



CAPTAR
ciência e ambiente para todos

volume 3 • número 1 • p 40 - 59

***Corbicula fluminea*: Utilização de uma espécie invasora como organismo experimental**

As espécies invasoras incrustantes são actualmente uma forte ameaça aos ecossistemas e indústrias hidrodependentes em todo o mundo. Uma das principais espécies invasoras bioincrustantes presentes em Portugal é a amêijoia asiática *Corbicula fluminea* (Müller, 1774).

O presente artigo tem como objectivo essencial a divulgação das características gerais desta espécie e dos seus impactos. Nomeadamente, serão abordados aspectos relacionados com a taxonomia, distribuição actual, ecologia e impactos ecológicos e industriais documentados para *C. fluminea*. Numa segunda fase pretende-se também sugerir a amêijoia asiática como instrumento de trabalho para o Ensino das Ciências Naturais e da Biologia ao nível Básico e Secundário. Neste contexto, são sugeridos alguns protocolos para determinação de parâmetros básicos de tamanho e biomassa, bem como protocolos para estudos de alometria e dinâmica populacional da espécie.

Deste modo, pretende-se não só sensibilizar a população em geral para a problemática das espécies invasoras bioincrustantes, mas também sugerir a possibilidade de as integrar como organismos de trabalho no sistema de ensino.

Palavras-chave

Corbicula fluminea

morfologia

ecologia

organismos experimentais

parâmetros morfométricos

biomassa

alometriadinâmica

populacional

Inês Correia Rosa¹

Raquel Costa²

Fernando Gonçalves¹

Joana Pereira^{1*}

¹ Departamento de Biologia e CESAM, Universidade de Aveiro

² CIEPQPF, Departamento de Engenharia Química, Universidade de Coimbra

* jpereira@ua.pt

ISSN 1647-323X

INTRODUÇÃO

As espécies invasoras são consideradas um grave problema ambiental (Huybregts e Tamburri, 2005). Estas espécies podem alterar *habitats*, causar a extinção de espécies nativas e são, em muitos casos, também responsáveis por graves impactos económicos (Huybregts e Tamburri, 2005). Todas as espécies invasoras são espécies introduzidas, mas o que faz dum organismo introduzido, um invasor? Nos ecossistemas aquáticos, algumas das características que permitem o sucesso duma espécie num novo ambiente são: curto ciclo de vida (p.ex. 2 a 3 anos), crescimento rápido, maturidade sexual precoce, elevada fecundidade¹, capacidade para colonizar uma elevada diversidade de *habitats*, grande tolerância fisiológica a alterações abióticas, elevadas taxas de variabilidade genética e plasticidade fenotípica², comportamento oportunista e convivência comensal³ com as actividades humanas (Darrigran, 2002; Sousa et al., 2008a). Outros factores ecológicos, tais como ausência de predadores ou competidores naturais, desenvolvimento de novas relações entre parasitas e hospedeiros e distúrbio de *habitats* (Pimentel et al., 2005), podem fazer com que uma espécie introduzida se torne abundante e persistente. Os bivalves invasores apresentam muitas das características acima referidas e acabam por, muitas vezes, dominar a biomassa da comunidade bentónica e exercer um forte controlo sobre a estrutura e função do ecossistema enquanto filtradores dominantes (Werner e Rothhaupt, 2007). Entre os bivalves com maior capacidade invasora encontra-se a espécie *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), também chamada amêijoa asiática (Werner e Rothhaupt, 2007).

O presente trabalho tem como objectivo não só dar a conhecer *C. fluminea*, nomeadamente a sua taxonomia, distribuição e ecologia, mas também sintetizar alguns dos impactos documentados para esta espécie como organismo invasor e incrustante⁴ e sensibilizar a comunidade para a problemática associada a este tipo de espécies. A verdade é que não há quaisquer vantagens económicas directas associadas à presença de *C. fluminea* na Europa - apesar de ser considerada uma espécie economicamente importante nos países onde é nativa, essencialmente como fonte de alimento (Morgan et al., 2003). As suas eventuais vantagens ecológicas entram em conflito com os impactos negativos sobre os ecossistemas. Este trabalho pretende também sugerir esta espécie como instrumento de trabalho para o Ensino das Ciências Naturais e da Biologia, substituindo, por exemplo, espécies nativas.

TAXONOMIA

C. fluminea pertence ao filo Mollusca que se caracteriza por apresentar organismos triploblásticos⁵, geralmente simétricos bilateralmente, metazoários⁶ celomados⁷, em que o celoma está reduzido à cavidade pericardial, envolvendo também parcialmente rins e gónadas. O epitélio e tecidos adjacentes da massa

¹ Potencial reprodutivo que corresponde ao número de juvenis produzidos por unidade de tempo

² Capacidade de um indivíduo alterar o seu fenótipo (ao nível fisiológico ou morfológico) de acordo com as condições do ambiente dentro dos limites estabelecidos pela sua composição genética (genótipo).

³ Comensalismo: relação biótica entre dois organismos em que um beneficia da relação e o outro não é afectado

⁴ O termo incrustante é aplicado aqui com o sentido do termo original inglês *biofouler*. O *biofouling* é a acumulação nefasta de organismos em estruturas submersas ou húmidas.

⁵ Termo embriológico que se refere à formação de três camadas primárias de células: ectoderme, mesoderme e endoderme.

⁶ Animais multicelulares

⁷ Organismos com celoma: cavidade corporal secundária delimitada por tecido de origem mesodermal

visceral formam um invólucro em redor do corpo, constituindo o manto, que assume uma importante função de segregação da concha no caso dos bivalves (Figura 1). Esta estrutura envolve uma cavidade, a cavidade do manto ou cavidade paleal, onde estão órgãos especializados na respiração (os ctenídios), e onde se localiza também o ânus, a zona terminal dos nefrídios e os quimiorreceptores. Quanto aos restantes sistemas: o tracto digestivo é completo e bem desenvolvido e com estruturas próprias associadas, tais como a glândula digestiva e, nalguns casos, rádula; o sistema circulatório é aberto (excepto na classe Cephalopoda), sendo o hemocélio⁸ a cavidade que suporta os tecidos banhados pelo “sangue”⁹; o sistema nervoso consiste em gânglios cerebrais, pleurais, pedálicos e viscerais com cordões nervosos desenvolvidos longitudinal e transversalmente ao longo do corpo; no caso das classes Gastropoda e Cephalopoda, os gânglios estão concentrados num anel nervoso na região da cabeça. A caracterização geral dos moluscos acima apresentada foi baseada na informação constante em Britton e Fuller (1980), Ruppert et al. (2004) e Pechenik (2005).

C. fluminea pertence à classe Bivalvia (Pelecypoda). Os bivalves apresentam o corpo lateralmente comprimido e possuem uma concha composta por duas valvas unidas dorsalmente que envolvem todo o corpo (Ruppert et al., 2004). Tal como na maioria dos bivalves, em *C. fluminea* o manto está dividido num par de lóbulos laterais, em que cada um secreta uma parte da concha (Britton e Fuller, 1980). Nos bivalves, os ctenídios especializaram-se também na função de recolha de alimento (filtração) para além das funções respiratórias (Britton e Morton, 1982; Ruppert et al., 2004). A cabeça está bastante reduzida apenas restando a boca rodeada por um par de estruturas típicas dos bivalves, os palpos labiais (Figura 1), que conduzem o material para a boca (Britton e Fuller, 1980).



FIGURA 1: Anatomia básica de *C. fluminea*. (a) Vista interna das duas valvas (foto de Susana Pereira); (b) Pormenor dos sifões (Foto de Susana Pereira); (c) Vista interna da valva esquerda. 1. Manto; 2. Pé; 3. Sifões; 4. Massa visceral; 5. Brânquias; 6. Palpos labiais

C. fluminea pertence à subclasse Heterodonta uma vez que possui dois grupos de dentes de charneira¹⁰: os dentes cardinais localizados centralmente e os dentes laterais, que são uma série alongada de dentes em posição anterior e posterior relativamente aos dentes cardinais (Figura 2) (Britton e Fuller, 1980). Para além disso esta espécie possui as duas valvas semelhantes unidas pela charneira localizada no lado dorsal (Figura 2) (Britton e Morton, 1982; Reis, 2006). A concha não possui uma camada nacarada na sua superfície interna. Os seus ctenídios estão parcialmente fundidos lateralmente e anteroposteriormente, com

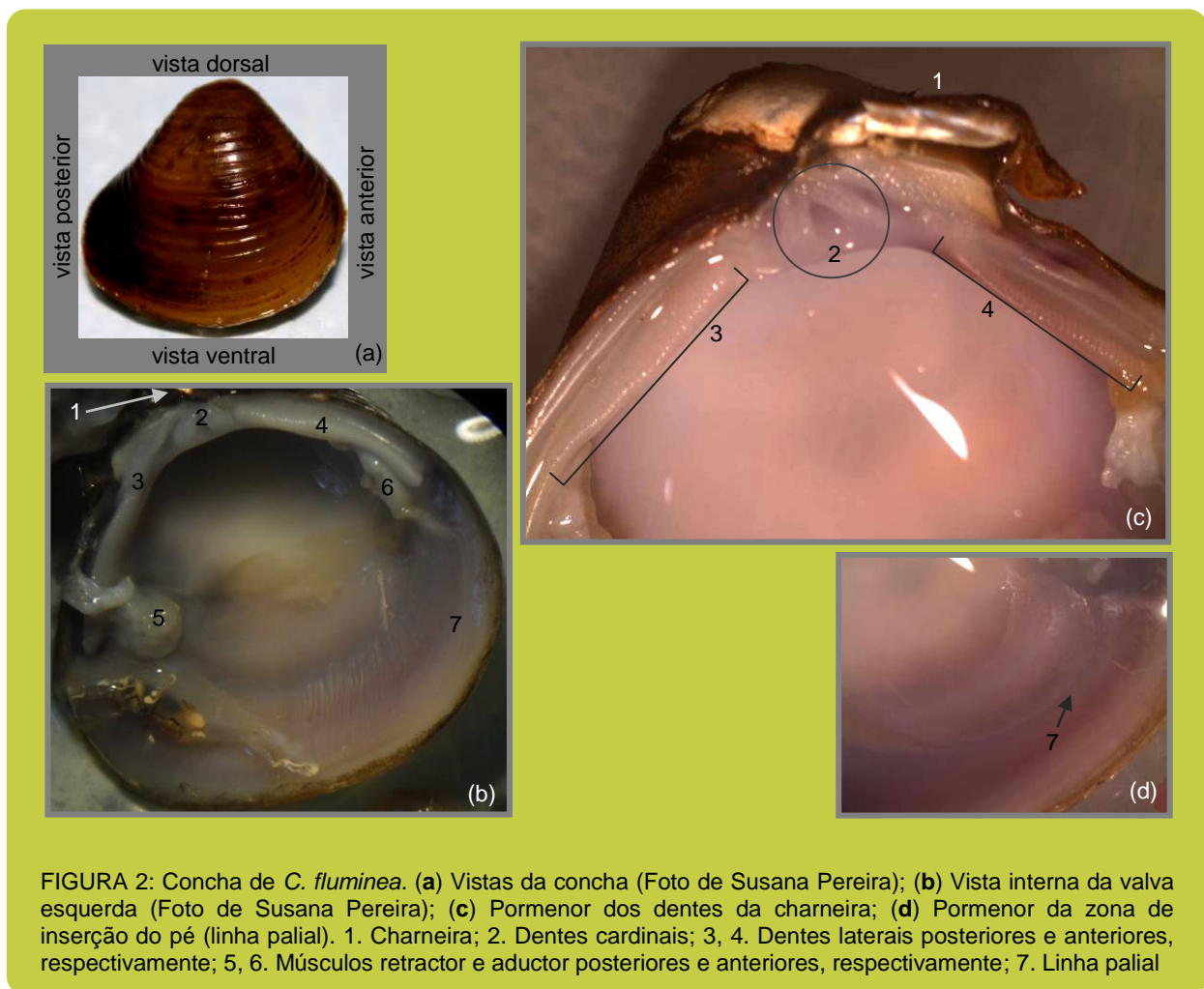
⁸ Espaços por entre os tecidos de organismos com o sistema circulatório aberto onde circula o sangue

⁹ O sangue nos moluscos é normalmente designado de hemolinfa uma vez que contém hemocianina e não hemoglobina

¹⁰ Elevações e depressões presentes nas superfícies dorsais de cada valva

espaços que permitem a circulação da água no seu interior, pelo que se trata de um organismo eulamelibranqueo. Nos organismos eulamelibranqueos, a água entra para a cavidade do manto através dos sífões (Figura 1), que resultam da fusão parcial do manto com a margem posterior do corpo. Os sífões adquiriram praticamente todas as funções sensoriais destes bivalves (Britton e Fuller, 1980).

C. fluminea pertence à ordem Veneroidea e à superfamília Corbiculoidea (Corbiculacea). Tal como noutros organismos desta ordem, a concha de *C. fluminea* é robusta (espessa e resistente). Para além disso, os organismos desta ordem são isomiarianos¹¹ (Britton e Fuller, 1980). As amêijoas da superfamília Corbiculoidea têm forma triangular a oval sendo que as cristas da superfície externa da concha se desenvolvem concentricamente. Apresentam, no máximo, 3 dentes cardinais em cada valva e os sífões são geralmente pequenos e fazem um pouco ou nenhuma fissura na linha paleal de cada valva (Britton e Fuller, 1980).



Dentro da superfamília Corbiculoidea existem duas famílias: a família Pisidiidae exclusivamente de água doce, e a família Corbiculidae que pode ser encontrada em meio marinho, salobro ou de água doce. É a esta última família que pertence *C. fluminea*. Neste caso, o periostraco¹² está bem desenvolvido e os dentes laterais são muitas vezes serrados (Britton e Fuller, 1980).

¹¹ Os músculos que estão em frente à charneira são de igual tamanho

¹² Camada de material orgânico que cobre o exterior da concha e é responsável pela sua cor

Dentro da família Corbiculidae existem 3 géneros principais: *Corbicula*, *Batissa* e *Polymesoda*. Destes, apenas o género *Corbicula* tem um número significativo de espécies de água doce. Em Portugal tudo indica que existe apenas uma espécie deste género, precisamente *C. fluminea* (Reis, 2006). Algumas das características morfológicas desta espécie são as estrias muito fortes e regulares na superfície externa da concha e a charneira composta por 3 dentes cardinais e dois laterais, um de cada lado e caracteristicamente serrilhados. Em Portugal podem distinguir-se duas formas morfológicas não diferenciadas geneticamente: uma de silhueta marcadamente triangular de grandes dimensões (pode ultrapassar os 5 cm) e outra, de silhueta quase circular e mais pequena (Reis, 2006).

Sumarizando a classificação taxonómica da amêijoa asiática:

Filo Mollusca ► Classe Bivalvia ► Subclasse Heterodonta ► Ordem Veneroida ► Superfamília Corbiculoidea ► Família Corbiculidae ► Género *Corbicula* ► Espécie *Corbicula fluminea*



ECOLOGIA

Nesta secção serão abordados os aspectos ecológicos que fazem de *C. fluminea* um invasor bem sucedido. As principais características que lhe conferem um tal sucesso são a elevada capacidade adaptativa no que diz respeito ao *habitat*, a elevada tolerância a uma grande gama de condições ambientais, o grande potencial reprodutivo, o crescimento rápido, a maturidade sexual precoce e a grande capacidade de dispersão.

Relativamente ao *habitat*, esta espécie tanto é encontrada em rios, canais, albufeiras e lagos, como em zonas de influência de maré (em particular a forma triangular de *C. fluminea*). Tem preferência por substrato arenoso, privilegiando substratos heterogéneos com uma mistura de areia, pedras e rochas e evitando zonas de sedimentos muito finos e com correntes fortes (Strayer, 1999; Reis, 2006). Ainda assim, tolera facilmente outro tipo de substratos, particularmente os lodosos, conforme já observado pelos autores deste artigo.

C. fluminea é também bastante tolerante à maioria dos factores abióticos, com excepção do oxigénio. Baseando-se em vários trabalhos de outros autores, Karatayev et al. (2005) apresentam uma síntese dos seus limites de tolerância a

TABELA I: Limites de tolerância de *C. fluminea* a diferentes factores ambientais; baseado em Karatayev et al. (2005).

Factor ambiental	Limites	
	Inferior	Superior
Salinidade	2	10-17
Temperatura para crescimento e desenvolvimento (°C)	10	ND
Temperatura para sobrevivência (°C)	0,5-2*	36-37
pH	5,6	ND

ND: Não determinado; *French e Scoessler, 1996

exposta a níveis de hipoxia¹³ (ver McMahon, 1983), pelo que está geralmente limitada a zonas litorais ou sub-litorais (Karatayev et al., 2005), podendo estabelecer-se noutras zonas, desde que bem oxigenadas.

¹³ Baixo teor em oxigénio

O ciclo de vida da amêijoia asiática tem uma série de características que fazem desta espécie uma invasora de sucesso, a começar pela elevada fecundidade. Geralmente, estas amêijoas apresentam dois períodos de libertação de larvas por ano: um na Primavera e outro no Outono, que se pensa serem despoletados pela temperatura (Britton e Morton, 1982). Apesar da taxa de sobrevivência destas larvas ser de apenas 0,1%, por dia são produzidas cerca de 600 a 700 larvas por indivíduo durante a Primavera e Outono, (Aldridge e McMahon, 1978). Para além disso, *C. fluminea* é hermafrodita, e apesar de existir auto-fertilização, o mais comum é realizar fertilização cruzada (Kraemer et al., 1986). Portanto, pode assumir-se que um único progenitor pode dar continuidade à população. A incubação dos ovos fertilizados ocorre em áreas marsupiais especializadas no interior das demibrânquias¹⁴ interiores; a descendência é libertada no estado de pediveligera¹⁵ (Britton e Fuller, 1980; McMahon, 1983). Nesta fase, as larvas têm cerca de 230 µm (Kraemer e Galloway, 1986) e, embora não nadem activamente, são bastante leves, pelo que poderão ser facilmente arrastadas pelas correntes, suspensas na coluna de água, o que facilita a sua dispersão para jusante. Adicionalmente, sabe-se que pelo menos durante uma parte dos estados juvenil e pré-adulto (até aos 14 mm de comprimento anteroposterior de concha), *C. fluminea* produz uma substância mucilaginosa que também contribui para a dispersão (Prezant e Chalermwat, 1984).

Para além destas características, esta espécie apresenta um rápido crescimento e maturidade sexual precoce que também a favorece como organismo invasor. Tal como a maioria dos organismos, *C. fluminea* apresenta reduções na taxa de crescimento à medida que aumenta o tamanho do organismo (Britton e Morton, 1982). No entanto, no início do desenvolvimento, o crescimento é bastante rápido. Por exemplo, um organismo nascido na Primavera pode atingir 15 a 18 mm no Outono seguinte, tamanho que corresponde a um indivíduo já maduro. Assim, este indivíduo contribuirá para a fecundidade da população logo na estação reprodutora seguinte. Já organismos nascidos no Outono, na Primavera seguinte terão cerca de 10 a 12 mm. Embora o crescimento destes seja mais lento, provavelmente devido às exigências do Inverno (p.ex. baixas temperaturas da água promoverão uma redução das taxas metabólicas e conseqüentemente do crescimento; diminuição da disponibilidade de recursos alimentares), este tamanho está no limite do necessário para ser atingida a maturidade sexual. Deste modo, pelo menos alguns destes organismos podem contribuir para a produção de novos efectivos durante a Primavera (Britton e Morton, 1982).



DISTRIBUIÇÃO

C. fluminea é nativa da Ásia, Oceânia e África. Actualmente está já presente em vários ecossistemas do continente Americano e Europeu (Bilos et al., 1998; Britton e Morton, 1982; Counts, 1986; Reis, 2006). Pensa-se que poderá ter sido introduzida nos Estados Unidos da América pelos emigrantes asiáticos que a usavam habitualmente como recurso alimentar (Sousa et al., 2008a). Outro vector de introdução de origem antropogénica poderá ser o transporte nos cascos de barcos, enredadas em macrófitas ou algas. Para além disso, as amêijoas podem ser usadas como isco, vendidas como acessórios para aquários e ainda ser transportadas como curiosidade turística (Schmidlin e Baur, 2007; Sousa et al., 2008a). A introdução de *C. fluminea* pode também dar-se naturalmente através do movimento por canais de água ou por aves marinhas

¹⁴ Os bivalves possuem dois pares de brânquias, cada uma semelhante a um W; uma demibrânquia é um V do W

¹⁵ Larva adaptada para rastejar em vez de nadar

e peixes, principalmente no caso dos juvenis que produzem secreções mucosas (Prezant e Chalermwat, 1984; Schmidlin e Baur, 2007).

O primeiro registo da sua ocorrência na Europa data do início da década de 1980, na bacia do Tejo (Mouthon, 1981), pelo que Portugal parece ter sido a porta de entrada da espécie para a Europa. Após este primeiro registo, num período de 10 anos os estuários dos rios Douro e Minho foram também invadidos. A partir de 2000, *C. fluminea* foi reportada em vários outros estuários e águas interiores, sendo que, actualmente, está presente em todas as regiões hidrográficas nacionais com excepção da região dos rios Cávado, Ave e Leça (Rosa et al., *in press*) (Figura 3).

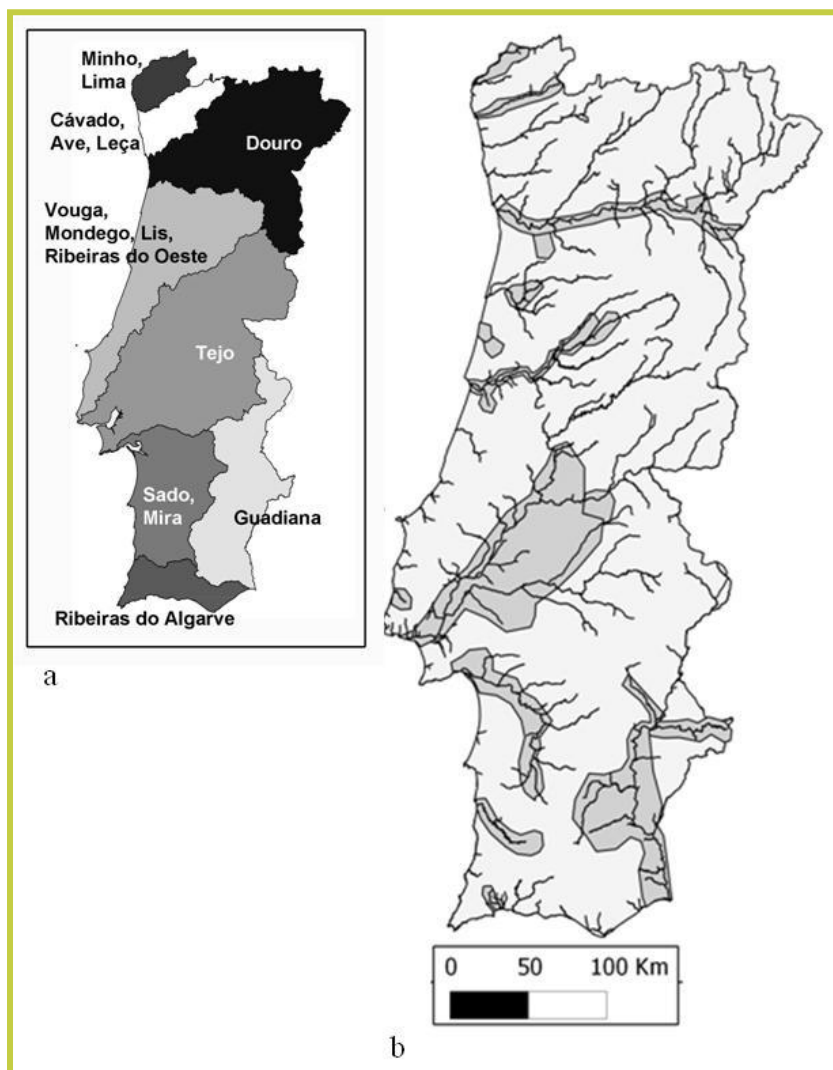


FIGURA 3: Mapa de distribuição de *C. fluminea* em Portugal. a. Regiões hidrográficas. b. Distribuição actual da amêijoia asiática.

IMPACTOS

C. fluminea é uma espécie particularmente problemática, já que causa não só alterações ecológicas nos sistemas invadidos, mas também graves impactos industriais. As Tabelas II e III resumem os impactos ecológicos e industriais descritos na literatura, respectivamente.

TABELA II: Resumo dos impactos ecológicos descritos na literatura para *C. fluminea*. A coluna +/- indica se os impactos são positivos (+) ou negativos (-).

+/-	Impactos	Referências
+	Abrigo e substrato para outras espécies	Strayer e Malcom, 2007; Werner e Rothhaupt, 2007
+	Fonte de matéria orgânica disponível no substrato para espécies pelágicas e bentónicas e de nutrientes inorgânicos que estimulam a produção primária	Vaughn e Hakenkamp, 2001; Cantanhede et al., 2008; Sousa et al., 2008a
+	Através da sua capacidade filtradora, redução da eutrofização e diminuição da turbidez da água permitindo o reaparecimento de vegetação aquática submersa	Phelps, 1994
-	Domínio da biomassa das comunidades bentónicas dos habitats onde está presente por substituição e/ou redução do habitat disponível para outras espécies	Strayer, 1999; Vaughn e Hakenkamp, 2001; Williams et al., 2001; Schmidlin e Baur, 2007

-	Competição pelo alimento com outras espécies filtradoras e bentónicas, devido à sua elevada capacidade de filtração associada à capacidade adicional de se alimentarem de matéria re-suspensa através do pé ¹⁶	Cohen et al., 1984; Lauritsen, 1986; Strayer, 1999; Hakenkamp et al., 2001; Williams et al., 2001; Schmidlin e Baur, 2007
-	Ingestão de grandes quantidades de esperma, gloquídeos ¹⁷ e juvenis de bivalves nativos	Strayer, 1999
-	Aquando de episódios periódicos de mortalidades em massa, produção de amónia e redução de oxigénio capazes de provocar a morte de bivalves nativos	Strayer, 1999; Sousa et al., 2008b
-	Alteração da concentração de matéria orgânica armazenada nos sedimentos e conseqüente alteração dos ciclos de nutrientes	Hakenkamp e Palmer, 1999; Vaughn e Hakenkamp, 2001
-	Vectores de parasitas e outros agentes patogénicos	Chung et al., 2001

TABELA III: Resumo dos impactos industriais descritos na literatura para *C. fluminea*.

Sector industrial	Impactos	Referências
Centrais eléctricas	Entupimento de condensadores e sistemas de distribuição de água em zonas de pequeno diâmetro e com pouco fluxo	(McMahon, 1977; Isom, 1986; Johnson et al., 1986; MacPhee, 1986; Page et al., 1986; Potter e Liden, 1986; Smithson, 1986; Rosa et al., <i>in press</i>)
	Perdas de desempenho e eficiência dos condensadores, devido a elevadas pressões e necessidade de limpeza	(Potter e Liden, 1986)
	Riscos na segurança relacionados com o arrefecimento deficiente e entupimento dos sistemas de protecção contra incêndio	(Isom et al., 1986; Johnson et al., 1986)
	Perdas económicas e de desempenho durante a limpeza dos sistemas afectados e a remoção das amêijoas	(McMahon, 1977; Isom, 1986; Isom et al., 1986; Johnson et al., 1986; MacPhee, 1986; Page et al., 1986; Potter e Liden, 1986; Smithson, 1986; Rosa et al., <i>in press</i>)
Estações de tratamento de águas para consumo humano	Interrupção do fluxo e aumento do desgaste das bombas levando a uma redução da eficiência das operações	(Ingram, 1959; Sinclair, 1964; Rosa et al., <i>in press</i>)
	Odor e sabor da água desagradáveis, ou seja, alteração de algumas propriedades organolépticas da água.	(Smithson, 1986)
	Perdas económicas e de desempenho durante a limpeza dos sistemas afectados e a remoção das amêijoas	(Ingram, 1959; Sinclair, 1964; Rosa et al., <i>in press</i>)
Cimenteiras	Perda da qualidade do betão devido à utilização de areia com conchas no processo de produção	(Sinclair, 1964)
Sistemas de irrigação	Deposição de amêijoas em locais de baixa velocidade de escoamento e conseqüente redução do fluxo de água, o que leva ao aumento das taxas de deposição de sedimentos	(Ingram, 1959; Prokopovich e Herbert, 1965; Prokopovich, 1969; Rosa et al., <i>in press</i>)
	Entupimento de estruturas de apoio à irrigação (p.ex. <i>pivots</i> e hidrantes) e conseqüente aumento do gasto energético para compensar o decréscimo de fluxo	Rosa et al., <i>in press</i>
	Perdas devido ao desperdício de água durante as operações de remoção de amêijoas e conchas, bem como devido à reparação ou substituição das estruturas afectadas	(Prokopovich e Herbert, 1965; McMahon, 1983; Rosa et al., <i>in press</i>)

¹⁶ Do original *pedal feeding*

¹⁷ Estado larvar de alguns moluscos de água doce; Estas larvas são parasitas de peixes, utilizando esta condição para promover a sua dispersão natural



A AMÊIJOA ASIÁTICA COMO ORGANISMO EXPERIMENTAL

As vantagens do uso da amêijoia asiática como objecto de estudo no Ensino Básico e Secundário são várias:

- quando ocorre, existe sempre em grandes quantidades;
- é de fácil recolha e manutenção em laboratório;
- tem um tamanho apropriado (15 a 30 mm no final do primeiro ano de vida, podendo atingir 35 a 50 mm no final de vida (McMahon, 1983)) para que se possam fazer muitas observações sem o apoio de instrumentos de ampliação e para que se possam usar vários indivíduos simultaneamente em réplicas experimentais ou na reprodução de experiências laboratoriais variadas (Britton e Morton, 1982);
- a sua anatomia e morfologia é bastante representativa dos restantes bivalves, o que permite a sua utilização como modelo morfo-anatómico de bivalves;
- tem um ciclo de vida curto (1 a 4 anos) com dois períodos reprodutores por ano (McMahon, 1983), o que é vantajoso sob um ponto de vista de disponibilidade numérica de indivíduos pertencentes a diferentes estados do ciclo de vida num mesmo local de recolha;

Para além destas vantagens, é importante reconhecer que a utilização de *C. fluminea* como modelo de estudo ou experimental constitui uma alternativa à utilização de espécies nativas, cuja presença nos ecossistemas deve ser preservada. Não obstante, e tendo em conta os princípios éticos que se devem respeitar quando se trabalha com um organismo vivo, deve ser feito um esforço para reduzir o número de organismos utilizados em experiências ao mínimo. Mais ainda, deve ter-se o máximo cuidado com a forma como são descartados os organismos no final do trabalho experimental, de forma a que tal acção não constitua uma contribuição para aumentar a dispersão da espécie. Para ter a certeza que não há lugar à chegada de organismos vivos ao ambiente, é preferível congelá-los durante 24 – 48h antes de serem descartados.

A maior parte dos trabalhos e experiências que se podem desenvolver com a amêijoia asiática requerem, por um lado, que se recolham os organismos em ambiente natural, e por outro, que sejam determinados parâmetros métricos básicos (tamanho de concha e determinações da biomassa¹⁸). Alguns detalhes metodológicos acerca da recolha de organismos e da determinação destes parâmetros são apresentados de seguida.

(i) Recolha de organismos

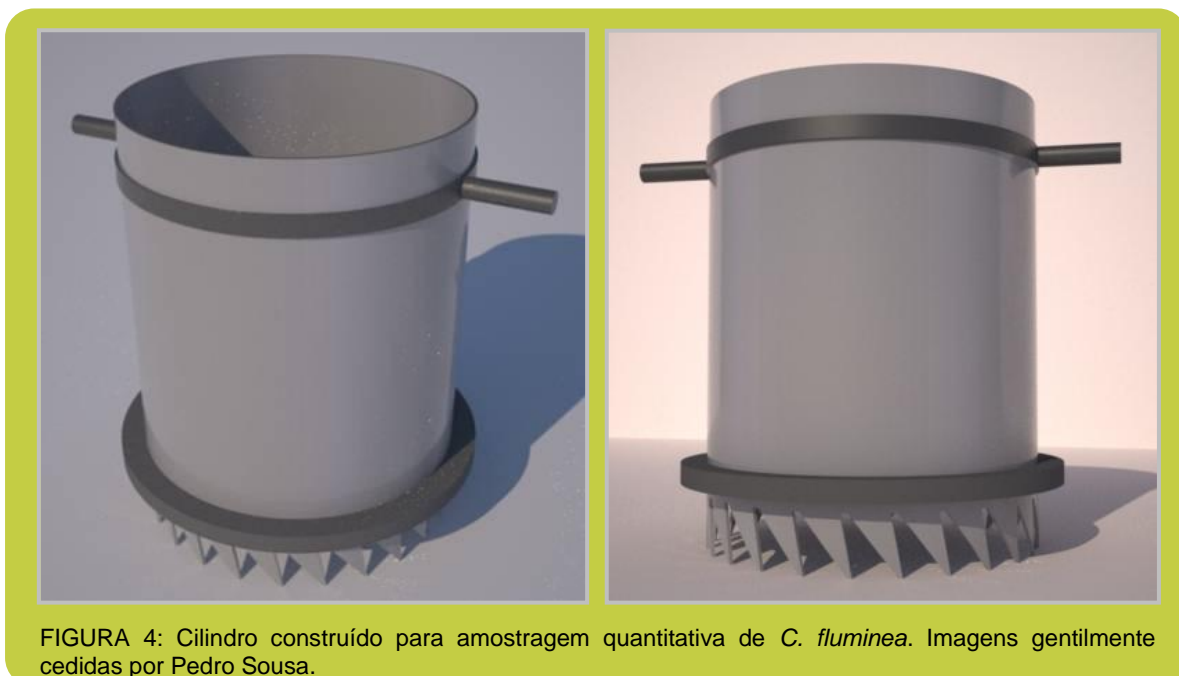
A recolha de organismos para a realização de actividades e/ou experiências com a amêijoia asiática pode ou não obedecer a um método de amostragem (recolha de amostras) quantitativo. Tudo depende do(s) objectivo(s) do estudo em causa. Os métodos quantitativos permitem determinar a quantidade que existe de um determinado item de interesse numa determinada área de amostragem (geralmente medida em m²).

O método qualitativo mais simples e acessível de recolher *C. fluminea* no estado juvenil tardio ou adulto (p.ex. para estudos sobre aspectos morfo-fisiológicos da espécie) consiste na utilização de um saco de rede com uma malha larga (0,5 - 1 cm, dependendo do tamanho mínimo de concha dos indivíduos que se pretende recolher; por exemplo, um saco de batatas serve este propósito). Com uma pá grande

¹⁸ Peso de material vivo

recolhe-se sedimento (onde as amêijoas se encontram), despejando-se o conteúdo para dentro do saco. De seguida, agita-se bem o saco dentro de água de modo a fazer uma crivagem grosseira do sedimento. Colocando o que ficou no saco num tabuleiro, facilmente será possível seleccionar as amêijoas pretendidas separando-as dos detritos que ainda ficaram retidos no saco e seleccionando os tamanhos de interesse.

Os métodos quantitativos que podem ser usados para recolher/amostrar *C. fluminea* envolvem a utilização de instrumentos amostradores apropriados que permitam determinar o volume de sedimento recolhido ou a área amostrada. Britton e Morton (1982) sugerem alguns exemplos de métodos quantitativos de amostragem que podem ser usados neste contexto. Um dos métodos sugeridos pelos autores implica a utilização de um instrumento que pode ser facilmente construído recorrendo a materiais comuns. Trata-se de um cilindro aberto com duas pegas (que pode ser construído recorrendo a um bidão metálico ou de plástico), em que uma das extremidades tem o bordo cerrado (Figura 4). O cilindro é empurrado para o substrato (a borda serrada facilitará a penetração do cilindro no sedimento) até se sentir que ele está fixo. De seguida, o material retido dentro do cilindro é removido com uma pá para um saco de rede (0,5-1 cm, dependendo do tamanho mínimo de concha dos indivíduos que se pretende) e procede-se de igual modo ao acima descrito para os métodos qualitativos relativamente à crivagem da amostra recolhida e selecção de organismos. Sabendo qual a área do cilindro, facilmente se determina a quantidade de amêijoas que existem nessa área; naturalmente que a quantificação da amostra envolve um passo adicional de extrapolação para uma determinada medida de área normalizada (geralmente 1m²). Num trabalho rigoroso, recomenda-se a realização de pelo menos 3 amostragens deste tipo que funcionarão como réplicas quantitativas.



(ii) Parâmetros morfométricos básicos

Existem 3 medidas *standard* das conchas de bivalves que devem ser registadas utilizando uma craveira ou equipamento equivalente (Figura 5):

- 1) Comprimento: Maior dimensão anteroposterior
- 2) Altura: Maior dimensão dorsoventral desde o umbo
- 3) Largura: Maior dimensão das duas valvas juntas.

Um destes parâmetros pode ser suficiente para avaliar o crescimento da concha (geralmente o comprimento). No entanto, o crescimento é uma função não linear que não se reflecte exclusivamente apenas num parâmetro métrico (as variações de volume permitidas pela forma dos organismos justificam a inexistência desta correspondência), pelo que estimar o crescimento apenas com base num parâmetro métrico pode subestimar ou sobrestimar os valores obtidos (Britton e Morton, 1982).



FIGURA 5: Medição dos parâmetros básicos de *C. fluminea* com craveira digital. **a.** Comprimento. **b.** Altura. **c.** Largura.

(iii) Biomassa

A determinação da biomassa de bivalves é um procedimento com alguma complexidade, porque a relação entre o peso dos tecidos e o peso das conchas é, muitas vezes, desproporcional, sendo que o peso da concha contribui com uma percentagem bastante superior à dos tecidos para o peso final. Para além disso, a cavidade do manto dos moluscos pode estar cheia de água no momento da pesagem; se o peso dos indivíduos for registado sem remoção deste volume de água, o peso dos tecidos poderá ser sobrestimado (Britton e Morton, 1982). De forma a ter em conta estas questões, a determinação da biomassa de bivalves é geralmente dividida em 4 componentes básicos:

- 1) Peso fresco total com água - peso total das amêijoas com a cavidade do manto com água ($PF_{\text{água}}$)
- 2) Peso fresco total - peso total das amêijoas com a cavidade do manto sem água (PF_t)
- 3) Peso seco total – peso seco total das amêijoas (PS_t)
- 4) Peso da concha após remoção dos tecidos (P_c)

A partir destas medições, pode calcular-se o peso fresco e seco dos tecidos, que podem ser usados como estimativas de biomassa, bem como a percentagem de cada um dos componentes da biomassa numa análise mais detalhada (Tabela IV) (Britton e Morton, 1982). Segue-se uma breve descrição dos vários procedimentos necessários para determinar a biomassa de uma amêijoas e os seus componentes associados:

- Retirar a amêijoia da água e limpar a concha com papel absorvente. Congelar a amêijoia por um período de pelo menos 24 horas¹⁹; após este período, deixar descongelar completamente a amêijoia à temperatura ambiente.
- Pesar o indivíduo (usando, se possível, uma balança com uma precisão de 0,1 mg). Este peso corresponde ao peso fresco total com água ($PF_{\text{água}}$).
- Abrir ligeiramente a concha, introduzindo uma agulha de dissecação entre as valvas, e, com a ajuda dum bisturi, cortar os músculos aductores tendo o cuidado de não destruir a massa visceral ou o pé²⁰.
- Remover a água da cavidade do manto pressionando levemente sobre a massa visceral e deixando-a escorrer. Voltar a pesar a amêijoia com concha. Este peso corresponde ao peso fresco total (PF_t).
- Colocar o organismo num recipiente e leva-lo a uma estufa a uma temperatura de 80-95°C. Podem ser colocados vários organismos no mesmo recipiente mas é necessário ter o cuidado de identificar correctamente cada amêijoia e de deixar algum espaço livre entre os indivíduos de modo a permitir a circulação de ar. A secagem tem de ser feita até não haver mais perda de peso (geralmente 4 a 6 dias); tal condição pode ser confirmada se durante dois dias consecutivos o peso se mantiver inalterado. Este peso corresponde ao peso seco total (PS_t).
- Remover todo o tecido da concha e pesar a concha (P_c).
- Preencher uma tabela de registo detalhada onde constem todas as medições efectuadas. A tabela 4 é um exemplo de como podem ser feitos os registos e cálculos associados à determinação da biomassa, bem como os registos relativos à medição do tamanho corporal, acima detalhada.

TABELA IV: Proposta de folha de dados para determinação da biomassa. Peso fresco total com água - $PF_{\text{água}}$; Peso fresco total - PF_t ; Peso da água do manto - $PM_{\text{água}}$; Peso seco total - PS_t ; Peso da concha - P_c ; Peso seco dos tecidos moles - PS ; Peso fresco dos tecidos moles - PF

Categoria	Indivíduos			Média
	1	2	...	
Comprimento (mm)				
Altura (mm)				
Largura (mm)				
$PF_{\text{água}}$ (mg)				
PF_t (mg)				
$PM_{\text{água}}$ ($PF_{\text{água}} - PF_t$) (mg)				
PS_t (mg)				
P_c (mg)				
PF ($PF_t - P_c$) (mg)				
PS ($PS_t - P_c$) (mg)				
% de água no manto	$(PM_{\text{água}} / PF_{\text{água}}) \times 100$			
% de água nos tecidos	$[PF_{\text{água}} - (PM_{\text{água}} + P_c + PS)] / PF_{\text{água}} \times 100$			
% de tecido seco	$(PS / PF_{\text{água}}) \times 100$			
% concha	$(P_c / PF_{\text{água}}) \times 100$			

¹⁹ Este procedimento intermédio de congelação provoca a morte dos organismos de uma forma mais rápida do que quando são directamente dissecados depois de retirados da água. Apesar de ser um procedimento mais ético, o experimentador deve ter a noção que o acto de congelar pode alterar ligeiramente os pesos.

²⁰ Órgão muscular extensível usado pelo bivalve para se enterrar ou como locomoção (Figura 2)



ATIVIDADES PRÁTICAS COM A AMÊIJOA ASIÁTICA – ALGUNS EXEMPLOS

Actividade 1: Estudo de relações alométricas comuns em *Corbicula fluminea*

As relações alométricas²¹ entre diferentes parâmetros podem ser bastante importantes em trabalhos de investigação, por exemplo quando não se pode/deve alterar o local de estudo ou quando o parâmetro métrico de interesse exige procedimentos laboratoriais complexos, incompatíveis com o tempo disponível para a sua medição durante uma experiência laboratorial. Imaginemos uma situação em que se está a fazer um estudo num ecossistema sobre a variação na biomassa de uma determinada população de *C. fluminea* e apenas é possível registar uma medida de cada indivíduo capturado (p.ex. para não danificar o animal ou para não manter o organismo muito tempo fora de água). A biomassa não pode ser quantificada directamente sem danificar o animal (*vide* acima neste artigo) e, num estudo deste tipo, os organismos capturados e analisados devem ser repostos no sistema, para que o rigor nas conclusões finais seja assegurado. Apesar de, nesta situação, não ser possível quantificar biomassa directamente, é possível estimá-la tendo por base outro parâmetro métrico passível de ser medido nestas condições. Isto porque geralmente a biomassa relaciona-se matematicamente com diferentes parâmetros métricos tais como o comprimento da concha. Assim, quando se pretende desenvolver um estudo com o enquadramento descrito é fundamental determinar previamente as relações alométricas existentes entre os vários parâmetros que podem ser medidos (p.ex. comprimento e biomassa, largura e biomassa), usando uma amostra da população que vai ser estudada; a relação alométrica mais robusta, ou seja, a que permitirá estimar de forma mais fidedigna a biomassa com base no outro parâmetro métrico deverá ser seleccionada para o estudo. Ao medir em campo o parâmetro métrico usado na melhor relação alométrica com a biomassa obtêm-se dados suficientes para estimar a biomassa *a posteriori*.

Por outro lado, a análise de relações alométricas pode ser realizada de forma independente, ou seja, como um estudo singular que não visa gerar dados essenciais a outro estudo e que tem objectivos próprios. Por exemplo, pode estudar-se a variação da relação entre a biomassa e o tamanho de concha entre estações do ano; em épocas reprodutivas (Primavera e Verão), o investimento de energia é dirigido para o processo reprodutivo e não para o crescimento somático. Pode também analisar-se a influência de diferentes locais (p. ex., água com maior ou menor concentração de cálcio, que influenciará a produção da concha) na relação entre biomassa e o tamanho dos indivíduos.

- 1) Consoante os objectivos e enquadramento de cada estudo particular será necessário ajustar a recolha da amostra. Se se pretender fazer um estudo prévio para determinar o parâmetro métrico que melhor estima a biomassa de uma determinada população deve ter-se o cuidado de amostrar a população que vai ser estudada em seguida. Se se pretender, por exemplo, comparar relações alométricas em diferentes estações do ano, há que definir os momentos de amostragem; registos na Primavera (p.ex. Maio) e no Inverno (p.ex. Dezembro) produzirão certamente resultados distintos. Embora a recolha da amostra possa diferir de estudo para estudo, de acordo com os seus objectivos, os procedimentos envolvidos na medição de parâmetros métricos e na análise das relações alométricas na(s) população(ões) em estudo são comuns. Assim, listam-se em seguida indicações metodológicas fundamentais que podem apoiar qualquer actividade de exploração de relações alométricas em *C. fluminea*.

²¹ Estudo de relações matemáticas entre parâmetros métricos de um indivíduo

- 2) Recolher amêijoas tendo o cuidado de amostrar indivíduos dos vários tamanhos observados na população.
- 3) Organizar os indivíduos por classes de tamanho, por exemplo, 10 indivíduos por cada classe de tamanho de 2 em 2mm.
- 4) Determinar os vários parâmetros acima descritos (morfométricos e biomassa) e preencher a tabela 4 para cada uma das classes de tamanho.
- 5) Utilizar os valores obtidos em 3) e construir um gráfico com as diversas combinações (p.ex. Comprimento vs Largura, Comprimento vs PF, Comprimento vs PS).

Nos casos em que a relação entre os parâmetros é linear (observa-se uma linha recta) facilmente é possível obter a equação de uma recta de equação $Y = mx + b$ onde m é o declive da recta e b é o ponto de intercepção da recta no eixo dos yy . Os parâmetros b e m poderão ser simplesmente obtidos em programas como o MSEXCEL®, assim como o valor de coeficiente de determinação (R^2). Este coeficiente permite saber quanto da variância duma variável dependente é explicada pela variância da variável independente²². O R^2 varia entre 0 e 1 e quanto maior é o valor, mais explicativa é a recta; em termos mais correntes, quanto mais alto é o valor de R^2 , mais fidedigna vai ser qualquer estimativa que se faça de um dos parâmetros métricos da relação, com base no outro.

Nos casos em que a relação linear simples não reflecte a melhor relação entre as variáveis, poder-se-á obter outras equações que se apliquem aos dados, algo que pode e deve ser explorado. Um exemplo é a equação $Y = axb$, onde a é uma constante que define se a recta é mais ou menos estreita e b representa a relação entre as diferentes variáveis com Y ²³ (o documento de Maia e Pimenta (2007) pode ajudar neste assunto).

- 6) Interpretar e discutir os dados obtidos. Algumas questões que podem ser abordadas serão, por exemplo: (i) Qual o par de parâmetros com melhor relação alométrica? (ii) É possível estimar a biomassa com base num parâmetro morfométrico de fácil medição? (iii) Qual a equação que melhor representa a relação entre os pares de parâmetros analisados? (iv) Qual o significado fisiológico da variação de um parâmetro relativamente ao outro nos diferentes pares analisados? (v) Se a população foi estudada em diferentes épocas do ano, existe algum tipo de variação sazonal na relação entre os parâmetros? Qual o significado biológico/ecológico dessa variação? (vi) Se foram estudadas duas populações de dois locais distintos, o que pode influenciar as variações observadas nas relações alométricas estabelecidas?

Actividade 2: Estudos populacionais

A dinâmica populacional de *Corbicula fluminea* pode estudar-se sob diferentes perspectivas. Pode pretender-se, por exemplo, comparar diferentes populações de diferentes locais ou avaliar a influência de diferentes condições ambientais (desde a presença de contaminantes às características do sedimento) no crescimento das populações de amêijoa. Outros estudos podem ser conduzidos para avaliar a variação da

²² Por exemplo, se $R^2 = 0,9243$, significa que 92,43% da variância de y é explicada pela variância de x , onde a variância é a distância do valor real ao valor esperado caso a recta fosse tal e qual a da função.

²³ Se x for par, então a curva será semelhante à da função quadrática ($Y = ax^2$; parábola); Se x for ímpar, então a curva será semelhante à da função cúbica ($Y = ax^3$).

condição de uma população de amêijoas (p.ex. variação da biomassa) ao longo de um gradiente sazonal. Para mais informação consultar Britton e Morton (1982).

Os estudos que envolvem a análise da dinâmica populacional de *C. fluminea* podem ser realizados adoptando uma metodologia de amostragem quantitativa da(s) população(ões) estudada(s). Ainda que possa haver lugar a ajustes, de acordo com os objectivos de cada estudo em particular, sugerem-se os passos metodológicos gerais que devem ser seguidos em qualquer estudo em que se pretenda analisar a dinâmica populacional de *C. fluminea* num determinado local seleccionado.

1. Seleccionar o local de estudo. Idealmente devem seleccionar-se locais onde a densidade populacional de *C. fluminea* é moderada a elevada, ou seja, superior a 500 amêijoas/m², de modo a que a remoção de organismos durante amostragem (que não são devolvidos ao sistema) não afecte a densidade da população. Para além disso, cada local de estudo escolhido deve sofrer pequenas alterações sazonais no que diz respeito ao caudal e profundidade (sob pena de em algumas épocas do ano não ser possível fazer amostragem).
2. Seleccionar o local de amostragem. Nesta fase devem fazer-se uma série de amostragens no local de estudo para analisar a distribuição da população. É importante verificar se há variações na densidade de amêijoas de acordo com algum gradiente ambiental; devem analisar-se gradientes de profundidade, composição de sedimento, vegetação aquática, corrente de água ou outros que possam condicionar a distribuição das amêijoas. Perante os dados obtidos será possível definir um local de amostragem definitivo onde garantidamente possam ser recolhidas amostras quantitativas repetidamente ao longo do período do estudo, compostas por um número similar de indivíduos.
3. Estabelecer a duração do estudo, a frequência de amostragem e o método de amostragem. Para se ter uma melhor noção da dinâmica populacional de um determinado local, o estudo deverá demorar pelo menos um ano, para que sejam abrangidas as épocas de reprodução da amêijoas. De qualquer modo, um estudo de 4 a 6 meses durante os meses mais quentes produzirá resultados mais interessantes. Relativamente à frequência de amostragem, esta deve ser feita preferencialmente uma vez por semana, mas, nessa impossibilidade, pelo menos uma vez por mês. O método de amostragem utilizado deverá garantir a recolha de 50 a 100 indivíduos por amostra e terá que ser quantitativo (*vide* considerações acima, neste documento). Dependendo da densidade de amêijoas no local escolhido, pode não ser possível atingir estes números com uma só recolha. Nestas situações deve definir-se um número de recolhas tal que permita obter os organismos necessários; o número de recolhas estabelecido deve manter-se ao longo de todo o estudo e naturalmente que a área amostrada terá que ser ajustada tendo esse número em conta.
4. Amostragem. No local e de acordo com a rotina previamente estabelecida, recolher a amostra de amêijoas para analisar (50-100 indivíduos). Acondicionar a amostra e transportar para o laboratório para processamento; pode transportar-se a amostra total recolhida ou triar imediatamente no local de forma a transportar apenas as amêijoas para o laboratório (p.ex. num balde com água do local). Caso haja disponibilidade de equipamentos, medir factores abióticos como temperatura, pH, oxigénio dissolvido e condutividade em cada momento de amostragem pode fornecer dados interessantes na análise final dos resultados.

5. Determinação da biomassa da amostra. No laboratório, proceder à análise de todos os indivíduos recolhidos na amostra relativamente aos vários parâmetros morfométricos e à biomassa; a tabela 4 deste documento pode funcionar como modelo para os registos necessários. No caso de não haver condições para determinar todos os parâmetros de biomassa, o peso vivo e/ou peso vivo total será necessário para se retirarem conclusões mais interessantes e consistentes.
6. Analisar os dados obtidos. Na presença de todos os dados obtidos há que fazer uma análise exploratória que permita destacar, por exemplo, o crescimento da população ao longo do tempo. Para isso devem representar-se os dados em histogramas de frequência²⁴ de classes de tamanho ou biomassa para cada amostragem realizada. Ao observar a variação nos histogramas (p.ex. alteração das frequências observadas em cada classe de tamanho) ao longo do estudo (comparação entre gráficos) podem-se tirar conclusões acerca do comportamento da população: se está estável em crescimento ou em regressão, qual o tempo médio de vida da população, em que fase ocorre o recrutamento de juvenis, etc. Outro tipo de análise que pode ser efectuada com os dados obtidos consiste na exploração da variação na condição dos organismos ao longo do tempo. Para isso deverá restringir-se a análise a apenas algumas classes de tamanho, para minimizar o tempo dispendido (p.ex. 8, 9 e 10 mm de comprimento). Para cada classe de tamanho seleccionada deve construir-se um gráfico com a variável tempo no eixo xx' e o peso seco dos tecidos (ou outros parâmetros de biomassa medidos) no eixo yy'. Este tipo de gráficos permitirá observar a evolução da condição das amêijoas ao longo do tempo e assim concluir acerca do tipo de estratégia de sobrevivência adoptada por *C. fluminea* no local estudado: Há algum momento em que haja maior investimento no crescimento somático? Poderá uma desaceleração no crescimento significar um maior investimento energético na reprodução (coincidente com os meses mais quentes)? Como varia o crescimento das amêijoas quando diminui a temperatura no Inverno? Etc. Se se pretender focar o estudo numa análise do tipo desta última podem ser feitos alguns ajustes na rotina de amostragem. Poder-se-ão estabelecer as classes de tamanho a estudar previamente, sendo que as amostragens visarão a recolha de organismos apenas dessas classes de tamanho (sugerimos a recolha de 20 indivíduos por classe de tamanho); nestas condições não será, portanto, necessário utilizar um método de amostragem quantitativo. Se não for possível acompanhar a população ao longo de todo ano, recomenda-se que o período de amostragem seja de 3 a 4 meses, abrangendo a passagem do Inverno para o Verão ou do Verão para o Inverno (período de tempo onde se espera maior variação na condição fisiológica dos organismos).

Estudos populacionais podem também ser desenvolvidos através da análise repetida de amostragens estabelecidas a partir da população em estudo, o que envolve a recaptura dos animais previamente analisados - cada indivíduo da amostra em estudo é medido, devolvido ao ambiente, e mais tarde é recapturado para novas medições; este tipo de estudo requer naturalmente a marcação de cada uma das amêijoas da amostra (com tinta à prova de água ou com verniz das unhas). Dado que, neste tipo de estudos, as mesmas amêijoas são repetidamente estudadas ao longo de um determinado intervalo de tempo, a medição da biomassa só pode ser efectuada por estimativa alométrica com base em estudos

²⁴ Gráfico composto por rectângulos justapostos em que a base de cada um deles corresponde ao intervalo de classe de tamanho ou biomassa e a sua altura à respectiva frequência, isto é, ao número de amêijoas com o respectivo tamanho ou biomassa.

prévios (*vide* actividade anterior) ou utilizando o peso vivo total com água na cavidade do manto, se este parâmetro for válido. A validade deste parâmetro, enquanto medida de biomassa, deverá ser confirmada através da sua determinação repetida diariamente ao longo de uma semana nos indivíduos da amostra a estudar; se o valor do parâmetro não variar mais do que 2% ao longo da semana, então pode ser considerado válido enquanto medida de biomassa. Para tornar uma actividade de recaptura exequível em cursos de água que podem ter dimensões diversas e sustentar populações de amêijoas com taxas de dispersão variáveis, é fundamental delimitar a zona de trabalho. Para isso sugerimos a colocação da amostra de amêijoas a estudar num recipiente (p.ex. cesto, caixa, gaiola) que as impeça de fugir, serem predadas ou de serem arrastadas com a corrente, mas que permita a circulação de água.

Outra possibilidade para a realização de estudos populacionais com *C. fluminea*, bastante mais simples logisticamente embora mais redutora, mas ideal em casos de difícil acesso a locais com amêijoas, é recolher os organismos (a selecção da quantidade e dos tamanhos a usar dependerá do objectivo específico do estudo que se pretende desenvolver) e colocá-los num aquário. Se devidamente mantidas poderão ser objecto de observação e estudo nestas condições durante vários meses. Uma rotina de manutenção adequada implicará necessariamente a renovação da água do aquário e o fornecimento de uma ração alimentar fixa semanalmente. A ração alimentar pode consistir em suspensões concentradas de microalgas (adquiridas comercialmente ou disponíveis se forem feitas culturas de microalgas em paralelo), mas a solução mais simples e acessível é a utilização de alimento de espinafre para bebés; para todos os estudos que não se desenvolvam em torno da disponibilidade alimentar, deve assegurar-se que a ração alimentar não é limitante (é conveniente ajustar a dose antes de iniciar o estudo propriamente dito por observação da velocidade com que as amêijoas filtram quantidades controladas de alimento fornecido). Para melhor recriar o *habitat* natural, e mais uma vez dependendo dos objectivos do estudo, pode cobrir-se o fundo do aquário com areia e eventualmente adicionar outros organismos para além das amêijoas ao sistema, tais como peixes e plantas aquáticas. Para se ter uma noção, num aquário de 20 L com 2 cm de areia e 15 cm de água são facilmente mantidas cerca de 30 amêijoas alimentadas com duas colheres de alimento de espinafre para bebés por semana.

CONCLUSÃO

A complexidade dos ecossistemas não permite concluir acerca do peso relativo de cada uma das vantagens e desvantagens da presença de *C. fluminea* num *habitat*; se para uns organismos a sua presença é vantajosa, para outros pode levar à sua extinção. Cada um de nós deve formular a sua opinião relativamente às espécies invasoras, no entanto, a maioria dos cientistas aceitam-nas como algo nocivo e sobre a qual deve ser feita alguma coisa. Assim, este trabalho, ao dar a conhecer esta espécie, pretende não só sensibilizar a população em geral para a problemática desta praga, mas também conferir-lhe algum valor acrescentado, sugerindo a utilização da amêijoas asiática como organismo experimental no apoio à leccionação de conteúdos do Ensino Básico e Secundário.

agradecimentos • Este trabalho foi financiado por fundos FEDER através do Programa Operacional Factores de Competitividade – COMPETE e por fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) no âmbito do projecto CONTROLCLAM (PTDC/AAC-AMB/113515/2009). As autoras Inês Rosa e Joana Luísa Pereira são financiadas pela FCT através de bolsas de investigação individuais (SFRH/BD/33395/2008 e SFRH/BPD/44733/2008, respectivamente).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldridge DW, McMahon RF (1978). Growth, fecundity, and bioenergetics in a natural population of Asiatic freshwater clam, *Corbicula manilensis*, Philippi, from North Central Texas. *Journal of Molluscan Studies* 44: 49-70.
- Bilos C, Colombo JC, Presa MJR (1998). Trace metals in suspended particles, sediments and Asiatic clams (*Corbicula fluminea*) of the Rio de la Plata Estuary, Argentina. *Environmental Pollution* 99: 1-11.
- Britton JC, Fuller SLH (1980). The Freshwater Bivalve Mollusca (Unionidae, Sphaeriidae, Corbiculidae) of the Savannah River Plant, South Carolina. In: MH Smith, JI Lehr Brisbin (eds.), DOE'S SAVANNAH RIVER PLANT NATIONAL ENVIRONMENT RESEARCH PARK.
- Britton JC, Morton B (1982). Guide to *Corbicula fluminea*. In: JB Burch, J White-Rudolph (eds.), Malacological Review, Colorado, USA.
- Cantanhede G, Hahn NS, Gubiani EA, Fugi R (2008). Invasive molluscs in the diet of *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1821) (Pisces, Doradidae) in the Upper Parana River floodplain, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish* 17: 47-53.
- Chung P-R, Jung Y, Park Y-K, Hwang M-G, Soh C-T (2001). *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae): A possible second molluscan intermediate host of *Echinostoma cinetorchis* (Trematoda: Echinostomatidae) in Korea. *Korean Journal of Parasitology* 39: 329-332.
- Cohen RRH, Dresler PV, Phillips EJP, Cory RL (1984). The effect of the asiatic clam, *Corbicula fluminea*, on phytoplankton of the Potomac river, Maryland. *Limnology and Oceanography* 29: 170-180.
- Counts CL (1986). The zoogeography and history of invasion of the United States by *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae). *American Malacological Bulletin* Special Edition, 2: 7-39.
- Darrigran G (2002). Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasions* 4: 145-156.
- French JRP, Schloesser DW (1996). Distribution and winter survival health of Asian clams, *Corbicula fluminea*, in the St Clair River, Michigan. *Journal of Freshwater Ecology* 11: 183-192.
- Hakenkamp CC, Palmer MA (1999). Introduced bivalves in freshwater ecosystems: the impact of *Corbicula* on organic matter dynamics in a sandy stream. *Oecologia* 119: 445-451.
- Hakenkamp CC, Ribblett SG, Palmer MA, Swan CM, Reid JW, Goodison MR (2001). The impact of an introduced bivalve (*Corbicula fluminea*) on the benthos of a sandy stream. *Freshwater Biology* 46: 491-501.
- Huybregts I, Tamburri MN (2005). Potential of Venturi Oxygen Stripping to stop ballast water invasions in freshwater environments.
- Ingram WM (1959). Asiatic clams as potential pests in California water supplies. *Journal American Water Works Association* 51: 363-370.
- Isom BG (1986). Historical review of Asiatic clam (*Corbicula*) invasion and biofouling of waters and industries in the Americas. In: JC Britton (ed.), Proceedings of the Second International *Corbicula* Symposium, American Malacological Bulletin - Special edition no.2.
- Isom BG, Bowman CF, Johnson JT, Rodgers EB (1986). Controlling *Corbicula* (Asiatic clams) in complex power plant and industrial water systems. In: JC Britton (ed.), Proceedings of the Second International *Corbicula* Symposium, American Malacological Bulletin - Special edition no.2.
- Johnson KI, Henager CH, Page TL, Hayes PF (1986). Engineering factors influencing *Corbicula* fouling in nuclear service water systems. *American Malacological Bulletin* special edition nr.2: 47-52.
- Karatayev AY, Burlakova LE, Padilla DK (2005). Contrasting distribution and impacts of two freshwater exotic suspension feeders, *Dreissena polymorpha* and *Corbicula fluminea*. *Comparative Roles of Suspension-Feeders in Ecosystems* 47: 239-262.

- Kraemer LR, Galloway M (1986). Larval development of *Corbicula fluminea* (Muller) (Bivalvia: Corbiculacea): An appraisal of its heterochrony. *American Malacological Bulletin* 4: 61-79.
- Kraemer LR, Swanson C, Galloway M, Kraemer R (1986). Biological basis of behavior in *Corbicula fluminea*, II. Functional morphology of reproduction and development and review of evidence for self-fertilization. In: JC Britton (ed.), Proceedings of the Second International Corbicula Symposium, American Malacological Bulletin - Special edition no.2.
- Lauritsen DD (1986). Assimilation of radiolabeled algae by *Corbicula*. In: JC Britton (ed.), American Malacological Bulletin - Special edition no.2, Proceedings of the Second International Corbicula Symposium.
- MacPhee DD (1986). A mechanical strainer design for *Corbicula* fouling prevention in the Service Water System at Arkansas Nuclear One, Unit 2. In: JC Britton (ed.), Proceedings of the Second International Corbicula Symposium, American Malacological Bulletin - Special edition no.2
- Maia F, Pimenta J (2007). Estudo do Crescimento de *Donax vittatus* na costa ocidental Norte de Portugal dados científicos para a gestão de uma nova pescaria. IPIMAR, Lisboa.
- McMahon R (1977). Shell size-frequency distributions of *Corbicula manilensis* from a clam-fouled steam condenser. *Nautilus* 91: 54-59.
- McMahon R (1983). Ecology of an Invasive Pest Bivalve, *Corbicula*. In: WD Russel-Hunter (ed.), The Mollusca, Academic Press, Inc., North Carolina, pp. 505-561.
- Morgan DE, Keser M, Swenarton JT, Foertch JF (2003). Population dynamics of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Muller) in the Lower Connecticut River: Establishing a foothold in New England. *Journal of Shellfish Research* 22: 193-203.
- Mouthon J (1981). Sur la présence en France et au Portugal de *Corbicula* (Bivalvia, Corbiculidae) originaire d'Asie. *Basteria* 45: 109-116.
- Page TL, Neitzel DA, Simmons MA (1986). Biofouling of power plant service systems by *Corbicula*. In: JC Britton (ed.), Proceedings of the Second International *Corbicula* Symposium, American Malacological Bulletin - Special edition no.2.
- Pechenik, JA (2005). Biology of the invertebrates. Boston: McGraw-Hill, Higher Education, 590 pp.
- Phelps HL (1994). The asiatic clam (*Corbicula fluminea*) invasion and system-level ecological change in the Potomac river estuary near Washington, DC. *Estuaries* 17: 614-621.
- Pimentel D, Zuniga R, Morrison D (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52: 273-288.
- Potter JM, Liden LH (1986). *Corbicula* control at the Potomac River Steam Electric Station Alexandria, Virginia. In: JC Britton (ed.), Proceedings of the Second International Corbicula Symposium, American Malacological Bulletin - Special edition no.2.
- Prezant RS, Chalermwat K (1984). Flotation of the bivalve *Corbicula fluminea* as a means of dispersal. *Science* 225: 1491-1493.
- Prokopovich N, Herbert D (1965). Sedimentation in the Delta-Mendota Canal. *Journal of the American Water Works Association* 57: 375-382.
- Prokopovich NP (1969). Deposition of clastic sediments by clams. *Journal of Sedimentary Petrology* 39: 891-901.
- Reis J (2006). Atlas dos bivalves de água doce de Portugal continental. Lisboa, 130 pp.
- Rosa IC, Pereira JL, Gomes J, Saraiva PM, Gonçalves F, Costa R (in press). The Asian clam *Corbicula fluminea* in the freshwater-dependent industry: a latent thread or a friendly enemy? *Ecological Economics*.
- Ruppert EE, Fox RS, Barnes RD (2004). Invertebrate Zoology – a functional evolutionary approach. Saunders College Publishing, Forth Worth, 963 pp.
- Schmidlin S, Baur B (2007). Distribution and substrate preference of the invasive clam *Corbicula fluminea* in the river Rhine in the region of Basel (Switzerland, Germany, France). *Aquatic Sciences* 69: 153-161.
- Sinclair RM (1964). Clam pests in Tennessee Water Supplies. *Journal of the American Water Works Association* 56: 592-599.
- Smithson JA (1986). Development of a *Corbicula* control treatment at the Baldwin Power Station. In: JC Britton (ed.), Proceedings of the Second International Corbicula Symposium, American Malacological Bulletin - Special edition no.2.
- Sousa R, Antunes C, Guilhermino L (2008a). Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology* 44: 85-94.
- Sousa R, Dias SC, Guilhermino L, Antunes C (2008b). Minho River tidal freshwater wetlands: threats to faunal biodiversity. *Aquatic Biology* 3: 237-250.
- Strayer DL (1999). Effects of alien species on freshwater mollusks in North America. *Journal of the North American Benthological Society* 18: 74-98.

Strayer DL, Malcom HM (2007). Shell decay rates of native and alien freshwater bivalves and implications for habitat engineering. *Freshwater Biology* 52: 1611-1617.

Vaughn CC, Hakenkamp CC (2001). The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology* 46: 1431-1446.

Werner S, Rothhaupt KO (2007). Effects of the invasive bivalve *Corbicula fluminea* on settling juveniles and other benthic taxa. *Journal of the North American Benthological Society* 26: 673-680.

Williams EH, Bunkley-Williams L, Lilyestrom CG, Ortiz-Corps EAR (2001). A review of recent introductions of aquatic invertebrates in Puerto Rico and implications for the management of nonindigenous species. *Caribbean Journal of Science* 37: 246-251.