/caça), a colocação de **obstáculos à progressão** (filtros com malha inferior ao tamanho dos organismos em causa, barreiras flutuantes, entre outros), **alterações bruscas ou para níveis extremos** de condições físicas do meio como: temperatura (utilização de água a temperaturas muito elevadas), humidade (dessecação do meio ambiente de espécies aquáticas, inundação de espécies que não suportam estas condições), pressão (ultrassons), luminosidade (privar de luz espécies fotossintéticas).

Em regra, os métodos físicos são os mais simples, apresentam resultados imediatos e são facilmente direcionados à(s) espécie(s) alvo (minimizando de forma relevante danos colaterais para outras espécies – o que constitui uma **vantagem muito relevante no caso do EFMA**, que possui valores naturais muito importantes). No entanto, são tipicamente a opção que implica o envolvimento de mais recursos humanos e que tem a duração mais prolongada (muitas vezes obriga a intervenções periódicas, por períodos de

tempo indefinidos). Podem também ser uma opção dispendiosa, em particular se for necessário recorrer a equipamento especializado. Por estes motivos, os métodos físicos adequam-se ao combate de populações de pequena dimensão, mas são considerados menos eficazes (de uma forma geral) em situações de invasões extensas, sendo necessário, nesses casos, combiná-los com outras formas de intervenção (químicas, habitualmente).

Quando usados para combater espécies invasoras vegetais (plantas), os métodos físicos podem ter ainda duas desvantagens adicionais, relacionadas com as características reprodutoras destes organismos:

- Algumas espécies disseminam-se rapidamente por fragmentação vegetativa (desenvolvimento de novos indivíduos a partir de fragmentos), pelo que o recurso a métodos que se baseiem no corte podem promover o rápido aumento populacional se não se removerem eficazmente todos os fragmentos;
- A remoção de todos os indivíduos pode não ser suficiente em espécies produtoras de sementes, já que estas estruturas reprodutivas se podem manter viáveis no banco de sementes do solo durante muitos anos.

#### 4.2.2.2. Métodos químicos

Os métodos químicos implicam a utilização de agentes químicos para induzir uma resposta ou reação adversa no agente biológico: impedir a aproximação, alterar processos biológicos vitais, entre outros. Os agentes químicos podem ser mais genéricos (“desinfetantes” e pesticidas) ou mais direcionados (fungicidas, algicidas, herbicidas, inseticidas, entre outros).

A sua aplicação pode ser efetuada **diretamente no organismo** (por exemplo: em árvores após o corte), por **via aérea** (spray ou aerossol) ou **dissolvida no meio recetor**. A dissolução é o meio químico mais comumente utilizado em ambientes aquáticos, no entanto apresenta uma desvantagem assinalável, em particular em áreas com elevada sensibilidade ambiental: a maior parte dos agentes químicos atua de forma genérica sobre elementos biológicos podendo prejudicar espécies não-alvo, assim como a saúde humana, o que restringe fortemente o seu uso. Por esse motivo, a utilização de métodos químicos requer, tipicamente, o recurso a testes prévios que permitam determinar qual o melhor produto a utilizar na situação específica e qual a concentração adequada (eficaz no combate à espécie invasora mas não nociva para o ambiente).

Alguns **herbicidas** mais comumente utilizados são: 2,4-D, diquat, paraquat, glifosato (*Roundup*), dichlobenil, fluoridone, cobre, endothall e Triclopyr. As formas de utilização e o modo de atuação variam, mas a maioria afeta espécies vegetais indiscriminadamente e potencialmente a saúde humana, tendo



sido, por exemplo, a comercialização de diquat e de dichlobenil proibidas na Europa, apesar da sua eficácia (Francis & Pysek, 2012). Adicionalmente os mesmos autores referem que estão descritos casos de populações que ao longo do tempo desenvolveram resistência a determinados agentes químicos. A questão, já colocada para os métodos físicos, de uma intervenção mal terminada poder potenciar a regeneração e a recolonização por espécies invasoras também se aplica aos métodos químicos: após uma intervenção as populações de espécies autóctones podem ter sido mais afetadas e, nesse caso, as espécies invasoras têm ainda maior facilidade em ocupar o espaço disponível, através da regeneração dos seus propágulos.

Para o **controlo e combate de espécies animais** estão igualmente disponíveis diversos agentes químicos, que apresentam também desvantagens similares: a maioria não atua apenas sobre uma espécie ou um taxa e mantém-se a dificuldade de determinar a concentração ideal para cada situação. A maioria dos agentes químicos referidos na bibliografia consultada não tem aplicação possível na área de estudo, por esta se tratar de um sistema de água doce de grande extensão e com importantes valores naturais.

Embora ainda sejam raros e a sua aplicabilidade esteja ainda a ser alvo de estudos, já existem alguns agentes químicos com maior especificidade, que são referidos adiante. Alguns exemplos são: as “**BioBullets**” (“bio-balas” numa tradução livre) para combater organismos filtradores como os bivalves, e o uso de **feromonas** específicas para determinados taxa que promovem a sua atração para armadilhas ou impedem o acasalamento e a reprodução.

O controlo e combate químico podem ainda ser conseguidos através do uso de **substâncias não-pesticidas**, que atuam através da indução de alterações químicas no meio. Por exemplo: desoxigenação da água por adição de gelo seco (dióxido de carbono sólido), sulfato de sódio ou azoto; aumento da alcalinidade da água por adição de cal; adição de amónia que atua sobre os processos químicos de trocas gasosas no sangue; envenenamento por adição de compostos de cloro ou ozono. Estes compostos atuam indiscriminadamente sobre a generalidade dos organismos vivos e são, por esse motivo, mais adequados para situação de desinfeção total (por exemplo em águas de lastro). Os produtos químicos de desinfeção (eliminação de agentes biológicos) mais comumente utilizados em meios aquáticos são:

- Hipoclorito de sódio (nome comercial: lixívia)
- Peróxido de hidrogénio (nome comercial: água oxigenada)
- Dióxido de cloro
- Ozono

Enquanto os primeiros dois (lixívia e água oxigenada) podem ser adquiridos, armazenados e utilizados sempre que necessário, os outros (dióxido de cloro e ozono) têm que ser sintetizados *in situ*, através de

processos que obrigam à instalação de infraestruturas específicas e que requerem verificação e manutenção periódicas.

A aplicação de produtos fitofarmacêuticos tem um enquadramento legal, que foi alvo de atualização recentemente: **Lei n.º 26/2013**, de 11 de abril, que regula as atividades de distribuição, venda e aplicação de produtos fitofarmacêuticos para uso profissional e de adjuvantes de produtos fitofarmacêuticos e define os procedimentos de monitorização à utilização dos produtos fitofarmacêuticos, transpondo a Diretiva n.º 2009/128/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro, que estabelece um quadro de ação a nível comunitário para uma utilização sustentável dos pesticidas, e revogando a Lei n.º 10/93, de 6 de abril, e o Decreto -Lei n.º 173/2005, de 21 de outubro.

### 4.2.2.3. Métodos biológicos

A principal característica dos métodos biológicos é, porventura, a controvérsia de que se revestem. De facto, os métodos biológicos pressupõem a introdução de uma espécie exótica para combater outra.

As principais e mais óbvias desvantagens associadas a tal ação incluem: a) a necessidade de realizar intensos estudos prévios para provar que apenas a espécie-alvo vai ser afetada; b) a necessidade de introduzir grandes quantidades do novo organismo para garantir um combate eficaz.

Os métodos biológicos não se adequam ao combate (eliminação total) de uma espécie invasora, em particular se o método em causa for a predação, porque em termos de dinâmicas populacionais, nenhum ser-vivo elimina totalmente a sua fonte de alimento. Estes métodos são antes indicados no controlo de populações ou como parte de uma abordagem combinada de métodos.

Embora polémicos, estes métodos têm tido alguns casos de sucesso, essencialmente no **controlo de plantas**. No entanto, tem-se verificado a impossibilidade de reproduzir os resultados satisfatórios em toda a extensão das áreas invadidas, provavelmente devido às diferentes condições ambientais que potenciam ou reprimem os efeitos do agente biológico introduzido e afetam a capacidade de resistência da espécie invasora.

No que se refere ao **controlo de animais** algumas das formas de controlo biológico mais comumente citadas incluem: introdução de predadores, introdução de organismos patogénicos (que podem provocar debilidade nos indivíduos ou mesmo a morte), introdução de machos estéreis para diminuir o sucesso reprodutor da população. A introdução de determinadas espécies de peixes para controlar populações de invertebrados já foi muito comum, mas apresenta muitas desvantagens, sendo a principal a falta de especificidade do predador (que se alimenta tanto de espécies exóticas como de nativas). Nesse âmbito, o

exemplo mais paradigmático é provavelmente o da introdução da gambúsia (*Gambusia* spp.) para controlo do mosquito da malária, que veio a tornar-se numa das espécies invasoras problemáticas a nível nacional, por se alimentar de espécies autóctones (entre outros impactes, já referidos no Relatório da Fase 1 do presente estudo).

### 4.3. Plantas aquáticas flutuantes

*Eichhornia crassipes* (jacinto-de-água) é a espécie modelo do grupo que contém ainda as espécies: *Azolla filiculoides* (azola) e *Pistia stratiotes*. As espécies deste grupo são aquáticas flutuantes com preferência por águas calmas e ricas em nutrientes (principalmente fósforo). *Azolla filiculoides* (azola) está presente na área de estudo, enquanto *Pistia stratiotes* está provavelmente presente. *Eichhornia crassipes* está ainda ausente mas encontra-se no Guadiana, em território espanhol, tendo ocorrido situações de disseminação inesperadas recentemente: na primavera de 2004 detetou-se a presença da espécie pela primeira vez, num troço compreendido entre Mérida e Medellín.

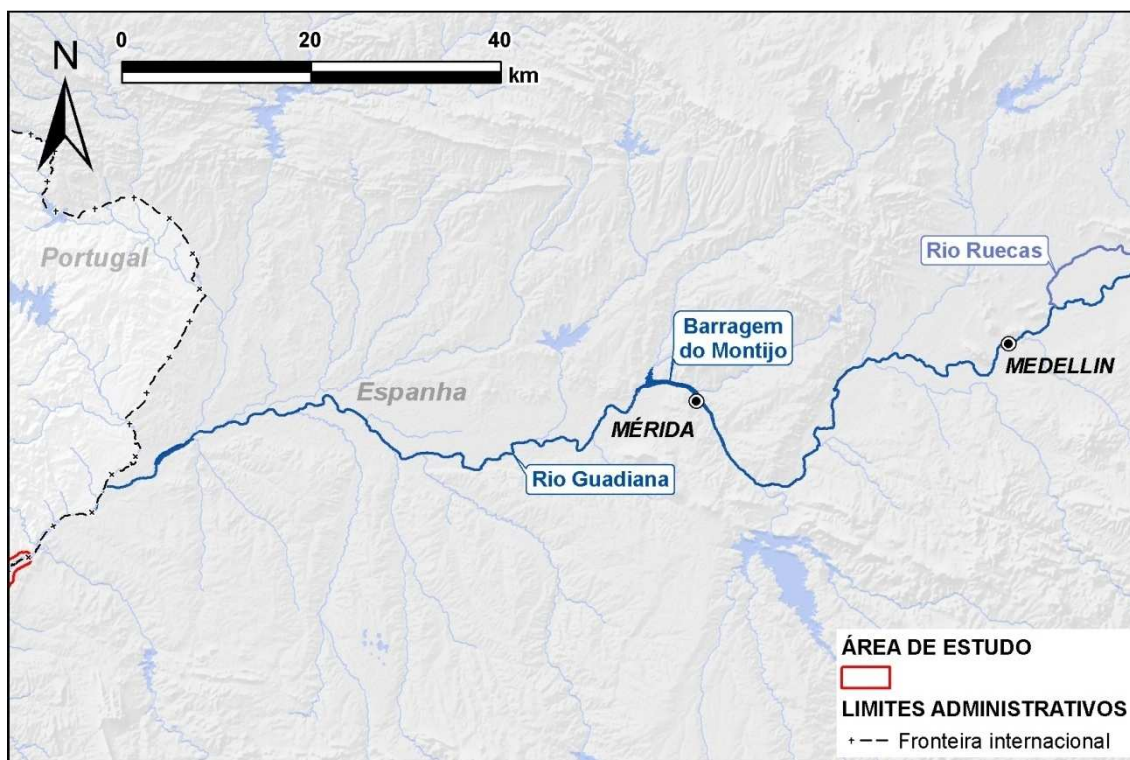


Figura 3 – Mapa sintético indicando os principais pontos-chave dos surtos de jacinto-de-água no Guadiana, em território espanhol, entre 2004 e 2006

No verão do ano seguinte começou a proliferação repentina da espécie em diversos pontos deste troço. A Confederación Hidrográfica del Guadiana atuou rapidamente e deu início aos trabalhos de limpeza, que se concentraram na zona jusante deste troço (barragem do Montijo e cidade de Mérida) para evitar a proliferação mais para jusante. No entanto, em 2005-2006 ocorreu novo surto e *Eichhornia crassipes* colonizou extensas áreas do Guadiana, desde Medellín (na foz do rio Rucas) até à barragem do Montijo, a jusante da cidade de Mérida, onde foi impedido de continuar pelo próprio paramento da barragem; em poucos dias este troço de 70 km ficou totalmente coberto por jacinto-de-água, num tapete contínuo de uma margem à outra, tendo o Ministério do Ambiente de Espanha classificado de urgentes as ações de luta contra esta espécie. Desde então, as ações de limpeza da espécie têm continuado periodicamente, sem que se tenha conseguido erradicá-la (in: portal MAGRAMA do Governo de Espanha).

### 4.3.1. Prevenção

Estando *Azolla filiculoides* já presente na área de estudo e *Pistia stratiotes* provavelmente presente, as metodologias de prevenção aplicam-se exclusivamente à espécie modelo deste grupo, *Eichhornia crassipes* (jacinto-de-água).

*Eichhornia crassipes* é uma espécie muito difícil de eliminar (controlar e/ou combater) mas, ao contrário de outras espécies que se abordam neste documento, a prevenção da sua entrada é possível, relativamente simples e pouco dispendiosa. Sendo uma espécie flutuante que não resiste à submersão prolongada, qualquer barreira superficial contém o seu avanço. As **barreiras flutuantes amovíveis**, como a que existe atualmente a cerca de 2,5 km a montante da cabeceira da albufeira de Alqueva (na zona da ponte da Ajuda, Figura 4) têm uma boa eficácia. Necessitam, no entanto, de manutenção regular com um reforço-extra em épocas de chuvas intensas ou cheias. Esta barreira é visitada de duas em duas semanas com o intuito de monitorizar o aparecimento de *Eichhornia crassipes* e para proceder à limpeza de elementos flutuantes que tenham ficado retidos e que possam comprometer a resistência e o funcionamento da barreira.





Figura 4 – Barreira de contenção de jacinto-de-água mantida pela EDIA: aspeto geral, pormenor de ponto de amarração na margem, método de libertação de elementos flutuantes após inspeção

## 4.3.2. Controlo e combate

Existem diversos métodos de controlo e combate das espécies pertencentes ao grupo de *Eichhornia crassipes* (que inclui *Azolla filiculoides* e *Pistia stratiotes*).

Pan e colaboradores (2012) referem que, numa abordagem planeada e pensada a longo prazo, o método mais sustentável para controlar populações de *Eichhornia crassipes* é a diminuição de entrada de nutrientes nas massas de água, de forma a limitar o crescimento da população. Embora teoricamente correta, esta solução torna-se utópica quando se pensa na sua aplicação em áreas extensas (como a área do EFMA), já que requer a monitorização e fiscalização de atividades e intervenções num território extenso.

Considerando os clássicos métodos físicos, químicos e biológicos e tendo em atenção as características naturais da área de estudo, conclui-se que os métodos físicos são os mais adequados, como se explica seguidamente. De facto, tendo em conta que há poucos herbicidas autorizados para aplicação em meio aquático (Marchante *et al.*, 2005) devido aos efeitos potenciais ou comprovados que advêm da utilização dessas substâncias, em particular para as espécies autóctones e até para o Homem, não existem, atualmente, meios de controlo e combate químicos cuja aplicação possa ser aconselhada na área de estudo. Estes só devem ser considerados em situações particulares de emergência, e sempre como complemento dos métodos físicos (claramente preferenciais). Os **químicos** mais comumente utilizados são: glifosato (Roundup), diquat e 2,4-D. Para além dos efeitos nocivos diretos que a maior parte dos agentes químicos pode ter sobre as espécies não-alvo, deve ainda referir-se os potenciais efeitos nefastos secundários que advêm da submersão de quantidades relevantes de biomassa que entram repentinamente num processo de decomposição (na sequência da morte causada pelo agente químico), causando graves situações de hipoxia na coluna de água.

Nos **métodos físicos** destaca-se a **remoção manual** de indivíduos com camaroeiros ou com recurso a “ceifeiras” mecânicas ou “aspiradores”, sendo essencial assegurar que se procede à remoção de todos os indivíduos e que se recolhe, tanto quanto possível, os restos vegetais que podem apodrecer no meio aquático, levando a uma depleção de oxigénio e subsequente alteração dos ciclos químicos vitais (carbono e azoto essencialmente), com todas as consequências que daí advêm para as cadeias tróficas. Em Espanha, concretamente na zona da barragem Montijo (a montante da área de estudo, cf. Figura 3) o controlo da espécie tem sido efetuado com recurso a uma ceifeira mecânica (para remoção dos indivíduos) e 10 equipas de 2 pessoas que asseguram a deteção precoce dos episódios de disseminação. Esta atuação permitia, até há pouco tempo, a manutenção dos efetivos em níveis aceitáveis. No entanto, na sequência de cortes orçamentais, foi efetuada uma diminuição do número de equipas de inspeção no terreno, o que levou a que tivessem sido atingidos recentemente níveis preocupantes de efetivos de jacinto-de-água





neste local por não ter ocorrido a deteção atempada (EDIA, com. pess.). Este facto reforça a importância da vigilância, inspeção e deteção precoce.

Relativamente a **métodos biológicos** de controlo e combate não existe ainda nenhum método que possa ser considerado para aplicação na área de estudo. Para *Eichhornia crassipes* existem vários agentes biológicos que têm estado a ser usados noutros países com sucesso, mas em Portugal ainda não se conseguiram obter resultados satisfatórios (Marchante, *et al.*, 2005). Para *Azolla filiculoides* e *Pistia stratiotes* o caso é semelhante: há diversos agentes em uso noutros países, mas ainda não foram testados em Portugal para verificar a sua segurança relativamente às espécies nativas, pelo que a sua utilização não constitui uma alternativa, por enquanto.

#### 4.4. Plantas aquáticas submersas

*Myriophyllum aquaticum* (pinheirinha-de-água) é a espécie modelo do grupo que contém ainda as espécies: *Alternanthera philoxeroides*, *Elodea canadensis* e *Hydrilla verticillata*.

As espécies deste grupo são aquáticas submersas, embora algumas possuam também crescimento à superfície. À exceção de *Myriophyllum aquaticum*, nenhuma das espécies ocorre atualmente na área de estudo.

##### 4.4.1. Prevenção

Para as espécies pertencentes a este grupo, a prevenção é, inequivocamente, a melhor abordagem, (embora *Myriophyllum aquaticum* já possa estar presente na área de estudo), uma vez que, como se verá seguidamente, o controlo e combate destas espécies é quase impossível, numa área com as dimensões e as características naturais do EFMA.

Os principais meios de prevenção passam pela proibição de comercialização e pela inspeção e desinfeção de embarcações e equipamentos aquáticos que possam promover o transporte e a dispersão de propágulos.

## 4.4.2. Controlo e combate

Embora a relevância natural da área de estudo favoreça a opção por métodos de controlo e combate físicos, no caso das espécies em causa estes métodos são pouco eficazes, já que a fragmentação dos indivíduos (durante a sua remoção) promove a sua disseminação. Adicionalmente, algumas destas espécies têm crescimento submerso e à superfície, o que dificulta a seleção de um método que garanta a eliminação de ambas as formas vegetais. Hussner e Champion (2012) referem que, para as espécies com as características das pertencentes a este grupo, os métodos de **controlo físico** são muito dispendiosos, morosos e raramente bem-sucedidos. No entanto, e dadas as alternativas, Marchante e colaboradores (2010) referem que atualmente continuam a ser a melhor opção, em Portugal. Para algumas espécies (como *Elodea canadensis*) há referência a resultados satisfatórios com o ensombramento propositado do plano de água; este método não é, no entanto, aplicável a grandes extensões, por afetar todos os organismos fotossintéticos indiscriminadamente (com todas as consequências para o ecossistema que daí advêm). Devem ainda ser considerados os potenciais efeitos nocivos para o ambiente que resultam da decomposição da biomassa morta, se esta não for removida do meio.

Poucos são os **agentes químicos** eficazes e seguros para utilização no controlo e combate das espécies deste grupo. Para *Myriophyllum aquaticum*, nos E.U.A. utilizam-se de forma mais regular os seguintes três, aprovados para uso em meio aquático nesse país: 2,4-D, Triclopyr e Imazapyr. Em Portugal e, em particular, na área de estudo, o seu uso é fortemente desaconselhado, dada a relevância ecológica desta área. Para *Alternanthera philoxeroides* o cenário é ainda mais complicado: Schooler (2012) refere que não foi ainda identificado nenhum agente eficaz, já que há sempre uma porção do indivíduo que sobrevive (devido a um processo de translocação de substâncias pouco eficaz ao longo dos tecidos) mesmo após tratamentos repetitivos. O mesmo autor acrescenta ainda que os herbicidas de largo espectro podem mesmo potenciar a disseminação desta espécie, ao eliminarem as competidoras mais sensíveis aos químicos.

Relativamente ao **controlo biológico**, existem diversos estudos em curso, mas atualmente não existe nenhum agente testado e aprovado para controlo destas espécies em Portugal.

## 4.5. Plantas terrestres

*Aster squamatus* (estrela-comum) é a espécie modelo do grupo que contém ainda as espécies: *Bidens* spp., *Impatiens glandulifera* e *Tradescantia fluminensis*.



As espécies deste grupo são plantas terrestres que crescem perto da água. *Aster squamatus* e *Bidens* spp. têm presença confirmada na área de estudo estando *Tradescantia fluminensis* provavelmente presente. A única seguramente ausente é *Impatiens glandulifera*, que ocorre em Espanha.

#### 4.5.1. Prevenção

A questão da prevenção aplica-se apenas a *Impatiens glandulifera*, que é a única espécie deste grupo ainda ausente da área de estudo. Sendo a sua dispersão feita essencialmente através de sementes, a forma mais eficaz de travar o seu avanço é a proibição de comércio e do uso desta espécie como ornamental.

#### 4.5.2. Controlo e combate

Um dos meios principais de dispersão para as espécies deste grupo é através da produção de sementes (embora algumas espécies de *Bidens* também se reproduzam vegetativamente por fragmentação do rizoma, assim como *Tradescantia fluminensis* também se regenera a partir de fragmentos vegetativos). Assim, o controlo e combate destas espécies devem focar-se em impedir que produzam flores e frutos, o que pode ser conseguido por **controlo mecânico** em fase de pré-floração ou por **controlo químico**, na mesma altura. O arranque manual é um processo simples (*Aster squamatus* e *Bidens* spp. são espécies anuais, *Impatiens glandulifera* e *Tradescantia fluminensis* têm sistemas radiculares pouco profundos), mas pode facilitar a dispersão das sementes, se não forem tomadas precauções.

Para garantir sucesso é necessário que as intervenções sejam repetidas de duas em duas semanas (Cockel & Tanner, 2012) de modo a assegurar que nenhum dos indivíduos atinge a maturação. No caso de *Impatiens glandulifera*, os mesmos autores referem que as ações devem prosseguir durante duas épocas consecutivas, já que as sementes se mantêm viáveis durante 18 meses.

Pelos motivos apresentados, as ações de controlo físico ou químico são morosas e consumidoras de recursos. Adicionalmente, o recurso a agentes químicos em áreas naturais com as características da área de estudo, levanta questões relacionadas com os impactes sobre o ecossistema. Cockel & Tanner (2012) referem que, na Europa, algumas substâncias que eram consideradas seguras e legalmente aprovadas para uso no controlo e combate de invasoras, têm estado a ser banidas sendo mesmo proibida, em alguns países, a utilização de quaisquer químicos nas proximidades de corpos de água.

Em suma, e de acordo com a opinião de Cockel & Tanner (2012), não existe atualmente nenhum método eficaz de combater estas espécies, em particular *Impatiens glandulifera*. Os autores concluem que, um método eficaz tem de ser aplicado ao nível da totalidade da bacia hidrográfica, idealmente de montante para jusante para controlar a disseminação (as sementes são transportadas pela água); Esta abordagem é, no entanto dificultada por questões como: a existência de propriedades privadas que podem condicionar o acesso para aplicação das metodologias e os custos associados a uma intervenção a esta escala territorial.

Relativamente ao **controlo biológico**, já foi efetuado no Reino Unido com sucesso, recorrendo a *Puccinia* – um agente patogénico da ferrugem. Em Portugal, não há referência que tenha sido testada a utilização deste agente, pelo que a sua aplicação não pode ser considerada para a área de estudo.

## 4.6. Arundo donax

*Arundo donax* (cana) é a espécie modelo de um grupo constituído apenas por esta espécie, que possui características particulares no que se refere à sua capacidade invasora. Esta espécie invasora já está presente na área de estudo.

### 4.6.1. Prevenção

Não se aplica, uma vez que a espécie já está presente na área de estudo.

### 4.6.2. Controlo e combate

O controlo desta espécie pode ser complexo e moroso, implica persistência e, acima de tudo, um planeamento cuidadoso. Sendo a sua tendência de expansão primordialmente longo de linhas de água (de montante para jusante), as intervenções devem ser feitas neste sentido, para garantir a eliminação progressiva dos focos de invasão (a montante), e não apenas a remoção periódica e inconsequente a médio prazo, dos novos indivíduos que se vão estabelecendo continuamente (a jusante).

O controlo de cana pode ser efetuado por **métodos físicos** através do **corte** das canas rente ao solo, seguido da aplicação de uma tela ou lona que promova o ensombramento do solo, impedindo a luz solar de alcançar o rizoma, reduzindo assim a sua capacidade fotossintética e provocando consequentemente a sua morte. Em alternativa pode proceder-se à **remoção física dos rizomas**. Embora esta opção seja mais



morosa, é particularmente adequada para manchas de pequenas dimensões, por garantir melhores resultados e diminuir o número de intervenções necessárias nas fases subsequentes.

O **controlo químico** pode ser feito com glifosato após a floração, aplicado sobre a zona de corte ou através de pulverização foliar (Marchante *et al.*, 2005; portal do ISSG). No entanto, o recurso a agentes químicos em áreas com relevância natural como a área de estudo é genericamente desaconselhado.

Relativamente ao **controlo biológico**, há diversas opções em estudo, mas até ao momento, nenhuma apresentou bons resultados.

## 4.7. Procambarus clarkii

*Procambarus clarkii* (lagostim-do-Louisiana) é a espécie modelo de um grupo constituído apenas por esta espécie, que possui características particulares no que se refere à sua capacidade invasora. Esta espécie invasora já está presente na área de estudo.

### 4.7.1. Prevenção

Considerando a definição de “prevenção” apresentada no início do presente capítulo, esta secção não se aplica à espécie em causa, uma vez que esta já está presente na área de estudo.

### 4.7.2. Controlo e combate

Os **métodos físicos** de controlo e combate desta espécie são os preferíveis na área de estudo, embora, considerando a sua extensão (e o interesse que o lagostim-do-Louisiana tem para a pesca), não seja previsível a sua eliminação total. Alguns métodos mais comuns são: colocação de **armadilhas, arrastos/ varrimentos** com camaroeiros de malha fina (1 mm) para captura de juvenis em áreas de reduzida profundidade e com presença de macrófitas, e **pesca elétrica**. Alguns autores (in: portal do ISSG) defendem que a armadilhagem continuada é preferível ao método de armadilhagem intensiva periódica porque esta pode despoletar respostas de defesa ao nível da população (maturação mais precoce, aumento da produção de ovos, entre outras). Alertam, no entanto, para os riscos associados ao uso de peixes de água doce como isco, já que estes podem ajudar a disseminar o fungo *Aphanomyces astaci* (ao qual *Procambarus clarkii* é resistente mas é portador) que ataca os crustáceos nativos, dizimando populações inteiras num curto espaço de tempo.

O **controlo químico** não é uma opção viável, porque não existem agentes químicos com especificidade suficiente para atacar apenas esta espécie, colocando em risco a eliminação de espécies autóctones de crustáceos e outros invertebrados aquáticos, para além da problemática associada à possível bioacumulação nas cadeias tróficas. O **controlo biológico** também ainda não foi conseguido com sucesso absoluto em nenhum dos locais invadidos (in: portal do ISSG).

No que se refere a **processos recentes e inovadores** merece destaque a abordagem mencionada por Francis e Pysek (2012), que citam um trabalho de Aquiloni e colaboradores (2009), em que se usou radiação ionizante para esterilizar machos de *Procambarus clarkii* recolhidos em áreas invadidas, que foram posteriormente devolvidos à população, para diminuir o sucesso reprodutor da mesma (método de **controlo biológico SMRT – sterile male release technique**). Em Portugal, não há referência que tenha sido testada a utilização deste agente, pelo que a sua aplicação não pode ser considerada para a área de estudo.

## 4.8. Corbicula fluminea

*Corbicula fluminea* (amêijoia-asiática) é um bivalve e a espécie modelo de um grupo constituído apenas por esta espécie, que possui características particulares no que se refere à sua capacidade invasora. Esta espécie invasora já está presente na área de estudo.

### 4.8.1. Prevenção

Considerando a definição de “prevenção” apresentada no início do presente capítulo, esta secção não se aplica à espécie em causa, uma vez que esta já está presente na área de estudo.

### 4.8.2. Controlo e combate

O combate (com objetivo de alcançar a erradicação) de *Corbicula fluminea* num contexto natural (ecossistema aquático) é extremamente difícil e, regra geral, impossível (Ilarri & Sousa, 2012).

A **apanha manual** de indivíduos adultos (**método físico**) é um dos métodos mais referidos, no entanto tem limitações óbvias, já que não promove a eliminação dos juvenis (que ocorrem na coluna de água e não são detetáveis a olho nu). Este método permite apenas o controlo (e não o combate) e implica intervenções quase contínuas.



O **tratamento térmico** é aconselhado para situações muito específicas (como invasão de canalizações e equipamentos), consistindo na passagem de água com temperaturas superiores a 37°C.

A aplicação de **métodos químicos** está totalmente desaconselhada em áreas naturais, já que não existem agentes químicos com especificidade suficiente para garantir a salvaguarda das restantes espécies de invertebrados.

Alguns autores (Ilarri & Sousa, 2012) defendem que a comercialização da espécie (para alimentação humana e/ou de aves domésticas ou para isco de pesca) poderia contribuir para o seu controlo. No entanto, esta abordagem é perigosa, já que promover a sua utilização seria promover o seu transporte e disseminação.

## 4.9. *Dreissena polymorpha*

*Dreissena polymorpha* (mexilhão-zebra) é a espécie modelo de um grupo constituído apenas por esta espécie, que possui características particulares no que se refere à sua capacidade invasora.

*Dreissena polymorpha* (mexilhão-zebra) é uma das espécies invasoras mais preocupantes a nível mundial, chegando a ser considerada por diversos autores como a “espécie paradigma das espécies invasoras” no que se refere aos impactes que causa, já que provoca todos os tipos de impactes existentes: económico, ecológico e sanitário. Destes, destacam-se os avultados prejuízos económicos associados à invasão de áreas infraestruturadas (barragens com os mais diversos usos, canais e condutas de rega, entre outros), que têm potenciado a realização de diversos estudos de metodologias de prevenção, controlo e combate.

Embora ainda não esteja presente em Portugal, já entrou em Espanha onde é motivo de grande preocupação. De facto, o Governo de Espanha compilou informação diversa referente a medidas de combate a esta espécie num documento de Estratégia Nacional (Estrategia Nacional para el control del mejillón cebra, edição da Conferencia sectorial de Medio Ambiente, 2007) com vista à elaboração de um plano de choque específico. A nível regional, destaca-se a ação da Confederación Hidrográfica del Ebro (onde a espécie já está presente) que tem compilado e publicado muita informação sobre este assunto e que criou, recentemente, um grupo de trabalho composto por técnicos representantes das nove comunidades autónomas banhadas pelo rio Ebro, de forma a assegurar um planeamento e ação coordenadas (Durán, *et al*, 2010).

## 4.9.1. Prevenção

Não existe, atualmente, nenhuma técnica de prevenção que seja simultaneamente eficaz e viável para aplicação numa área com as características naturais e com a extensão da área de estudo. Uma das técnicas mais eficazes de prevenção – a **filtração mecânica** – é apenas viável em situações particulares<sup>4</sup> já que implica a passagem de toda a água por um sistema de filtros de malhas de dimensão muito pequena (para impedir a entrada não só de indivíduos adultos como de todos os estágios larvares) e requer cálculos prévios e manutenção regular para assegurar que as diferenças de pressão em ambos os lados do sistema filtrante se mantêm dentro dos limites de funcionamento e de segurança. Embora possam ser aplicados sistemas filtrantes deste tipo, por exemplo, imediatamente a montante das condutas de transporte de água para o sistema de regadio do EFMA (para evitar a entrada da espécie na rede primária e/ou secundária de rega), na área em análise (área de estudo) a aplicação de qualquer sistema deste tipo é totalmente desaconselhável (além de economicamente inviável), uma vez que iria promover a remoção do sistema de todas as partículas com dimensão superior à malha, excluindo assim elementos biológicos como: ovos e larvas de espécies autóctones, fito e zooplâncton que estão na base das cadeias alimentares aquáticas, propágulos de espécies vegetais, entre outros, resultando numa pseudo-desinfecção de um sistema aquático de elevado valor ecológico.

A aplicação de **pinturas antiencrostantes** é um método físico e químico que pode ser aplicado a infraestruturas e que atua pela alteração da textura das superfícies (cria áreas muito polidas que dificultam a adesão do mexilhão) e/ou pela libertação de baixas concentrações de compostos tóxicos (que produzem o mesmo efeito). Embora tenha eficácia comprovada (Durán, *et al.*, 2010) requer investimentos muito elevados e não garante a prevenção da entrada da espécie; apenas impede a sua fixação em determinados equipamentos selecionados.

Em Espanha, foram tomadas medidas a nível nacional para evitar a dispersão do mexilhão-zebra a partir dos locais onde ocorre. Foi criado um grupo de trabalho no âmbito da **Estrategia Nacional para el control del mejillón cebra** (edição da Conferencia sectorial de Medio Ambiente, 2007 - disponível online no portal da CH Ebro) que ficou responsável por implementar um pacote de medidas (todas elas preventivas), divididas em: a) medidas prévias; b) medidas legislativas; c) medidas de gestão e planificação; d) medidas de informação, divulgação e sensibilização. Listam-se abaixo, algumas das principais, que seriam de implementação pertinente em Portugal e, em particular, na área de estudo.

---

<sup>4</sup> Este método foi instalado pela Confederación Hidrográfica del Norte no transvase Ebro-Besaya para impedir a entrada da espécie na bacia hidrográfica do Norte e retém perto de 100% das larvas de mexilhão-zebra. Trata-se de um sistema constituído por uma sucessão de filtros de malha cada vez menor até atingir 25-50µm, que é o tamanho que faz retenção eficaz das larvas (Durán, *et al.*, 2010).





a) Medidas **prévias**:

- Elaboração de **protocolos de práticas** para evitar a disseminação de espécie, destinados a diversos setores de atividade: limpeza de embarcações, desinfecção de material de pesca e de outros usos recreativos, desinfecção de equipamento de trabalho em meio aquático, limpeza de hidroaviões e outros meios de combate de incêndios, metodologias de seguimento;
- Realização de **estudos de avaliação da suscetibilidade à colonização** e de vulnerabilidade para todas as massas de água a nível nacional;

b) **Medidas legislativas** de âmbito nacional destinadas em particular a controlar a movimentação de embarcações e as práticas de pesca:

- Implementação de um **sistema de matrículas** para aplicar a todos os elementos suscetíveis de utilização como meio de navegação ou de flutuação (incluindo: embarcações com propulsão a motor, à vela ou a remos de qualquer envergadura, lanchas, motas-de-água, canoas, caiaques, pranchas de windsurf, entre outros);
- Estabelecimento de uma obrigatoriedade de proceder ao **registo centralizado de embarcações** (incluindo identificação do proprietário e barragens e/ou troços de rio onde está autorizado a navegar);
- Criação de um **livro (log-book) individual de navegação** para registo das entradas no meio aquático e intervenções de desinfecção;
- Criação de **normas** que determinem que uma embarcação que possua licença de navegação em águas afetadas não possa navegar ou tenha permissão limitada para fazê-lo em água não afetadas;
- **Regulação do uso e transporte** de aparelhos de pesca e espécies piscícolas vivas, para evitar a disseminação entre massas de água;
- Criação de um **catálogo de águas superficiais com classificação em 3 classes**: “afetada”, “não afetada” e “proteção especial”, às quais se aplicam diferentes medidas de gestão e planificação.

c) Medidas de **gestão e de planificação** distintas para águas “afetadas”, “não afetadas” e “de proteção especial”:

- Medidas relativas à **navegação**, à **pesca** e a **outros aproveitamentos**, incluindo o estabelecimento de estações de limpeza e desinfecção<sup>5</sup> (permanentes e temporárias) de uso obrigatório, para embarcações e para outros equipamentos aquáticos;

---

<sup>5</sup> Na Bacia hidrográfica do Ebro a desinfecção é feita através da aplicação de água a pressão e temperatura elevadas (160 bar, 60°C). Existem estações permanentes, equipadas em todas as albufeiras já invadidas e a desinfecção é obrigatória à entrada e à saída do corpo de água. Foi também permitida a instalação de empresas particulares de prestação deste serviço. Sempre que uma nova albufeira é classificada como invadida o acesso fica proibido à navegação até que haja a instalação de uma estação de limpeza e desinfecção, passando o acesso a ser realizado obrigatoriamente por esse ponto. Em 2010 já havia 17 na Bacia hidrográfica do Ebro (Durán *et al.*, 2010).

- Medidas para **hidroaviões** e outros meios de combate a incêndios;
  - Medidas relativas a trabalhos de **investigação e monitorização**;
  - Medidas relativas à **proteção dos ecossistemas aquáticos** (para as massas não afetadas);
  - Medidas excecionais de **erradicação** (referem-se essencialmente à realização de estudos caso-a-caso para analisar a viabilidade de intervir no meio).
- d) Medidas de **informação, divulgação e sensibilização**, a aplicar em todo o território nacional:
- **Promoção de contactos permanentes** entre as diversas entidades gestoras das bacias hidrográficas para comunicar num curto espaço de tempo a evolução das situações de invasão;
  - Organização de **sessões de informação e de esclarecimento, dirigidas** aos diversos grupos de utilizadores das massas de água: pescadores, navegadores, regantes, empresas de captação de água, entre outros;
  - Elaboração e distribuição de **guias de boas práticas** para prevenir a disseminação, dirigidas aos diversos grupos utilizadores das massas de água;
  - Realização de campanhas genéricas de **sensibilização da população em geral**, com enfoque nas consequências que podem ter para o país e para cada um;
  - Realização adicional de **campanhas pontuais** nos momentos de maior afluência às massas de água (concursos de pesca, época balnear, etc.);
  - **Sinalização permanente nas margens** das albufeiras com informação sobre a problemática do mexilhão-zebra e boas práticas a adotar;
  - Distribuição de **panfletos informativos** nos locais de maior afluência de visitantes, nas proximidades de zonas de acesso à água (postos de abastecimento de combustível, postos de turismo, restaurantes, etc.);
  - Inclusão da abordagem da temática das espécies invasoras (e tomando o mexilhão-zebra como espécie emblemática) nos **currículos escolares**;
  - Criação de uma **página Web** dedicada ao tema.

Embora não seja mencionado no referido documento de estratégia nacional para controlo do mexilhão-zebra, considera-se que é ainda essencial a implementação de **medidas de fiscalização** do cumprimento destas normas. Sem fiscalização e controlo, qualquer investimento nas medidas listadas acima pode ser perdido. A título de exemplo: na bacia hidrográfica do Ebro, sempre que é identificada uma nova albufeira invadida, é imediatamente imposta a proibição de navegação neste corpo de água até que ocorra a instalação de uma estação de limpeza e desinfeção. A partir desse momento o acesso de embarcações à água passa a ser permitido mas apenas por esse ponto, que é controlado, e todos os restantes pontos de acesso permanecem vedados, para garantir a desinfeção à entrada e à saída. Os restantes pontos podem



ser inúmeros (no presente exemplo: em 57 albufeiras foram identificados 710 pontos de acesso) e é necessário fiscalizar que não são usados indevidamente, ou todo o investimento será perdido.

#### 4.9.2. Controlo e combate

Embora seja uma espécie muito estudada no que se refere às metodologias de controlo e de combate, o facto de a sua relevância estar maioritariamente relacionada com os prejuízos que causa em infraestruturas faz com que a generalidade dos estudos existentes se refira a intervenções em sistemas fechados com pouca ou nenhuma importância ecológica. De facto, Durán e colaboradores (2010) referem que até ao momento não existe nenhum método de controlo desta espécie aplicável a sistemas abertos, já que não se consegue prever a magnitude que uma intervenção poderia ter sobre todo o ecossistema associado à massa de água invadida. Por exemplo, TPWD (2010) refere que a equipa de biólogos da região de Great Lakes (Estados Unidos da América) tem explorado, há anos, diversas opções para erradicar o mexilhão-zebra daquela área, sem sucesso. O documento Estrategia Nacional para el control del mejillón cebra (edição da Conferencia sectorial de Medio Ambiente, 2007 - disponível online no portal da CH Ebro) reitera esta afirmação, concluindo que a luta contra o mexilhão-zebra em sistemas fechados tem demonstrado ser altamente eficaz tanto no que se refere ao controlo da sua proliferação como no que se refere ao combate (erradicação). Por outro lado, constata que, até ao momento, os sistemas fechados são os únicos onde as intervenções de controlo ou combate são exequíveis. Durán e colaboradores (2010) referem que se estudou, na bacia hidrográfica do Ebro, a adequabilidade de métodos de remoção manuais e mecânicos em áreas afetadas e que se concluiu que estas medidas são totalmente desadequadas para açudes e reservatórios de grande dimensão por serem muito lentas, exigirem muitos recursos e, por conseguinte, atingirem valores muito elevados e inoportunos na prática. A título de exemplo, os autores referem que, em condições experimentais, a remoção total da espécie de uma superfície de 1m<sup>2</sup> demorou 15 min.

Referem-se seguidamente alguns métodos de controlo físicos, químicos e biológicos com maior grau de aplicabilidade (comprovada ou em estudo), caso ocorra uma invasão de *Dreissena polymorpha* na área de estudo.

O **método físico** cuja aplicação é mais viável na área de estudo é a **limpeza mecânica** (remoção manual dos indivíduos das superfícies onde estão aderentes, recorrendo a escovas de arame e raspadores). Embora este seja o método de aplicação preferível para a área de estudo (considerando os valores ecológicos existentes no EFMA), não deixa de ter algumas desvantagens: requer intervenções periódicas (é um método de controlo e não de combate) e não é possível aplicá-lo em zonas de difícil acesso

(nomeadamente equipamentos associados às infraestruturas do EFMA, como tubagens, bombas e elementos de pequena dimensão) e, dependendo da extensão da invasão, pode ser mesmo impraticável.

No que se refere a **métodos químicos**, destacam-se os diversos estudos em curso (Durán, *et al.*, 2010) relativos ao uso de **hipoclorito de sódio** (lixívia), um método que apresenta, entre outras vantagens, os baixos custos associados. No entanto, para além de não ser adequado para uso em áreas naturais, tem uma eficácia relativamente baixa porque os indivíduos de *Dreissena polymorpha* fecham as valvas e protegem-se rapidamente assim que detetam a presença deste composto no meio aquático. Assim, equipas que investigam métodos de combate de invasões por bivalves (Jenner *et al.*, 2004) têm vindo a desenvolver um método de **pulsos de cloro**, para contornar esta resistência ao tratamento (por via do fecho das valvas) e diminuir a quantidade de cloro injetada no meio.

Outro **método químico** merece também destaque: uma equipa da Universidade de Cambridge desenvolveu-se recentemente um método destinado a combater *Dreissena polymorpha* (mexilhão-zebra) mas também outras espécies invasoras filtradoras, que ainda é pouco utilizado por se encontrar em fase de estudos e avaliação de eficácia (Francis & Pysek, 2012), designado **“BioBullets”** (ou “bio-balas”, numa tradução livre): trata-se de toxinas “encapsuladas” em partículas alimentares, que são incorporadas pelos organismos filtradores, provocando a sua morte. Além de ser um método mais direcionado (reduzindo a afetação de espécies não-alvo), permite também diminuir a quantidade de agentes químicos introduzidos no sistema. O seu uso em sistemas naturais carece ainda de estudos para avaliar o nível de impacto nas espécies filtradores autóctones.

Paralelamente, uma outra equipa tem estado a dedicar-se a avaliar a possibilidade de utilizar um **método biológico** que se baseia na utilização da **estirpe CL145A da bactéria *Pseudomonas fluorescens***, que é letal para *Dreissena polymorpha* mas não para outros organismos aquáticos, incluindo peixes e outros bivalves (Durán *et al.*, 2010). Esta estirpe tem uma distribuição global e ocorre de forma natural no sistema radicular de plantas. Ficou provada a eficácia da utilização desta bactéria (que destrói o sistema digestivo do mexilhão-zebra quando este é forçado a ingerir quantidades elevadas), mesmo usando células mortas, sendo esta atualmente a forma preferencial de utilização em estudo, por suscitar menos preocupação com possíveis impactes nos ecossistemas. Um produto que incorpora células mortas desta estirpe está já a ser comercializado nos Estados Unidos da América, sob o nome Zequanox®, embora ainda apenas para utilização em sistemas fechados.



## 4.10. *Potamopyrgus antipodarum*

*Potamopyrgus antipodarum* é a espécie modelo de um grupo constituído apenas por esta espécie, que possui características particulares no que se refere à sua capacidade invasora. Este gastrópode ainda não está presente na área de estudo mas existe nas bacias hidrográficas do litoral de Portugal (Alonso & Castro-Diez, 2012).

### 4.10.1. Prevenção

A prevenção é o método ideal para espécies ainda não presentes na área de estudo, por ser mais eficiente e implicar custos significativamente mais reduzidos. No caso particular de *Potamopyrgus antipodarum*, a prevenção é, porventura, o único método viável, já que o controlo e o combate são potencialmente impossíveis, como se verá de seguida.

Dois abordagens destacam-se no que se refere à prevenção: a **divulgação e sensibilização** do público por um lado e a **intervenção legal** por outro.

A **divulgação e sensibilização** são o primeiro passo a dar no processo de prevenção. Os meios utilizados para fazê-lo podem ser diversos, mas é essencial que cubram as seguintes duas temáticas: efeitos nefastos potenciais da presença da espécie e quais os procedimentos a adotar para impedir a disseminação; só através da informação e da sensibilização se pode conseguir a colaboração de todos.

Paralelamente, deve conferir-se **valor legal** às recomendações relativas a boas práticas e procedimentos a adotar para conter a disseminação da espécie. Assim, não só se deve proibir o comércio e transporte destes organismos de forma intencional, como se deve limitar a sua disseminação inadvertida, criando-se a obrigatoriedade de desinfeção e limpeza de: embarcações, atrelados de transporte de embarcações, material técnico e científico (vestuário, equipamento diverso, veículos), entre outros. Para garantir a aplicação da lei é essencial reforçar a fiscalização. Deve acrescentar-se que esta abordagem já se encontra em curso, a nível nacional, com a revisão da legislação em vigor relativa a esta matéria.

A desinfeção de material e equipamento aquático pode ser efetuada de forma relativamente simples através de **métodos físicos**; um dos mais eficazes é o **tratamento térmico** combinado com a **dessecação**. Loo (2012) cita Richards e colaboradores, que indicam as seguintes quatro alternativas de desinfeção que asseguram taxas de eliminação elevadas desta espécie:

- Tratamento térmico a temperatura superior a 29-30°C e baixos níveis de humidade durante um mínimo de 24h;

- Tratamento térmico a temperatura superior a 40°C e baixos níveis de humidade durante um mínimo de 2h;
- Congelação durante 6-12h;
- Manter o equipamento em água com temperatura superior a 49°C.

Diversos **métodos químicos** podem também ser utilizados para desinfeção de equipamento; Os mais eficazes (Loo, 2012), mais práticos (podem ser usados no campo) e mais seguros para o equipamento (não o danificam) são: solução de sulfato de cobre, solução de cloreto de benzetónio ou solução do produto comercial *Formula 409® Cleaner Degreaser Disinfectant* a 50% durante pelo menos 10 minutos.

## 4.10.2. Controlo e combate

O controlo e combate de *Potamopyrgus antipodarum* num meio natural invadido é praticamente impossível (Loo, 2012). Para o controlo químico não existem agentes com especificidade suficiente que assegurem a não-afetação das espécies nativas; O controlo físico via esmagamento ou remoção pode potenciar a sua disseminação ao promover a dispersão dos ovos. O controlo biológico ainda não é viável: o agente mais promissor parece ser um tremátode (parasita de gastrópodes) cujas aplicações preliminares têm demonstrado bons resultados, mas ainda carece de investigação para confirmar a sua inocuidade para as espécies não-alvo, tanto de invertebrados como de vertebrados.

Assim, o controlo e combate são apenas viáveis em áreas onde seja possível proceder ao seu isolamento total do meio envolvente, por exemplo: canais de irrigação, pequenos lagos/albufeiras e sistemas de aquacultura fechados. Nestes casos pode equacionar-se a utilização de agentes químicos sem que estes passem para jusante, ou mesmo a aplicação de métodos físicos com o tratamento térmico ou a dessecação.

## 4.11. Peixes

No caso particular dos peixes, optou-se por analisar e apresentar os métodos de prevenção, controlo e combate de forma conjunta para todos os grupos, cobrindo desta forma as 11 espécies em estudo. Esta opção resulta do facto de se ter concluído que os métodos aplicáveis aos vários grupos não diferem de forma relevante. Os casos particulares não deixam, no entanto, de ser destacados e analisados, sempre que seja pertinente.

A presente secção “Peixes” refere-se, desta forma, às espécies:



- ***Silurus glanis* (peixe-gato-europeu)** e *Ameiurus melas*;
- ***Cyprinus carpio* (carpa-comum)** e *Carassius auratus*;
- ***Lepomis gibbosus* (perca-sol)**, *Australoheros facetus*, *Alburnus alburnus* e *Gambusia holbrooki*;
- ***Esox lucius* (lúcio)**, *Sander lucioperca* e *Micropterus salmoides*.

Todas estas espécies têm presença confirmada na área de estudo, à exceção de *Silurus glanis*, que ocorre apenas no troço espanhol do Tejo internacional.

#### 4.1.1.1. Prevenção

A prevenção de entrada na área de estudo é aplicável apenas à única espécie que ainda não está presente: *Silurus glanis*. Sendo a sua disseminação (para áreas onde não é nativo) resultado da introdução propositada, devido ao seu interesse comercial como espécie desportiva, o método de prevenção mais relevante e porventura mais eficaz é a **informação e sensibilização** da população, em particular da comunidade de pescadores desportivos. A presença desta espécie voraz causa uma progressiva diminuição da biodiversidade do ecossistema por predação das restantes espécies, o que origina a disrupção das teias tróficas e alteração do habitat. No longo prazo, os próprios pescadores são lesados por esta introdução.

Para as restantes espécies, já presentes na área de estudo, a informação e sensibilização não deixam de ser extremamente relevantes; diversos autores referem que cada nova introdução pode significar o alargamento do *pool* genético da população invasora, dotando-a de maior variabilidade genotípica e fenotípica, o que lhe confere maior resiliência e capacidade de resistência a qualquer alteração que ocorra no meio. Assim, esta forma de prevenção aplica-se também às espécies ocorrentes na área de estudo.

Um relatório recentemente publicado (ICNF, 2013) relativo à Adaptação das florestas às alterações climáticas refere que, no caso particular dos peixes, a adoção de quaisquer medidas de controlo e combate deve ser baseada em informação robusta, fiável e atualizada relativa à evolução dos efetivos populacionais. Nesta ótica, o mesmo documento propõe três medidas:

- Dar **continuidade e aprofundar** o “Programa nacional de monitorização de recursos piscícolas e de avaliação da qualidade ecológica de rios” – Projeto AQUARIPORT;
- **Atualizar** a informação disponível e **melhorar as ferramentas** disponíveis na Carta Piscícola Nacional (Ribeiro *et al.*, 2007; disponível online);
- **Melhorar a informação recebida pelo ICNF** relativamente a provas de pesca desportiva, concessões de pesca, zonas de pesca profissional e reservada e esvaziamento de

massas de água, tanto em termos quantitativos como qualitativos (divulgação de informação de apoio à identificação das espécies capturadas; melhoria dos formulários e maior facilidade nos fluxos de informação).

## 4.11.2. Controlo e combate

A maior parte dos planos de controlo existentes são ineficazes no longo prazo (Hicks, *et al.*, 2012), o que significa que o controlo e/ou combate destas espécies, em áreas naturais, não é possível, quer por motivos técnicos (ainda não foram desenvolvidos métodos eficazes), quer devido aos custos associados a estas intervenções, que tornam a sua aplicação proibitiva (Walton, *et al.*, 2012). O combate (remoção total) é apenas viável em corpos de água isolados, que possam ser intervencionados de forma drástica (esvaziados ou desinfetados).

Paradoxalmente, ou talvez refletindo a globalidade do problema, existe uma enorme diversidade de metodologias e abordagens, de que se referem algumas seguidamente, a título exemplificativo. Ressalva-se, no entanto, que nenhuma destas permite o controlo eficaz ou o combate efetivo de qualquer uma destas espécies, em particular no contexto da área do EFMA – um sistema natural e aberto.

Métodos físicos mais comuns:

- **Pesca elétrica** em áreas de profundidade variável, adequando a metodologia de acordo com as profundidades; profundidades inferiores a 1 m: pesca elétrica vadeável; profundidades superiores a 1 m: pesca elétrica realizada através de embarcação;
- Colocação de **redes de emalhar** de diferente tipologia, de forma a alargar o espectro de captura; redes de superfície e meia água: espécies pelágicas; redes de profundidade: espécies demersais;
- **Armadilhagem** direcionada (atração por meio de iscos);
- **Remoção direcionada**, assistida por radiotelemetria.

Métodos químicos mais comuns:

- Recurso a **feromonas** para atração direcionada de espécies (ainda em fase de desenvolvimento muito precoce);
- Recurso a **agentes químicos tóxicos**, como: rotenona (Walton, *et al.*, 2012 citam Lloyd & Arthington que referem que o impacto da rotenona nas espécies nativas pode ser





mitigado adicionando permanganato de potássio imediatamente a jusante do ponto de aplicação de rotenona).

Métodos biológicos mais comuns:

- Introdução de patógenos, como **vírus**; Francis e Pysek (2012) citam Ling (2009) que refere um caso de sucesso no controlo de *Cyprinus carpio* com recurso a um método biológico que passou pela introdução do vírus do herpes das carpas, que levou à redução da biomassa daquela espécie invasora. No entanto, a mesma fonte refere que a eficácia deste método varia com as condições ambientais e é provável que a espécie-alvo possa desenvolver, com o tempo, resistência a este patógeno;
- Introdução de **parasitas** ou **predadores**.

### **Nota sobre as controvérsias relativas ao controlo de espécies invasoras de peixes**

O controlo e combate de espécies invasoras de peixes é, porventura, o tema mais controverso no que se refere à gestão de invasoras, em particular numa área com valências e interesses diversos (património natural, produção agrícola, pesca e caça, produção hidroelétrica, para citar apenas os principais), como a área de estudo. De facto, a gestão de peixes invasores envolve três domínios principais, cujos interesses e objetivos nem sempre são conciliáveis: a **gestão da qualidade da água**, a **pesca desportiva** e a **conservação da natureza**. O alcance de um consenso é adicionalmente dificultado pela inexistência de estudos robustos que comprovem, indubitavelmente e de forma objetiva, os impactes negativos e/ou positivos que estas espécies têm sobre os ecossistemas aquáticos e a biodiversidade.

Concretizando com exemplos: *Gambusia holbrooki* é ainda utilizada em muitos países e em muitas situações (ambientes aquáticos relativamente isolados e antropogénicos como: arrozais e charcos temporários criados em coutadas de caça) para controlar as pragas de mosquitos. Esta abordagem continua a ser praticada porque os estudos existentes – os que defendem a eficácia desta espécie no combate aos mosquitos e os que apontam esta espécie como causadora de impactes negativos sobre a fauna nativa – não conseguem determinar, de forma inequívoca, a importância relativa de todos os fatores intervenientes no resultado final (seja ele positivo ou negativo), levantando, deste modo, suspeitas sobre o grau de responsabilidade da presença da gambúsia nas consequências observadas no meio (Walton, *et al.*, 2012).

As fragilidades apontadas aos estudos em causa têm permitido a publicação de diplomas legais contraditórios na sua essência, alimentando ainda mais a polémica e a controvérsia; por exemplo: a legislação nacional estabelece épocas de defeso de pesca desportiva para espécies de peixes exóticos de águas interiores, consideradas invasoras, de acordo com o quadro legal em vigor.

## 4.12. Anfíbios

***Bufo marinus*** (sapo-marinho) é a espécie modelo do grupo que contém ainda a espécie ***Rana catesbeiana***. Estes anfíbios demonstram uma notável adaptação, e até preferência, por zonas artificializadas. Embora *Bufo marinus* tenha hábitos mais terrestres que *Rana catesbeiana*, ambas usam o meio aquático para reprodução.

Nenhuma destas espécies tem, por enquanto, ocorrência confirmada na área de estudo.

### 4.12.1. Prevenção

Como tem sido referido para os restantes grupos de espécies animais, dois dos métodos mais adequados de prevenção da entrada na área de estudo são a **informação e divulgação** e complementarmente a **legislação e fiscalização** do seu cumprimento. Assim, de forma homóloga ao que já se referiu para os grupos já abordados, é essencial garantir a divulgação de informação relativa não só aos potenciais efeitos negativos da presença destas espécies, mas também aos procedimentos a adotar para impedir a sua disseminação. No que se refere à legislação, é essencial conferir valor legal às recomendações relativas a boas práticas e procedimentos a adotar para conter a disseminação, incluindo: proibição de comércio e transporte, obrigatoriedade de proceder à limpeza e desinfeção de embarcações e equipamentos aquáticos, entre outras já mencionadas.

Para além da dispersão destas espécies poder ser potenciada por via antrópica, há ainda a considerar a possível dispersão por via natural, em particular de *Rana catesbeiana*, que ocorre em Espanha. Não estão, no entanto, descritos mecanismos de prevenção da disseminação natural, para além dos dois mencionados acima.



#### 4.12.2. Controlo e combate

A prevenção é sempre o melhor método de gerir espécies invasoras – mais eficaz e menos dispendioso. No entanto, se ocorrer uma invasão, existem duas tipologias de abordagens que podem ser aplicadas: a **captura e remoção dos indivíduos** ou a **manipulação do ambiente aquático**. Ambas as abordagens podem envolver o recurso a métodos físicos, químicos e/ou biológicos.

Sendo a área de estudo uma zona com importantes valores ecológicos, em que o ecossistema aquático comunica com a envolvente (em particular para montante e para jusante), o controlo e combate de invasões de espécies deste grupo são tarefas que estão fortemente condicionadas, o que limita a sua eficácia. As abordagens que passam pela manipulação do ambiente aquático, por exemplo, constituem necessariamente opções de último recurso.

Referem-se seguidamente alguns métodos de controlo e combate mais comumente utilizados, a título de exemplo unicamente, já que a sua aplicação a uma área com as dimensões e características da área de estudo poderá não se adequar. Reforça-se, no entanto, que a opção por uma (ou várias) metodologia(s) de controlo deve seguir-se sempre a uma fase prévia de avaliação da situação de invasão.

Embora as espécies deste grupo sejam invasoras problemáticas em diversas partes do mundo, o que tem motivado diversas intervenções de controlo e combate e investimentos avultados em alguns casos, o facto é que não estão publicados muitos estudos dedicados a este tema, pelo que não há dados concretos e objetivos relativos a questões fulcrais como: número de indivíduos que uma determinada intervenção permitiu remover do sistema, número de horas e recursos envolvidos nessa(s) intervenção/ões e finalmente quais os resultados obtidos, em particular para as comunidades nativas de anfíbios.

As poucas publicações existentes referem-se, essencialmente, a métodos físicos de controlo:

- **Secagem** de áreas húmidas antropogénicas (como charcas de abeberamento de gado), que constituem ecossistemas propícios à disseminação;
- **Captura direcionada** (por armadilhagem, por exemplo) de adultos, girinos e ovos, seguida da eliminação dos indivíduos (recorda-se que *Bufo marinus* é tóxico por contacto; Para *Rana catesbeiana*, Govindarajulu e colaboradores, citados por D'Amore, 2012, concluíram que o método ideal não deve ser direcionado à captura de adultos nem à de girinos, mas antes à depleção de juvenis em metamorfose, durante o outono);
- Colocação de **cercas para anfíbios** em torno dos corpos de água para impedir a disseminação de adultos, e como método adjuvante da captura;

### 4.13. *Trachemys* spp.

*Trachemys* spp. é o género modelo de um grupo constituído apenas por si, uma vez que se trata do único réptil inserido na lista de espécies que constituem o objeto de estudo.

A sua presença na área de estudo, embora não esteja confirmada, é altamente provável.

#### 4.13.1. Prevenção

*Trachemys* spp. já se encontra, muito provavelmente, presente na área de estudo, pelo que não é possível prevenir a sua entrada. No entanto, e como já se referiu anteriormente, a informação e sensibilização não deixam de ser extremamente relevantes para prevenir novas entradas, uma vez que cada nova introdução pode significar o alargamento do *pool* genético da população invasora, dotando-a de maior variabilidade genotípica e fenotípica, o que lhe confere maior resiliência e capacidade de resistência a qualquer alteração que ocorra no meio.

#### 4.13.2. Controlo e combate

Embora estejam descritos alguns métodos para controlar e combater estes répteis, a sua eficácia é seriamente comprometida pelo facto de continuar a ocorrer, continuamente, a libertação intencional de indivíduos para o meio, por falta de informação relativa aos impactes negativos que advêm destes atos. Deste modo, a aposta num **plano de divulgação e sensibilização** continua a ser a melhor abordagem, devendo dar-se prioridade à transmissão de informação relativa a: consequências nefastas da presença de invasoras e boas práticas e atitudes corretas a adotar para evitar a sua disseminação.

Alguns métodos de controlo e combate comumente referidos incluem: colocação de armadilhas de rede submergida, captura manual com redes, recurso a cães treinados para detetar adultos e posturas. A manipulação do ambiente em áreas antropogénicas também é mencionada na literatura (por exemplo: secagem de charcos), mas não é aplicável à área de estudo, que encerra importantes valores naturais.



## 5. Análise económica dos custos de prevenção, controlo e combate das espécies invasoras

### 5.1. Introdução

A informação de base para efeito da realização de uma análise económica dos custos de prevenção, controlo e combate das espécies invasoras varia muito de caso para caso. Assim, no que concerne ao **jacinto-de-água** (*Eichhornia crassipes*), foi possível identificar uma regra (logística) para o respetivo crescimento bem como o valor dos custos fixos e variáveis na quantidade de biomassa a remover. Desta forma, para esta espécie o objetivo da análise foi determinar, para cada um dos três cenários climáticos em estudo (BAMBU, SEDG e GRAS), em que prazo se terá de completar a primeira operação de remoção (e subsequente período regular de limpeza para efeito de controlo da respetiva ocorrência), de modo a minimizar os custos no horizonte temporal adotado. Foi também calculado um preço de reserva para efeito de eventuais ações de prevenção complementares às já encetadas pela EDIA.

Já nos casos do **mexilhão-zebra** (*Dreissenapolyomorpha*) e da espécie *Potamopyrgus antipodarum*, a informação disponível na literatura (ou dela decorrente) é muito mais limitada, estando essencialmente confinada à avaliação das despesas em prevenção, controlo e/ou combate incorridas em outros empreendimentos. De facto, a identificação de custos unitários padrão não é fácil nestes casos por ausência de um denominador comum (por exemplo, a dimensão da área de espelho de água ou das infraestruturas afetadas ou potencialmente afetadas). Adicionalmente, a forma como estas espécies tendem a evoluir após uma primeira entrada, com taxas de crescimento elevadas e sucessivamente crescentes sem um limiar superior (assíntota) claramente identificado (ao contrário do que acontece com o jacinto-de-água fruto do seu padrão logístico de crescimento), conduzem a que a melhor solução do ponto de vista económico seja evitar a invasão, ou seja, o período ótimo da primeira operação de limpeza tende para zero.

A Figura 5 ilustra esta questão: enquanto a espécie tipo B apresenta um andamento relativamente lento do custo marginal que se incorre quando se adia a remoção por mais um período, a espécie tipo A apresenta custos marginais, desde logo, exponencialmente crescentes. O mexilhão-zebra e o *Potamopyrgus antipodarum* enquadram-se numa situação deste tipo (A), devendo evitar-se a entrada da espécie a todo o custo, ou seja, a solução ótima corresponde à situação de ausência de necessidade em remover a espécie («solução de canto»), o que pressupõe investir nesse sentido. Por isso, a respetiva análise económica (Secção 5.3) focalizou-se na avaliação dos custos de prevenção em casos similares aos da área de estudo – apesar de se ter abordado, também, os custos que podem estar envolvidos num programa de medidas de controlo e combate a estas invasoras.

Já o jacinto-de-água enquadra-se melhor no caso B indicado na Figura 5 (pelo menos em cenários climáticos menos extremados), sendo pertinente, do ponto de vista económico, deixar a espécie desenvolver-se até um certo ponto – como se ilustrará na secção seguinte (5.2).

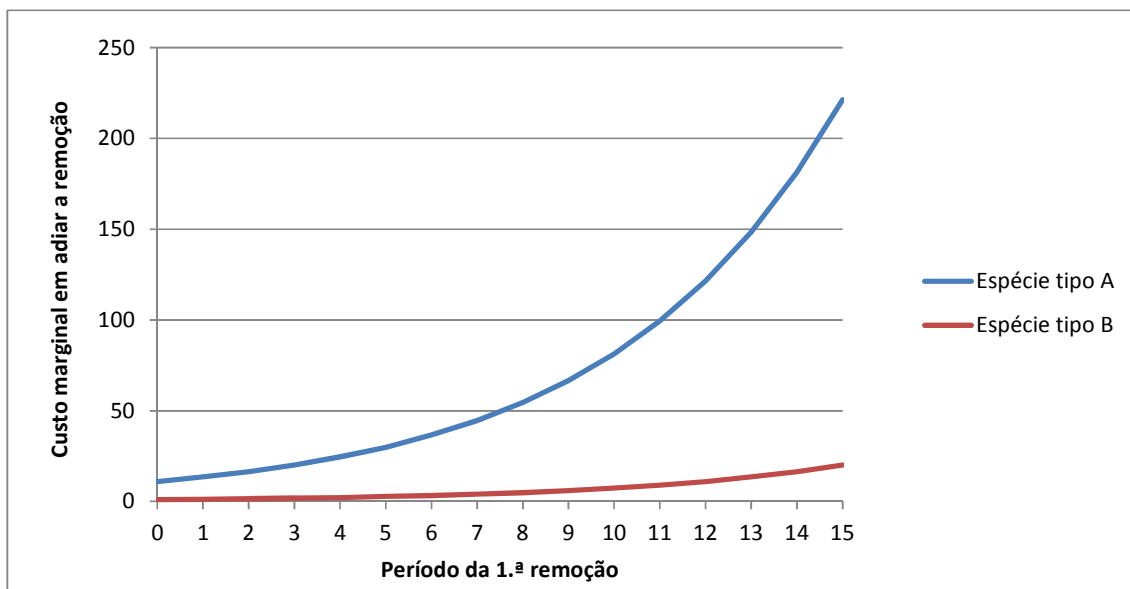


Figura 5 – Padrão diferenciado de evolução do custo marginal em adiar a remoção por mais um período

## 5.2. Jacinto-de-água

No caso do jacinto-de-água, o **objetivo da análise económica** consistiu em determinar, para cada um dos três cenários climáticos em estudo (BAMBU, SEDG e GRAS), qual o período ou limiar temporal máximo em que a EDIA terá de completar a primeira operação de remoção (após a sinalização da ocorrência da espécie na área de estudo) de modo a minimizar os custos ao longo do tempo, tomando também em consideração as operações de manutenção subsequentes que serão necessárias para a manter a ocorrência da espécie nesse nível ótimo. É de notar que, de modo a favorecer o realismo da análise, a remoção nunca é completa, sendo limitada inferiormente a 5% da quantidade da espécie que se teria no momento da primeira remoção caso não fossem tomadas iniciativas de limpeza. Para as subsequentes operações de manutenção, assumiu-se o mesmo limite de quantidade de espécie resultante da remoção, isto é, 5% da quantidade da espécie que se teria no momento anterior à primeira remoção.

O **horizonte temporal** considerado para avaliação dos custos foi de 30 anos. Trata-se de um horizonte mais curto face ao recomendado pela Comissão Europeia (2008, p. 106) para a avaliação dos benefícios e



custos associados a projetos de prevenção e mitigação de riscos naturais (que é de 50 anos) mas que se justifica por questões de computação, notando que a análise económica foi realizada numa base diária por ser esse o período mínimo em que se exprime o andamento da quantidade de jacinto-de-água que pode vir a ocorrer na área de estudo.

O horizonte temporal foi, contudo, «modificado» de forma indireta, mediante a consideração de **diferentes cenários de taxa de desconto**. De facto, o abaixamento da taxa de desconto é equivalente, em termos de avaliação custo-benefício, a um alargamento do horizonte temporal. Nesse sentido, considerou-se não apenas a taxa de desconto de 5,5% recomendada pela Comissão Europeia (2008) para países da Coesão Económica e Social como é o caso de Portugal, mas também uma taxa de 3,5%, indicada pela mesma entidade para os demais países da União bem como pelo Tesouro Britânico (HM Treasury, 2003) para o horizonte adotado (30 anos). Não obstante, consideram-se, ainda, as taxas de 3,0% e 2,0% recomendadas pelo mesmo organismo do Reino Unido para horizontes de avaliação até 75 anos e superiores a 125 anos, respetivamente.

É de notar que a consideração de um valor (alternativo) para a taxa de desconto é motivada pelo facto de os agentes económicos não valorizarem da mesma forma um euro hoje ou daqui a 10, 20 ou 30 anos. Por isso, em avaliação de empreendimentos (ou projetos) é habitual calcular-se o *valor atualizado* (VA) de um determinado benefício ou custo  $X_j^t$  ( $j = 1, \dots, m$ ) ocorrido no período  $t = 0, 1, \dots, T$  através a seguinte fórmula:

$$VAX_{jt} = X_{jt} / (1+r)^t = X_{jt} / 1+rt \quad (1)$$

onde  $r$  corresponde à *taxa de desconto* que reflete, desta forma, as preferências intertemporais dos agentes e as questões de justiça distributiva (ou equidade) entre gerações, e onde  $T$  é o horizonte temporal, fixado em 30 anos nesta aplicação como se referiu anteriormente.

Foram adotados **custos** variáveis na quantidade/biomassa e fixos de remoção do jacinto-de-água de acordo com o indicado na literatura da especialidade (WSDE, 2001). No primeiro caso, considerou-se um valor médio constante, ou seja, não variável nas quantidades removidas – hipótese que visou, tal como o horizonte adotado, evitar tornar os cálculos (praticamente) impossíveis de realizar em tempo útil.

Os valores recolhidos na fonte (WSDE, 2001) estavam avaliados em dólares norte-americanos pelo que houve necessidade de convertê-los para euros de 2001 (taxa de câmbio de 1,12 euros por cada dólar), considerando também uma correção em termos de diferencial de poder de compra entre os dois países (paridade de Portugal face aos Estados Unidos da América de 0,71 no mesmo ano). Por último, foi aplicado o deflator que expressa o andamento geral dos preços em Portugal entre 2001 e 2013 (1,31). A fonte para esta informação monetária foi a base de dados AMECO da Comissão Europeia.

Desta forma, considerou-se um custo variável de 3.300 euros no cenário BAMBU, de 3.100 euros no cenário SEDG e de 2.800 euros no GRAS que foi aplicado à biomassa a remover medida em milhares de toneladas. É de notar que esta gradação dos custos variáveis resulta da consideração do previsível efeito de cada cenário climático sobre o estado das massas de água (que influencia a abundância relativa da espécie por metro quadrado de espelho de água), tendo-se reportado os custos de remoção associados a albufeiras-padrão (referidas na literatura) que refletem essas diferentes condições ambientais, seguindo-se uma abordagem metodológica do tipo *benchmark*.

O custo fixo, a incorrer na primeira operação de remoção do jacinto, foi estimado em 75 mil euros também com base nos mesmos pressupostos. Por este último custo incluir, não apenas componentes de investimento em imobilizado corpóreo, mas também outras despesas (como deslocações), considerou-se uma taxa de amortização diária de apenas 0,02%, ou seja, metade da indicada no Quadro 10 para um conjunto selecionado de rubricas de investimento em imobilizado que poderão estar envolvidas na primeira operação de remoção da espécie.

Quadro 10 – Tabela de amortização dos custos fixos iniciais (rubricas tipo indicativas)

Rubrica tipo	Taxa de Amortização	
	Anual	Diária
Edifícios	2,0%	0,01%
Veículos ligeiros	25,0%	0,06%
Embarcações (borracha)	12,5%	0,03%
Equipamento informático	33,0%	0,08%
Aparelhos laboratoriais e de medição	14,3%	0,04%
Valores médios	<b>17,4%</b>	<b>0,04%</b>

É importante notar que estes custos se referem exclusivamente a intervenções mecânicas, não estando previsto o recurso a processos de remoção química ou biológica que envolveriam custos distintos. De facto, estas duas tipologias de intervenção não podem ser utilizadas na área de estudo pelos diversos motivos referidos ao longo do presente relatório. De acordo com a fonte (WSDE, 2001), podem ainda ocorrer outros custos relacionados com a “correta rejeição e transporte para local adequado” do material vegetal removido, que dependem das políticas ambientais e enquadramento legal de cada país.

Como **critério de seleção** do período ótimo de remoção do jacinto-de-água considerou-se o andamento do custo marginal, ou seja, do custo que se incorre em adiar por mais um dia a primeira operação de limpeza





da espécie. Assim, deve-se adiar a remoção enquanto o custo marginal for inferior ao que se incorreria caso se começasse logo a limpar aos primeiros sinais da presença do jacinto-de-água no EFMA.

O Quadro 11 ilustra este critério para a taxa de desconto de 2,0%, revelando como o custo marginal em limpar nos primeiros dias após o surgimento da espécie é relativamente elevado, rondando os 5.400 euros/dia para um programa de remoção que esteja completo até ao dia 40. Com exceção do cenário GRAS que se caracteriza por taxas de crescimento muito elevadas do jacinto-de-água logo nos primeiros dias, nos demais cenários (BAMBU e SEDG) é aconselhável adiar a remoção para depois do dia 40 porque o respetivo custo marginal apresenta um padrão côncavo tendo, aliás, sinal negativo em algumas situações o que significa que é mesmo possível fazer baixar o custo total (descontado em 30 anos) das operações de limpeza e manutenção adiando a primeira intervenção por alguns dias. Este resultado, algo paradoxal, é explicado pela presença de um custo fixo relativamente elevado (75 mil euros) que, obviamente, faz pouco sentido incorrer quando as quantidades da espécie são ainda ínfimas.

Como revela também o Quadro 11, com o sucessivo adiar da primeira operação de remoção, os custos marginais começam a crescer a certa altura por pressão do lado dos custos variáveis. No cenário GRAS, o custo marginal torna-se logo superior ao custo marginal inicial (associado ao período zero) ao dia 40 pelo que a limpeza não deve ultrapassar esse limite temporal. De alguma forma, este cenário equipara o jacinto-de-água a uma espécie do tipo A indicado na Figura 5 (como o mexilhão-zebra a que se fará referência na secção seguinte) fruto da marcada concavidade que o seu padrão de crescimento apresenta logo nos primeiros dias nessas condições ambientais (forte aceleração na respetiva taxa de crescimento).<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Fruto do padrão logístico de crescimento do jacinto-de-água, quando as taxas de crescimento começam a desacelerar, isto é, quando se entra na zona convexa da curva, os custos marginais começam a tornar-se negativos. Na prática, tal significa que, se a invasão do jacinto-de-água não for controlada até ao dia 40 nas condições ambientais subjacentes a esse cenário, vale a pena esperar pelo menos 150 dias para se começarem as operações de controlo e combate à invasora, momento a partir do qual se obtêm, no caso particular da área de estudo, economias de escala com a limpeza orçadas em vários milhares de milhões de euros num horizonte temporal de 30 anos (cf. Figura 6 mais abaixo).

Quadro 11 – Custo marginal em adiar a primeira remoção por mais um período segundo o cenário climático: jacinto-de-água (taxa de desconto de 2%, valores em euros)

Período da primeira remoção (em dias)	Cenários Climáticos		
	BAMBU	SEDG	GRAS
0	5.398	5.396	5.469
40	-10	-6	6.281
60	-6	323	416.885
90	398	10.850	123.552.706
150	2.602	170.278	-85.709.292
180	12.017	1.466.157	-48.077.272
210	4.112.847	16.661.068	-13.622.275

Nota: a cinza indica-se, para cada cenário climático, o momento a partir do qual o custo marginal em adiar por mais um dia a limpeza se torna superior ao custo em limpar a espécie aos primeiros sinais de ocorrência (custo indicado na primeira linha para o período zero); na prática, corresponde ao prazo a partir do qual não se retira qualquer benefício económico em esperar.

Tal não é o caso dos demais cenários, para os quais vale a pena esperar mais alguns dias até que o custo marginal se torne superior ao associado ao período zero. Assim, no cenário BAMBU (base) tal ocorre por volta dos 180 dias após os primeiros sinais de invasão (custo marginal de 12.017 euros, superior aos 5.398 euros que se incorreriam caso se removesse a espécie logo nos primeiros dias). Já no cenário SEDG, a primeira remoção deverá ocorrer até ao día 90, momento a partir do qual o custo em adiar por mais um dia a limpeza começa a atingir valores crescentes e muito elevados.



No quadro seguinte é feita uma sinopse dos **resultados obtidos** para diferentes combinações de taxas de desconto e cenários climáticos:

Quadro 12 – Quadro síntese dos resultados da análise económica: jacinto-de-água

Taxa de Desconto	Cenários Climáticos	Valores Ótimos		
		Período da 1.ª Remoção (dias)	Períodos de manutenção (dias)	Custo (euros) (*)
2,0%	BAMBU	180	60	317.486
	SEDG	90	30	225.387
	GRAS	40	20	218.759
	<b>Valores medianos</b>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>225.387</b>
3,0%	BAMBU	180	60	287.032
	SEDG	90	30	206.789
	GRAS	40	20	201.201
	<b>Valores medianos</b>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>206.789</b>
3,5%	BAMBU	180	60	273.830
	SEDG	90	30	198.725
	GRAS	40	20	193.593
	<b>Valores medianos</b>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>198.725</b>
5,5%	BAMBU	180	60	231.466
	SEDG	90	30	172.839
	GRAS	60	20	251.529
	<b>Valores medianos</b>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>231.466</b>
<b>Valores medianos globais</b>		<b>90</b>	<b>30</b>	<b>222.073</b>

(\*) Custo associado ao período ótimo da 1.ª remoção (valor acumulado e descontado ao longo de 30 anos; inclui os custos de manutenção / remoção regular da espécie)

Para todos os valores de taxa de desconto, o cenário BAMBU aconselha uma primeira remoção no prazo máximo de 180 dias, ou seja, no primeiro semestre após a sinalização da ocorrência do jacinto-de-água na área de estudo, seguida de intervenções de manutenção de 60 em 60 dias. Em termos quantitativos, tal corresponde a uma primeira remoção de aproximadamente 240 toneladas com subseqüentes remoções periódicas bimensais de 230 toneladas/cada. O custo atualizado a 30 anos de uma operação de controlo deste tipo depende da taxa de desconto adotada, podendo variar entre 231 mil e 318 mil euros (aproximadamente) a preços constantes, isto é, não considerando o efeito associado ao crescimento dos preços no futuro (inflação).

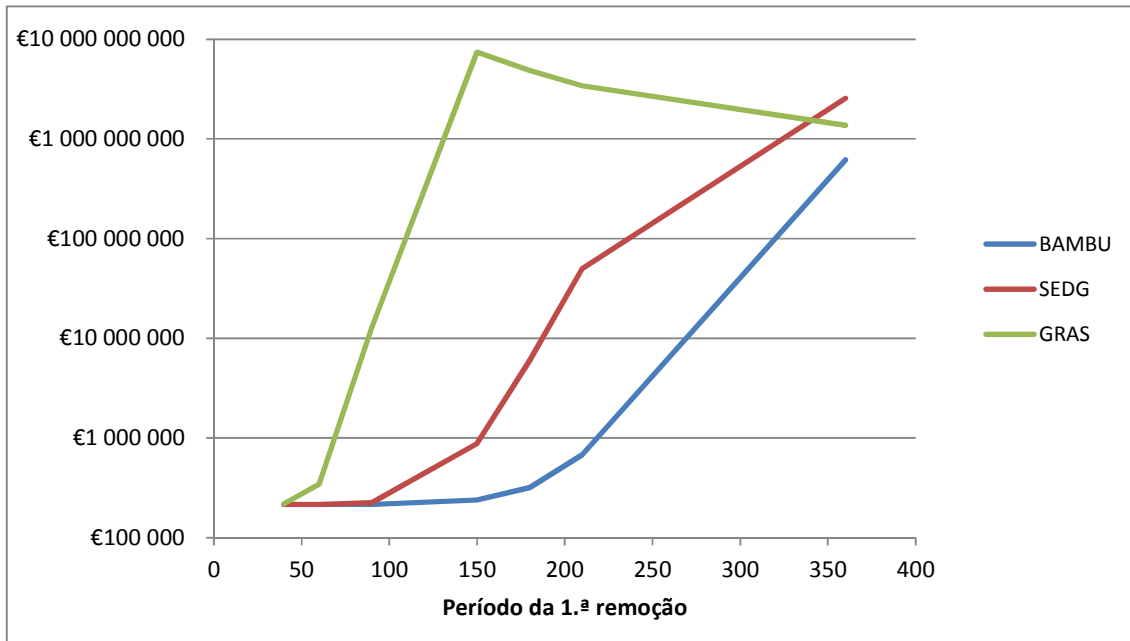
No cenário GRAS, a primeira intervenção deve ser feita, como se disse, no prazo máximo de 40 dias com intervenções subseqüentes de 20 em 20 dias, o que revela como a deterioração das condições ambientais

pode condicionar as intervenções de controlo e combate a esta espécie invasora, por via das elevadas taxas de crescimento diário que a mesma apresenta em certos cenários de alterações climáticas.<sup>7</sup> O intervalo dos custos descontados varia, agora, entre os 193 mil e os 252 mil euros, sendo um pouco mais favorável face ao apontado para o cenário base (BAMBU). Tal decorre da necessidade em remover a espécie numa fase em que a mesma é menos abundante (cerca de 3 toneladas), de modo a evitar que se entre numa zona da curva em que o crescimento se torna muito intenso e, porventura, «incontrolável».

Em cenários climáticos extremados como o GRAS, o cabal cumprimento dos prazos de limpeza acima indicados seria fundamental para manter os custos em montantes razoáveis, sob pena dos mesmos atingirem, com relativa facilidade, valores na casa dos vários milhares de milhões de euros o que inviabilizaria, obviamente, qualquer operação de remoção, bastando, para tal, estar cerca de quatro meses (120 dias) sem intervir após os primeiros sinais de ocorrência da espécie – como sugere o gráfico seguinte:

---

<sup>7</sup>Caso se considere uma taxa de desconto de 5,5%, a primeira remoção pode ocorrer um pouco mais tarde nas condições do cenário GRAS, mas nunca ultrapassando os 60 dias. Este resultado (esperado) decorre do facto de uma taxa de desconto mais elevada favorecer a economia de custos no presente face ao futuro, penalizando mais as gerações futuras. Este efeito é mais acentuado no cenário GRAS por via dos elevados montantes envolvidos, que decorrem do padrão de crescimento muito rápido da espécie.



Nota: custo total associado a cada período alternativo para realizar a 1.ª remoção (valor acumulado e descontado ao longo de 30 anos; inclui os custos de manutenção / remoção regular da espécie; escala logarítmica nas ordenadas)

Figura 6 – Custo total de acordo com o período da primeira remoção segundo o cenário climático: jacinto-de-água (taxa de desconto: 2,0%)

No cenário intermédio SEDG, o período ótimo para a remoção inicial é de 90 dias, com intervenções subsequentes de periodicidade mensal (30 dias) (cf. ainda Quadro 12). Esse é o também o período mediano para os vários cenários analisados (climáticos e de taxa de desconto), pelo que a **recomendação** da NEMUS é no sentido de, mal o jacinto-de-água seja identificado na área do EFMA em estudo, se inicie o quanto antes a operação de limpeza/remoção que deverá estar concluída três meses depois. Subsequentemente, deverão ser encetadas, todos os meses, operações de manutenção da ocorrência da espécie no limiar de 5% alcançado antes da primeira remoção, de modo a evitar a propagação descontrolada do jacinto no espelho de água. Tal corresponde a recolher cerca de 13 toneladas de biomassa em cada operação de remoção/manutenção, incluindo a primeira.

O custo mediano dos diversos esquemas ótimos é de 222 mil euros para o horizonte de 30 anos, sendo esse valor (descontado) próximo do que se obtém para o cenário SEDG com uma taxa de desconto de 2,0% (cf. ainda Quadro 12). Trata-se do **preço de reserva para uma intervenção precoce de prevenção** que impedisse a invasão, ou seja, se for possível investir em medidas ambientais, para além da barreira existente junto à fronteira com o Reino de Espanha, que adiem ou evitem a propagação do jacinto-de-água, esse investimento inicial vale a pena caso seja inferior aos referidos 222 mil euros; caso contrário, a melhor solução é, como se referiu, limpar com meios mecânicos de modo a que a espécie esteja praticamente erradicada aos 90 dias após os primeiros sinais de ocorrência, com as subsequentes

intervenções periódicas (desejavelmente, de 30 em 30 dias) por forma a manter a espécie em quantidades que assegurem a minimização dos custos de remoção a longo prazo.

A análise realizada foi orientada, como se disse, para a minimização dos custos de remoção e manutenção no horizonte de trabalho (30 anos). Eventuais **benefícios económicos ou outros** envolvidos na manutenção do jacinto-de-água poderiam ter sido incorporados nos cálculos. No entanto, não é fácil vislumbrar, nem muito menos valorizar, esse tipo de benefícios por via da sua intangibilidade, pelo que se considera a análise realizada aderente e compatível com uma avaliação custo-benefício dos impactes, essencialmente tangíveis, associados ao controlo e combate dessa espécie invasora.

### **5.3. Mexilhão-zebra e *Potamopyrgus antipodarum***

O mexilhão-zebra (*Dreissena polymorpha*) e o *Potamopyrgus antipodarum* apresentam um padrão de crescimento que conduz, desde logo, a custos de remoção crescentes a taxa sucessivamente crescente, tal como acontece com a espécie tipo A indicada na Figura 5 (cf. Secção 5.1, acima). Por essa via, a melhor solução do ponto de vista económico é evitar a entrada dessas espécies na área de estudo. Para o efeito, deverão ser adotadas **medidas de prevenção** similares às experimentadas em empreendimentos similares, desde que compatíveis com a proteção e conservação dos valores naturais em presença.

Para o efeito, foi analisado o caso da bacia hidrográfica do Ebro (Espanha) onde têm sido adotadas, nos últimos anos, diversas medidas de prevenção, controlo e combate ao mexilhão-zebra. Os custos indicados no quadro seguinte dizem respeito a ações de prevenção face a essa espécie mas são genericamente passíveis de transposição para o *Potamopyrgus antipodarum*, que é uma espécie menos agressiva em termos de efeitos sobre as infraestruturas hidráulicas e outras.



Quadro 13 – Custos de prevenção face ao mexilhão-zebra: Estudo de caso do Ebro, Espanha (valores em euros de 2013, corrigidos de diferenças de paridade de poder de compra)

Rubrica de Custos (seleccionadas)	Investimento Inicial	Custo Anual	Custo Anualizado (*)
Estudo sobre a vulnerabilidade das massas de água que podem vir a ser infetadas	22.090	-	1.127
Experimentação de novas tecnologias em articulação com centros de investigação	-	132.538	132.538
Instalação de um sistema de vigilância da navegação nas albufeiras (**)	1.913.296	-	97.615
Instalação de estações de limpeza de embarcações nas albufeiras navegáveis	132.538	-	6.762
Inventário de todos os pontos de acesso nas albufeiras navegáveis	132.538	33.134	39.896
Instalação de postos de deteção precoce nas infraestruturas hidráulicas	309.255	-	15.778
Programa de seguimento do desenvolvimento de larvas do mexilhão-zebra (**)	-	140.308	140.308
Modernização, adequação e proteção de instalações em risco de invasão (**)	-	765.318	765.318
Plano de comunicação	132.538	-	6.762
Manual sobre boas práticas para prevenir o surgimento do mexilhão-zebra	13.254	33.134	33.811
Outro material de divulgação (folhetos, cartazes, guias, etc.)	33.134	33.134	34.825
Ações de formação e campanhas de sensibilização	-	66.269	66.269
<b>Valores totais</b>	<b>2.688.642</b>	<b>1.203.837</b>	<b>1.341.009</b>

(\*)Custo anualizado a 30 anos (taxa de desconto de 3%) no caso dos investimentos iniciais, acrescido do custo anual

(\*\*)Custo proporcional à área de espelho de água das albufeiras de Alqueva e Pedrógão (261 km<sup>2</sup>) face ao total da bacia do Ebro (452 km<sup>2</sup>)

Fonte: Confederación Hidrográfica del Ebro (2007) e AMECO (2013), com cálculos próprios

As rubricas indicadas no Quadro 13 representam um custo total equivalente a 1,3 milhões de euros por ano (a preços de 2013 em paridade de poder de compra), fornecendo um valor indicativo daquilo que poderia ser um plano anual de prevenção da EDIA para evitar a invasão do EFMA pelo mexilhão-zebra e também pelo *Potamopyrgus antipodarum*. Este valor inclui uma anualização das diferentes rubricas do investimento inicial, estimado em cerca de 2,7 milhões de euros, de acordo com a seguinte fórmula:

$$A = I \times r \times (1 + r)^n \times [(1 + r)^n - 1]^{-1} \quad (2)$$

Onde  $A$  corresponde ao valor anualizado do investimento,  $I$  ao investimento inicial,  $r$  à taxa de desconto (custo de oportunidade do capital investido, 3% por hipótese) e  $n$  ao horizonte temporal já adotado no caso do jacinto-de-água (30 anos, cf. Secção 5.2).

É de notar que foram excluídos do Quadro 13 alguns investimentos que têm vindo a ser realizados na bacia do Ebro mas que são pouco adequados aos valores naturais presentes na área de estudo como sejam a instalação de filtros ou o recurso a processos de desinfeção baseados em reagentes químicos ou em choques térmicos. Assim, foi considerada uma rubrica próxima de 765 mil euros/ano para intervenções diversas de modernização, adequação e proteção das infraestruturas em risco a que acresce um montante próximo de 140 mil euros/ano para monitorizar o desenvolvimento de larvas das invasoras (programa de seguimento) e de cerca de 133 mil euros/ano para experimentação de novas tecnologias em articulação com centros de investigação, seguindo as boas práticas adotadas nesse âmbito pela Confederação Hidrográfica do Ebro. Foram, ainda, incluídas outras despesas de natureza diversa, com destaque para uma dotação total próxima de 145 mil euros/ano para controlar a navegação, inventariar os pontos de acesso de embarcações e proceder à limpeza dos respetivos cascos – um tipo de ação preventiva que tem vindo a ser privilegiada na bacia do Ebro (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2007).

É, ainda, de notar que a prevenção é uma solução mais económica face ao desenvolvimento, *a posteriori*, de medidas de controlo ou mesmo de combate ao mexilhão-zebra que, após uma primeira invasão, é extremamente difícil de erradicar por completo. De facto, como sugere o quadro seguinte, um programa de controlo e combate dessa espécie invasora difícilmente custará menos de 2,7 milhões de euros por ano (como sugere o caso em estudo), o que é o dobro do custo anual equivalente de um programa preventivo como o indicado no Quadro 13.





Quadro 14 – Custos de controlo e combate do mexilhão-zebra: Estudo de caso do Ebro, Espanha (valores em euros de 2013, corrigidos de diferenças de paridade de poder de compra)

Rubrica de Custos (selecionadas)	Investimento Inicial	Custo Anual	Custo Anualizado (*)
Encerramento/controlo de acessos à navegação não controlados em albufeiras infetadas	220.896	33.134	44.404
Limpeza e desinfeção de material de navegação	-	54.799	54.799
Setor energético - Custos de manutenção e limpeza de captações e tomadas de água	-	808.347	808.347
Sistemas de abastecimento de água - Limpeza de captações e condutas	-	662.689	662.689
Regadio - Custos de manutenção e limpeza de infraestruturas	-	721.929	721.929
Indústria - Custos de manutenção e limpeza de infraestruturas	-	349.017	349.017
Limpeza de infraestruturas hidráulicas diversas	-	110.448	110.448
<b>Valores totais</b>	<b>220.896</b>	<b>2.740.365</b>	<b>2.751.634</b>

(\*)Custo anualizado a 30 anos (taxa de desconto de 3%) no caso dos investimentos iniciais, acrescido do custo anual  
Fonte: Confederación Hidrográfica del Ebro (2007), Durán, C. *et al.* (2012) e AMECO (2013), com cálculos próprios

## 5.4. Nota conclusiva

Fruto da sua natureza, as espécies invasoras são um *mal económico* no sentido em que o seu desenvolvimento acarreta um conjunto de custos para a sociedade não compensados com benefícios tangíveis ou intangíveis, nomeadamente em matéria dos ecossistemas e do funcionamento das infraestruturas hidráulicas.

Algumas espécies, como o mexilhão-zebra ou mesmo o jacinto-de-água em determinados cenários de alterações climáticas, apresentam padrões de crescimento muito intenso logo nos primeiros dias. Nestes casos, dever-se evitar a entrada das espécies na área de estudo, apostando-se em ações preventivas.

No caso do mexilhão-zebra (e da espécie *Potamopyrgus antipodarum*), um programa preventivo poderia exigir um investimento inicial de cerca de 2,7 milhões de euros, com custos subsequentes de 1,2 milhões de euros por ano. Em termos anualizados, poderia estar em causa um investimento anual equivalente a 1,3 milhões de euros durante 30 anos, para uma taxa de desconto de 3%.

Já no caso do jacinto-de-água, foi calculado um preço de reserva de 222 mil euros que corresponde ao valor anual equivalente mediano das medidas de controlo e combate a essa invasora para diferentes cenários climáticos e de taxa de desconto. Trata-se do limiar até ao qual faz sentido investir num programa de prevenção da entrada e dos potenciais efeitos dessa invasora na área de estudo que complementa as medidas já tomadas, nomeadamente na forma de uma barreira de retenção junto à fronteira com o Reino de Espanha.

Caso contrário, pode fazer sentido, do ponto de vista económico, adiar por alguns dias (ou meses) as operações de remoção do jacinto-de-água após os primeiros sinais de invasão, de modo a que as quantidades de biomassa a remover (custo variável) justifiquem o custo fixo inicial, estimado em 75 mil euros de acordo com a literatura da especialidade. O período até à conclusão da primeira remoção varia, por seu turno, de acordo com o cenário climático considerado, podendo oscilar entre os 40 dias no caso de alterações climáticas mais severas (cenário GRAS) e os 180 dias no cenário base (BAMBU). Em termos medianos, esse período ótimo é de 90 dias.

Desta forma, é fundamental intervir no primeiro trimestre após a sinalização da entrada do jacinto-de-água na área de estudo (caso venha a ocorrer), com intervenções subsequentes de periodicidade mensal que assegurem o controlo da biomassa em presença.



## 6. Programa de monitorização e controlo

O presente capítulo refere-se ao **Plano de Gestão de espécies invasoras na área de estudo** e inclui um programa de monitorização e um programa de controlo de espécies invasoras na área de estudo.

A informação contida no presente capítulo contempla todas as questões abordadas nos capítulos anteriores e considera os resultados das análises relativas a: padrões de disseminação das espécies invasoras na área de estudo, previsão de quantidades, meios de prevenção, controlo e combate mais adequados ao caso concreto em estudo e análise económica dos custos associados.

### 6.1. Programa de monitorização

O programa de monitorização destina-se primeiramente a fazer a deteção precoce da entrada de novas espécies invasoras na área de estudo, uma vez que se concluiu que a forma mais eficaz de o fazer é através da monitorização regular de locais-chave. Em segundo lugar, contribui para acompanhar a evolução da disseminação (áreas ocupadas) e da densidade (quantidades) das espécies invasoras já ocorrentes na área de estudo.

Na elaboração do presente programa de monitorização deu-se prioridade à definição de locais-chave para detetar a entrada de espécies exóticas invasoras na área de estudo, através da metodologia descrita no capítulo correspondente que considerou: a lista de 10 espécies que importa detetar, os cenários prováveis de dispersão destas espécies, a rede de infraestruturas de armazenamento e transporte de água existente na área de estudo, os requisitos ecológicos de cada espécie, entre outros.

Numa perspetiva de otimização de recursos procurou-se ainda selecionar pontos que se adequassem à deteção e à monitorização de mais do que uma espécie, e com acessos facilitados. Selecionaram-se, deste modo, **15 locais-chave**, representativos da diversidade de infraestruturas (frentes de barragens e condutas de ligação), de biótopos (planos de água, ilhas e áreas ribeirinhas) e de condições hidromorfológicas existentes na área de estudo. Estão ainda representados os principais pontos potenciais de entrada de espécies exóticas na área de estudo: limite montante cais de acesso de pessoas e embarcações.

Para garantir a obtenção de resultados fiáveis e robustos, definiram-se **métodos e periodicidades** de monitorização direcionados para cada uma das 30 espécies objeto de estudo (20 atualmente presentes ou provavelmente presentes na área de estudo e 10 ainda ausentes). Os métodos selecionados permitem, na maior parte dos casos, a deteção de mais do que uma espécie em simultâneo, de forma a minimizar os gastos envolvidos. Deu-se também preferência a técnicas de deteção com eficácia comprovada, que

produzem resultados fiáveis, reprodutíveis e comparáveis, e que permitem a continuidade da sua utilização no longo prazo.

O **programa de monitorização**, que se apresenta de forma sistematizada no quadro seguinte, engloba assim:

- Uma rede de **15 locais-chave**;
- A lista de **espécies a detetar** (espécies ausentes) ou a **monitorizar** (espécies presentes) em cada ponto;
- Os **métodos** a aplicar para a deteção/monitorização de cada espécie;
- Os **materiais e equipamentos** necessários para aplicação dos métodos propostos;
- Os **parâmetros** a monitorizar e elementos a recolher;
- A **periodicidade** de aplicação dos métodos.



Quadro 15 – Programa de monitorização e deteção de espécies invasoras na área de estudo

Características do local	Espécies a detetar (D) ou monitorizar (M)	Método e periodicidade	Tipologias de resultados	Equipamentos específicos
<b>PI – Barreira flutuante amovível</b>				
Entrada montante na área de estudo. Cabeceira da albufeira de Alqueva.	(D) - <i>Eichhornia crassipes</i> (M) - <i>Azolla filiculoides</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspecção dos elementos flutuantes retidos na barreira flutuante</u>: quinzenalmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspecção dos elementos flutuantes retidos na barreira flutuante</u>: presença/ ausência.</li> </ul>	—
	(D) - <i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Amostragem de água</u>: quinzenalmente no período Mai.-Set.</li> <li>• <u>Inspecção de pendentes</u>: trimestralmente (enquanto não houver qualquer indício da presença) e mensalmente (assim que haja suspeitas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Amostragem de água</u>: presença/ ausência de larvas.</li> <li>• <u>Inspecção de pendentes</u>: presença/ ausência e densidade de adultos fixados à estrutura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento para recolha de amostras de água; equipamento ótico (microscópio) para análise das amostras.</li> <li>• Pendentes associados a flutuadores para detetar a fixação de adultos.</li> </ul>
	(D) - <i>Silurus glanis</i> (M) - <i>Ameiurus melas</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pesca elétrica</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> <li>• <u>Pesca com redes de emalhar</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pesca elétrica</u>: presença/ ausência, densidade e composição etária.</li> <li>• <u>Pesca com redes de emalhar</u>: presença/ ausência, densidade e composição etária.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento de pesca elétrica.</li> <li>• Redes de emalhar (redes de superfície e meia água para espécies pelágicas; redes de profundidade para espécies bentónicas).</li> </ul>
	(M) - <i>Cyprinus carpio</i> (M) - <i>Carassius auratus</i>			
	(M) - <i>Lepomis gibbosus</i> (M) - <i>Australoheros facetus</i>			
	(M) - <i>Alburnus alburnus</i> (M) - <i>Gambusia holbrooki</i>			
	(M) - <i>Esox lucius</i> (M) - <i>Sander lucioperca</i> (M) - <i>Micropterus salmoides</i>			

Características do local	Espécies a detetar (D) ou monitorizar (M)	Método e periodicidade	Tipologias de resultados	Equipamentos específicos
<b>P2 – Pipinhas (ilha)</b>				
Área de baixa profundidade e de elevada exposição solar	(M) - <i>Myriophyllum aquaticum</i> (D) - <i>Alternanthera philoxeroides</i> (D) - <i>Elodea canadensis</i> (D) - <i>Hydrilla verticillata</i> (M) - <i>Pistia stratiotes</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Prospeções de campo dirigidas</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Prospeções de campo dirigidas</u>: presença/ ausência.</li> </ul>	—
	(M) - <i>Procambarus clarkii</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pesca elétrica</u>: em áreas de presença confirmada; trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> <li>• <u>Armadilhas</u>: em áreas de ocorrência não confirmada; trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pesca elétrica</u>: presença/ ausência, densidade e composição etária.</li> <li>• <u>Armadilhas</u>: presença/ ausência, densidade e composição etária.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento de pesca elétrica</li> <li>• Armadilhas</li> </ul>
	(M) - <i>Corbicula fluminea</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspeção de fundos</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> <li>• <u>Arrasto por kick-sampling</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspeção de fundos</u>: presença/ ausência.</li> <li>• <u>Arrasto por kick-sampling</u>: presença/ ausência e densidade de indivíduos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luneta de Kalfa</li> <li>• Rede de arrasto kick-sampling</li> </ul>
	(D) - <i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspeção de fundos</u>: trimestralmente (enquanto não houver qualquer indício da presença) e mensalmente (assim que haja suspeitas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspeção de fundos</u>: presença/ ausência de adultos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luneta de Kalfa</li> </ul>



Características do local	Espécies a detetar (D) ou monitorizar (M)	Método e periodicidade	Tipologias de resultados	Equipamentos específicos
Área de baixa profundidade e de elevada exposição solar (cont.)	(D) - <i>Potamopyrgus antipodarum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspeção de pedras, rochas, troncos ou outros detritos</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> <li>• <u>Arrasto por kick-sampling</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspeção de pedras, rochas, troncos ou outros detritos</u>: presença/ ausência.</li> <li>• <u>Arrasto por kick-sampling</u>: presença/ ausência e densidade de indivíduos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rede de arrasto de <i>kick-sampling</i></li> </ul>
	(D) - <i>Silurus glanis</i> (M) - <i>Ameiurus melas</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pesca elétrica</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pesca elétrica</u>: presença/ ausência, densidade e composição etária.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento de pesca elétrica.</li> </ul>
	(M) - <i>Cyprinus carpio</i> (M) - <i>Carassius auratus</i>			
	(M) - <i>Lepomis gibbosus</i> (M) - <i>Australoheros facetus</i> (M) - <i>Alburnus alburnus</i> (M) - <i>Gambusia holbrooki</i>			
(M) - <i>Esox lucius</i> (M) - <i>Sander lucioperca</i> (M) - <i>Micropterus salmoides</i>				
(M) - <i>Trachemys</i> spp.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Armadilhas</u>: a colocar em áreas onde se detetem elevadas densidades de <i>Procambarus clarkii</i>; trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Armadilhas</u>: presença/ ausência, densidade e composição etária.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armadilhas</li> </ul>	

Características do local	Espécies a detetar (D) ou monitorizar (M)	Método e periodicidade	Tipologias de resultados	Equipamentos específicos
Áreas marginais com sombra disponível	(M) - <i>Aster squamatus</i> (M) - <i>Bidens</i> spp. (D) - <i>Impatiens glandulifera</i> (M) - <i>Tradescantia fluminensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Prospeções de campo dirigidas</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Prospeções de campo dirigidas</u>: presença/ausência.</li> </ul>	—
<b>P3 – Área ribeirinha</b>				
Área ribeirinha próxima de zonas agricultadas	(D) - <i>Alternanthera philoxeroides</i> (D) - <i>Elodea canadensis</i> (D) - <i>Hydrilla verticillata</i> (D) - <i>Impatiens glandulifera</i> (M) - <i>Arundo donax</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Prospeções de campo dirigidas</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Prospeções de campo dirigidas</u>: presença/ausência.</li> </ul>	—
	(M) - <i>Procambarus clarkii</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pesca elétrica</u>: em áreas de presença confirmada; trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> <li>• <u>Armadilhas</u>: em áreas de ocorrência não confirmada; trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pesca elétrica</u>: presença/ ausência, densidade e composição etária.</li> <li>• <u>Armadilhas</u>: presença/ ausência, densidade e composição etária.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento de pesca elétrica</li> <li>• Armadilhas</li> </ul>
	(M) - <i>Trachemys</i> spp.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Armadilhas</u>: a colocar em áreas onde se detetem elevadas densidades de <i>Procambarus clarkii</i>; trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Armadilhas</u>: presença/ ausência, densidade e composição etária.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armadilhas</li> </ul>





Características do local	Espécies a detetar (D) ou monitorizar (M)	Método e periodicidade	Tipologias de resultados	Equipamentos específicos
Área ribeirinha degradada, onde o coberto vegetal original foi removido	(D) - <i>Bufo marinus</i> (D) - <i>Rana catesbeiana</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Armadilhagem:</b> armadilhas com atrativos acústicos na época da reprodução; trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano, com maior assiduidade no período noturno da época da reprodução – meses Mai.-Jun.</li> <li>• <b>Transectos para deteção acústica:</b> Trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano, com maior assiduidade no período noturno da época da reprodução – meses Mai.-Jun.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Armadilhagem:</b> presença/ ausência e densidade.</li> <li>• <b>Transectos para deteção acústica:</b> presença/ ausência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armadilhas com atrativos acústicos</li> </ul>
Área de corrente lenta, com fundos heterogéneos	(M) - <i>Corbicula fluminea</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Inspeção de fundos:</b> trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> <li>• <b>Arrasto por kick-sampling:</b> trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Inspeção de fundos:</b> presença/ ausência.</li> <li>• <b>Arrasto por kick-sampling:</b> presença/ ausência e densidade de indivíduos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luneta de Kalfa</li> <li>• Rede de arrasto <i>kick-sampling</i></li> </ul>
	(D) - <i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Inspeção de fundos:</b> trimestralmente (enquanto não houver qualquer indício da presença) e mensalmente (assim que haja suspeitas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Inspeção de fundos:</b> presença/ ausência de adultos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luneta de Kalfa</li> </ul>

Características do local	Espécies a detetar (D) ou monitorizar (M)	Método e periodicidade	Tipologias de resultados	Equipamentos específicos
Área de corrente lenta, com fundos heterogêneos (cont.)	(D) - <i>Potamopyrgus antipodarum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspeção de pedras, rochas, troncos ou outros detritos</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> <li>• <u>Arrasto por kick-sampling</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspeção de pedras, rochas, troncos ou outros detritos</u>: presença/ ausência.</li> <li>• <u>Arrasto por kick-sampling</u>: presença/ ausência e densidade de indivíduos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rede de arrasto de <i>kick-sampling</i></li> </ul>
<b>P4 – Plano de água</b>				
Inserido em zona de navegação livre segundo o POAAP	(D) - <i>Silurus glanis</i> (M) - <i>Ameiurus melas</i> (M) - <i>Cyprinus carpio</i> (M) - <i>Carassius auratus</i> (M) - <i>Lepomis gibbosus</i> (M) - <i>Australoheros facetus</i> (M) - <i>Alburnus alburnus</i> (M) - <i>Gambusia holbrooki</i> (M) - <i>Esox lucius</i> (M) - <i>Sander lucioperca</i> (M) - <i>Micropterus salmoides</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pesca elétrica</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> <li>• <u>Pesca com redes de emalhar</u>: trimestralmente, englobando os vários períodos estacionais do ano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pesca elétrica</u>: presença/ ausência, densidade e composição etária.</li> <li>• <u>Pesca com redes de emalhar</u>: presença/ ausência, densidade e composição etária.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento de pesca elétrica.</li> <li>• Redes de emalhar (redes de superfície e meia água para espécies pelágicas; redes de profundidade para espécies bentônicas).</li> </ul>
	(D) - <i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspeção de pendentes</u>: trimestralmente (enquanto não houver qualquer indício da presença) e mensalmente (assim que haja suspeitas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspeção de pendentes</u>: presença/ ausência e densidade de adultos fixados à estrutura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendentes associados a flutuadores para detetar a fixação de adultos.</li> </ul>



Características do local	Espécies a detetar (D) ou monitorizar (M)	Método e periodicidade	Tipologias de resultados	Equipamentos específicos
<b>P5 e P6 – Frente de barragens</b>				
Frente das barragens de Alqueva e Pedrógão	(D) - <i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Amostragem de água</u>: quinzenalmente no período Mai.-Set.</li> <li>• <u>Inspeção de pendentes</u>: trimestralmente (enquanto não houver qualquer indício da presença) e mensalmente (assim que haja suspeitas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Amostragem de água</u>: presença/ ausência de larvas.</li> <li>• <u>Inspeção de pendentes</u>: presença/ ausência e densidade de adultos fixados à estrutura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento para recolha de amostras de água; equipamento ótico (microscópio) para análise das amostras.</li> <li>• Pendentes associados a flutuadores para detetar a fixação de adultos.</li> </ul>
<b>P7, P8, P9 e P10 - Ligações</b>				
Ligações Alqueva-Álamos, Álamos-Loureiro, Loureiro-Monte Novo e Loureiro-Alvito	(D) - <i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Amostragem de água</u> (exceto P10): quinzenalmente no período Mai.-Set.</li> <li>• <u>Inspeção de pendentes</u>: trimestralmente (enquanto não houver qualquer indício da presença) e mensalmente (assim que haja suspeitas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Amostragem de água</u>: presença/ ausência de larvas.</li> <li>• <u>Inspeção de pendentes</u>: presença/ ausência e densidade de adultos fixados à estrutura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento para recolha de amostras de água; equipamento ótico (microscópio) para análise das amostras.</li> <li>• Pendentes associados a flutuadores para detetar a fixação de adultos.</li> </ul>
<b>P11, P12, P13, P14 e P15 – Cais de acesso de embarcações</b>				
Cais de acesso aos corpos de água	(D) - <i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Amostragem de água</u>: quinzenalmente no período Mai.-Set.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Amostragem de água</u>: presença/ ausência de larvas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento para recolha de amostras de água; equipamento ótico (microscópio) para análise das amostras.</li> </ul>

*Esta página foi deixada propositadamente em branco.*



## 6.2. Programa de controlo

O programa de controlo congrega uma bateria de medidas de atuação que se concretizam em duas tipologias de posturas distintas: postura preventiva e postura pós-invasão.

A postura preventiva destina-se a prevenir a ocorrência, na área de estudo, das espécies invasoras atualmente ausentes da mesma, através da aplicação de **medidas de prevenção** da entrada de indivíduos, propágulos (fragmentos ou partes que mantenham a capacidade de desenvolvimento e reprodução, sexuada ou assexuada) ou elementos do ciclo de vida que participem diretamente para a multiplicação e aumento das populações (gâmetas, sementes, larvas, entre outros).

A postura de controlo ou combate aplica-se num cenário de pós-invasão em que não houve sucesso na prevenção da entrada de determinada espécie, sendo dirigidas às espécies ocorrentes na área de estudo (atualmente ou que venham a ocorrer no futuro). Embora sendo metodologicamente muito semelhantes, controlo e combate têm objetivos distintos. O **controlo** não pretende eliminar a presença da espécie, mas antes mantê-la em níveis controlados, impedindo a proliferação acima de determinado limite. A opção pelo controlo (e não pelo combate) tem normalmente um fundamento de ordem económica. Por outro lado, o **combate** tem como objetivo último a eliminação total da espécie de determinada área, no curto ou médio prazo.

De uma forma geral, e em particular no que se refere a espécies invasoras, os custos associados à prevenção são significativamente inferiores àqueles associados ao controlo ou ao combate, o que encontra explicação no facto destas espécies se propagarem e disseminarem a taxas muito elevadas nos locais que invadem, o que faz com que, em muitos casos, sejam impossíveis de combater e difíceis de controlar. Esta característica determina que a abordagem mais eficaz, num cenário de ausência de uma dada espécie, seja a de investir na prevenção da sua entrada, nas suas várias facetas (informação, sensibilização, fiscalização e, finalmente, aplicação de meios físicos de barreira nos casos em que isso seja possível).

Considerando a informação compilada nos capítulos anteriores relativa às espécies invasoras objeto de estudo, às técnicas existentes e com resultados comprovados (para prevenção, para controlo e/ou combate) aplicáveis a cada uma, e considerando ainda as características ecológicas e valores naturais presentes na área de estudo (que limitam a utilização de determinadas técnicas), indicam-se, na presente secção, os **métodos mais indicados de prevenção, controlo e combate de espécies invasoras na área de estudo**.

Dando continuidade ao formato adotado no relatório da Fase 1 e no presente documento, apresenta-se esta informação compilada num quadro-síntese, estando os dados agregados por espécie e estando as

espécies agregadas por grupo, de acordo com as suas preferências ecológicas e tipologia de disseminação. Para cada um listam-se:

- Métodos de **prevenção** mais adequados, aplicáveis apenas às espécies ainda ausentes da área de estudo;
- **Vantagens** e **desvantagens** a considerar na aplicação dos métodos de prevenção indicados;
- Métodos de **controlo** e de **combate** mais adequados;
- **Vantagens** e **desvantagens** a considerar na aplicação dos métodos de controlo e de combate indicados.

Reforça-se que o quadro seguinte lista apenas as técnicas passíveis de serem aplicadas na área de estudo, considerando os valores naturais aí presentes. Em algumas das infraestruturas, nomeadamente naquelas existentes fora da área de estudo (relacionadas com a distribuição de água a todo o perímetro de rega, por exemplo) podem ser aplicadas outras técnicas, eventualmente mais agressivas, desde que os impactes da sua atuação fiquem confinados ao local de aplicação ou a locais sem valor ecológico. Essas técnicas são oportunamente mencionadas nas secções respetivas, mas não foram consideradas para inclusão no quadro-síntese do programa de controlo, que se direciona apenas à área de estudo.



Quadro 16 – Programa de controlo de espécies invasoras na área de estudo

Espécies (P-presente/ A-ausente)	Métodos prevenção	Vantagens (V) e desvantagens (D)	Métodos de controlo e combate (F- físicos/ Q-químicos/ B-biológicos)	Vantagens (V) e desvantagens (D)
<b>Grupo plantas aquáticas flutuantes</b>				
(A) <i>Eichhornia crassipes</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Barreiras flutuantes:</b> já existe na entrada montante.</li> </ul>	(V) – Simples e pouco dispendiosa. (V) – Boa eficácia. (D) – Inspeção regular (quinz.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>(F) – Remoção manual.</li> <li>(F) – Remoção com ceifeiras mecânicas.</li> <li>(Q) – N.A.</li> <li>(B) – N.A.</li> </ul>	(V) – Não insere químicos ou substâncias nocivas no meio aquático. (D) – Ceifeira mecânica: essencial garantir remoção de todos os fragmentos, para não potenciar a disseminação.
(P) <i>Azolla filiculoides</i>	—	—		
(P) <i>Pistia stratiotes</i>	—	—		
<b>Grupo plantas aquáticas submersas</b>				
(P) <i>Myriophyllum aquaticum</i>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>(F) – Remoção manual/mecânica.</li> <li>(Q) – N.A.</li> <li>(B) – N.A.</li> </ul>	(D) – Fragmentação dos indivíduos promove a sua disseminação. (D) – Dispendiosos e morosos. (D) – Baixa eficácia.
(A) <i>Alternanthera philoxeroides</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Proibição de comercialização.</b></li> </ul>	(D) – De difícil aplicação. (D) – Implica fiscalização.		
(A) <i>Hydrilla verticillata</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Inspeção e desinfeção</b> de embarcações e equipamentos aquáticos.</li> </ul>	(V) – Boa eficácia. (D) – Dispendiosa. (D) – Implica fiscalização.		

Espécies (P-presente/ A-ausente)	Métodos prevenção	Vantagens (V) e desvantagens (D)	Métodos de controlo e combate (F- físicos/ Q-químicos/ B-biológicos)	Vantagens (V) e desvantagens (D)
<b>Grupo plantas aquáticas submersas (cont.)</b>				
(A) <i>Elodea canadensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Proibição de comercialização.</u></li> </ul>	(D) – De difícil aplicação. (D) – Implica fiscalização.	<ul style="list-style-type: none"> <li>(F) – Ensombramento do plano de água.</li> </ul>	(D) – Não aplicável a grandes extensões. (D) – Afeta indiscriminadamente todos os organismos fotossintéticos. (D) – Fomenta a produção de biomassa morta.
	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Inspeção e desinfeção</u> de embarcações e equipamentos aquáticos.</li> </ul>	(V) – Boa eficácia. (D) – Dispendiosa. (D) – Implica fiscalização.	<ul style="list-style-type: none"> <li>(F) – Remoção manual/mecânica.</li> <li>(Q) – N.A.</li> <li>(B) – N.A.</li> </ul>	(D) – Fragmentação dos indivíduos promove a sua disseminação. (D) – Dispendiosos e morosos. (D) – Baixa eficácia.
<b>Grupo plantas terrestres</b>				
(P) <i>Aster squamatus</i>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>(F) – Remoção manual.</li> <li>(Q) – N.A.</li> <li>(B) – N.A.</li> </ul>	(D) – Pode facilitar dispersão de sementes. (D) – Dispendiosos e morosos.
(P) <i>Bidens</i> spp.	—	—		
(P) <i>Tradescantia fluminensis</i>	—	—		
(A) <i>Impatiens glandulifera</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Proibição de comercialização.</u></li> </ul>	(D) – De difícil aplicação. (D) – Implica fiscalização.		
	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Proibição do uso como espécie ornamental.</u></li> </ul>	(D) – Baixa eficácia. (D) – De difícil aplicação. (D) – Implica fiscalização.		





Espécies (P-presente/ A-ausente)	Métodos prevenção	Vantagens (V) e desvantagens (D)	Métodos de controlo e combate (F- físicos/ Q-químicos/ B-biológicos)	Vantagens (V) e desvantagens (D)
<b>Arundo donax</b>				
(P) <i>Arundo donax</i>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>(F) – Corte das canas e ensombramento do solo.</li> <li>(Q) – N.A.</li> <li>(B) – N.A.</li> </ul>	(D) – Implica várias intervenções <i>a posteriori</i> .
			<ul style="list-style-type: none"> <li>(F) – Remoção física dos rizomas.</li> </ul>	(V) – Eficaz em pequenas áreas. (V) – Menor número de intervenções <i>a posteriori</i> . (D) – Morosos.
<b>Procambarus clarkii</b>				
(P) <i>Procambarus clarkii</i>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>(F) – Armadilhas, arrastos/varrimentos com camaroeiros.</li> <li>(Q) – N.A.</li> <li>(B) – N.A.</li> </ul>	(D) – Podem despoletar respostas de defesa ao nível da população.
			<ul style="list-style-type: none"> <li>(F) – Pesca elétrica.</li> </ul>	(D) – Impraticável em áreas de elevada extensão. (D) – Implica intervenções contínuas.
<b>Corbicula fluminea</b>				
(P) <i>Corbicula fluminea</i>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>(F) – Apanha manual.</li> <li>(Q) – N.A.</li> <li>(B) – N.A.</li> </ul>	(D) – Não abrange juvenis. (D) – Permite apenas o controlo e não o combate. (D) – Implica intervenções contínuas.

Espécies (P-presente/ A-ausente)	Métodos prevenção	Vantagens (V) e desvantagens (D)	Métodos de controlo e combate (F- físicos/ Q-químicos/ B-biológicos)	Vantagens (V) e desvantagens (D)
<b><i>Dreissena polymorpha</i></b>				
(A) <i>Dreissena polymorpha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Aplicação de pinturas anticorrosivas.</u></li> </ul>	(V) – Atua pela alteração da textura das superfícies e /ou pela libertação de baixas concentrações de compostos tóxicos. (V) – Boa eficácia. (D) – Dispendiosa. (D) – Não garante prevenção da entrada da espécie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (F) – Limpeza mecânica (através de remoção manual).</li> <li>• (Q) – N.A.</li> <li>• (B) – N.A.</li> </ul>	(V) – Não insere químicos ou substâncias nocivas no meio aquático. (D) – Requer intervenções periódicas. (D) – Permite apenas o controlo e não o combate. (D) – Impraticável em várias infraestruturas do EFMA (como tubagens e bombas) e em áreas de elevada extensão.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos constantes na <u>Estratégia Nacional para el control del mejillón cebrá</u></li> </ul>	Consultar documento assinalado.		
<b><i>Potamopyrgus antipodarum</i></b>				
(A) <i>Potamopyrgus antipodarum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Divulgação e sensibilização do público.</u></li> </ul>	(V) – Boa eficácia, se levado a termo. (D) – Efeitos só a longo prazo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (F) – N.A.</li> <li>• (Q) – N.A.</li> <li>• (B) – N.A.</li> </ul>	—
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Intervenção legal:</u> proibir o comércio e transporte da espécie e atuar na sua disseminação inadvertida através da obrigatoriedade de desinfeção e limpeza de embarcações e equipamentos aquáticos.</li> </ul>	(V) – Boa eficácia. (D) – Dispendiosa. (D) – Implica fiscalização.		



Espécies (P-presente/ A-ausente)	Métodos prevenção	Vantagens (V) e desvantagens (D)	Métodos de controlo e combate (F- físicos/ Q-químicos/ B-biológicos)	Vantagens (V) e desvantagens (D)
<b>Peixes</b>				
(A) - <i>Silurus glanis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Divulgação e sensibilização do público.</u></li> </ul>	(V) – Boa eficácia, se levado a termo. (D) – Efeitos só a longo prazo.		
(P) - <i>Ameiurus melas</i>	—	—		
(P) - <i>Cyprinus carpio</i>	—	—		
(P) - <i>Carassius auratus</i>	—	—		
(P) - <i>Lepomis gibbosus</i>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (F) – N.A.</li> <li>• (Q) – N.A.</li> <li>• (B) – N.A.</li> </ul>	—
(P) - <i>Australoheros facetus</i>	—	—		
(P) - <i>Alburnus alburnus</i>	—	—		
(P) - <i>Gambusia holbrooki</i>	—	—		
(P) - <i>Esox lucius</i>	—	—		
(P) - <i>Sander lucioperca</i>	—	—		
(P) - <i>Micropterus salmoides</i>	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (F) – N.A.</li> <li>• (Q) – N.A.</li> <li>• (B) – N.A.</li> </ul>	—

Espécies (P-presente/ A-ausente)	Métodos prevenção	Vantagens (V) e desvantagens (D)	Métodos de controlo e combate (F- físicos/ Q-químicos/ B-biológicos)	Vantagens (V) e desvantagens (D)
<b>Anfíbios</b>				
(A) - <i>Bufo marinus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Divulgação e sensibilização do público.</u></li> <li>• <u>Legislação e fiscalização:</u> proibição de comércio e transporte e obrigatoriedade de proceder à limpeza e desinfeção de embarcações e equipamentos aquáticos</li> </ul>	(V) – Boa eficácia. (D) – Dispendiosa. (D) – Implica fiscalização.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (F) – Secagem de áreas húmidas antropogénicas (como charcas de abeberamento de gado).</li> <li>• (F) – Captura direcionada.</li> <li>• (F) – Colocação de cercas para anfíbios.</li> <li>• (Q) – N.A.</li> <li>• (B) – N.A.</li> </ul>	(D) – Impraticável em áreas de elevada extensão.
(A) - <i>Rana catesbeiana</i>				
<b><i>Trachemys</i> spp.</b>				
(P) – <i>Trachemys</i> spp.	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (F) – Captura direcionada.</li> <li>• (Q) – N.A.</li> <li>• (B) – N.A.</li> </ul>	(D) – Impraticável em áreas de elevada extensão.



## 7. Lacunas de informação e conhecimento

No que se refere à temática das espécies invasoras e especialmente no que se refere à previsão do seu comportamento em determinado local e numa janela temporal definida, existem diversas lacunas de informação e de conhecimento que importa destacar. Não só numa perspetiva futura de procurar colmatá-las, contribuindo assim para uma melhoria progressiva do presente Plano de monitorização e gestão de espécies invasoras na área de influência de Alqueva, mas também com o intuito de destacar as aproximações e adaptações que foi necessário fazer ao longo do processo e que conferem maior ou menor grau de exatidão às conclusões, em particular no casos que têm expressão numérica e não apenas qualitativa.

Assim, destacam-se as seguintes lacunas de informação:

- Para a maioria das espécies invasoras não existem dados detalhados e/ou recentes sobre a **área geográfica onde estão presentes atualmente**, o que dificulta a previsão do(s) ponto(s) de entrada mais provável/is.
- Para a maioria das espécies exóticas invasoras não existem **dados de base** que permitam efetuar cálculos preditivos com elevada segurança, nomeadamente:
  - **Dados biológicos**, como: densidades máximas e ciclo de vida completo;
  - **Dados fisiológicos**, como: taxas de crescimento em determinadas condições físico-químicas, respostas a determinadas alterações do meio;
  - **Dados ecológicos**, como: influência de diversos fatores exógenos no crescimento, disseminação e ciclo biológico da espécie.
- A **periodicidade** de aplicação dos **métodos de prevenção, de controlo e/ou de combate** são indicativos para a maioria dos casos disponíveis na bibliografia. Os autores referem que a determinação da periodicidade ótima requer a realização de estudos detalhados (em condições controladas e também em meio aberto), uma vez que as taxas de disseminação e crescimento podem variar de forma muito relevante entre diferentes localizações.
- A licença de utilização de **métodos de controlo e combate biológicos** requer a aprovação prévia, mediante uma fase de testes pré-definidos. Nenhum dos métodos biológicos referidos no presente trabalho está aprovado para utilização em território nacional, porque se **desconhecem os impactos da sua utilização** nos nossos ecossistemas.
- No que se refere a **cenários climáticos** surgem duas grandes incertezas basilares: a primeira incerteza refere-se aos cenários climáticos propriamente ditos: não se sabe, de facto, como vai ser o clima, em determinada região, daqui a 50 ou 100 anos; há várias previsões, que consideram diversos fatores, e que alcançam diferentes resultados, todos

com um grau de incerteza muito relevante. Em segundo lugar, surge a incerteza relativa às consequências que daí advêm, isto é: mesmo que seja possível determinar, com um grau de segurança aceitável, como será o clima em determinada região daqui a 50 ou 100 anos, os impactes sobre o território e sobre as espécies são muito difíceis de prever, o que imprime um segundo grau de incerteza aos cálculos e às previsões.



## 8. Nota final

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) é um sistema aberto, situado na linha de fronteira com Espanha, que se desenvolve a partir da barragem de Alqueva implantada no rio Guadiana e abrange 20 concelhos do Alentejo. A área de influência do EFMA é muito extensa, abrangendo o respetivo sistema global de rega (constituído por 3 sub-sistemas: Ardila, Alqueva e Pedrógão) uma área de 119 mil ha, com uma rede primária de 380 km e uma rede secundária de 1.577 km, incluindo 45 barragens de regularização e 52 estações elevatórias.

A totalidade do sistema está sujeita a numerosas pressões ambientais de diversas origens, destacando-se neste âmbito a presença atual ou potencial de espécies invasoras (da flora e da fauna) com impactes diversos sobre as infraestruturas e o ecossistema. Para garantir a sustentabilidade e durabilidade do EFMA é imperativo monitorizar e acompanhar a evolução da ocorrência destes organismos. É neste contexto que surge o presente ***Plano de monitorização e gestão das espécies invasoras na área de influência de Alqueva***, para o qual se assumiu como **área de estudo** a área de influência das albufeiras de Alqueva, Pedrógão, Álamos (I e II) e Loureiro.

Com o presente relatório dá-se por terminada a **2ª Fase** dos trabalhos, que corresponde igualmente à conclusão do estudo.

A **1ª Fase** centrou-se na caracterização da área de estudo no que se refere à temática em análise e incluiu ainda uma análise preliminar de tendências de evolução da disseminação de algumas espécies no seio da área geográfica em questão, assim como uma avaliação de impactes resultantes da presença destas espécies e uma listagem prévia de algumas técnicas de monitorização e de deteção mais comumente utilizadas.

Os trabalhos da **2ª Fase** focaram-se nos seguintes aspetos:

- Avaliação de quantidades potenciais das espécies invasoras
- Definição de métodos e de locais-chave de deteção de entrada
- Análise dos meios de prevenção, controlo e combate
- Análise económica dos custos envolvidos
- Definição de um programa de monitorização e controlo
- Lacunas de informação

A avaliação de **quantidades potenciais de espécies invasoras** no seio da área de estudo foi efetuada para as três espécies consideradas elegíveis (*Eichhornia crassipes*, *Dreissena polymorpha* e *Potamopyrgus antipodarum*), de acordo com os critérios definidos, de que se destacam: a ausência atual destas da área geográfica, a probabilidade de entrada por um determinado ponto específico e a relevância dos impactes que lhe estão associados. Nesta análise foram ainda considerados três cenários climáticos distintos (BAMBU, GRAS e SEDG), considerados também por outros autores (nomeadamente: Araújo *et al.*, 2011). Estes cenários permitem assegurar, de alguma forma, a comparabilidade dos dados compilados e/ou produzidos no âmbito do presente estudo com os dados constantes das mais recentes publicações e estudos de maior relevância nacional no que se refere à área temática das invasões biológicas. Durante o desenvolvimento deste exercício preditivo, verificou-se que a determinação matemática de quantidades de elementos biológicos não é exequível, em termos práticos, para muitas espécies, de acordo com publicações científicas consultadas no âmbito desta área temática. Deste modo, foi necessário optar por duas abordagens distintas:

- Para *Eichhornia crassipes* (jacinto-de-água) calculou-se a evolução de quantidades potenciais ao longo do tempo, tendo sido ajustadas **curvas de crescimento logísticas** representativas dos três cenários climáticos referidos;
- Para *Dreissena polymorpha* (mexilhão-zebra) e *Potamopyrgus antipodarum* fez-se uma determinação qualitativa da adequabilidade do habitat – à semelhança das abordagens seguidas por outros autores – em que se analisaram as preferências ecológicas das espécies e se compararam com as condições existentes no meio recetor. Com base nestes elementos, atribuiu-se uma classificação à área de estudo, que considerou quatro classes (risco elevado, em risco, sem risco, risco indeterminado).

As análises efetuadas neste capítulo permitiram concluir que: a) caso ocorra a entrada de *Eichhornia crassipes* na área de estudo, em condições ideais de crescimento (verão e primavera) e num cenário de ausência de atuação de controlo, o espelho de água da albufeira de Alqueva fica totalmente coberto em: 610 dias (cenário BAMBU), 420 dias (cenário SEDG) ou 210 dias (cenário GRAS); b) a área de estudo apresenta um risco muito elevado à invasão por *Dreissena polymorpha*, sendo a sua disseminação muito rápida e dificilmente controlável, caso a entrada se concretize; c) a área de estudo apresenta um risco moderado de invasão por *Potamopyrgus antipodarum*, já que as condições analisadas permitem o desenvolvimento da espécie mas não são as ideais para a sua plena proliferação.

Na secção relativa a **métodos e locais-chave para deteção da entrada** definiu-se uma rede de 15 locais-chave que se destina à deteção precoce da entrada das 10 espécies-alvo ainda ausentes da área de estudo. Estes pontos foram selecionados de acordo com uma metodologia que permitiu obter uma rede representativa da diversidade de infraestruturas, de biótopos, de condições hidromorfológicas existentes





e dos principais pontos potenciais de entrada de espécies exóticas na área de estudo. Definiram-se igualmente métodos e periodicidades de monitorização direcionados às 10 espécies em causa, tendo sido efetuado um esforço de selecionar pontos, métodos e periodicidades adequadas a mais do que uma espécie, com o objetivo de otimizar a utilização de recursos. Teve-se também em conta a facilidade de acesso aos locais selecionados e a possibilidade de continuarem a ser usados no futuro.

A secção 4 refere-se aos **meios de prevenção, de controlo e de combate**. Nesta secção apresentam-se os métodos existentes e faz-se uma análise crítica da sua adequação às 30 espécies em causa e à área de estudo – cujas características e valores naturais impedem o recurso a métodos agressivos ou não-específicos, que possam afetar outras espécies. Nesta secção a informação é apresentada de forma agregada para cada grupo de espécies (sendo feitas referências a casos excecionais, aplicáveis apenas a uma determinada espécie, sempre que pertinente) e indicam-se as vantagens e desvantagens associadas a cada método. A maior parte dos métodos aconselhados são físicos (por oposição a métodos químicos ou biológicos) e destaca-se a eficácia superior inequívoca da maioria dos métodos de prevenção quando comparados com os métodos de controlo e/ou combate.

No capítulo de **análise económica dos custos de prevenção, controlo e combate** apontam-se conclusões idênticas (a prevenção é uma abordagem preferível ao controlo ou combate, considerando os custos e as eficácias respetivas). Não obstante, considerou-se a possibilidade de entrada de três espécies na área de estudo (as mesmas consideradas para o exercício de cálculo de quantidades potenciais: *Eichhornia crassipes*, *Dreissena polymorpha* e *Potamopyrgus antipodarum*) e determinaram-se os compassos de espera otimizados (do ponto de vista económico) até à primeira intervenção de controlo e para as intervenções subsequentes.

A compilação de toda a informação produzida, não apenas no âmbito do presente relatório da Fase 2, mas também aquela constante do relatório da Fase 1, levou à produção de um **Plano de Gestão de espécies invasoras na área de estudo**, o qual inclui um programa de monitorização e um programa de controlo.

O **programa de monitorização** inclui a rede de 15 locais-chave que se destina à deteção precoce da entrada das 10 espécies-alvo ainda ausentes da área de estudo e que permite adicionalmente acompanhar a evolução da área de disseminação e da densidade das 20 espécies já presentes. Assim, o programa de monitorização inclui métodos e periodicidades de monitorização direcionados às 30 espécies objeto de estudo, que são comuns a mais do que uma espécie, sempre que possível, de forma a otimizar a utilização de recursos.

O **programa de controlo** congrega uma bateria de medidas de atuação que se concretizam em duas tipologias de posturas distintas: postura preventiva e postura pós-invasão. Considerando a informação compilada nos capítulos anteriores relativa às espécies invasoras objeto de estudo, às técnicas existentes

e com resultados comprovados (para prevenção e para controlo e/ou combate) aplicáveis a cada uma, e considerando ainda as características ecológicas e valores naturais presentes na área de estudo (que limitam a utilização de determinadas técnicas), incluíram-se no programa de controlo os métodos considerados como os mais adequados à prevenção, controlo e combate de espécies invasoras na área de estudo.

Finalmente listam-se algumas das lacunas de informação mais relevantes que importa destacar para que possam ser colmatadas, contribuindo assim para uma melhoria progressiva do ***Plano de monitorização e gestão de espécies invasoras na área de influência de Alqueva***.



## 9. Bibliografia

ALONSO, A. & CASTRO-DÍEZ, P. (2008) ***What explains the invading success of the aquatic mud snail Potamopyrgus antipodarum (Hydrobiidae, Mollusca)?*** Hydrobiologia Online publication. Date: 30-Aug-2008. Citado em THERRIAULT *et al.* (2010).

ALONSO, A. & CASTRO-DIEZ, P. (2012). ***The exotic aquatic mud snail Potamopyrgus antipodarum (Hydrobiidae, Mollusca): state of the art of a worldwide invasion.*** Aquatic Sciences. Volume 74, Issue 3, pp. 375-383.

ARAÚJO, M.B.; GUILHAUMON, F.; NETO, D.R.; POZO, I. & CALMAESTRA, R. (2011) ***Biodiversidade e Alterações Climáticas.*** Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território & Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Lisboa / Madrid. 656 pp.

CADA, C. (2004) ***Interactions between the invasive New Zealand Mud Snail, Potamopyrgus Antipodarum, baetid mayflies, and fish predators.*** Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Biological Sciences, Montana State University, Bozeman. Disponível online em: [http://www.montana.edu/bkerans/Cada\\_1204.pdf](http://www.montana.edu/bkerans/Cada_1204.pdf) [consultada em novembro de 2013].

CHENG, Y. & LECLAIR, L. (2011) ***A quantitative evaluation of the effect of freezing temperatures on the survival of New Zealand mudsnails (Potamopyrgus antipodarum Gray, 1843), in Olympia Washington's Capitol Lake.*** Aquatic Invasions. Volume 6, Issue 1, pp. 47-54.

COCKEL, C.P. & TANNER, R.A. (2012) ***Impatiens glandulifera Royle (Himalayan balsam).*** In: FRANCIS R. A. (Ed.) (2012). *A handbook of global freshwater invasive species.* Earthscan. London. 456 pp.

COHEN, A. N. (2005) ***A review of zebra mussels' environmental requirements.*** California Department of Water Resources. Oakland. 33 pp. [Disponível online em: [http://www.sfei.org/sites/default/files/No420\\_2005-ZebraMusselRequirements.pdf](http://www.sfei.org/sites/default/files/No420_2005-ZebraMusselRequirements.pdf)]

COMISSÃO EUROPEIA [CE] (2008) ***Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects.*** Bruxelas (Bélgica): Comissão Europeia – DG REGIO. julho.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (2007) ***Plan de Choque para controlar la invasión del Mejillón Cebra.*** Ministerio de Medio Ambiente. Espanha. 63 pp.

CROSS, W.; ROSI-MARSHALL, E.; BEHN, K.; KENNEDY, T.; HALL JR., R.; FULLER, E. & BAXTER, C. (2010) ***Invasion and production of New Zealand mud snails in the Colorado River, Glen Canyon.*** Biological Invasions. Volume 12, Issue 9, pp. 3033-3043.

D'AMORE, A. (2012) *Rana [Lithobates] catesbeiana Shaw (American bullfrog)*. In: FRANCIS R. A. (Ed.) (2012). *A handbook of global freshwater invasive species*. Earthscan. London. 456 pp.

DRAKE, J.M. & J. M. BOSSENBOEK, J.M. (2004) *The potential distribution of zebra mussels in the United States*. Bioscience 54: 931-941.

DURÁN, C., LANA, M., ANADÓN, A. & TOUYÁ, V. (2010a) *Management strategies for the zebra mussel invasion in the Ebro River basin*. Aquatic Invasions. Vol. 5, Issue 3: 309-316.

DURÁN, C., TOUYÁ, V., ANADÓN, A. & LANA, M. (2010b) *Métodos de Gestión de la Plaga de Mejillón Cebra en Instalaciones Afectadas*. Comunicação apresentada na XIV Jornada Técnica FENACORE sobre "Coste energético y producción de energía en CCRR (28 março de 2012)". Madrid. Disponível *online* em: <http://www.fenacore.org/congresotarragona/wp-content/uploads/2009/10/Comunicacion-libre-CHE-y-Tragsatec.pdf> [consultada em outubro de 2013].

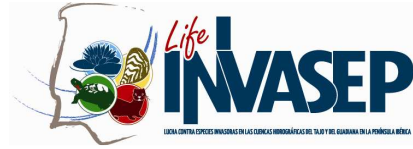
DURÁN, C. LANA, M., PÉREZ, L., CHICA, C., ANADÓN, A. & TOUYA, V. (2012) *Estimación de los costes de la invasión del mejillón cebra en la cuenca del Ebro (período 2005-2009)*. Limnetica, 31 (2), 213-230.

FRANCIS, R. & PYSEK, P. (2012) *Management of freshwater invasive alien species*. In: FRANCIS R. A. (Ed.) (2012). *A handbook of global freshwater invasive species*. Earthscan. London. 456 pp.

GUTIÉRREZ, E.L.; RUIZ, E.F.; URIBE, E.G. & MARTÍNEZ, J.M. (2000) *Biomass and Productivity of Water Hyacinth and Their Application in Control Programs*. In: JULIEN, M.H., HILL, M.P., CENTER, T.D. & JIANQING, D. (ed.) (2001) *Biological and Integrated Control of Water Hyacinth, Eichhornia crassipes*. Proceedings of the Second Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth. Beijing, China. 9–12 October 2000. ACIAR Proceedings No. 102, 152 pp.

HARJU, T. (2007) *Modeling Regional Distribution and Local Food Web Dynamics of the New Zealand Mud Snail (Potamopyrgus antipodarum)*. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Watershed Science, Utah State University, Logan. Disponível online em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.86.8471&rep=rep1&type=pdf> [consultada em novembro de 2013].

HAYNES, A.; TAYLOR, B. & VARLEY, M. (1985) *The influence of mobility of Potamopyrgus jenkinsi (SMITH, E. A.) (Prosobranchia: Hydrobiidae) on its spread*. Archiv für Hydrobiologie, 103, pp. 497–508. Citado em LOO *et al.* (2007).



HAYWARD, D. & ESTEVEZ, E. (1997) *Suitability of Florida waters to invasion by the zebra mussel, Dreissena polymorpha*. Technical report 495, Florida Sea Grant College Program, Sarasota. [Disponível online em: <https://dspace.mote.org/dspace/bitstream/2075/35/1/495.pdf>]

HELLMANN, J.J., BYERS, J.E., BIERWAGEN, B.G. & DUKES, J.S. (2008) *Five potential consequences of climate change for invasive species*. Conservation Biology. Vol. 22, pp. 534–543.

HICKS, B., LING, N. & DANIEL, A.J. (2012) *Cyprinus carpio L. (common carp)*. In: FRANCIS R. A. (Ed.) (2012). *A handbook of global freshwater invasive species*. Earthscan. London. 456 pp.

HM TREASURY (2003) *Appraisal and Evaluation in Central Government (The Green Book)*. Londres (Reino Unido). TSO.

HOLOMUZKI, J. & BIGGS, B. (1999) *Distributional responses to flow disturbance by a stream-dwelling snail*. OIKOS. 87, pp. 36-47, Copenhagen.

HUSSNER, A. & CHAMPION, P.D. (2012) *Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verdcourt (parrot feather)*. In: FRANCIS R. A. (Ed.) (2012). *A handbook of global freshwater invasive species*. Earthscan. London. 456 pp.

ICNF – INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS; DIAS, A.P. (Coord.) (2013) *Adaptação das Florestas às Alterações Climáticas* – Trabalho no âmbito da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas. Relatório Final. Ed. MAMOT – Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa. 122 pp.

ILARRI, M. & SOUSA, R. (2012) *Corbicula fluminea Müller (Asian clam)*. In: FRANCIS R. A. (Ed.) (2012). *A handbook of global freshwater invasive species*. Earthscan. London. 456 pp.

JAMES, C. (2007) *Investigations of the Invasive New Zealand Mudsnail Potamopyrgus Antipodarum in Idaho: Implications for Temperature Limitations*. Thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the Master of Science with a Major in Fisheries Resources, College of Graduate Studies, University of Idaho. Disponível online em: [http://www.savesilvercreek.org/Pdf\\_files/Final%20Report%202007.pdf](http://www.savesilvercreek.org/Pdf_files/Final%20Report%202007.pdf) [consultada em novembro de 2013].

JENNER, H.A., POLMAN, H.J.G. & VAN WIJCK, R. (2004) *Four years experience with a new chlorine dosing regime against macrofouling*. VGB PowerTech 84 (9): 28-30.

KERANS, B.; DYBDAHL, M.; GANGLOFF, M. & JANNOT (2005) *Potamopyrgus antipodarum: Distribution, Density, and Effects on Native Macroinvertebrate Assemblages in the Greater Yellowstone Ecosystem*. Journal of the North American Benthological Society. Volume 24, No. 1, Mar., pp. 123-138.

KORNIS, M. & ZANDEN, M. (2010) *Forecasting the distribution of the invasive round goby (Neogobius melanostomus) in Wisconsin tributaries to Lake Michigan*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 67, 3, pp. 553-562.

KOTTA, J., ORAV, H. & KOTTA, I. (1998) *Distribution and Filtration Activity of the Zebra Mussel, Dreissena polymorpha, in the Gulf Of Riga and the Gulf of Finland*. Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol., 47: 32-41.

LEVRI, E.; KELLY, A. & LOVE, E. (2007) *The Invasive New Zealand Mud Snail (Potamopyrgus antipodarum) in Lake Erie*. Journal of Great Lakes Research. Volume 33, Issue 1, pp. 1-6.

LEVRI, E. & JACOBY, W. (2008) *The Invasive New Zealand Mud Snail (Potamopyrgus antipodarum) found in streams of the Lake Ontario Watershed*. Journal of the Pennsylvania Academy of Science. 82(1), pp. 7-11.

LIM, Y.; GOPINATH, M; CHAN, S. & HARTE, M. (2011) *Predicting Potential Invasive Species Distribution: An Application to New Zealand Mudsnail in the Pacific Northwest*. Comunicação apresentada na Agricultural & Applied Economics Association's 2011 AAEA & NAREA Joint Annual Meeting, Pittsburgh, Pennsylvania, July 24-26, 2011. Disponível online em: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/103646/2/Lim-AAEA-Paper.pdf> [consultada em novembro de 2013].

LOO, S. (2012) *Potamopyrgus antipodarum J. E. Gray (New Zealand mudsnail)*. In: FRANCIS R. A. (Ed.) (2012). *A handbook of global freshwater invasive species*. Earthscan. London. 456 pp.

LOO, S.; KELLER, R. & LEUNG, B. (2007) *Freshwater invasions: using historical data to analyse spread*. Diversity and Distributions. 13, pp. 23-32.

MACKIE, G. & CLAUDI, R. (2010). *Monitoring and control of macrofouling molluscs in fresh water systems*. 2nd Ed. CRC Press, New York. 508 p. Citado em THERRIAULT *et al.* (2010).

MARCHANTE, H.; MARCHANTE, E. & FREITAS, H. (2005) *Plantas Invasoras em Portugal – fichas para identificação e controlo*. Ed. dos Autores. Coimbra. 80 pp.

NZMS-MCPWG - NEW ZEALAND MUDSNAIL MANAGEMENT AND CONTROL PLAN WORKING GROUP (2007) *National Management and Control Plan for the New Zealand Mudsnail (Potamopyrgus antipodarum)* - Aquatic Nuisance Species Task Force. 100 pp.

PAN, X., VILLAMAGNA, A. & LI, B. (2012) *Eichhornia crassipes Mart. (Solms-Laubach) (water hyacinth)*. in: FRANCIS R. A. (Ed.) (2012). *A handbook of global freshwater invasive species*. Earthscan. London. 456 pp.

PÉREZ-QUINTERO, J.; TABERNER, M. & DIONISIO, L. (2004) *Los moluscos de las aguas continentales de la provincia de Huelva (SO España)*. Iberus, 22 (2), pp. 19-31. Sociedade Española de Malacologia.



PITÉ, M.T. & AVELAR, T. (1996). *Ecologia das populações e das comunidades*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 315 pp.

PROCTOR, T.; KERANS, B.; CLANCEY, P.; RYCE, E.; DYBDAHL, M.; GUSTAFSON, D.; HALL, R.; PICKETT, F.; RICHARDS, D.; DRAHEIM WALDECK, R.; CHAPMAN, J.; WILTSHIRE, R.; BECKER, D.; ANDERSON, M.; PITMAN, B.; LASSUY, D.; HEIMOWITZ, P.; DWYER, P. & LEVRI, E. (2007) *National Management and Control Plan for the New Zealand Mudsail (*Potamopyrgus antipodarum*)*. Report Prepared for the Aquatic Nuisance Species Task Force by the New Zealand Mudsail Management and Control Plan Working Group. Disponível online em: [http://www.anstaskforce.gov/Documents/NZMS\\_MgmtControl\\_Final.pdf](http://www.anstaskforce.gov/Documents/NZMS_MgmtControl_Final.pdf) [consultado em novembro de 2013].

RAMCHARAN, C. W., PADILLA, D. K. & DODSON, S. I. (1992) *Models to predict potential occurrence and density of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha**. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 49 (12): 2611-2620.

SANTOS, F. D. & MIRANDA, P. (ed.) (2006) *Alterações Climáticas em Portugal - Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação*. Projecto SIAM II. Ed. Gradiva. Lisboa. 506 pp.

SCHOOLER, S. S. (2012) *Alternanthera philoxeroides (Martius) Grisebach (alligator weed)*. In: FRANCIS R. A. (Ed.) (2012). *A handbook of global freshwater invasive species*. Earthscan. London. 456 pp.

SCHREIBER, E.; QUINN, G. & LAKE, P. (1998) *Life history and population dynamics of the exotic snail *Potamopyrgus antipodarum* (Prosobranchia: Hydrobiidae) in Lake Purrumbete, Victoria, Australia*. Marine and Freshwater Research, 49, 73–78. Citado em LOO *et al.* (2007).

STRAYER, D. L. (1991) *Projected distribution of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in North America*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 48: 1389 – 95.

TERRIAULT, T.; WEISE, A.; GILLESPIE, G. & MORRIS, T. (2010) *Risk assessment for New Zealand mud snail (*Potamopyrgus antipodarum*) in Canada*. Fisheries and Oceans Canada, Research Document 2010/108, 93 pp. Disponível online em: [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2011/mpo-dfo/F570-5-2010-108.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/mpo-dfo/F570-5-2010-108.pdf) [consultado em novembro de 2013].

TPWD (TEXAS PARKS AND WILDLIFE DEPARTMENT), INLAND FISHERIES DIVISION, HEART OF THE HILLS FISHERIES SCIENCE CENTER (2010) *Zebra Mussels in Texas: Assessment of relative risks to fishery resources, recommendations for action, and expectations for the future*. 22 pp. [Disponível online em: [http://texasinvasives.org/resources/publications/TPWD\\_ZebraMussels\\_in\\_Texas.pdf](http://texasinvasives.org/resources/publications/TPWD_ZebraMussels_in_Texas.pdf)]

VINSON, M.; HARJU, T. & DINGER, E. (2007) *Status of New Zealand Mud Snails (Potamopyrgus antipodarum) in the Green River downstream from Flaming Gorge Dam: Current Distribution; Habitat Preference and Invertebrate Changes; Food Web and Fish Effects; and Predicted Distributions*. Final Report for Project Agreements: USFWS – 601815G405, NPS – J1242050058, BLM – JSA041003. Department of Aquatic, Watershed and Earth Resources, Utah State University, Logan. Disponível online em: <http://www.usu.edu/buglab/Content/Files/2007NZMS.pdf> [consultado em novembro de 2013].

VINYOLES, D.; ROBALO, J. I.; DE SOSTOA, A.; ALMODÓVAR, A.; ELVIRA, B.; NICOLA, G. G.; FERNÁNDEZ-DELGADO, C.; SANTOS, C. S.; DOADRIO, I.; SARDÀ-PALOMERA, F.; ALMADA, V. C. (2007) *Spread of the alien bleak Alburnus alburnus (Linnaeus, 1758) (Actinopterygii, Cyprinidae) in the Iberian Peninsula: The role of reservoirs*. *Graellsia*, 63(1):101-110. [Disponível online em: <http://hdl.handle.net/10400.12/1408>.]

WALTON, W.E., HENKE, J.A. & WHY, A.M. (2012) *Gambusia affinis (Baird & Girard) and Gambusia holbrooki Girard (mosquitofish)*. In: FRANCIS R. A. (Ed.) (2012). *A handbook of global freshwater invasive species*. Earthscan. London. 456 pp.

WHITTIER, T. R., RINGOLD, P. L., HERLIHY, A. T. & PIERSON, S.M. (2008) *A calcium-based invasion risk assessment for zebra and quagga mussels (Dreissena spp)*. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 6; doi: 10.1890/070073.

## Sítios de Internet consultados

AMECO (2013) *Base de dados macroeconómicos anuais da Comissão Europeia – DF ECOFIN*.

<[http://ec.europa.eu/economy\\_finance/ameco/user/serie/SelectSerie.cfm](http://ec.europa.eu/economy_finance/ameco/user/serie/SelectSerie.cfm)> [Acedida em dezembro de 2013].

CH EBRO – PORTAL DA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. – *Publicações sobre mexilhão-zebra*.

<<http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=2029&idMenu=2540>> [Acedido em outubro de 2013].

DAISIE. DELIVERING ALIEN INVASIVE SPECIES INVENTORIES FOR EUROPE <<http://www.europe-aliens.org>> [Acedido em setembro de 2013].

GEIB (2006) TOP 20: *Las 20 especies exóticas invasoras más dañinas presentes en España*. GEIB, Serie Técnica N.2. Pp.: 116. <[http://www.masmar.com/files/TOP20\\_final\\_2.pdf](http://www.masmar.com/files/TOP20_final_2.pdf)> [Acedido em agosto de 2013].

INVASIVE SPECIES SPECIALIST GROUP (ISSG) <<http://www.issg.org>> [Acedido em outubro de 2013].





MAGRAMA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE DO GOVERNO DE ESPANHA. **Documento “Instrucción para la elaboración y tramitación de los informes de viabilidad previstos en el artículo 46.5 de la Ley de Aguas”**. <[http://www.magrama.gob.es/es/agua/planes-y-estrategias/informes-de-viabilidad-de-obras-hidraulicas/camalote\\_tcm7-26958.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/agua/planes-y-estrategias/informes-de-viabilidad-de-obras-hidraulicas/camalote_tcm7-26958.pdf)> [Acedido em outubro de 2013].

RIBEIRO, F., BELDADE, R., DIX, M. & BOCHECHAS, J. (2007). **Carta Piscícola Nacional**. Direção Geral dos Recursos Florestais-Fluviatilis, Lda. Publicação Eletrónica (versão 01/2007). <<http://www.cartapiscicola.org>> [Acedido em setembro de 2013].

SIAM – PROJECTO "CLIMATE CHANGE IN PORTUGAL. SCENARIOS, IMPACTS AND ADAPTATION MEASURES" <<http://www.siam.fc.ul.pt/>> [Acedido em outubro de 2013].

SMITHSONIAN MARINE STATION AT FORT PIERCE. **Ficha sobre Eichhornia crassipes**. <[http://www.sms.si.edu/irlspec/Eichhornia\\_crassipes.htm](http://www.sms.si.edu/irlspec/Eichhornia_crassipes.htm)> [Acedido em novembro de 2013].

*Esta página foi deixada propositadamente em branco.*



## 10. Anexos

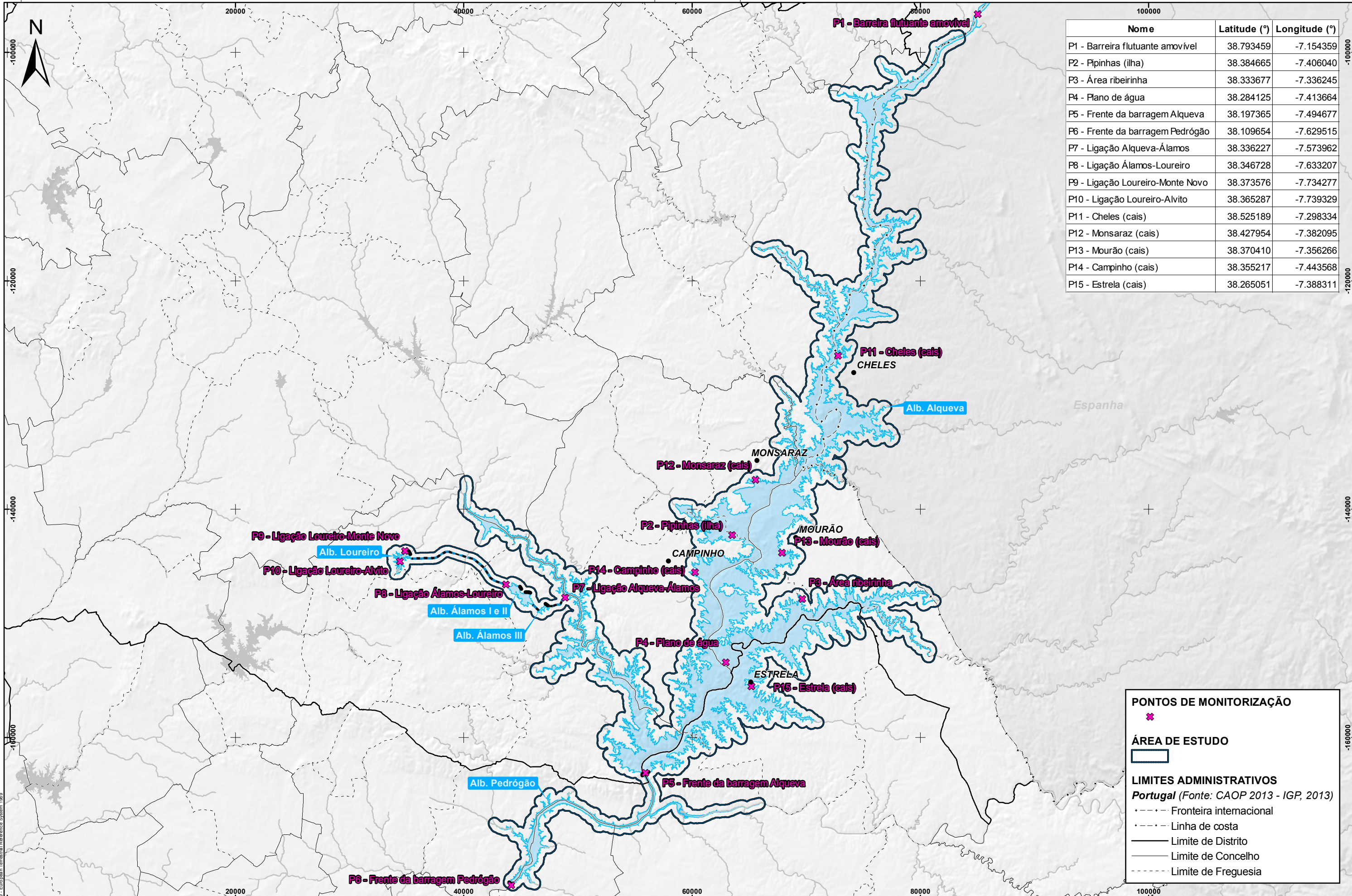
*Esta página foi deixada propositadamente em branco.*

## **Anexo I**

### Cartografia







Nome	Latitude (°)	Longitude (°)
P1 - Barreira flutuante amovível	38.793459	-7.154359
P2 - Pipinhas (ilha)	38.384665	-7.406040
P3 - Área ribeirinha	38.333677	-7.336245
P4 - Plano de água	38.284125	-7.413664
P5 - Frente da barragem Alqueva	38.197365	-7.494677
P6 - Frente da barragem Pedrógão	38.109654	-7.629515
P7 - Ligação Alqueva-Álamos	38.336227	-7.573962
P8 - Ligação Álamos-Loureiro	38.346728	-7.633207
P9 - Ligação Loureiro-Monte Novo	38.373576	-7.734277
P10 - Ligação Loureiro-Alvito	38.365287	-7.739329
P11 - Cheles (cais)	38.525189	-7.298334
P12 - Monsaraz (cais)	38.427954	-7.382095
P13 - Mourão (cais)	38.370410	-7.356266
P14 - Campinho (cais)	38.355217	-7.443568
P15 - Estrela (cais)	38.265051	-7.388311

**PONTOS DE MONITORIZAÇÃO**

**ÁREA DE ESTUDO**

**LIMITES ADMINISTRATIVOS**  
*Portugal* (Fonte: CAOP 2013 - IGP, 2013)  
 - - - - Fronteira internacional  
 - - - - Linha de costa  
 - - - - Limite de Distrito  
 - - - - Limite de Concelho  
 - - - - Limite de Freguesia

Sistema de Referência: PT-TM06UTMRSB - European Terrestrial Reference System 1989

**nemus**

Escalas:	Projectou: Gisela Sousa, Sara de Sousa	Em substituição:
1:300 000	Verificou: Gisela Sousa, Sara de Sousa	-
Escala gráfica:	Desenhou: João Fernandes	Substituído por:
	Aprovou: Pedro Bettencourt	-

**PLANO DE MONITORIZAÇÃO E GESTÃO DE ESPÉCIES INVASORAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DE ALQUEVA**

**PONTOS DE DETEÇÃO E MONITORIZAÇÃO**

Número:	<b>1</b>	
Código:	T12071_1213_01	Folha:
Data:	Dezembro 2013	1/1

