

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Ciências  
Departamento de Biologia Animal



LISBOA

---

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA

**A espécie exótica *Blackfordia virginica* no estuário do Mira:  
dinâmica populacional e ecologia alimentar**

Filipa da Costa Marques

Dissertação  
Mestrado em Ecologia Marinha

2013



Universidade de Lisboa  
Faculdade de Ciências  
Departamento de Biologia Animal



**A espécie exótica *Blackfordia virginica* no estuário do Mira:  
dinâmica populacional e ecologia alimentar**

Filipa da Costa Marques

Dissertação  
Mestrado em Ecologia Marinha

Orientadores:

Professora Doutora Isabel Maria Madaleno Domingos (Faculdade de Ciências da  
Universidade de Lisboa)

Doutora Maria Manuel Angélico (Instituto Português do Mar e da Atmosfera)

2013



## Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer às minhas orientadoras pela ajuda imprescindível na construção deste trabalho. À Manel, pela orientação, incentivo e presença constantes durante os trabalhos. À Paula pela disponibilidade, companhia nas idas ao Mira e ajuda, apesar de não ser “orientadora no papel”. Finalmente, “teve-se que” a Professora Isabel foi minha orientadora, “sendo que” lhe agradeço a amizade, conversas, conselhos e gargalhadas. Esta tese é um trabalho de todas nós.

Ao Professor Lino, pela ajuda na análise estatística e pelos esforços em arranjar financiamento para as idas ao campo!

À Alpa Wintzer pela partilha de informação sobre a medusa e sobre os pólipos.

À minha companhia no laboratório do IPMA: Elisabete, Lurdes e Pedro. Pela simpatia, disponibilidade e paciência entre contagens, medições e lamúrias. À Lurdes, em especial, pela ajuda na preparação do material para as saídas de campo.

Ao Sr. Falcão, pela ajuda valiosa na recolha das amostras.

Ao Sr. Rafael, o pescador amante de robalos e a quem as medusas não agradavam, pelas mini expedições na Casa Branca. Ao Sr. Vitalino & Filhos pela ajuda nas expedições ao Mira.

Ao Hugo e à Carla do Oceanário de Lisboa, pelas visitas guiadas à sala das medusas.

À Ana, pela companhia nas idas ao campo, ajuda nas intermináveis horas a contar e a medir medusas, companhia nos dias de biblioteca e pela paciência x 1000 para ouvir os meus lamentos.

Aos meus outros companheiros de biblioteca: Eduardo e Joana Toninho Fofinha.

Eduardinho, sem ti os últimos meses de escrita não teriam sido os mesmos: os jantares e almoços no restaurante, os conselhos, risadas, parvoíces e as longas tardes nos lav...biblioteca! Somos os “ex libris da biblioteca”. Obrigada pela ajuda e companhia nos momentos mais difíceis.

À Beatriz: os meus gritos resultaram neste trabalho! Não esqueço os teus pitéuzinhos e as tartes de maçã que tornaram os meus dias mais alegres.

À Marta Ursa, uma urso que percebe muito de teses, estatísticas e pânico de tese. Obrigada pelo apoio, de coração.

Ao meu querido Tiago (Henrique), pelo *tudo* constante e super imprescindível.

Aos meus amigos que estão longe, entre eles o Miguel Espátula pela frescura que trouxe ao meu ano de tese, e os membros da Tasca da Bia por me apoiarem quando precisei.

A meu padrinho César pelo apoio e apreço constantes desde que me conheço.

A toda a gente que contribuiu para a realização deste trabalho e que não nomeio aqui.

Finalmente, aos meus pais que tornaram possível o facto de eu estar a escrever esta página. Papá e Manhe, é a vocês que dedico esta obra.



## Resumo

*Blackfordia virginica* é um cnidário nativo do sudeste da Europa ou da costa atlântica da América do Norte, introduzido em diversos sistemas estuarinos em todo o mundo, tendo sido registada pela primeira vez no estuário do rio Mira em 1984. O presente estudo teve como principais objectivos (i) determinar a variação espacial e temporal da abundância e estrutura dimensional da medusa de *B. virginica* no estuário do rio Mira, (ii) relacionar a sua ocorrência com factores ambientais e biológicos e (iii) estudar a sua dieta no estuário do rio Mira e avaliar possíveis impactos no ecossistema. Realizaram-se colheitas trimestrais ao longo do estuário entre Setembro de 2012 e Junho de 2013, que permitiram verificar que a medusa esteve presente no estuário superior e médio, sendo as densidades mais elevadas registadas no estuário médio durante o Verão. As correlações significativas encontradas entre a distribuição espacial das medusas e a densidade de conchas de ostra e percentagem de substrato rochoso, assim como a localização das medusas de menores dimensões nas imediações destes locais, parecem indicar que são as zonas de fixação de pólipos e onde se dá a libertação de medusas para a coluna de água. A realização de colheitas mensais (Setembro de 2012 a Agosto de 2013) num ponto fixo do estuário localizado onde a medusa é mais abundante confirmaram um padrão sazonal de ocorrência, tal como verificado noutros locais de ocorrência, que parece estar associado às variações da temperatura e do fotoperíodo. O estudo da dieta identificou os copépodes, náuplios de cirrípede, ovos de biqueirão e decápodes como presas da medusa de *B. virginica*. O Índice de Jacobs revelou que a medusa pareceu seleccionar positivamente ovos de biqueirão e decápodes e negativamente náuplios de cirrípede. Verificou-se ainda que a medusa apresentou baixa selectividade para os copépodes apesar de estes terem sido o item alimentar mais frequente e abundante nos conteúdos gastrovasculares. Foi ainda identificado o impacto potencial máximo da predação da medusa sobre a população de copépodes, que indicou valores semelhantes aos encontrados em outros locais onde esta espécie foi introduzida.

**Palavras-chave:** *Blackfordia virginica*, distribuição temporal e espacial, estrutura dimensional, dieta, impacto da predação.



## **Abstract**

*Blackfordia virginica* is a cnidarian native to southeastern Europe or the Atlantic coast of North America. It was introduced in several estuarine systems around the world and the first record in Mira estuary was registered in 1984. The major objectives of this study were (i) to identify spatial and temporal patterns on abundance and size structure of *B. virginica* medusae, (ii) to relate its occurrence with environmental and biological variables and (iii) to identify its diet and possible impacts in the Mira River estuary. Sampling was conducted quarterly along the Mira estuary between September 2012 and June 2013. The medusae occurred in the upper and middle estuary, with higher densities measured in the middle estuary during the summer. Significant correlations were found between the medusae spatial distribution and oyster shells abundance and percentage of bedrock. Smaller jellyfish were also sampled in the vicinity of these hard substrate locations, which seems to indicate that these might be preferential areas for polyp's settlement and medusae budding. Samples collected monthly (September 2012 - August 2013) at a fixed location of higher abundance of the medusae confirmed the occurrence of seasonal blooms associated with temperature and photoperiod. Copepods, barnacle nauplii, anchovy eggs and decapods were identified as prey items of the medusae of *B. virginica*. The Jacobs index showed that the species seemed to positively select anchovy eggs and decapods contrary to barnacle nauplii that were negatively selected. Despite the high occurrence and abundance of copepods in the gastrovascular cavities, the species showed low selectivity for this prey item. The maximum potential impact of the jellyfish predation on the population of copepods was very similar to other location where this species was introduced.

**Key-words:** *Blackfordia virginica*, spatial and temporal distribution, size structure, diet, predation impact



## Índice

<b>1. Introdução</b> .....	3
1.1. Introdução de espécies exóticas.....	3
1.2. Impactos da introdução de zooplâncton gelatinoso.....	5
1.3. <i>Blackfordia virginica</i> .....	7
1.4. Objectivos.....	9
<b>2. Metodologia</b> .....	11
2.1. Área de estudo.....	11
2.2. Amostragem.....	13
2.2.1. Amostragem espacial.....	13
2.2.2. Amostragem temporal.....	14
2.3. Análise laboratorial.....	15
2.3.1. Medição, contagem, sexo e dieta da medusa.....	15
2.3.2. Identificação e contagem de zooplâncton.....	16
2.4. Análise de dados.....	16
2.4.1. Distribuição espacial da medusa.....	16
2.4.2. Distribuição temporal da medusa.....	17
2.4.3. Dieta e impacto da predação.....	18
2.4.4. Distribuição espacial e temporal de zooplâncton.....	19
<b>3. Resultados</b> .....	21
3.1. Distribuição espacial.....	21
3.1.1. Estrutura populacional da medusa.....	21
3.1.2. Distribuição da medusa e factores ambientais.....	24
3.1.3. Distribuição da medusa e comunidade de zooplâncton.....	26
3.2. Distribuição temporal.....	32
3.2.1. Estrutura populacional da medusa.....	32
3.2.2. Distribuição da medusa e factores ambientais.....	36
3.2.3. Distribuição da medusa e comunidade de zooplâncton.....	39
3.3. Dieta e impacto da predação.....	43
<b>4. Discussão</b> .....	47
4.1. Distribuição espacio-temporal da medusa.....	47
4.2. Dieta e impacto da predação.....	51
<b>5. Considerações finais</b> .....	55
<b>6. Referências bibliográficas</b> .....	57

## Anexos



## 1. Introdução

### 1.1. Introdução de espécies exóticas

A área de distribuição nativa de uma espécie pode ser alargada devido a fenómenos naturais, que assentam fundamentalmente em alterações climáticas, e por fenómenos de natureza antrópica que incluem o seu transporte e introdução em outros territórios. Surge, então, o conceito de espécie exótica, não nativa ou alienígena - aquela cuja presença numa região é promovida pela acção humana (Richardson *et al.*, 2011) e é capaz de se reproduzir e manter uma população viável (Hulme, 2007). Uma espécie exótica pode tornar-se invasora quando provoca mudanças na diversidade, economia e saúde humana, podendo até eliminar espécies nativas (Hulme, 2007).

Actualmente, a dispersão de espécies aquáticas mediada pela actividade humana parece ser dominante relativamente a mecanismos de dispersão natural (Ruiz *et al.*, 1997). Actividades antrópicas como navegação de transporte comercial e de recreio, aquacultura, comércio de isco vivo, aquariofilia, construção de canais, movimentação de estruturas amovíveis e detritos flutuantes (Bax *et al.*, 2003) são vectores de introdução de espécies marinhas exóticas. A navegação é reconhecida como o principal vector de introdução de espécies marinhas, quer através do transporte em águas de lastro quer por incrustação nos cascos das embarcações (Ruiz *et al.*, 1997). Os tanques de lastro são utilizados para distribuir o peso nos navios durante o transporte e no processo de carga e descarga. Em geral, esta água é injectada nos tanques de lastro do navio quando o mesmo descarrega e é despejada, na totalidade ou não, no porto onde o navio é carregado. Esta água é retirada da zona onde ocorre a carga e descarga do navio, muito frequentemente zonas costeiras como, por exemplo, estuários e baías, sendo muito rica em organismos planctónicos e nectónicos, que serão potencialmente libertados no/ou junto ao porto de destino.

O reconhecimento de que as águas de lastro constituem uma via de introdução de espécies marinhas, levou à necessidade de desenvolver processos de tratamento para essas águas, os quais incluem, entre outros, tratamento por calor, químico e com luz ultravioleta, ultrafiltração e desoxigenação da água, por exemplo. Para além destes tratamentos, é também recomendada a troca de águas de lastro em alto mar. No entanto, os procedimentos enumerados são ainda voluntários e têm elevados custos associados (Bax *et al.*, 2003; Tamburri *et al.*, 2002), prevendo-se que venham a ser obrigatórios após a ratificação da Convenção Internacional para o Controlo e Gestão das Águas de Lastro e Sedimentos dos Navios, adoptada em 2004 pela *International Maritime Organization* (IMO).

A incrustação de organismos nos cascos das embarcações é apontada como o vector de introdução dominante em algumas regiões do mundo como o Reino Unido, baía de São Francisco na Califórnia e Nova Zelândia (Bax *et al.*, 2003). No entanto, a incrustação de organismos com hábito sésil pode ainda ocorrer em outros seres vivos, como por exemplo, nas conchas de ostra e de outros bivalves. Deste modo, a cultura de ostras, por exemplo, é um possível vector de introdução de espécies exóticas (Wasson *et al.*, 2001). A introdução pode ser secundária quando a espécie exótica é transportada de uma área invadida para um segundo local próximo do primeiro. Pode ainda dar-se um alargamento da área de distribuição da espécie introduzida sem a acção de vectores antrópicos, por exemplo através do transporte pelas correntes marítimas (Wasson *et al.*, 2001). O sucesso do estabelecimento depende do tamanho do inóculo, do estado físico dos indivíduos à chegada e das condições do ecossistema de destino no momento da invasão (Ruiz *et al.*, 1997). Por outro lado, o sucesso das introduções é potenciado pela tolerância das espécies a condições ambientais diversas, alta variabilidade genética, ciclos de vida curtos, maturação sexual precoce, elevada capacidade reprodutiva e dieta ampla (Essink & Dekker, 2002).

Os estuários são zonas de elevada importância ecológica (Costanza *et al.*, 1997) e são, também, ecossistemas aquáticos particularmente ameaçados, em virtude de estarem em geral, mais sujeitos ao impacto das actividades humanas (Blaber *et al.*, 2000). O crescimento rápido da população mundial e a sua concentração nas zonas costeiras intensificaram os vários interesses e actividades que se desenvolvem nos estuários e zonas adjacentes. Entre os vários ecossistemas aquáticos, os estuários têm sido ambientes onde têm sido frequentes introduções de espécies exóticas (Ruiz *et al.*, 1997; Rees & Gershwin, 2000; Wasson *et al.*, 2001; Paavola *et al.*, 2005). A maior incidência destas introduções pode dever-se: (i) ao facto de os elevados gradientes de salinidade permitirem o estabelecimento de espécies exóticas com requisitos ambientais distintos em várias partes do estuário (Paavola *et al.*, 2005); (ii) ao facto de as zonas de água salobra, tipicamente com menor riqueza específica que as zonas costeiras, proporcionarem menos competição por possuírem mais nichos ecológicos disponíveis (Wolff, 1999; Leppäkoski & Olenin, 2000a *in* Paavola *et al.*, 2005). Os estuários são zonas de berçário para peixes e invertebrados, onde os ovos, larvas e juvenis estão particularmente vulneráveis à predação. Deste modo, os efeitos da introdução de uma espécie que exerça predação e/ou competição sobre as espécies nativas poderão ser negativos (Schroeter, 2008).

## 1.2. Impactos da introdução de zooplâncton gelatinoso

A invasão de zooplâncton gelatinoso (designação utilizada para organismos do filo Cnidaria pertencentes às classes Hydrozoa, Schyphozoa e Cubozoa, e organismos do filo Ctenophora) em estuários e restantes zonas marinhas tem sido amplamente documentada (Rees & Gershwin, 2000; Purcell *et al.*, 2001; Wasson, 2001; Genzano *et al.*, 2006; Graham & Bayha, 2007). Estes organismos são especialmente desafiantes quando analisado o seu potencial como invasores (Graham & Bayha, 2007). Relativamente aos cnidários, o facto de apresentarem, na sua maioria, duas fases no ciclo de vida, uma sésil e outra planctónica, que aparecem e desaparecem num período de tempo relativamente curto, dificulta o estudo da introdução (origem, momento da introdução e progressão) e potencia o seu transporte (Graham & Bahia, 2007). Estes mesmos autores sugerem que muitas invasões não estarão descritas devido a lacunas na sistemática e taxonomia e ao facto de a sua identificação ser efectuada por investigadores não especializados nestes grupos.

Apesar de tudo, algumas espécies de zooplâncton gelatinoso são reconhecidas como exóticas, designadamente, os cifozoários *Phyllorhiza punctata* na costa este do continente americano, *Cassiopea andromeda* no Havai e no Mar Mediterrâneo, e os hidrozoários *Maeotias marginata* e *Moerisia lyonsii* nos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico (Graham & Bayha, 2007).

Em geral, os cnidários são capazes de reproduzir-se de forma assexuada e sexuada. A forma assexuada, normalmente um pólipó sésil, liberta medusas, que por sua vez produzem gâmetas que são lançados na coluna de água, onde se dá a fecundação e a formação de uma larva planctónica, a plânula, que se deposita num substrato e origina um pólipó. No entanto, nem todas as espécies apresentam estes estádios. Por exemplo, na classe Hydrozoa há uma grande diversidade de ciclos de vida: a reprodução assexuada ocorre em todas as espécies, mas nem sempre existe a forma de pólipó sésil, e a reprodução sexuada nem sempre é exclusiva das medusas planctónicas (Boero & Bouillon, 1993; Bouillon *et al.*, 2004).

Os factores que favorecem a libertação de medusas pelos pólipos são conhecidos para algumas espécies que possuem um ciclo de vida em que há alternância entre as fases de pólipó e de medusa. Em geral, pensa-se que essa libertação seja favorecida por uma combinação ideal de parâmetros ambientais que incluem temperatura, quantidade e qualidade de presas suficiente para os vários estádios do ciclo de vida, e baixa mortalidade por predação, parasitas e doenças (Kremer, 2001). Em *Aurelia aurita*, a estrobilação inicia-se ou apresenta forte correlação com mudanças de temperatura, níveis de radiação e disponibilidade de alimento, não sendo possível apontar nenhum factor isolado como responsável (Verwey, 1942, Thiel,

1962, Spangenberg, 1968 in Lucas, 2001). No entanto, a localização e a aparência dos pólipos da maioria das espécies das classes Hydrozoa e Scyphozoa são desconhecidas (Purcell, 2005).

Geralmente, os cnidários de zonas temperadas e boreais formam *blooms* sazonais (Purcell, 2005), ocorrendo em elevadas densidades como resposta a condições ambientais que favorecem o seu crescimento (Sumich & Morrissey, 2004). Para ocorrer um *bloom* devem ocorrer mudanças nas condições ambientais do ecossistema e consequente mudança das proporções de presas, de predadores, de competidores e de recursos alimentares (Nival & Gorsky, 2001), ou seja, mudanças ambientais resultantes do ciclo sazonal típico das zonas temperadas. Adicionalmente, pensa-se que variações no clima e suas consequências favoreçam a ocorrência de *blooms* e explicam algumas flutuações interanuais nas densidades de medusas (Purcell, 2005). No período de *bloom*, a espécie terá a capacidade de competir por recursos alimentares com as outras espécies, escapando à predação e reproduzindo-se intensamente, o que a torna conspícua no meio e, possivelmente, prejudicial aos humanos (Nival & Gorsky, 2001).

Os *blooms* de zooplâncton gelatinoso têm inúmeros impactos tanto a nível ecológico como a nível das actividades antrópicas. As medusas são predadoras de zooplâncton em muitos sistemas pelágicos, podendo estar relacionadas com a diminuição de *stocks* de peixes por predarem as suas larvas e ovos (Purcell, 1985) e outros grupos de zooplâncton, competindo eventualmente com outras espécies planctonívoras (Purcell *et al.*, 2007). A invasão do ctenóforo *Mnemiopsis leidyi* no Mar Negro provocou o declínio acentuado de ictioplâncton e de mesozooplâncton e a consequente diminuição da diversidade de outras espécies, devido à predação de zooplâncton e de ovos de peixe por este ctenóforo (Shiganova & Bulgakova, 2000; Shiganova, 1998).

Uma característica de organismos como medusas e ctenóforos é o facto de as taxas de ingestão estarem linearmente relacionadas com a disponibilidade de presas, não havendo um limiar de saturação para estes organismos, ao contrário do que acontece com outros organismos, ou este limiar ser atingido em concentrações de presas muito elevadas (Nival & Gorsky, 2001). Os cnidários pelágicos, são predadores não visuais, não detectam as presas pelos seus movimentos ou por órgãos sensoriais, não as atacando activamente (Purcell, 1985). Existem dois tipos de predadores: (i) aqueles que se movem na coluna de água, criando correntes que promovem a captura da presa por contacto com os cnidócitos dos tentáculos e capturam a presa enquanto nadam (alguns ctenóforos e a maioria dos cifozoários e hidrozoários); (ii) e aqueles que capturam a presa quando esta entra em contacto com os tentáculos, quando a medusa não está a mover-se (ctenóforos e sifonóforos) (Purcell, 1985). O

impacto da predação de cada espécie estará dependente da forma como a medusa captura as suas presas e da concentração destas no meio.

O desequilíbrio nos sistemas pode ainda ser potenciado pela pesca comercial uma vez que remove os peixes predadores de topo beneficiando cnidários e ctenóforos, que competem pelos mesmos recursos alimentares (Mills, 2001). A predação do zooplâncton gelatinoso é uma ameaça importante à pesca comercial pois promove a transferência da energia de predadores de topo com valor comercial, como peixes, para o zooplâncton gelatinoso, grupo que não apresenta valor comercial nem nutritivo, verificando-se um desvio da energia da importante cadeia fitoplâncton – copépodes - peixes (Stibor & Tokle, 2003).

Outro impacto económico tem-se verificado a nível da actividade piscatória, especialmente no Japão e diz respeito à colmatção das redes de pesca devido à presença de elevadas densidades dos cifozoários *Nemopilema nomurai* e *A. aurita* (Purcell *et al.*, 2007). As medusas urticantes podem interferir com a aquacultura ao entrarem nas jaulas onde se encontram os peixes e provocarem a sua morte devido à libertação das toxinas presentes nos cnidócitos. Adicionalmente, a densidade elevada de medusas pode ter impactos negativos no turismo, devido ao incómodo que provocam nos utilizadores das praias e ainda a nível das centrais térmicas e nucleares, ao entupirem os sistemas de arrefecimento (Purcell *et al.*, 2007); Richardson *et al.*, 2009)

### 1.3. *Blackfordia virginica*

*Blackfordia virginica* Mayer, 1910 é um cnidário pertencente à classe Hydrozoa, cuja área nativa coloca algumas dúvidas. Alguns autores afirmam que esta espécie é proveniente do Mar Cáspio, do Mar Negro ou do Mar de Azov (Graham & Bayha, 2007; Mills & Sommer, 1995) contrariamente a outros autores, que sugerem que a espécie é nativa da costa atlântica da América do Norte (Fet & Popov, 2007; Zaitsev & Ozturk, 2001). A medusa de *B. virginica* foi, no entanto, originalmente descrita por Mayer (1910) num estuário próximo da baía de Chesapeake, Virginia (Mills & Sommer, 1995).

O ciclo de vida deste hidrozoário é descrito de forma geral por Mills & Sommer (1995), que referem que a espécie apresenta duas fases, polipóide e medusóide. O hidróide é sésil e reproduz-se assexuadamente originando mais pólipos e libertando medusas e a fase sexuada é planctónica. A medusa libertará os gâmetas para o meio aquático, onde ocorre a fecundação, e origina-se uma larva, a plânula, que assenta num substrato e se desenvolve num pólipos colonial.



Figura 1. Medusa de *Blackfordia virginica*. Fotografia da autoria de Paula Chainho.

A medusa de *B. virginica* (Figura 1) apresenta cúpula globular hemisférica e transparente, mesogleia extensa, cavidade subumbrelar com cerca de metade da altura da cúpula (Nogueira Jr. & De Oliveira, 2006).

A medusa de *B. virginica* é um predador não selectivo de zooplâncton (Wintzer *et al.*, 2013). O impacto da predação da medusa sobre a comunidade zooplanctónica foi estimado por Donald *et al.* (2013; 2012), que indicou um impacto potencial de 20 a 80% da coluna de água filtrada por dia. Chícharo *et al.* (2009) registaram menores densidades de zooplâncton e de ovos de biqueirão *Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758 nos locais de ocorrência da medusa, sugerindo uma potencial interacção por competição e/ou predação, como indicado por Wintzer *et al.* (2013). Já Paula (1987) sugere que a medusa de *B. virginica* será um dos principais predadores de macroplâncton no estuário do rio Mira. Existem dois estudos sobre a dieta desta medusa, nos quais os náuplios de copépodes (Wintzer *et al.*, 2013) e copépodes (Mills & Sommer, 1995) são identificados como as presas mais abundantes nas cavidades gastrovasculares.

A espécie está presente e é considerada exótica em muitos estuários de águas tropicais e temperadas dos oceanos Atlântico (estuário do rio de la Plata na Argentina - Genzano *et al.*, 2006); baía de Paranaguá, baía de Guaratuba, baía de Babitonga, Brasil - Bardi & Marques, 2009; baía de Antonina, Brasil - Nogueira Jr. & De Oliveira, 2006; Costa oeste de França - Denayer, 1973; México - Álvarez-Silva *et al.*, 2003) Pacífico (Baía de São Francisco, Califórnia - Wintzer *et al.*, 2011a, Baía de Coos, Oregon - Mills & Rees, 2000; costa sul e este do mar da China do sul e oriental - Zhang, 1982) e Índico (Costa sudeste de África - Buecher *et al.*, 2005; vários estuários na Índia - Santhakumari *et al.*, 1997). A sua presença descontínua e ampla é atribuída a sucessivas invasões (Bardi, 2011). É uma espécie estuarina, euritérmica e eurlalina

(Moore, 1987; Bardi & Marques, 2009), o que pode ter facilitado a sua provável dispersão por tráfego marítimo em fase de pólipo, de medusa ou ambas para os vários territórios invadidos. Vários autores afirmam que, muito provavelmente, o vector de introdução da espécie é o tráfego marítimo (águas de lastro e incrustação nos cascos das embarcações) (Zaitsev & Ozturk, 2001; Fet & Popov, 2007).

Em Portugal, a presença da medusa de *B. virginica* foi registada em apenas dois locais, os estuário do rio Mira e do rio Guadiana, sendo as datas dos primeiros registos Maio de 1984 (Moore, 1987) e Julho de 2008 (Chícharo *et al.*, 2009), respectivamente. A sua elevada concentração durante os meses de Verão no estuário do rio Mira é referida em alguns trabalhos (Mattos, 1995; Ré, 1996; Presado, 2012), o que indica que tem uma população se encontra estabelecida neste local.

#### 1.4. Objectivos

Esta tese tem, assim, como objectivos:

- determinar a variação temporal da abundância e estrutura dimensional da medusa de *B. virginica* no estuário do rio Mira e relacionar a sua ocorrência com factores ambientais e biológicos (comunidade de zooplâncton);
- determinar a variação espacial da abundância e estrutura dimensional da medusa no estuário do rio Mira, durante as quatro estações do ano e relacioná-las com factores ambientais e biológicos (comunidade de zooplâncton);
- estudar a dieta da medusa no estuário do rio Mira e avaliar possíveis impactos no ecossistema.



## 2. Metodologia

### 2.1. Área de estudo

O Rio Mira, localizado na zona sudoeste de Portugal, nasce na Serra do Caldeirão, concelho de Odemira, a uma altitude de 470 m, e desagua em Vila Nova de Milfontes, no Oceano Atlântico. Apresentando uma extensão de 145 km (Quaresma, 1987), o rio Mira corre fundamentalmente de sudoeste para noroeste, apesar de ocorrerem mudanças de direcção no seu percurso em algumas zonas (Medeiros, 2009).

O estuário do rio Mira tem a forma de canal estreito e é relativamente pequeno quando comparado com os estuários como os do rio Douro, Tejo ou Guadiana (Vasconcelos *et al.*, 2007). A sua extensão está referida como sendo de 40 km (Blanton *et al.*, 2000). Apresenta uma largura máxima de 400 m na zona próxima da embocadura, tendo esta última tem largura de 100 metros (Ré, 1996).

No estuário existe a barragem de Santa Clara, situada a 50 km da foz, dividindo a bacia hidrográfica em duas secções, uma de montante e outra de jusante. A região a montante concentra cerca de 30 % do escoamento total da bacia e a região a jusante concentra 70 %, havendo comunicação entre estas duas secções quando ocorrem descargas por excesso de cota na albufeira (Andrade, 1986). O estuário do Mira é classificado como mesotidal e bem misturado com descargas irregulares do rio. As descargas de água doce são controladas pela barragem de Santa Clara, variando entre 0 e 500 m<sup>3</sup>/s nas épocas chuvosas no Inverno e na Primavera, sendo o fluxo médio anual de 10 m<sup>3</sup>/s (Blanton *et al.*, 2000). A dinâmica e a salinidade do estuário do rio Mira são dominadas pela maré, que se sobrepõe ao escoamento fluvial na maior parte do ano. O baixo débito do rio devido à construção da Barragem de Sta. Clara, provoca uma ampla penetração da frente salina, especialmente no período seco (Paula, 1987). O ciclo anual das chuvas e fluxo de água doce determinam a extensão da intrusão de água salgada, bem como o grau da estratificação vertical, que é maior no período mais húmido (Paula, 1993). A penetração salina varia, em média, entre 2,5 km, em período de marés mortas, e 7,5 km, em período de marés vivas e a influência da maré faz-se sentir até cerca de 40 km da foz (Andrade, 1986). A profundidade média no estuário do rio Mira é de 6 m, podendo atingir os 13 m em zonas próximo da embocadura (Ferreira *et al.*, 2003). As marés são semi-diurnas com amplitude a variar entre 1 (marés mortas) e 3 m (marés vivas) (Silva *et al.*, 2006).

Na zona próxima da embocadura do estuário predomina o ambiente marinho, com temperaturas a variarem entre 12 °C e 22,5 °C e salinidade entre 27 e 35. No estuário médio, a temperatura e a salinidade já variam em intervalos maiores, 9 °C – 26 °C e 7 – 35,

respectivamente. O estuário superior é marcado pela influência de água doce, resultando um ambiente onde as salinidades são mais baixas, 0 a 23, e a temperatura oscila entre 8 e 26,5 °C (valores anuais) (Costa *et al.*, 1994).

O clima da bacia hidrográfica do rio Mira pode ser classificado como sub-húmido, apresentando um período seco de Maio a Setembro e um período húmido de Novembro a Abril (Loureiro *et al.*, 1984). A precipitação média anual varia entre 600 – 700 mm (Bettencourt *et al.*, 1992).

Durante o século XIX e meados do século XX, no estuário do rio Mira existiam dois portos principais: o de Odemira e o de Vila Nova de Mil Fontes (Quaresma, 1985). Ambos os portos constituíam a principal via de exportação, para Lisboa fundamentalmente, de bens essenciais, como carvão azinho, cortiça, vinho e mel (Andrade, 1986). Depois de um período, no início do século XX, de importância económica reduzida, observaram-se aumentos pontuais de tráfego durante a Primeira e Segunda Grandes Guerras, recebendo estes portos mercadorias provenientes dos Estados Unidos da América e de Inglaterra (Andrade, 1986). Em 1966, o porto de Vila Nova de Mil Fontes foi encerrado (Quaresma, 1985). A partir do porto de Odemira é praticada apenas pesca lúdica, sendo uma actividade regulamentada, e a pesca profissional é praticamente inexistente. Adicionalmente, regista-se algum tráfego recreativo de carácter residual (Chainho, 2009).

Grande parte do estuário encontra-se no Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina, o que contribui para a manutenção das características quase pristinas do estuário (Medeiros, 2009). À excepção da Barragem de Santa Clara, cujo enchimento se iniciou em 1967 (Andrade, 1986), e de campos de aquacultura próximo de Vila Nova de Milfontes, desactivados desde 2010, o estuário do rio Mira é pouco perturbado e livre de poluição industrial (Costa *et al.*, 2001). No entanto, Chainho *et al.* (2008) registaram contaminação de determinadas áreas por metais pesados.

O estuário do rio Mira é um sistema relativamente bem conhecido. Tem sido alvo de vários estudos sobre a comunidade biológica presente (Andrade, 1986; Paula, 1987; Costa, 1988; Paula, 1993; Ré, 1996; Costa *et al.*, 2001; Chainho, 2008; Medeiros, 2009). É uma zona de desova e de berçário para muitas espécies de peixes, algumas de valor comercial. As espécies bentónicas mais abundantes são o linguado legítimo (*Solea solea* Linnaeus, 1758), a safia (*Diplodus vulgaris* Geoffroy Saint-Hilaire, 1817), o sargo (*Diplodus sargus* Linnaeus, 1758) e o robalo (*Dicentrarchus labrax* Linnaeus, 1758), que utilizam o estuário como zona berçário (Costa, 2004). Entre as espécies mais abundantes no domínio pelágico destacam-se peixe-rei (*Atherina presbyter* Cuvier, 1829) junto à foz, e o biqueirão (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) nos troços intermédio e superior do estuário (Costa, 2004). Como espécie residente

destaca-se o charroco (*Halobatrachus didactylus* Bloch & J.G. Schneider, 1801), pela sua abundância.

Para além do cnidário *B. virginica*, no estuário do rio Mira são conhecidas quatro espécies exóticas: os crustáceos *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) e *Percnon gibbesi* (H. Milne Edwards, 1853), o bivalve *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) e o gastrópode *Potamopyrgus antipodarum* (J. E. Gray, 1843). À excepção de *P. gibbesi* e *A. improvisus*, cujos estados da população são desconhecidos, as restantes espécies estão estabelecidas no estuário (INSPECT, 2012).

## 2.2. Amostragem

A recolha de amostras decorreu entre Setembro de 2012 e Agosto de 2013. Durante este período foram realizadas amostragens mensais num ponto fixo do estuário, junto ao cais da Casa Branca, e amostragens trimestrais ao longo do gradiente estuarino num total de dez estações entre Odemira e Vila Nova de Mil Fontes (Figura 2).

### 2.2.1. Amostragem espacial

Para estudar a distribuição da fase de medusa e restante zooplâncton ao longo do estuário durante as quatro estações do ano foram realizadas colheitas trimestrais nas épocas de Outono (Setembro de 2012), Inverno (Dezembro de 2012), Primavera (Março de 2013) e Verão (Junho de 2013). Estas amostragens tiveram sempre início no cais de Odemira e terminaram no cais de Vila Nova de Mil Fontes e foram efectuadas em condições idênticas de maré (enchente). Durante o percurso foram efectuadas colheitas de plâncton em 10 locais distribuídos no estuário superior (estações de amostragem 1 a 4), estuário médio (estações de amostragem 5 a 8) e no estuário inferior (estações de amostragem 9 a 10), que foram mantidos durante o período de estudo (Figura 2).

As colheitas foram efectuadas a bordo de uma pequena embarcação de pesca que possibilitou a utilização de 2 redes de plâncton cónico-cilíndricas em simultâneo. As redes de malhas de 200 e 500  $\mu\text{m}$  estavam montadas em aros de 60 cm de diâmetro e possuíam 250 cm de comprimento, com uma bóia presa ao aro da rede e uma segunda presa ao copo colectador para posicionar a rede na profundidade pretendida. Os arrastos foram realizados horizontalmente a uma profundidade de 0,5 m e a sua duração variou entre 3 e 10 minutos (dependendo da biomassa de plâncton na água); o volume de água filtrado foi medido através de um fluxómetro montado na entrada da rede. Para comparabilidade com trabalhos anteriores a densidade de medusas foi estimada a partir das amostras da rede de 500  $\mu\text{m}$  e o mesozooplâncton (200 – 2000  $\mu\text{m}$ ) com recurso à rede de 200  $\mu\text{m}$ . As amostras foram fixadas

e preservadas em solução de formol (neutralizado) a 4 % com água local. Em cada estação de amostragem foram registados à superfície (0,5 m) os valores dos seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura, salinidade, oxigénio dissolvido na água e profundidade através de uma sonda multiparamétrica.



Figura 2. Estações de amostragem no estuário do Mira (1-10). **Estação 1** - 37° 35.932'N; 8° 39.506'W; **Estação 2**- 37° 36.327'N; 8° 39.018'W; **Estação 3**- 37° 36.615'N; 8° 40.787'W; **Estação 4**- 37° 37.193'N; 8° 40.208'W; **Estação 5**- 37° 37.782'N; 8° 41.938'W; **Estação 6** - 37° 39.756'N; 8° 43.256'W; **Estação 7**- 37° 41.139'N; 8° 43.963'W; **Estação 8**- 37° 41.688'N; 8° 44.616'W; **Estação 9**- 37° 43.186'N; 8° 45.041'W; **Estação 10**- 37° 43.661'N; 8° 45.904'W. Fonte: Google Earth.

### 2.2.2. Amostragem temporal

Com o objectivo de descrever o ciclo de ocorrência da fase de medusa e a sua importância na comunidade de zooplâncton, seleccionou-se um local de fácil acesso no estuário localizado na zona de distribuição da medusa tendo em conta os resultados de trabalhos anteriores (INSPECT, 2012; Presado, 2012). Esta amostragem efectuou-se no período de meia maré junto à Casa Branca (estação de amostragem 6 da Figura 2), a aproximadamente 14,5 km da embocadura do estuário, uma vez que a maior densidade de medusas na coluna de água foi

observada durante esta fase da maré (Presado, 2012). A recolha de amostras realizou-se com periodicidade mensal desde 1 de Setembro de 2012 a 6 de Agosto de 2013. Entre Abril e Junho de 2013 efectuaram-se amostragens semanais, de forma a poder determinar-se com maior exactidão o aparecimento da fase de medusa no estuário.

As recolhas de plâncton foram realizadas a partir de um bote de recreio a motor de menor dimensão do que o disponível para o trabalho trimestral. Utilizou-se uma rede cónico-cilíndrica de 150 cm de comprimento com abertura de boca de 40 cm e malha de 200  $\mu\text{m}$ , com uma bóia presa ao aro da rede e uma segunda presa ao copo colector para posicionar na profundidade pretendida. Foram efectuados dois a três arrastos (dois a três replicados) horizontalmente a 0,5 m da superfície durante períodos que oscilaram entre 3 a 5 minutos, dependendo da biomassa de plâncton na água, por forma a evitar a colmatção da rede; o volume de água filtrado foi calculado com recurso a um fluxómetro montado no aro da rede. Conjuntamente com as colheitas de plâncton foram registados à superfície (0,5 m), os seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura, salinidade e oxigénio dissolvido na água, usando a metodologia referida anteriormente. A conservação das amostras foi realizada como referido no ponto anterior.

### 2.3. Análise Laboratorial

#### 2.3.1. Medição, contagem, sexo e dieta da medusa

Apesar de as medusas serem planctónicas, no presente trabalho, de modo a facilitar a compreensão, foram tratadas separadamente da restante comunidade zooplanctónica. Assim, nas amostras que continham medusas e outros organismos zooplanctónicos, fez-se a separação destes dois componentes com recurso a pinças e a crivos de 200 e 500  $\mu\text{m}$ , dependendo da malhagem da rede de plâncton utilizada na recolha de amostras.

Após a separação dos dois componentes biológicos, procedeu-se à medição do volume total e à contagem da totalidade de medusas na amostra, quando o volume de medusas era menor ou igual a 300 ml. No caso de a amostra ter um volume de medusas superior a 300 ml, procedeu-se à subamostragem de 300 ml. Deste volume total ou subamostrado, fez-se a contagem dos indivíduos e medição do diâmetro da cúpula e registo do género sexual de 60 ml, usando uma lupa binocular com ampliação mínima de 0,63x e máxima de 4x. A medição das medusas com tamanho superior ou igual a 0,5 mm efectuou-se com recurso a uma folha de papel milimétrico colocada sob a caixa de Petri onde se encontravam os indivíduos. As medusas com tamanho inferior a 0,5 mm foram medidas com recurso a uma ocular micrométrica.

Foi aplicada a metodologia exposta anteriormente para as amostras das recolhas espaciais e temporais.

Simultaneamente ao trabalho descrito acima, procedeu-se à contagem e identificação das presas encontradas nas cavidades gastrovasculares para determinação da dieta das medusas de todas as amostras que foram observadas.

### 2.3.2. Identificação e contagem de zooplâncton

Após a separação das medusas e zooplâncton, foi subamostrado um volume variável de zooplâncton (utilizando sistema similar à pipeta de Stempel), que contivesse pelo menos 300 indivíduos. Foi registado o volume biológico e feita a contagem e identificação dos indivíduos, utilizando uma lupa binocular, com detalhe taxonómico variável recorrendo à literatura, Johnson & Allen (2012) e Smith DeBoyd & Johnson (1996). A totalidade da amostra foi observada para quantificar os organismos menos abundantes e ovos e larvas de peixes de valor comercial (por exemplo, biqueirão *E. encrasicolus*).

## 2.4. Análise de dados

### 2.4.1. Distribuição espacial da medusa

Para estudar a distribuição espacial da medusa, foram efectuadas análises PCO (Principal co-ordinate analysis) utilizando as densidades da medusa por classe de tamanho e os parâmetros ambientais (distância à foz, oxigénio dissolvido, percentagem de substrato rochoso e densidade de ostras no fundo do rio (Costa, 2004), salinidade, temperatura) para analisar a distribuição das variáveis ambientais ao longo do estuário segundo estes factores. As ordenações PCO para dados biológicos foram elaboradas a partir de uma matriz de similaridade de Bray-Curtis. Para os dados ambientais a PCO foi realizada sobre uma matriz de distâncias euclidianas ( $\Leftrightarrow$  PCA) obtida a partir das variáveis standardizadas. Para procurar uma ligação entre a distribuição e composição por tamanhos de medusas e os locais mais prováveis para a existência da fase de pólipos foi utilizada a percentagem de substrato rochoso e densidade de cobertura de conchas de ostra (conchas/ha) no fundo do rio na zona de cada estação de amostragem, os quais foram retirados de literatura (Costa, 2004).

Para verificar se existiram diferenças significativas das densidades por classe de tamanho entre época do ano e estação de amostragem, aplicou-se uma análise de variância multivariada permutacional para os dois factores e respectiva interacção (PERMANOVA Anderson, 2011). A PERMANOVA usa um método de permutações para obter o valor de

probabilidade e, portanto, não exige a distribuição normal dos dados. A PERMANOVA foi do tipo teste geral, sem restrições de permutações dos dados em bruto, sendo realizadas no máximo 999 permutações.

Adicionalmente, calculou-se o coeficiente de Spearman, coeficiente que não pressupõe a existência de relação linear entre as variáveis, para verificar quais os factores ambientais que tiveram influência na distribuição espacial da medusa. O coeficiente de correlação de Spearman é um coeficiente não paramétrico e varia entre -1 e +1: valores positivos indicam correlação positiva e valores negativos, correlação negativa, sendo o valor de 0 indicador de ausência de correlação entre as variáveis. Calculou-se, então, o coeficiente de correlação de Spearman entre a densidade total de medusas em cada estação e os factores ambientais: percentagem de substrato rochoso e densidade de conchas de ostra, distância à foz, oxigénio dissolvido, salinidade, temperatura e profundidade; e densidade total de zooplâncton de cada estação de amostragem. Foram, ainda, elaborados gráficos de densidade da medusa por classe dimensional em cada estação de amostragem nas épocas em que esteve presente no estuário do rio Mira.

#### 2.4.2. Distribuição temporal da medusa

Para identificar os factores bióticos e abióticos que promoveram o aumento da densidade temporal da medusa, procedeu-se ao cálculo do coeficiente de correlação de Spearman entre densidade temporal de medusas e os factores ambientais que apresentam variação temporal: fotoperíodo, fase da lua, salinidade, temperatura e oxigénio dissolvido. Adicionalmente, foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman para densidade de medusa e densidade total de zooplâncton. Os dados relativos ao fotoperíodo foram retirados de <http://astro.unl.edu><sup>1</sup> e os da fase da lua recolhidos em <http://www.tabuademares.com><sup>2</sup>.

Foram ainda elaborados gráficos da densidade da medusa por classe dimensional. Adicionalmente, foram feitos gráficos de dispersão da densidade da medusa ao longo do tempo e variação dos factores ambientais mencionados de modo a verificar se existiu alguma relação entre estas variáveis que não tenha sido detectada pelo cálculo do coeficiente de correlação de Spearman.

### 2.4.3. Dieta e Impacto da Predação

Para análise da dieta da medusa foram calculados os índices de ocorrência, de abundância e de vacuidade obtidos da seguinte forma:

$$\text{Índice de ocorrência} = \frac{\text{n.º de estômagos em que ocorre a presa } i}{\text{n.º de estômagos não vazios}} \times 100$$

$$\text{Índice de abundância} = \frac{\text{n.º de presas } i}{\text{n.º total de presas no estômago}} \times 100$$

$$\text{Índice de vacuidade} = \frac{\text{n.º total de estômagos vazios}}{\text{n.º total de estômagos observados}} \times 100$$

Os índices de ocorrência e de abundância foram aplicados para descrever a composição da dieta. Já o índice de vacuidade expressa a proporção de estômagos vazios sobre os estômagos observados, sendo útil para estimar a frequência com que as medusas se alimentam.

Para avaliar a selectividade alimentar da medusa foi utilizado o índice de Jacobs (Jacobs, 1974):

$$\text{Índice de Jacobs (E)} = \frac{D_{ri} - A_{ri}}{D_{ri} + A_{ri} - 2D_{ri}A_{ri}}$$

onde  $D_{ri}$  e  $A_{ri}$  são, respectivamente, a frequência numérica da presa  $i$  no interior das cavidades gastrovasculares e no ambiente circundante. O índice varia entre -1 e 1, sendo que -1 significa inacessibilidade ou evitamento da presa  $i$ , 0 ausência de selectividade e 1 indica preferência.

Foi ainda calculado o coeficiente de correlação de Pearson para testar a eventual correlação entre o número de presas na cavidade gastrovascular e a dimensão da medusa. O coeficiente de Pearson é um coeficiente paramétrico e pressupõe que as variáveis tenham uma relação linear. Este coeficiente varia entre -1 e +1, sendo que valores positivos indicam correlação positiva e valores negativos, correlação negativa. O valor 0 indica que não há correlação entre as variáveis.

Adicionalmente, para cada data de amostragem foi calculada a taxa de mortalidade ( $\mu$ ) das presas causada pela predação da medusa, podendo ser interpretada como o impacto da predação da medusa sobre a comunidade de zooplâncton. Assim, foi calculada através da fórmula:

$$\mu = \sum_i^J F_i D_i,$$

onde  $F_i$  é a taxa de aclaramento,  $D_i$  é a densidade de medusas da espécie  $i$  e  $J$  o número de espécies de medusas num dado local.

Através da taxa de aclaramento ( $F_i$ ) é possível medir a predação por volume de água por unidade de tempo (Larson, 1991). Esta taxa depende do tamanho da medusa, da concentração, tipo e dimensão da presa alvo no meio e do tempo de digestão dessa presa em função da temperatura (Olesen, 1995). Para o cálculo da taxa de aclaramento pode usar-se a taxa de ingestão de presas ( $I$ ), que é obtida pela divisão da média do número de determinada presa registado nas cavidades gastrovasculares da medusa ( $G$ ) pelo tempo de digestão dessa presa ( $E$ ):

$$I = \frac{G}{E}$$

Finalmente, a taxa de aclaramento resulta do quociente:

$$F_i = \frac{I}{C}$$

onde  $C$  é a concentração da presa no meio ambiente.

A taxa de mortalidade foi calculada apenas para um grupo de presas modelo, os copépodes. O tempo de digestão usado resulta de uma média de várias observações relativamente à digestão da espécie de copépode *Eurytemora affinis*. Estes dados foram obtidos em medusas de *B. virginica* recolhidas no campo e depois mantidas em aquário. A presa foi colocada nos tentáculos de uma medusa de *B. virginica*, com a ajuda de pinças, e registado o tempo (em minutos) em que esta digeriu a presa. As condições ambientais aquando destas medições foram 16 unidades de salinidade e 21 °C de temperatura. Os dados sobre digestão resultaram de um trabalho desenvolvido por Alpa Wintzer (Universidade de Califórnia, Davis) e foram gentilmente cedidos para utilização no presente trabalho.

As fórmulas apresentadas para o cálculo da taxa de mortalidade da presa, taxa de ingestão, taxa de aclaramento e tempo de meia vida da presa foram retiradas de Hansson *et al.* (2005).

#### 2.4.4. Distribuição espacial e temporal de zooplâncton

Para análise dos dados relativos à comunidade zooplanctónica (sem as medusas), no espaço e no tempo, foram elaboradas ordenações PCO com base em matrizes de similaridade de Bray-Curtis obtidas a partir da raíz quadrada das densidades de cada grupo taxonómico identificado por estação de amostragem. Foi, também, elaborada uma ordenação PCO somente com as estações de amostragem das épocas do ano em que a medusa esteve presente, de modo a

averiguar com maior detalhe o padrão de distribuição das comunidades de zooplâncton durante essas épocas e locais.

Para estudar a variação temporal na composição zooplanctónica (ponto fixo no estuário) foi elaborada uma ordenação PCO com base em matrizes de similaridade de Bray Curtis obtidas a partir da raiz quadrada das densidades de cada grupo taxonómico identificado por data de amostragem.

Foram efectuados também gráficos de densidades dos grupos taxonómicos de zooplâncton identificados em cada época do ano e estação de amostragem e num ponto de amostragem fixo.

As análises estatísticas foram efectuadas com recurso aos *softwares* Primer 6 versão 6.1.13 & Permanova+ versão 1.0.3 do Primer-E Ltd, Plymouth Marine Laboratory e IBM® SPSS® Statistics versão 20 da IBM Corporation.

### 3. Resultados

#### 3.1. Distribuição espacial

##### 3.1.1. Estrutura populacional da medusa

No decorrer das amostragens trimestrais (Outono, Inverno, Primavera e Verão) realizadas, a medusa de *B. virginica* esteve presente no Outono e no Verão, não tendo sido capturados exemplares no Inverno e na Primavera.

No Outono foram capturadas medusas entre as estações 1 e 6, isto é, no estuário superior e médio, (Figuras 3a e 2), com uma densidade média de 10,11 indivíduos/m<sup>3</sup>, tendo ocorrido as densidades mais elevadas na estação 4 (32,96 ind./m<sup>3</sup>). Já no Verão, a medusa ocorreu apenas entre as estações 4 e 6, no limite inferior do estuário superior e no estuário médio, (Figuras 3b e 2) com uma densidade média de 383,44 ind./m<sup>3</sup>, tendo a densidade mais elevada (982,34 ind./m<sup>3</sup>) sido observada na estação 5 (Figura 3b).

A medusa foi mais abundante entre a estação 4 e 6 em ambas as épocas e não foram encontrados indivíduos a jusante da estação 6 (zona do estuário médio) em nenhuma época. Apesar de presentes em ambas as épocas do ano, as medusas foram mais abundantes no Verão.

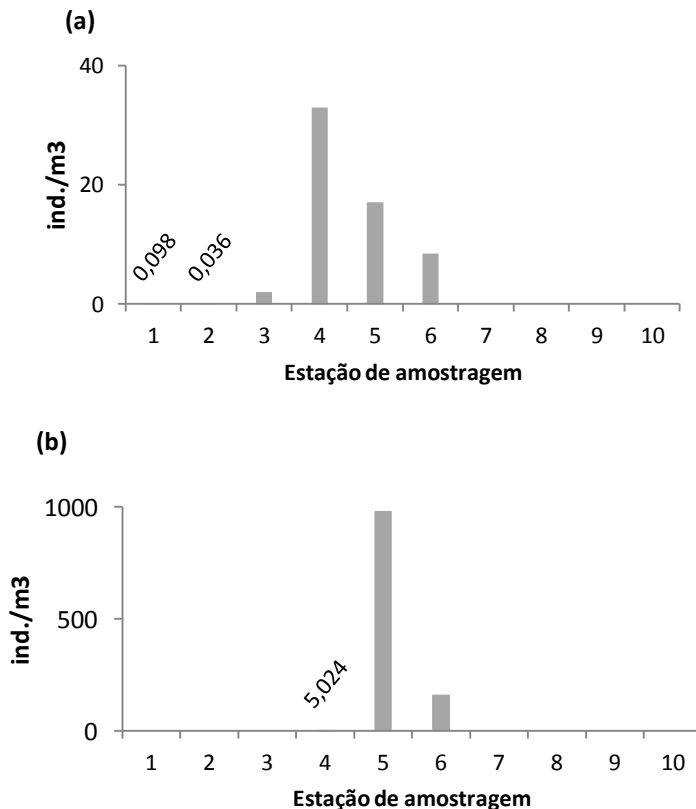


Figura 3. Distribuição espacial da densidade da medusa de *B. virginica* (ind./m<sup>3</sup>) nas épocas em que esteve presente no estuário do rio Mira, Outono (a) e Verão (b).

Comparando as duas épocas de colheita em que se capturaram medusas, verificou-se que não existiram diferenças significativas nas densidades de cada classe dimensional entre as estações de amostragem onde a medusa esteve presente (PERMANOVA: pseudo-F=0.58853, P (perm)=0.939). Não se observou interação significativa entre época do ano e estação de amostragem (PERMANOVA: pseudo-F= 0.77718, P(perm)= 0.687).

A ordenação PCO (Figura 4) explica 51,9% da variação total da densidade das classes dimensionais ao longo do estuário, apresentando um poder explicativo baixo, já que a percentagem mínima para uma representação razoável da variação é de, aproximadamente, 70% (Anderson & Clark, 2008). Observa-se uma distribuição correspondente ao gradiente espacial ao longo do eixo PCO1, sendo as estações 1 e 2 as mais distintas das restantes e aquelas onde se verificam as densidades mais baixas (Figuras 4 e 5). No eixo PCO2 há separação das classes dimensionais, com os indivíduos tendencialmente menores na porção positiva do eixo e indivíduos maiores na porção negativa do eixo. No Outono, verificou-se um aumento de tamanho das medusas da estação 3 para a 6, ou seja, de montante para jusante (Figuras 4 e 5). No Verão, porém, não se verificou tal padrão: a maior densidade de medusas com tamanhos intermédios surgiu na estação 4, tendo as medusas de menores dimensões sido mais abundantes na estação 5. Os indivíduos de maiores dimensões surgiram na estação 6, em ambas as épocas.

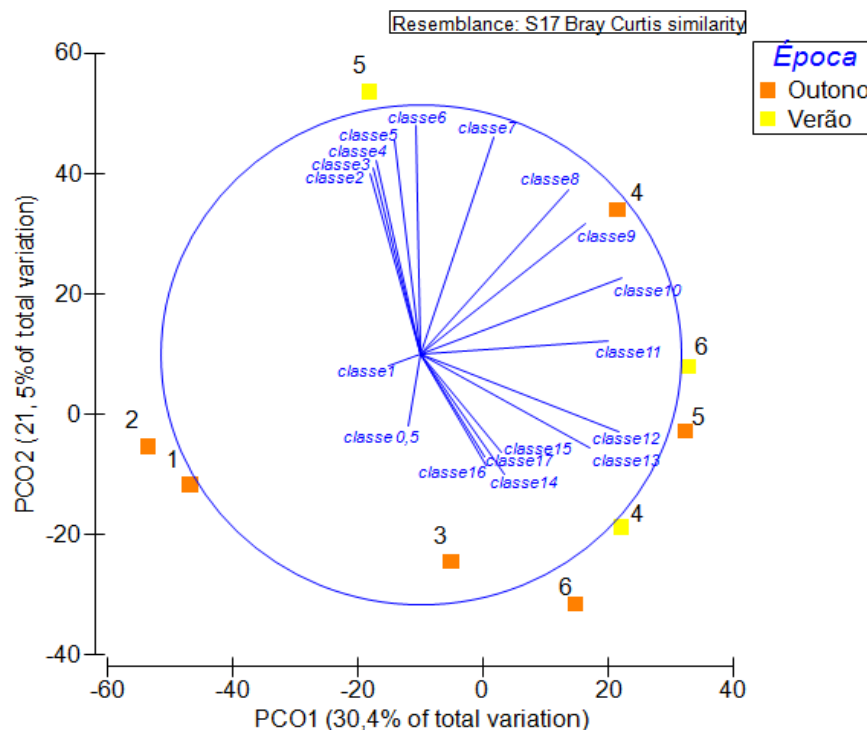


Figura 4. Ordenação PCO da densidade das classes dimensionais da população da medusa de *B. virginica* registadas nos locais e épocas em que se observou a medusa no estuário do rio Mira. A classe 0,5 inclui indivíduos que apresentaram diâmetro de cúpula entre 0,5 e 1 mm, exclusivo:  $0,5 \leq \text{medusas} < 1$ . A classe 2:  $2 \leq \text{medusas} < 3$ ; classe 3:  $3 \leq \text{medusas} < 4$ , e assim sucessivamente.

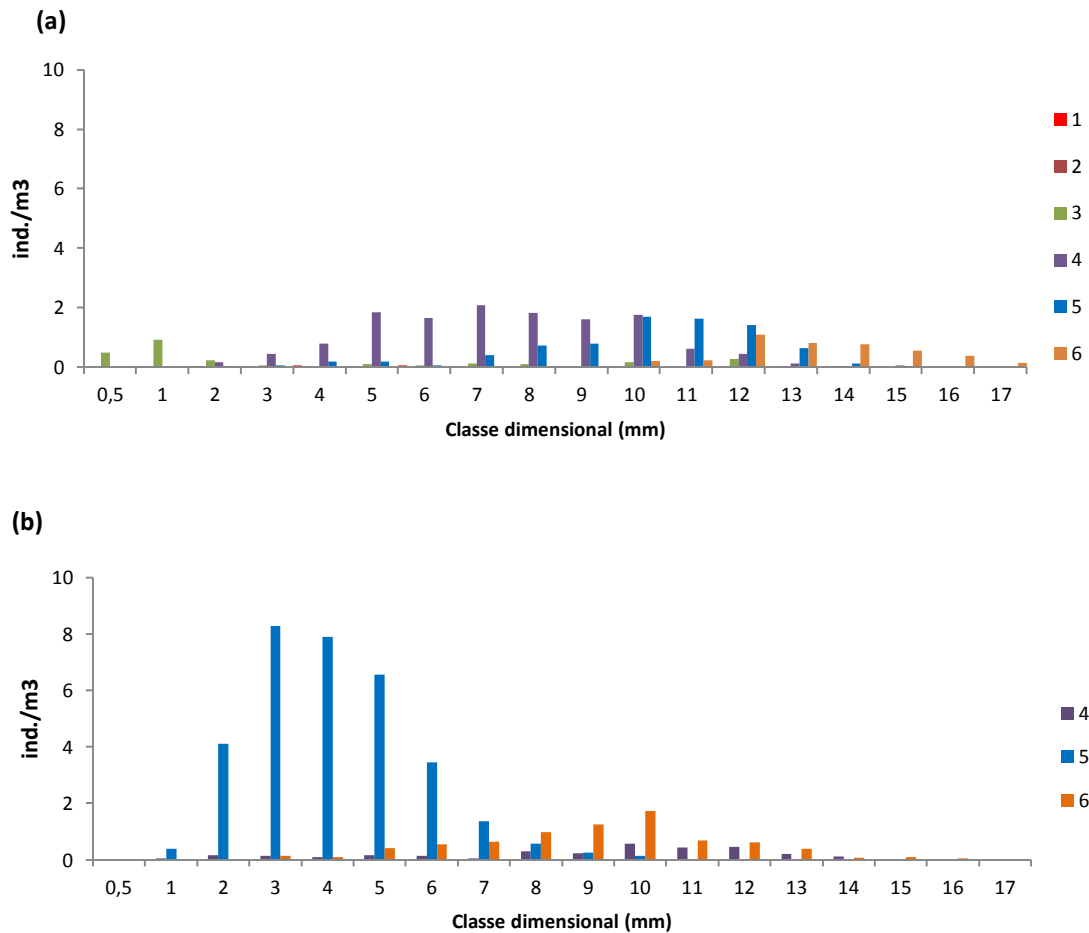


Figura 5. Distribuição espacial das classes dimensionais da medusa de *B. virginica* nas amostragens no Outono (a) no Verão (b) no estuário do rio Mira. Cada barra representa uma estação de amostragem. A classe 0,5 inclui indivíduos que apresentaram diâmetro de cúpula entre 0,5 e 1 mm, exclusivé:  $0,5 \text{ mm} \leq \text{medusas} < 1 \text{ mm}$ . A classe 2:  $2 \text{ mm} \leq \text{medusas} < 3 \text{ mm}$ ; classe 3:  $3 \text{ mm} \leq \text{medusas} < 4 \text{ mm}$ , e assim sucessivamente.

Como se pode observar na Figura 5a, no Outono, o indivíduo mais pequeno, com uma dimensão de 0,5 mm, foi capturado na estação de amostragem 3, enquanto o indivíduo de maior dimensão (17 mm) foi observado na estação 6. No Verão (Figura 5b), a menor dimensão registada foi de 0,5 mm (estação 4) e a maior foi de 16 mm (estação 6). No Verão, a estação 4 foi o único local onde se observou a classe dimensional 0,5 mm. No Outono, as classes dimensionais mais pequenas (0,5 e 1 mm) só se registaram na estação 3.

A grande maioria de indivíduos capturados no Verão apresentou sexo indiferenciado (77,03%), enquanto no Outono a maioria encontrou-se diferenciada (74,07%). Os indivíduos indiferenciados, capturados no Outono, mediram de 0,5 a 12 mm e no Verão mediram entre 0,5 e 10,5 mm. Já os indivíduos com sexo diferenciado apresentaram diâmetro de cúpula de 4 a 17 mm no Outono e 3 e 17 mm no Verão.

### 3.1.2. Distribuição da medusa e factores ambientais

As medusas ocorreram num intervalo de salinidade que oscilou entre 0,06 a 32,96 no Outono e de 7,64 a 22,14 no Verão. A densidade mais elevada no Outono coincidiu com uma salinidade de 16,35 (32,96 ind./m<sup>3</sup>), na estação 4, zona inferior do estuário superior. No Verão, a densidade máxima ocorreu em valores de salinidade de 9,40 (982,34 ind./m<sup>3</sup>) na estação 5, zona intermédia do estuário (Figura 6).

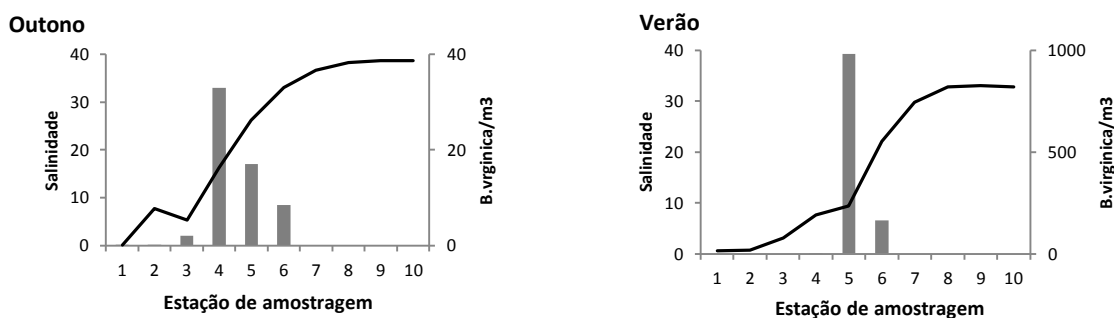


Figura 6. Densidade total da medusa de *B. virginica* (ind./m<sup>3</sup>; barras a cinza) e variação da salinidade (curva a negro) ao longo do estuário do rio Mira nas épocas em que a medusa esteve presente.

A análise PCO (Figura 7) ordena as estações de amostragem em função das variáveis ambientais medidas. Como se pode observar da análise da figura, os dois primeiros eixos da PCO (Figura 7) explicam 93,4 % da variabilidade, maioritariamente ao longo do primeiro eixo. As estações de amostragem em que se registaram medusas no estuário do rio Mira estão distribuídas no eixo PCO1 de montante para jusante, sendo a salinidade, densidade de conchas de ostra e percentagem de substrato rochoso as variáveis mais associadas às estações no sentido jusante. Por sua vez, as estações mais de montante estão associadas a maiores concentrações de oxigénio dissolvido e temperaturas elevadas (Figura 7), apesar de esta ter apresentado pouca variação ao longo da área de distribuição da medusa no estuário em ambas as épocas, o que justifica a baixa influência desta variável na ordenação apresentada relativamente às restantes variáveis. Assim, as densidades mais elevadas de medusa foram registadas nas estações com maior percentagem de substrato rochoso e maior densidade de conchas de ostra (Anexo I).

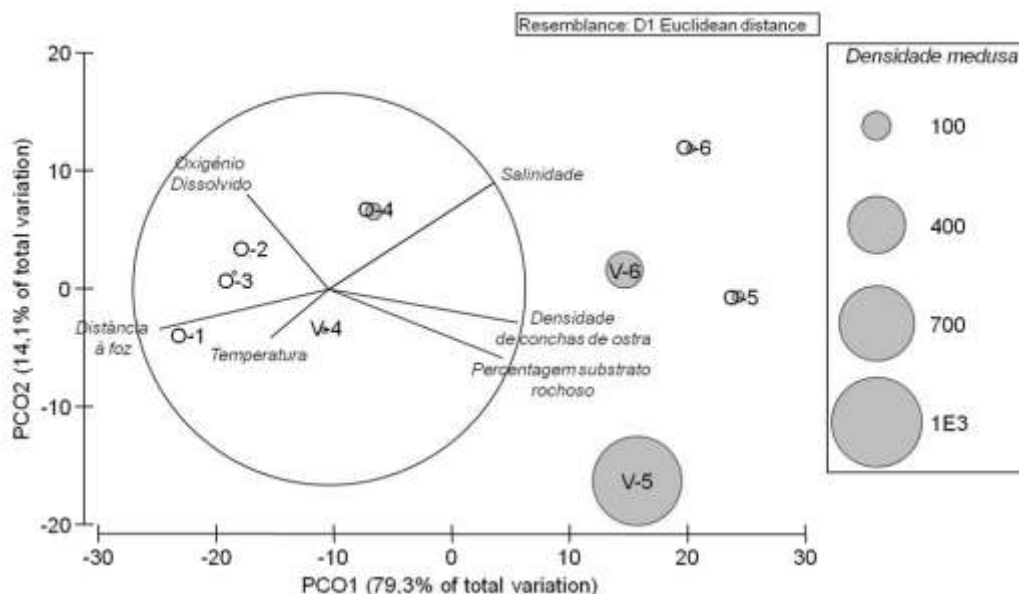


Figura 7. Ordenação PCO das estações de amostragem onde se registou a medusa de *B. virginica* no estuário do rio Mira, segundo as variáveis ambientais mais importantes: distância à foz, percentagem de substrato rochoso no fundo do rio, densidade de conchas de ostra, salinidade, temperatura e oxigénio dissolvido. Na legenda, a letra refere-se à época da amostragem, "O" – Outono, "V" – Verão, e o número à estação de amostragem. As densidades totais de *B. virginica* (ind./m<sup>3</sup>) amostradas no Outono e no Verão estão representadas em círculos sobrepostos à ordenação.

A hipótese da existência de duas zonas de distribuição da medusa no estuário, uma mais de montante (menores densidades de medusa, menor salinidade, menor disponibilidade de substrato para fixação de pólipos – estações 1, 2 e 3) e outra que considerasse a zona intermédia do estuário (maiores densidades de medusa, salinidades intermédias, maior disponibilidade de substratos para fixação de pólipos – estações 4, 5 e 6), tendo por base a densidade de medusas por classe dimensional, foi testada. A análise confirmou a existência de diferenças significativas entre as duas zonas comparadas (PERMANOVA: pseudo-F=2,272, P(perm)=0,023) (Figura 4 e 7).

De modo a reforçar o entendimento sobre a relação entre as variáveis ambientais e a variação espacial da densidade de medusas, calculou-se o coeficiente de correlação de Spearman. A natureza não linear dos dados da densidade de medusas e de algumas variáveis ambientais impossibilitou a elaboração de um modelo de regressão linear. O coeficiente de Spearman revelou que a densidade de conchas de ostra, a percentagem de substrato rochoso e a distância à foz estavam significativamente correlacionados com a densidade espacial da medusa (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Spearman e respectivo valor de probabilidade entre factores ambientais e densidade espacial da medusa de *B. virginica*. \*- correlação significativa a probabilidade<0,05; \*\*-correlação significativa a probabilidade<0,01. A sublinhado estão os valores estatisticamente significativos.

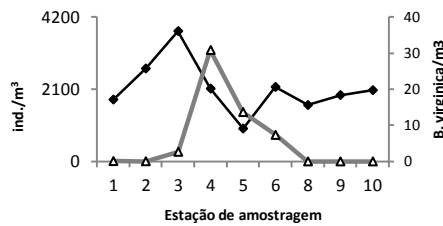
	<b>Coeficiente de Spearman</b>	<b>probabilidade</b>
<b>Temperatura</b>	-0,043	0,912
<b>Salinidade</b>	0,634	0,066
<b>Oxigénio dissolvido (mg/L)</b>	-0,429	0,249
<b>Distância à foz</b>	-0,780*	<u>0,013</u>
<b>% Substrato rochoso</b>	0,836**	<u>0,005</u>
<b>Profundidade</b>	0,562	0,115
<b>Densidade conchas de ostra</b>	0,836**	<u>0,005</u>

Como se pode verificar da análise da Tabela 1, a densidade de medusas está positivamente correlacionada com a densidade de conchas de ostra e com a percentagem de substrato rochoso, e negativamente correlacionada com a distância à foz. As restantes variáveis, incluindo a salinidade, não mostraram correlações significativas com a densidade de medusas.

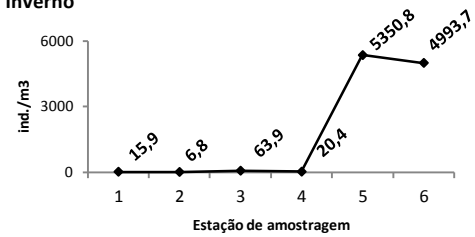
### 3.1.3. Distribuição da medusa e comunidade de zooplâncton

As densidades totais de zooplâncton foram mais elevadas no Outono e no Verão. No Outono, as densidades mais altas registaram-se no estuário superior. Já na época de Verão, as densidades máximas de zooplâncton registaram-se nas estações do estuário inferior (Figura 8). No Inverno só foram recolhidas amostras nas estações 1, 2, 3, 4, 5 e 6 devido a uma avaria no barco que impediu que a amostragem fosse concluída. Nesta época, as densidades observadas nas estações localizadas no estuário superior (1, 2, 3 e 4) foram baixas, no entanto, nas estações 5 e 6 (estuário médio) verificaram-se densidades muito elevadas comparativamente às outras épocas nos mesmos locais, devido à alta densidade de copépodes, principalmente (Figura 9). Na Primavera, as densidades mais elevadas registaram-se na região do estuário inferior, sendo, novamente, o grupo dos copépodes o mais abundante.

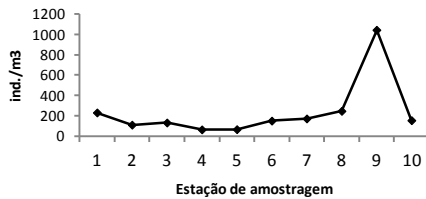
### Outono



### Inverno



### Primavera



### Verão

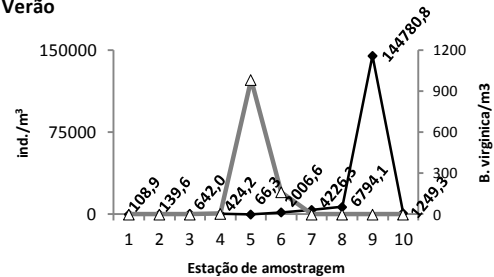


Figura 8. Densidade total de zooplâncton por  $m^3$  (linha com losangos) e da medusa de *B. virginica* por  $m^3$  (linha com triângulos) ao longo do estuário do rio Mira nas épocas em que a medusa esteve presente no estuário. A estação 7 no gráfico de Outono foi retirada da análise. No Inverno, foram amostradas apenas as estações 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Ao longo do período de estudo registaram-se 21 grupos taxonómicos, sendo a ordem Copepoda o grupo dominante durante todas as épocas, mas não em todas as estações de amostragem (Figuras 9 e 10). Durante o período de estudo, a maior riqueza de grupos taxonómicos registou-se na estação 3 no Inverno, cerca de 13, e a menor registou-se na estação 5 no Inverno, cerca de 4.

Os resultados apresentados na Figura 11 mostram o padrão de ordenação das estações de amostragem tendo por base a matriz referente à comunidade de zooplâncton para as quatro épocas de amostragem realizadas. A análise PCO explica 60,6% da variabilidade nos dados e é evidente uma segregação em função das épocas do ano sobre o eixo PCO1. As estações no Inverno e na Primavera distribuem-se predominantemente no sentido positivo e as estações essencialmente no Verão e no Outono (quando a medusa esteve presente no estuário) surgem sobre o lado negativo do eixo.

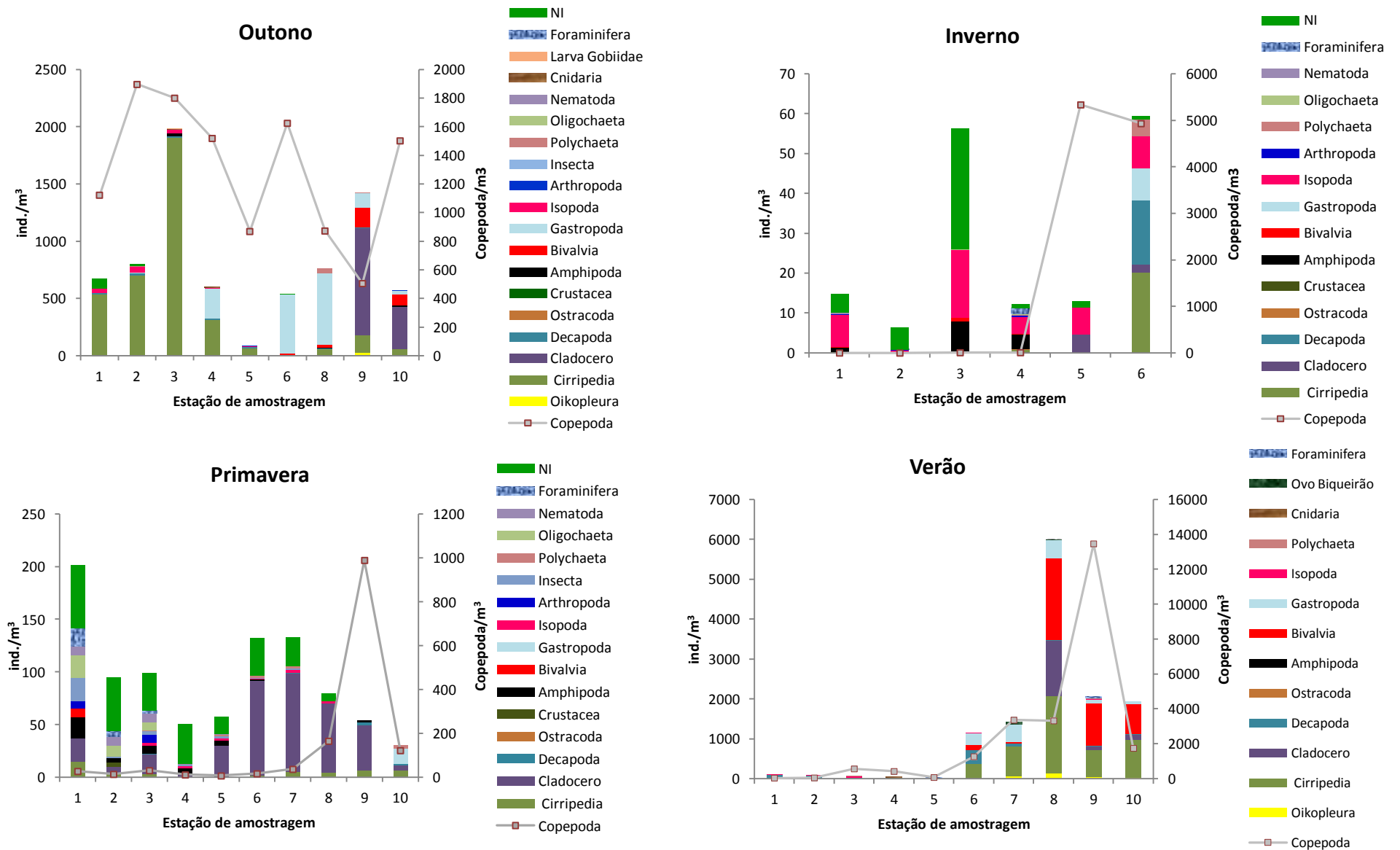


Figura 9. Densidade dos grupos taxonómicos de zooplâncton identificados durante as quatro épocas amostradas no estuário do rio Mira. Na legenda, o grupo “NI” refere-se aos indivíduos cujo grupo taxonómico não foi identificado, predominantemente ovos e larvas de invertebrados. O grupo “Cnidaria” engloba outras medusas capturadas que não *B. virginica*. A estação 7 no Outono foi retirada da análise devido ao mau estado de conservação à chegada ao laboratório. No Inverno, só foram amostradas as estações 1, 2, 3, 4, 5 e 6 devido a uma avaria no barco que impediu a realização da amostragem na totalidade.

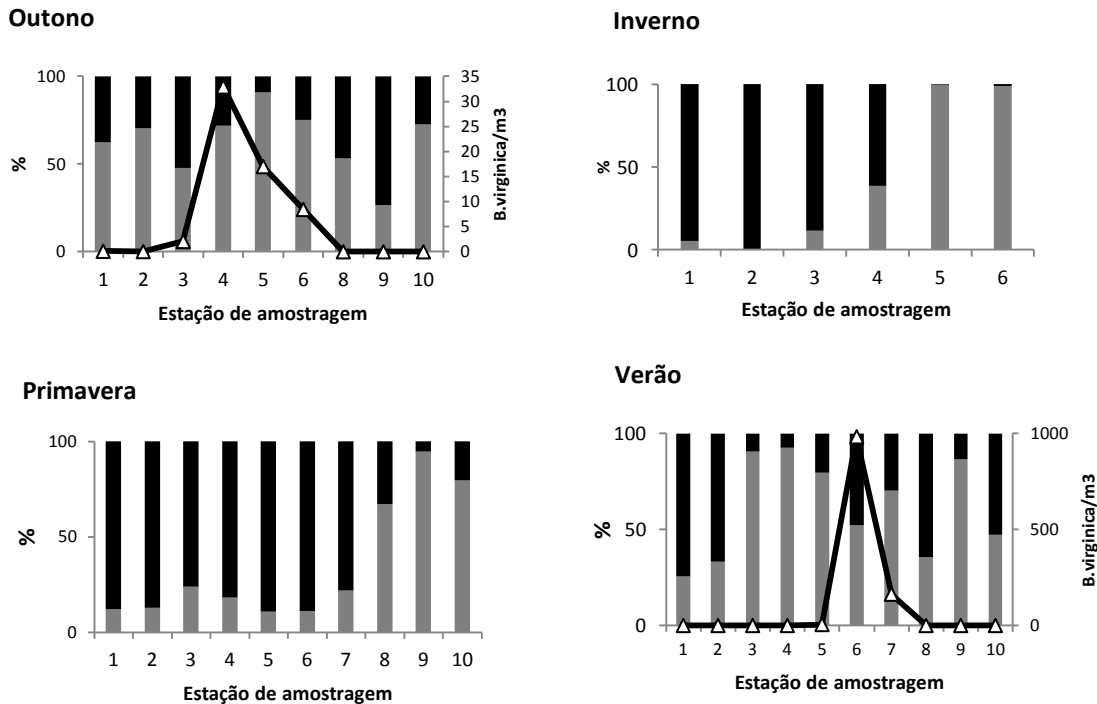


Figura 10. Proporção entre copépodes e os outros elementos das comunidades de zooplâncton registados durante o período de estudo ao longo do estuário do rio Mira. Barras cinza – copépodes; barras negras - restantes grupos da comunidade de zooplâncton. Densidade da medusa de *B. virginica* (ind./m<sup>3</sup>) representada pela curva verde. A estação 7 do gráfico de Outono não se pôde incluir na análise. No Inverno, só foram amostradas as estações 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

No Outono (estações de 1 a 5) dominaram os copépodes e os cirrípedes (*nauplii* e *cyprids*). Também se registaram densidades elevadas de cladóceros, bivalves e gastrópodes, sobretudo nas estações 6, 8, 9 e 10 (Figura 9). A estação 7 desta época foi retirada da análise uma vez que a amostra não chegou ao laboratório em boas condições de preservação.

As estações de amostragem de 1 a 6 na Primavera e de 1 a 4 no Inverno apresentaram comunidades constituídas por organismos mais típicos de sistema dulciaquícola. No Inverno, as ordens mais abundantes naquelas estações foram Isopoda e Amphipoda (Figura 9). Por sua vez, na Primavera, naquelas estações, não se observou um grupo dominante, mas um elenco de *taxa*: Insecta, Arthropoda, Oligochaeta, Polychaeta, Foraminifera, Nematoda. Nestas estações de montante (estuário superior), tanto no Inverno como na Primavera, registou-se elevada densidade de indivíduos não identificados, na sua maioria ovos e larvas de invertebrados, grupo que teve muita influência na construção do eixo PCO 1 (Figura 11). Já nas estações mais a jusante na Primavera (estações 7 a 10), bem como nas estações localizadas no estuário médio no Inverno (estações 5 e 6), a comunidade foi dominada pelos copépodes (com predominância de *Acartia* spp.).

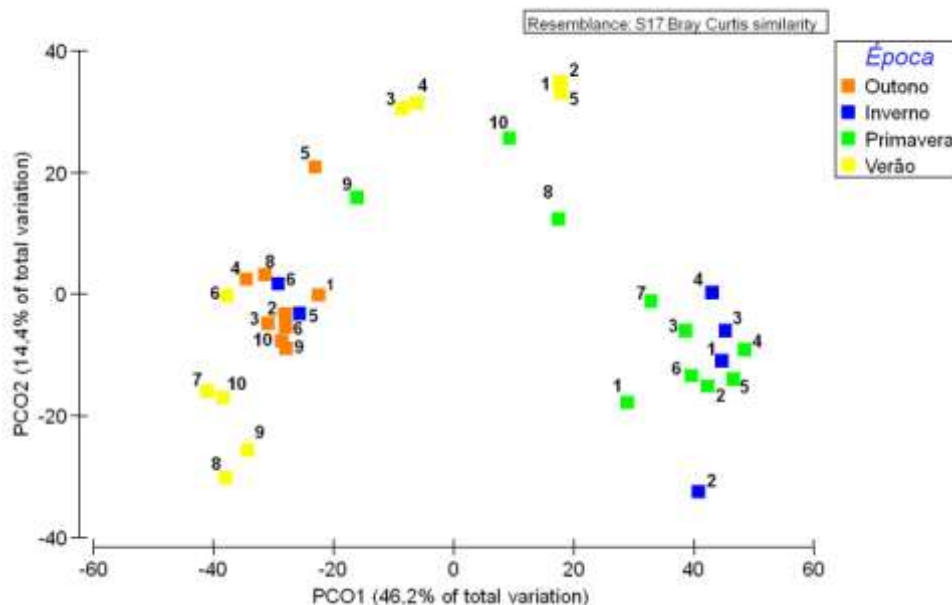


Figura 11. Ordenação PCO das estações de amostragem no estuário do Mira segundo comunidade de zooplâncton analisada em cada época amostrada. Em cada ponto o número refere-se à estação de amostragem no estuário. Na época Inverno foram recolhidas amostras apenas nas estações 1, 2, 3, 4, 5 e 6. A estação 7 no Outono não se pôde incluir na análise.

O eixo PCO2 apresenta baixo poder explicativo da variação dos dados, correspondente a 14,4 %. Os grupos taxonómicos que apresentaram maior influência sobre a construção do eixo PCO2 foram Ostracoda, no sentido positivo, Bivalvia e *Oikopleura* sp. no sentido negativo do eixo. As estações localizadas no estuário superior (1 a 4) apresentaram, no Verão, densidades totais mais baixas do que as restantes na mesma época, tendo a comunidade sido dominada por copépodes nas estações 3 e 4 (Figura 10). Na estação 5, ainda no Verão, a densidade de zooplâncton foi baixa e a comunidade foi dominada por copépodes, novamente. Nas estações com maior afinidade com o ambiente marinho (5 a 10), os grupos dominantes foram os copépodes e cirrípedes (*nauplii* e *cyprids*), seguidos de bivalves, cladóceros e gastrópodes. Os ovos de biqueirão foram registados no Verão nas estações 7 e 8 (55,92 e 1,90 ind./m<sup>3</sup>, repectivamente).

Comparando a comunidade de zooplâncton (grupos taxonómicos e sua abundância) das quatro épocas do ano verificou-se que existiram diferenças significativas entre cada época (PERMANOVA: Pseudo-F=6,4177, p-perm=0,001), excepto no Outono e no Verão, quando a medusa esteve presente (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados do teste de comparações múltiplas da composição da comunidade de zooplâncton entre épocas do ano. A sublinhado estão os valores significativos estatisticamente.

Grupos	t	P(perm)	Unique perms
<b>Outono, Inverno</b>	2,6997	<u>0,001</u>	909
<b>Outono, Primavera</b>	4,0959	<u>0,001</u>	992
<b>Outono, Verão</b>	1,4124	<u>0,113</u>	993
<b>Inverno, Primavera</b>	1,9764	<u>0,005</u>	929
<b>Inverno, Verão</b>	1,9007	<u>0,019</u>	927
<b>Primavera, Verão</b>	2,907	<u>0,001</u>	996

Nos locais e épocas em que a medusa esteve presente, a comunidade de zooplâncton foi dominada por copépodes em quase todas as estações de amostragem. Observando os gráficos da Figura 10 verifica-se que os copépodes estiveram presentes durante todo o ano mas dominaram a comunidade zooplanctónica nas épocas de Outono e Verão, coincidindo com a época em que surgem as medusas, por oposição ao Inverno e Primavera, períodos em que têm uma importância reduzida na comunidade.

A ordenação PCO da Figura 12 explica 80,9% da variação dos dados da comunidade de zooplâncton nas estações das épocas em que a medusa se distribuiu. O eixo PCO1 reflecte as diferenças na densidade de copépodes e de foraminíferos, razão pela qual, as estações que se distribuem na porção positiva do eixo apresentaram as densidades mais elevadas de copépodes. As estações 1, 2 e 3 no Outono apresentaram comunidades com grupos típicos de sistema dulciaquícola, e assemelharam-se bastante entre si. Nestas estações, os grupos dominantes foram copépodes, cirrípedes e isópodes. Os grupos taxonómicos com maior influência na construção do eixo PCO2 foram Gastropoda e Cladocera, no sentido positivo, e Isopoda e Cirripedia, no sentido negativo. Assim, as estações 1, 2 e 3 (estuário superior) no Outono apresentaram densidade mais elevada de cirrípedes (*nauplii* e *cyprids*) e de isópodes e a estação 6 (localizada no estuário médio) apresentou, na mesma época, a densidade mais elevada de gastrópodes e a única onde se identificaram cladoceros por comparação com as restantes estações onde a medusa foi registada no Outono e no Verão.

Em ambas as épocas, nos locais em que a medusa esteve presente não se registaram ovos e larvas de biqueirão. No Outono, ocorreram larvas de Gobiidae nas estações 2 e 3 (2,37 e 6,23 ind./m<sup>3</sup>, respectivamente).

As densidades de medusa e da restante comunidade de zooplâncton nas várias estações de amostragem, nas épocas em que ocorreu a medusa, indicam que as abundâncias mais elevadas não coincidem espacialmente (Figura 8). Enquanto, no Outono, as densidades mais

elevadas de zooplâncton se verificaram na zona superior do estuário (estação 2), no Verão a comunidade zooplanctónica foi mais abundante na zona inferior do mesmo (estação 9). No entanto, as densidades máximas da medusa ocorreram sempre no estuário médio (estações 4 e 5). Foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman entre densidade total de zooplâncton e de medusa ao longo das estações de amostragem, tendo-se obtido uma correlação não significativa (Coeficiente de Spearman 0,165, probabilidade=0,337).

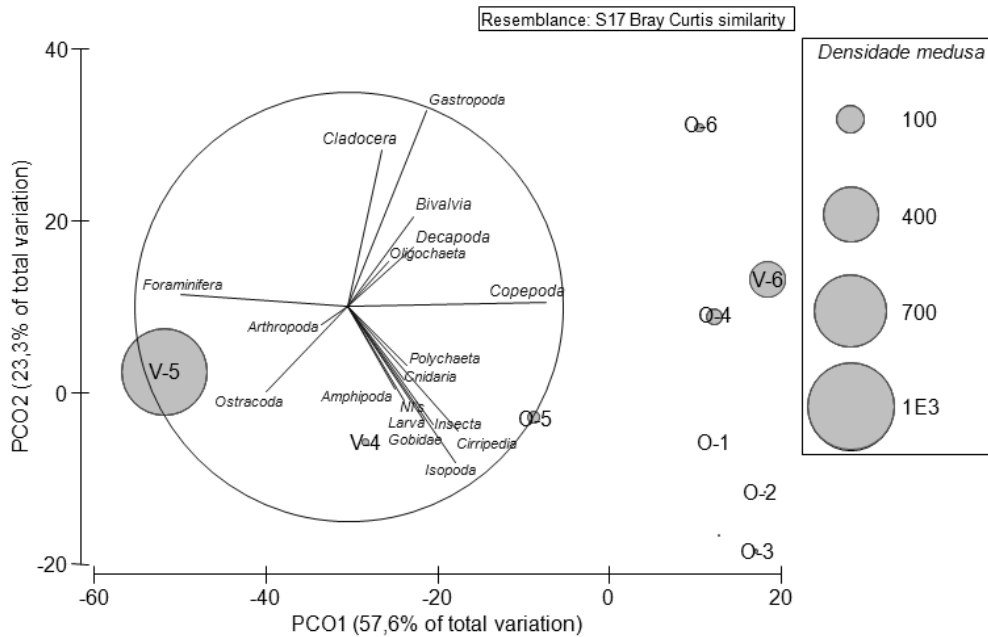


Figura 12. Ordenação PCO das estações de amostragem segundo a comunidade de zooplâncton dos locais e épocas em que se registou a medusa de *B. virginica* no estuário do rio Mira. A densidade total da medusa de *B. virginica* (ind./m<sup>3</sup>) foi sobreposta à ordenação sob a forma de círculos. Em cada ponto, a letra refere-se à época de amostragem, "O" – Outono, "V" – Verão, e o número à estação de amostragem.

### 3.2. Distribuição temporal

#### 3.2.1. Estrutura populacional da medusa

As amostras mensais recolhidas num ponto fixo no estuário entre Setembro de 2012 e Agosto de 2013 revelaram que o ciclo de ocorrência de 2012 teve fim em Novembro e que o início do ciclo de 2013 ocorreu em Maio. As densidades de medusa medidas no final do ciclo de ocorrência de 2012 (0,97 ind./m<sup>3</sup>) e no início do ciclo de 2013 (0,04 ind./m<sup>3</sup>) foram reduzidas. Nas semanas seguintes ao início do ciclo de 2013, os valores de densidade foram aumentados, atingindo os valores mais elevados em 28 de Maio (76,01 ind./m<sup>3</sup>), 22 de Junho (41,10 ind./m<sup>3</sup>) e em 6 de Agosto (55,62 ind./m<sup>3</sup>) (Figura 13).

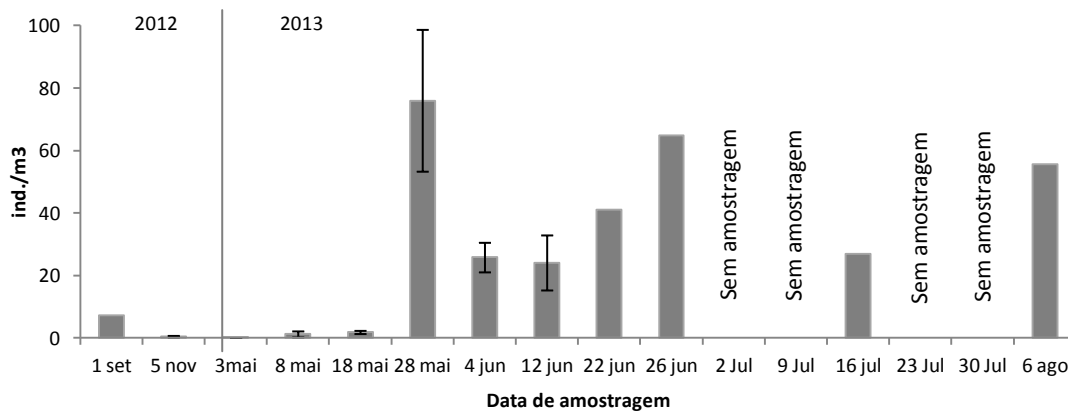


Figura 13. Densidade da medusa de *B. virginica* ao longo do período em que esteve presente num ponto fixo do estuário do rio Mira (Casa Branca). As datas de Setembro e de Novembro correspondem ao ciclo de ocorrência de 2012, as restantes correspondem ao de 2013 (separadas pela barra). Entre 3 e 26 de Junho, a amostragem foi realizada com periodicidade semanal; nas restantes datas, realizou-se amostragem mensal. Valores apresentados como médias em 5 Novembro, 8, 18 e 28 Maio, 4 e 22 de Junho e erro padrão da média. Recolheram-se 2 a 3 réplicas em cada data de amostragem, no entanto, devido a constrangimentos de tempo, estas não foram todas analisadas, havendo datas cuja análise não possui replicado.

No final do ciclo de ocorrência de 2012 a totalidade dos indivíduos capturados apresentou sexo diferenciado, no entanto, no início do ciclo em 2013 (3 de Maio), registaram-se apenas medusas de sexo indiferenciado, verificando-se um aumento progressivo da proporção de indivíduos diferenciados ao longo do mês de Maio.

Relativamente à dimensão das medusas, verifica-se que houve um aumento do diâmetro de cúpula desde o início do ciclo de ocorrência até à última data amostrada (Figura 14). No início do ciclo de ocorrência de 2013 (3 a 18 de Maio) registaram-se somente indivíduos de tamanho pequeno (<2 mm). Já nas datas seguintes (28 de Maio, Junho e 16 de Julho) a maior densidade de medusas distribuiu-se tendencialmente pelas classes dimensionais entre 3 e 13 mm. Nas datas de Setembro e de Novembro, no final do ciclo de ocorrência de 2012, e na data de 6 de Agosto, registou-se uma densidade mais elevada de medusas de tamanho maior relativamente às restantes datas de amostragem. De facto, no final do ciclo de ocorrência de 2012, as medusas apresentaram tamanho mínimo de 8 mm assim como em 6 de Agosto, data em que as medusas apresentaram tamanho mínimo de 7 mm e as maiores densidades registaram-se nas classes dimensionais superiores a 10 mm. Durante o período analisado num ponto fixo do estuário (Casa Branca), o tamanho mínimo registado foi de 0,238 mm, em 22 de Junho, e o máximo foi de 18 mm, em 28 de Maio e 6 de Agosto. Os indivíduos indiferenciados mediram entre 0,238 mm e 10 mm, enquanto os indivíduos diferenciados apresentaram diâmetro de cúpula de 2 a 18 mm.

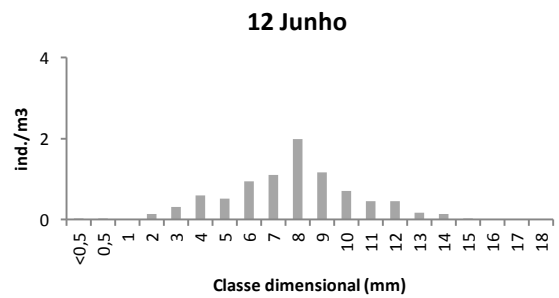
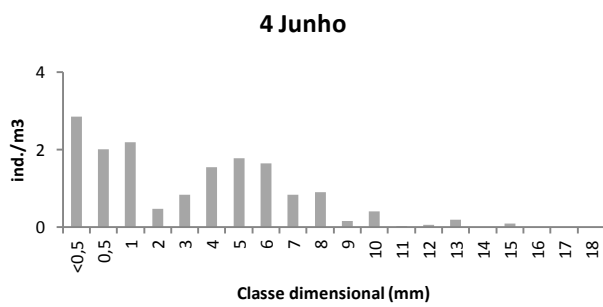
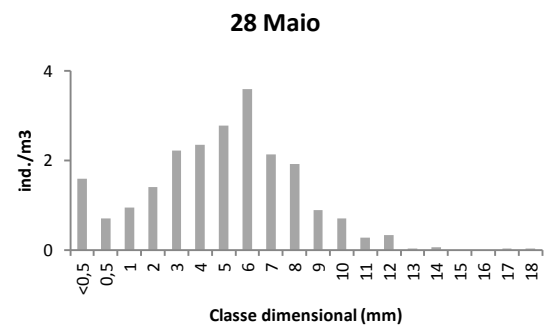
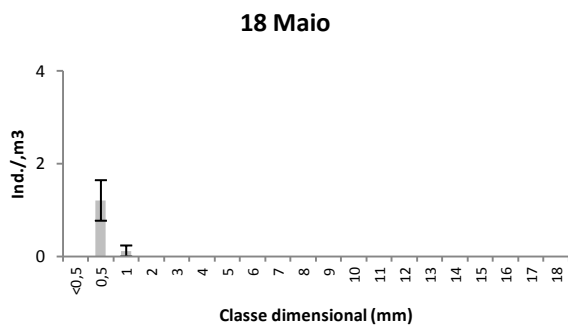
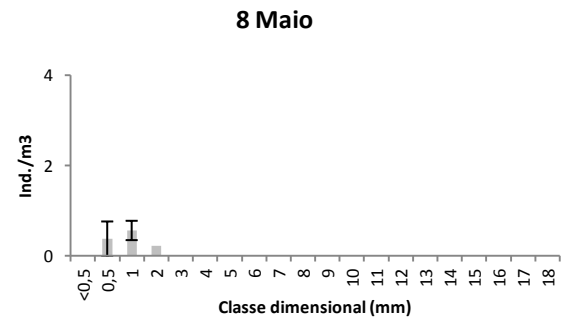
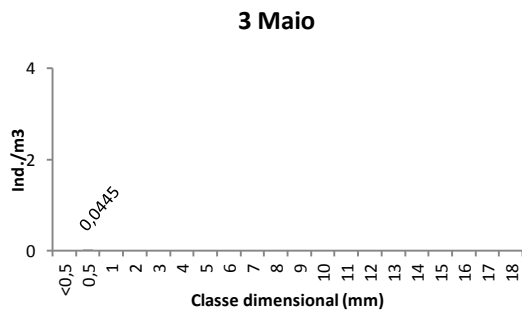
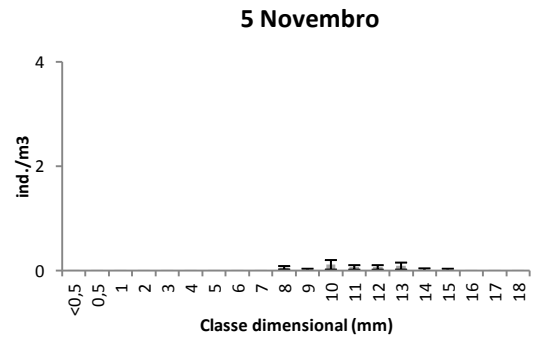
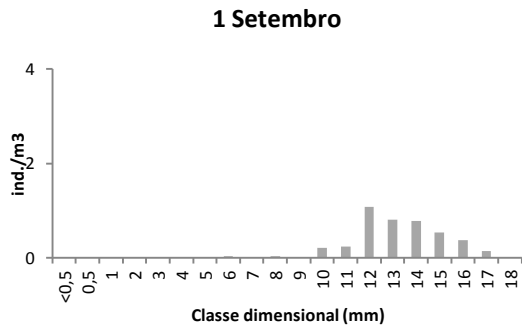


Figura 14. Distribuição temporal das classes dimensionais da medusa de *B. virginica* num ponto fixo do estuário do rio Mira (Casa Branca). A classe <0,5 inclui indivíduos que apresentaram diâmetro de cúpula menor do que 0,5 mm; 0,5 < medusas; classe 0,5: 0,5 ≤ medusas < 1; a classe 1: 1 ≤ medusas < 2; classe 2: 2 ≤ medusas < 3, e assim sucessivamente. Os valores dos gráficos de 5 de Novembro, 8 e 18 de Maio são apresentados como médias e desvio padrão da média.

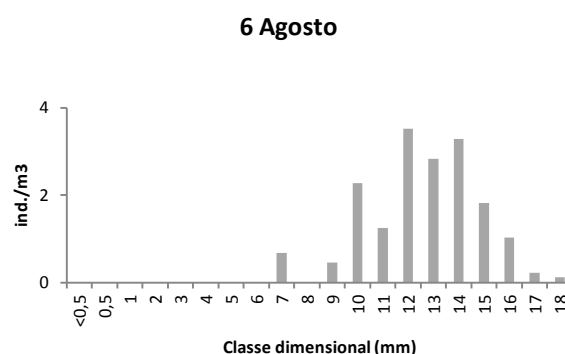
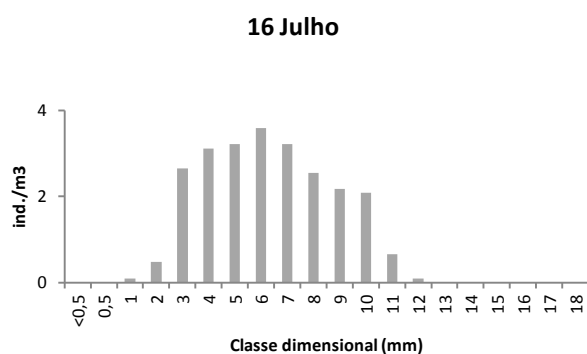
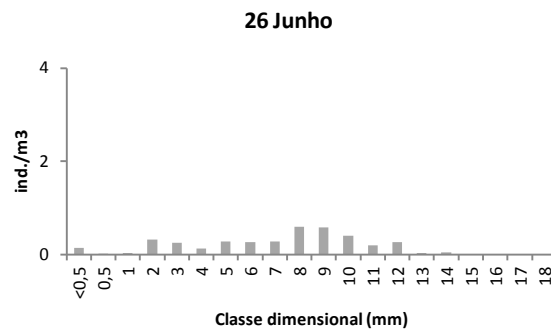
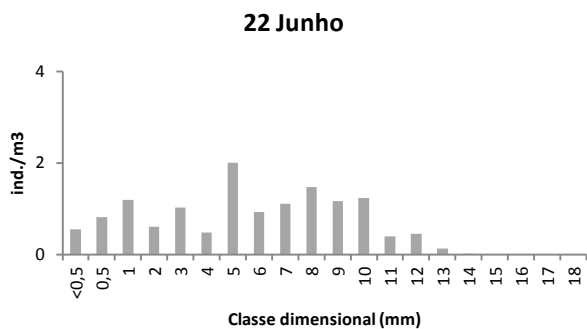


Figura 14. Distribuição temporal das classes dimensionais da medusa de *B. virginica* num ponto fixo do estuário do rio Mira (Casa Branca). A classe <0,5 inclui indivíduos que apresentaram diâmetro de cúpula menor do que 0,5 mm: 0,5 < medusas; classe 0,5: 0,5 ≤ medusas < 1; a classe 1: 1 ≤ medusas < 2; classe 2: 2 ≤ medusas < 3, e assim sucessivamente. Os valores dos gráficos de 5 de Novembro, 8 e 18 de Maio são apresentados como médias e desvio padrão da média. (cont.)

A densidade mais elevada de indivíduos juvenis (indivíduos indiferenciados pertencentes à classe <0,5 mm) foi registada nas datas de 18 e 28 de Maio e 4 de Junho, com 2,61, 1,58 e 2,86 ind./m<sup>3</sup>, respectivamente, sugerindo que a libertação de medusas terá sido mais intensa próximo destas datas. Esta inferência é reforçada pela presença exclusiva de medusas juvenis na amostra de 3 de Maio, data da primeira observação da medusa no estuário em 2013 (Figura 14).

No final do ciclo em 2012 (Novembro) não estaria a ocorrer libertação de medusas tão frequentemente quanto no início do ciclo de ocorrência de 2013, uma vez que só se registaram indivíduos de dimensões superiores a 8 mm, em baixa densidade e com sexo diferenciado (Figura 14). Adicionalmente, em 16 de Julho e 6 de Agosto de 2013, dado que não se registaram indivíduos juvenis e os tamanhos mínimos registados foram de 1 mm e de 7 mm, respectivamente, não terá ocorrido libertação de medusas num momento tão próximo a estas datas quanto o verificado nas restantes no início do ciclo (Figura 14).

### 3.2.2. Distribuição da medusa e factores ambientais

O final do ciclo de ocorrência da medusa em 2012 deu-se numa altura em que a temperatura da água era de 17,7 °C e o fotoperíodo era de cerca de 10,1 horas. O período de ausência de medusas no estuário do rio Mira teve início com a redução do fotoperíodo e da temperatura, acompanhado por uma redução da salinidade (Figura 15, Anexo II). Por sua vez, o início do ciclo de ocorrência de 2013, em Maio, ocorreu numa altura em que as temperaturas registadas eram de 18,9 °C e a duração dos dias era de aproximadamente 13,9 horas. O aumento da densidade de medusa acompanhou um aumento de salinidade, no entanto, o decréscimo dessa densidade ocorreu antes de se iniciar uma redução da salinidade (Figura 15 e 16).

A falta de registo de todas variáveis ambientais em algumas datas de amostragem deveu-se a constrangimentos logísticos.

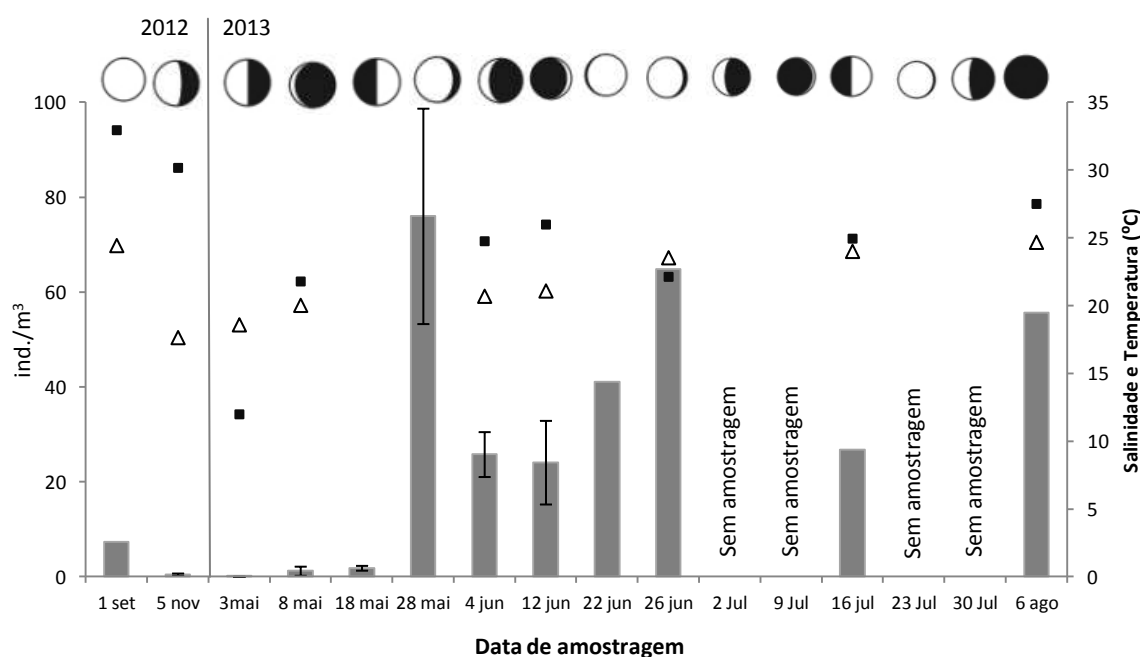


Figura 15. Densidade da medusa de *B. virginica* (barras a cinza) e variação da salinidade (quadrado) e temperatura (triângulo) e fase da lua correspondente nas datas apresentadas durante o período em que a medusa esteve presente num ponto fixo do estuário do rio Mira (Casa Branca). As datas de Setembro e de Novembro correspondem ao ano de 2012, as restantes a 2013 (separadas pela linha vertical). Entre 3 e 26 de Junho, a amostragem foi realizada com periodicidade semanal; nas restantes datas, realizou-se amostragem mensalmente. Valores apresentados como médias em 5 Novembro, 8, 18 e 28 Maio, 4 e 22 de Junho e erro padrão da média. Recolheram-se 2 a 3 réplicas em cada data de amostragem, no entanto, devido a constrangimentos de tempo, estas não foram todas analisadas, havendo datas cuja análise não possui replicado.

O facto de os dados das variáveis ambientais e densidade de medusas ao longo do tempo não variarem de forma linear impossibilitou a elaboração de um modelo de regressão linear, deste modo, optou-se por calcular o coeficiente de correlação de Spearman para identificar os factores ambientais que influenciaram a densidade da medusa ao longo do período de estudo. O coeficiente de correlação de Spearman revelou que o fotoperíodo e a temperatura foram os únicos factores ambientais que apresentaram correlação significativa com a densidade das medusas ao longo do tempo (Tabela 3), destacando-se a temperatura como a variável com correlação mais elevada.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Spearman e respectivo *p*-value entre densidade total de *B. virginica* ao longo do tempo e factores ambientais num ponto fixo do estuário do rio Mira (Casa Branca). \*-significância a probabilidade<0,05; \*\*-significância a probabilidade<0,01. A sublinhado encontram-se os valores estatisticamente significativos.

	<b>Coeficiente de Spearman</b>	<b>probabilidade</b>
<b>Temperatura</b>	0,800**	<u>0,010</u>
<b>Salinidade</b>	0,647	0,60
<b>Oxigénio dissolvido (mg/L)</b>	-0,624	0,072
<b>Fotoperíodo</b>	0,605*	<u>0,037</u>
<b>Fase da Lua</b>	0,185	0,566

Os gráficos de dispersão apresentados na Figura 17 corroboram os resultados obtidos nas correlações de Spearman entre a densidade de medusa ao longo do tempo e factores ambientais, já que se verifica que a densidade de medusa aumenta com o aumento da temperatura e do fotoperíodo. Relativamente à relação entre as concentrações de oxigénio e a densidade da medusa, não se verificou padrão identificável, uma vez que perante condições baixas de oxigénio ocorreram tanto densidades baixas como densidades elevadas de medusa (Figura 16). Quanto à relação com a fase lunar, verifica-se que as densidades mais elevadas ocorreram em fases da lua próximas de lua cheia e de lua nova, no entanto, também não foi possível identificar um padrão, já que densidades mais baixas também ocorreram em fases próximas de lua cheia e de lua nova. O mesmo se verifica em relação à salinidade, pois as densidades mais baixas de medusa ocorreram tanto a valores de salinidade altos como a valores de salinidade baixos.

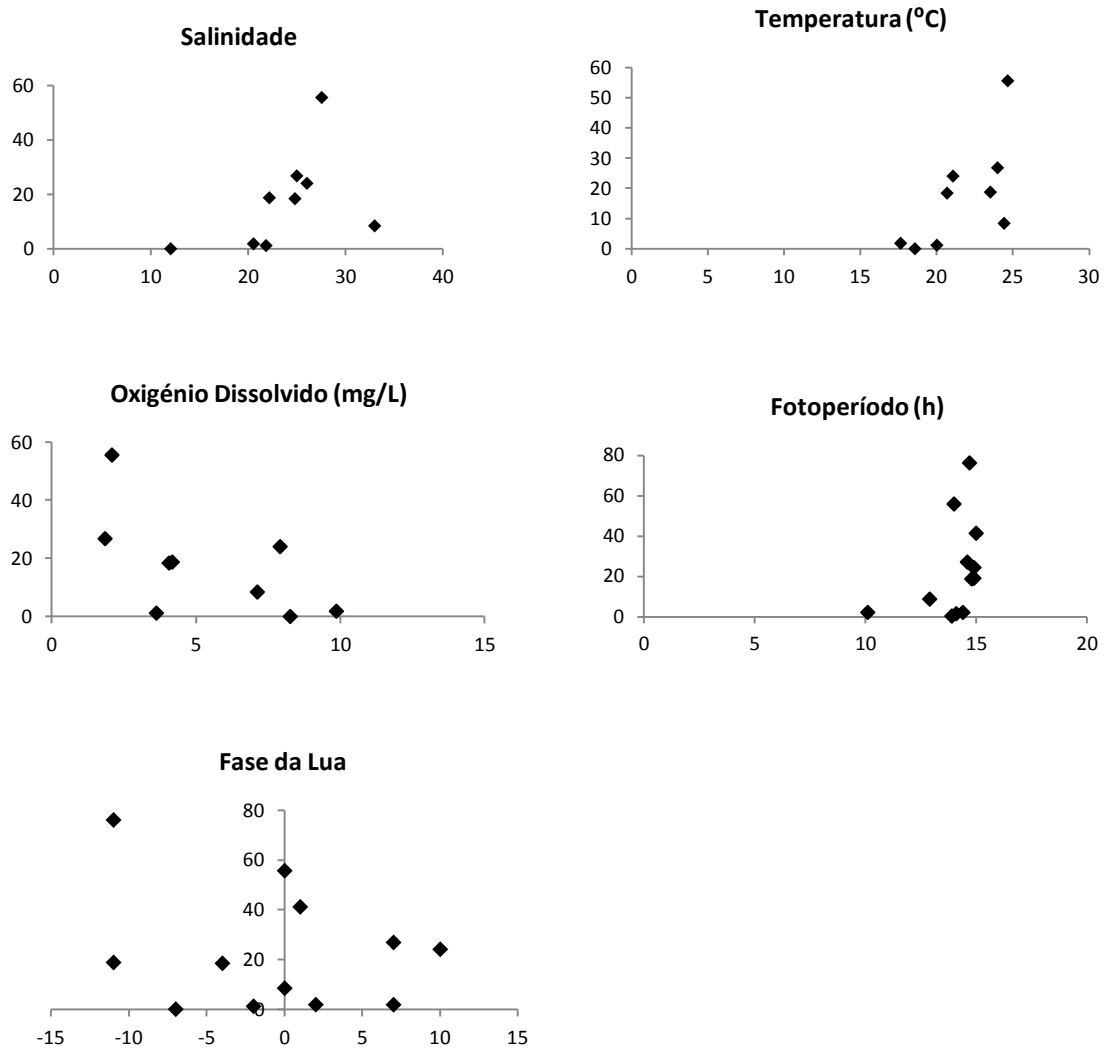


Figura 16. Densidade temporal da medusa de *B. virginica* (ind./m<sup>3</sup>) num ponto fixo do estuário do rio Mira (Casa Branca) em função das variáveis ambientais medidas. No gráfico “Fase da Lua”, os valores negativos representam as fases de quarto minguante e os valores positivos representam as fases de quarto crescente, sendo o zero a fase de lua nova ou de lua cheia (dependendo do sentido da leitura do gráfico: da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda, respectivamente), portanto, os densidades mais afastadas e as mais próximas do eixo das ordenadas ocorreram em fases lunares mais próximas de lua cheia ou de lua nova.

### 3.2.3. Distribuição da medusa e comunidade de zooplâncton

A densidade total de zooplâncton foi, geralmente, mais baixa nos meses de Inverno (Dezembro a final de Abril) e atingiu o valor máximo nas datas de 26 de Abril e 8 de Maio e mínimo a 12 de Março e a 19 de Abril (Figura 17). O grupo dos copépodes foi o mais abundante durante o período de estudo, excepto em Setembro e em Março, em cujas comunidades se registou elevada densidade de gastrópodes e de indivíduos não identificados (maioritariamente, ovos e larvas de invertebrados), respectivamente (Figuras 18 e 19).

Foram identificados cerca de 17 grupos taxonómicos. A maior riqueza de grupos taxonómicos registou-se a 28 de Maio, apresentando 12 no total, em oposição a Janeiro e a Fevereiro, nos quais se registaram apenas 3 e 4, respectivamente. A distribuição dos indivíduos pelos grupos taxonómicos foi menos equilibrada nos meses de Outono e de Inverno (Novembro e Dezembro a final de Abril).

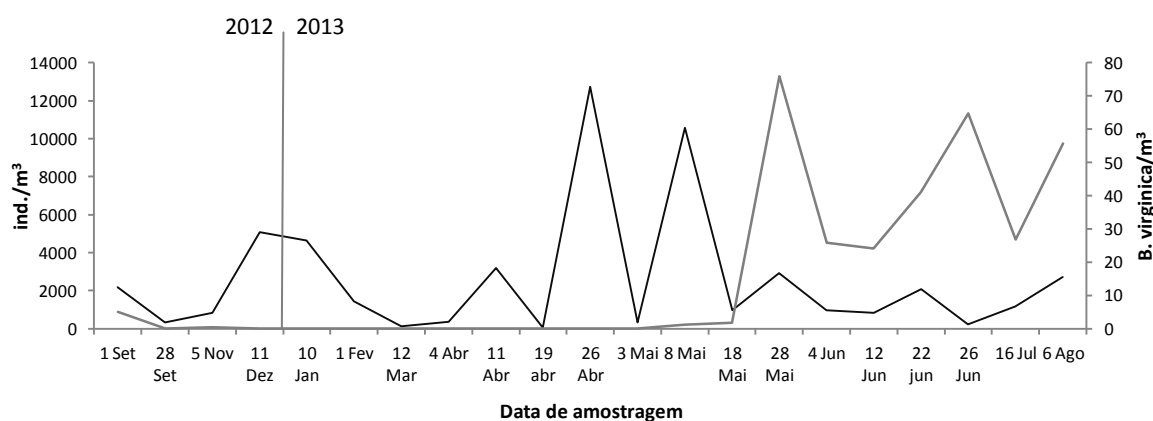


Figura 17. Densidade de zooplâncton (linha negra) e da medusa de *B. virginica* (ind./m<sup>3</sup>, linha cinza) ao longo do tempo num ponto fixo do estuário do rio Mira (Casa Branca). As datas de Setembro a Dezembro referem-se ao ano de 2012 e as restantes a 2013.

As densidades mais elevadas de zooplâncton ocorreram quando a medusa esteve ausente no estuário e quando a densidade da medusa foi muito baixa (Figura 17). No entanto, as densidades máximas de zooplâncton não ocorreram durante todo o período em que a medusa esteve ausente, isto é, foram máximos que ocorreram pontualmente durante o período de estudo. Adicionalmente, a densidade mais baixa de zooplâncton registou-se nas datas em que a medusa não esteve presente no estuário. Foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman entre a densidade total de medusa e de zooplâncton ao longo do período de estudo, verificando-se que não existiu correlação (coeficiente de Spearman 0,193; probabilidade=0,401).

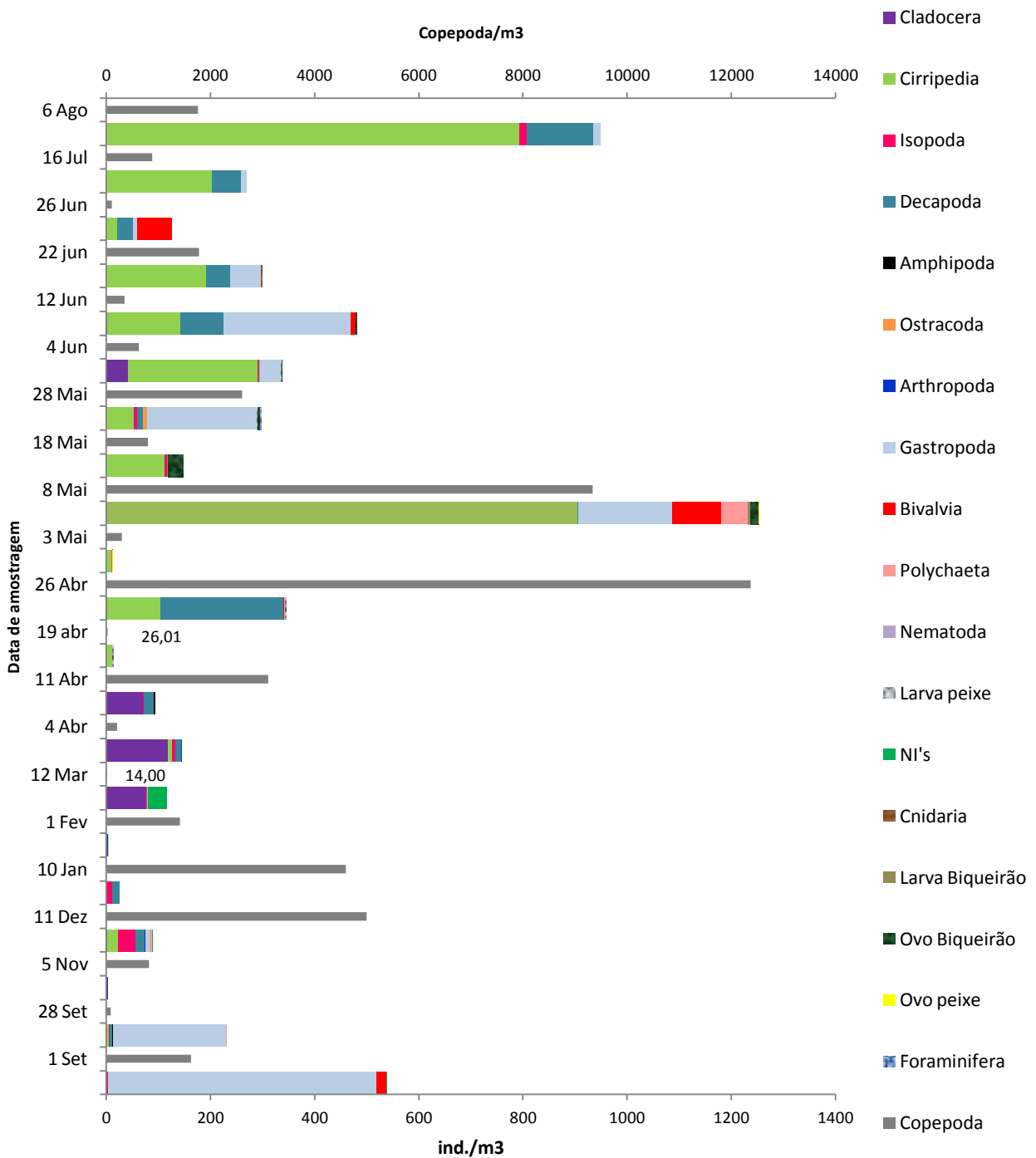


Figura 18. Composição da comunidade zooplanctónica ao longo do tempo num ponto fixo (Casa Branca) do estuário do rio Mira. Na legenda, o grupo “Larva peixe” corresponde a larvas de peixe não identificadas e larvas de Gobiidae e “NI” corresponde a indivíduos cujo grupo foi não identificado. O grupo “Arthropoda” inclui organismos cuja identificação mais detalhada não foi possível.

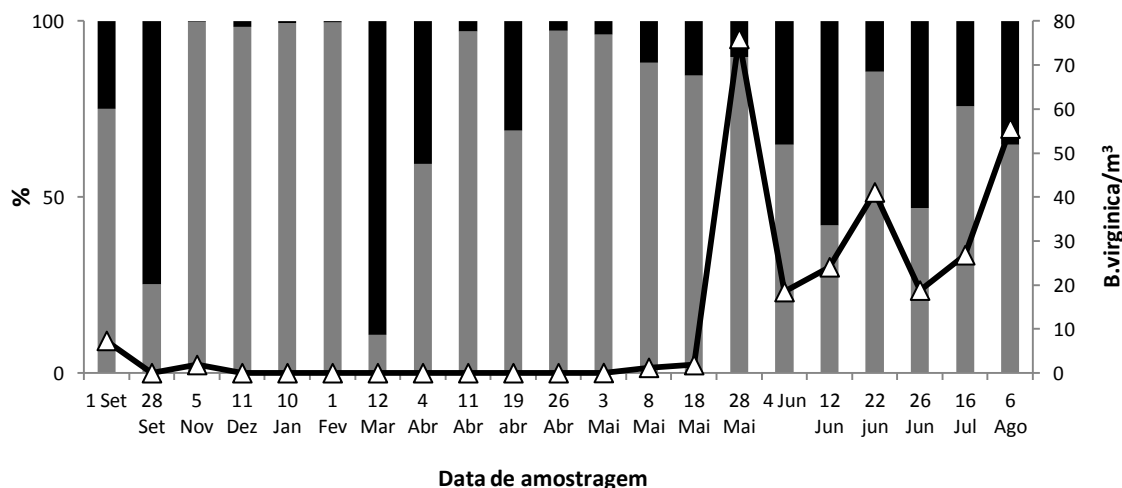


Figura 19. Proporção entre copépodes (barra cinza) e outros grupos taxonómicos identificados (barra negras) durante o período de estudo num ponto fixo do estuário do rio Mira (Casa Branca) e densidade da medusa de *B. virginica* (ind./m<sup>3</sup>; linha a negro) nas datas em que esteve presente. As datas de Setembro a Dezembro correspondem ao ano de 2012 e as restantes a 2013.

A ordenação PCO observável na figura 20 explica 57,9% da variação da comunidade zooplanctónica ao longo do período de estudo. A ordem Copepoda foi o grupo taxonómico com maior peso na construção do eixo PCO1, sendo mais abundante nas estações que se distribuem na porção negativa deste eixo. Os grupos taxonómicos com mais influência na construção do eixo PCO2 foram: Cladocera, Nematoda, Gastropoda e a categoria “Não Identificado”, essencialmente larvas e ovos de invertebrados, observando-se o aumento de densidade destes grupos no sentido positivo do eixo. A comunidade de zooplâncton variou sazonalmente em composição e densidade de cada grupo taxonómico. No entanto, na ordenação PCO verifica-se um padrão pouco óbvio de distribuição das datas de amostragem consoante a estação do ano. As datas de amostragem das épocas mais quentes do ano (início de Outono, Primavera e Verão), isto é, de Setembro a Novembro e de Maio a Agosto, concentram-se na porção negativa do eixo PCO2, já que se registaram as maiores concentrações de gastrópodes e de cirrípedes (náuplios e cyprids). As datas de amostragem da época mais fria do ano (final de Outono e Inverno), nos meses de Dezembro a Abril, distribuem-se, predominantemente, na parte positiva do eixo PCO2. Nestas datas de amostragem, a comunidade de zooplâncton apresentou, em relação ao período mais quente do ano, as densidades mais elevadas de cladóceros e, em geral, uma distribuição menos equilibrada dos indivíduos pelos grupos taxonómicos identificados, pois a densidade de copépodes foi muito mais elevada do que a dos restantes grupos taxonómicos registados.

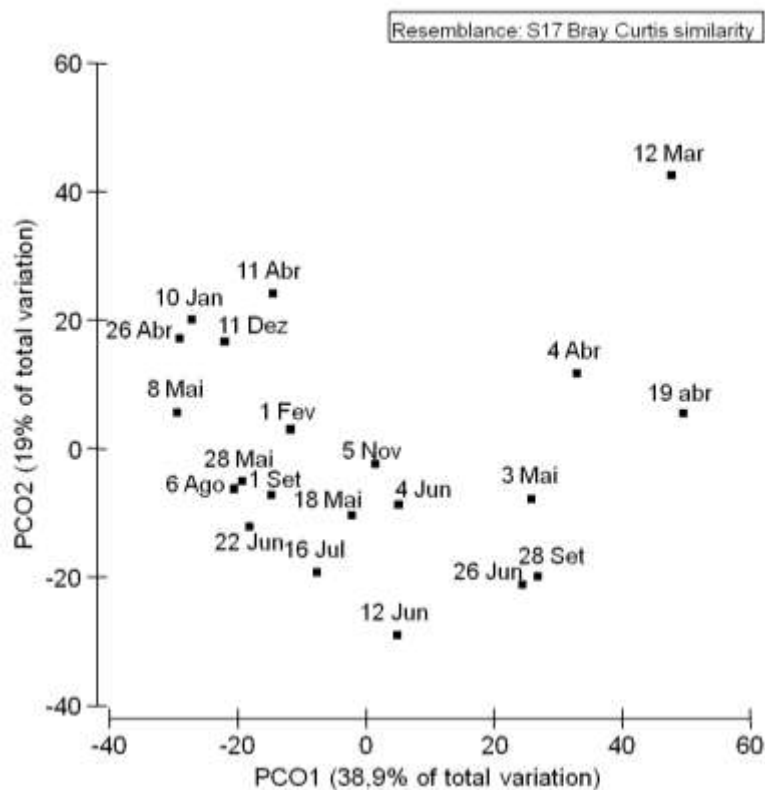


Figura 20. Ordenação PCO das datas de amostragem relativamente aos grupos taxonómicos de zooplâncton registados num ponto fixo do estuário do rio Mira (Casa Branca). As datas de Setembro, Novembro e Dezembro correspondem ao ano de 2012, as restantes ao ano de 2013.

Nos períodos em que a medusa esteve presente no estuário, a comunidade de zooplâncton apresentou valores de densidade altos e foi, em grande parte, dominada por copépodes (Figuras 17 e 19). No período final do ciclo de ocorrência da medusa em 2012, a comunidade foi dominada por gastrópodes e bivalves, excepto em Novembro, data em que a densidade dos restantes grupos taxonómicos foi muito baixa, comparativamente à do grupo Copepoda. Na data anterior ao primeiro registo da medusa no estuário em 2013 (26 de Abril), ocorreu uma das densidades mais elevadas de zooplâncton, sendo, novamente, dominante e muito abundante o grupo dos copépodes. Na primeira data em que se recolheu a medusa de *B. virginica* em 2013 (3 de Maio), a comunidade foi, mais uma vez, dominada por copépodes (Figuras 19). Nesta data, a comunidade zooplanctónica apresentou 7 grupos taxonómicos para além da ordem Copepoda (Cirripedia, Larvas e ovos de Biqueirão, Isopoda, Ostracoda, Polychaeta, Decapoda e ovos de peixe não identificados), no entanto, estiveram presentes a densidades baixas (Figura 18).

Os ovos e larvas de peixe identificados pertencem à família Gobiidae e à espécie *Engraulis encrasicolus* (biqueirão, espécie de interesse comercial). Os ovos de biqueirão foram

registados entre 3 de Maio e 12 de Junho, sendo mais abundantes nas datas de 8 de Maio (14,86 ind./m<sup>3</sup>) e 18 de Maio (28,59 ind./m<sup>3</sup>). As larvas de biqueirão foram registadas de 3 de Maio a 4 de Junho, com densidade máxima a 8 de Maio (4,79 ind./m<sup>3</sup>). As restantes larvas de peixe (Gobiidae e outras não identificadas) registaram-se no final de Abril e no início de Junho, sempre em densidades baixas, variando entre 0,034 (4 de Junho), e 0,763 ind./m<sup>3</sup> (8 de Maio).

### 3.3. Dieta e Impacto da Predação

Durante o período de estudo foram registados conteúdos estomacais em 296 medusas de um total de 4884 cavidades gastrovasculares observadas. Foram identificados conteúdos gastrovasculares em três datas de amostragem do período de estudo, tendo-se registado elevada percentagem de vacuidade em todas elas (Tabela 4). No entanto, nas datas em que registaram itens alimentares na cavidade gastrovascular das medusas, 28 de Maio, 4 de Junho e 12 de Junho, as presas identificadas foram copépodes, *nauplii* de cirrípede, decápodes e ovos de biqueirão. As presas mais abundantes foram os copépodes (essencialmente indivíduos de *Acartia* spp.) e apresentaram 100% de ocorrência nas três datas (Tabela 5). Os ovos de biqueirão e decápodes apresentaram baixo índice de ocorrência e de abundância na dieta, pois foram registados em apenas uma cavidade gastrovascular e em baixo número (cerca de um ovo de biqueirão e um decápode). O número de presas na cavidade gastrovascular variou entre 1 e 12 itens por medusa. Em 4 de Junho registou-se maior número médio de itens alimentares nas cavidades gastrovasculares relativamente às outras datas, apesar de se ter verificado pouca variação entre as mesmas (Tabela 6).

Tabela 4. Índice de vacuidade nas datas de amostragem em que foram registados conteúdos gastrovasculares.

	Índice de Vacuidade (%)
<b>28 Maio</b>	95,27
<b>4 Junho</b>	56,46
<b>12 Junho</b>	72,73

Tabela 5. Importância relativa dos diferentes grupos de presas na dieta da medusa de *B. virginica* em cada data de amostragem em que foram registados conteúdos gastrovasculares.

<b>28 de Maio (N=33)</b>	<b>Copépode</b>	<b>Náuplios Cirrípede</b>	<b>Ovo Biqueirão</b>	<b>Decápode</b>
<b>Índice de ocorrência (%)</b>	100	-	3,0	-
<b>Índice de abundância (erro padrão)</b>	97,1 (0,0)	-	2,9 (0,0294)	-

<b>4 de Junho (N=182)</b>	<b>Copépode</b>	<b>Náuplios Cirrípede</b>	<b>Ovo Biqueirão</b>	<b>Decápode</b>
<b>Índice de ocorrência</b>	100	2,8	-	0,6
<b>Índice de abundância (erro padrão)</b>	98,6 (0,005)	0,9 (0,004)	-	0,5 (0,003)

<b>12 de Junho (N=81)</b>	<b>Copépode</b>	<b>Náuplios Cirrípede</b>	<b>Ovo Biqueirão</b>	<b>Decápode</b>
<b>Índice de ocorrência</b>	100	-	-	-
<b>Índice de abundância (erro padrão)</b>	100 (0,0)	-	-	-

O índice de selectividade de Jacobs permitiu verificar que os copépodes não foram a presa preferencial em nenhuma data, em oposição aos ovos de biqueirão e aos decápodes. Já os *nauplii* de cirrípede foram seleccionados negativamente (Tabela 7).

Tabela 6. Número médio de presas nas cavidades gastrovasculares nas datas de amostragem em que foram registados conteúdos gastrovasculares. Valor apresentado como média e erro padrão da média.

	<b>Presas/cav.gastrovascular (±erro padrão)</b>
<b>28 Maio</b>	1,94 (± 0,27)
<b>4 Junho</b>	2,60 (± 0,14)
<b>12 Junho</b>	1,54 (± 0,09)

Tabela 7. Índice de selectividade de Jacobs nas datas de amostragem em que foram registados conteúdos gastrovasculares. Valores entre -1 e 0 significam inacessibilidade ou evitamento da presa, 0 indica ausência de selectividade e valores entre 0 e 1 indicam preferência.

	Copépode	Náuplios de Cirrípede	Ovo biqueirão	Decápode
<b>28 Maio</b>	0,015	-	1	-
<b>4 Junho</b>	0,002	-0,840	-	1
<b>12 Junho</b>	0,005	-	-	-

O tamanho das medusas que apresentaram alimento na cavidade gastrovascular em 28 de Maio variou entre 3,5 e 14 mm (média de 8,8 mm  $\pm$  0,36 mm). Já em 4 de Junho, a dimensão das medusas que continham conteúdos gastrovasculares oscilou entre 2,5 e 15 mm (média de 6,36 mm  $\pm$  0,18 mm) e, em 12 de Junho, entre 2 e 14,5 mm (média de 7,41 mm  $\pm$  0,26 mm). Os indivíduos das classes de tamanho que apresentaram maior densidade estavam a alimentar-se em 28 de Maio e 12 de Junho, e em 4 de Junho tal não se verificou, já que as densidades maiores se distribuíram nas classes dimensionais de <0,5 e 0,5 (Figura 15) e não foram registados indivíduos desta dimensão com conteúdo gastrovascular.

Foi calculado o coeficiente de Pearson entre o número de presas na cavidade gastrovascular e a dimensão da medusa, revelando a existência de uma correlação fraca entre as duas variáveis (coeficiente de correlação de Pearson 0,155, probabilidade=0,007). O tamanho médio das presas na coluna de água aquando da captura da medusa nas datas em que se identificaram conteúdos gastrovasculares, apresentou pouca variação, excepto os decápodes, que foram maiores em 28 de Maio relativamente às restantes datas (Figura 21).

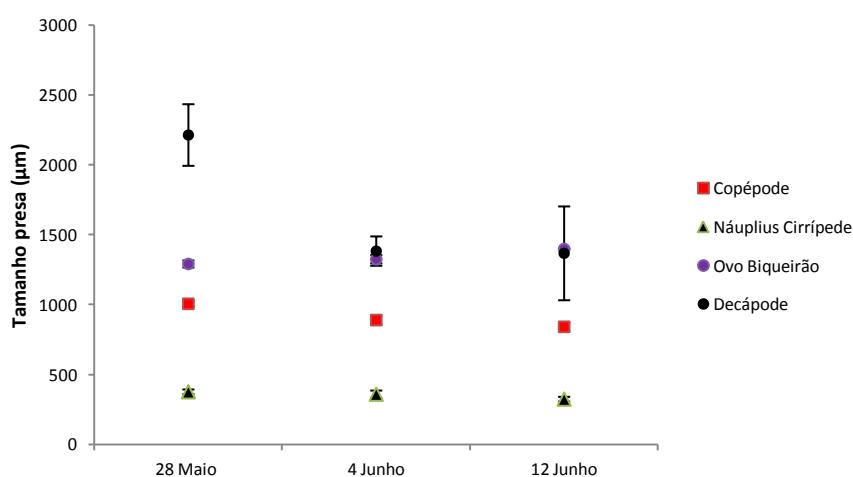


Figura 21. Tamanho médio das presas identificadas na cavidade gastrovascular da medusa de *B. virginica*, nas datas de amostragem em que foram identificados itens alimentares nas cavidades gastrovasculares da medusa. Valores apresentados como média e desvio padrão da média da dimensão de cada presa no meio nas datas correspondentes.

A taxa de mortalidade de copépodes (presa) induzida pela predação da medusa ( $\mu$ ) foi determinada através da taxa de aclaramento da população de medusa. Este cálculo teve em conta as densidades estimadas dos copépodes no meio e as densidades estimadas da medusa e o número médio de presas nas cavidades gastrovasculares nas datas de amostragem em que se identificaram conteúdos gastrovasculares. Assim, o impacto da predação é apresentado como um factor a que a medusa seria capaz de reduzir a população de copépodes por dia (24 horas). Verifica-se que o impacto potencial da predação da medusa foi variável ao longo do período de estudo, tendo sido mais elevado na data de 4 de Junho e menos elevado em 28 de Maio (Tabela 8).

Tabela 8. Taxa de mortalidade de copépodes ( $\mu$ ) nas datas de amostragem em que ocorreu alimento nas cavidades gastrovasculares das medusas.

	$\mu$ (dia <sup>-1</sup> )
<b>28 Maio</b>	2,21
<b>4 Junho</b>	4,22
<b>12 Junho</b>	4,19

#### 4. Discussão

##### 4.1. Distribuição espácio-temporal da medusa

A compreensão dos padrões e processos de invasão por *B. virginica* está constrangida pelo conhecimento limitado das condições ambientais que favorecem ou inibem a ocorrência das medusas e pólipos. Por esse motivo, um dos objectivos do presente trabalho foi identificar as relações entre os padrões espaciais e temporais da espécie e as condições ambientais no estuário do Mira. A presença da medusa de *B. virginica* apresentou um padrão sazonal no estuário do rio Mira, que pareceu estar relacionado com a temperatura e com o fotoperíodo. O ciclo de ocorrência da medusa no estuário do rio Mira iniciou-se quando a temperatura ultrapassou o patamar dos 20 °C (aproximadamente) e o dia apresentou 13,9 horas. Estes factores, possivelmente, contribuíram para o início do ciclo de ocorrência, dado que a presença e a abundância da medusa são, em grande parte, controladas pelo pólipo (Brewer & Feingold, 1991; Lucas, 2001), assumindo que a perda de medusas por mortalidade ou dispersão é menor do que a libertação de medusas pelo mesmo (Schroeter, 2008). Tendo em conta a sazonalidade das produções primária e secundária nos sistemas temperados (Smetacek, 1985), as condições ambientais na Primavera (como o aumento do fotoperíodo e da temperatura) terão promovido, também, o aumento da densidade da restante comunidade de zooplâncton. Deste modo, o início e desenvolvimento do ciclo de ocorrência da medusa coincidiram com as épocas do ano em que há maior disponibilidade de alimento no estuário do rio Mira. Observou-se também que não existiram diferenças (estatisticamente significativas) na comunidade zooplânctónica durante o período de ocorrência da medusa no estuário e que estas foram distintas da comunidade encontrada nas amostras de Outono e de Inverno (quando a medusa não foi observada). Adicionalmente, verificou-se que em períodos de marés vivas (em momentos em que a amostragem se realizou em fases lunares próximas de lua cheia e de lua nova), ocorreram elevadas densidade de medusas, o que poderá sugerir que os pólipos aumentam a libertação de medusas nestas fases lunares.

A densidade da medusa esteve negativamente correlacionada com a distância à foz, já que a medusa apresentou distribuição preferencial no estuário médio, onde as salinidades variaram entre 7,64 e 32,96. Adicionalmente, a sua densidade esteve positivamente correlacionada com a percentagem de substrato rochoso e densidade de conchas de ostra. Esta correlação pode dever-se ao facto de a espécie em estudo apresentar no seu ciclo de vida uma fase bentónica que liberta a medusa. As rochas e as conchas de ostra são substrato onde se fixam os pólipos (Bardi, 2011; Mills & Rees, 2000), sendo por isso zonas de potencial fixação dos pólipos no estuário do rio Mira. É, por isso, expectável que a medusa esteja presente em

densidades mais elevadas em zonas próximas. A presença de medusas de pequenas dimensões em locais próximos a zonas que apresentam substrato rochoso e conchas de ostra, poderá, também, indicar que nessas zonas se situam os pólipos no estuário do rio Mira. O presente estudo e registos anteriores no estuário do rio Mira (Paula, 1987; Mattos, 1995; Presado, 2012), confirmam a presença preferencial da medusa na zona do estuário médio, o que sugere que as medusas, organismos planctónicos com capacidade natatória reduzida deverão, em situações de corrente forte, adoptar algum tipo de mecanismo de retenção que lhes permita permanecer naquela zona e não serem transportadas para zonas a montante e a jusante e eventualmente para fora do estuário, onde as condições ambientais não serão favoráveis. A realização de migrações verticais como mecanismo de retenção foi já observada em *A. labiata* na baía de Roscoe, Canadá, a qual permanece na baía porque se desloca em direcção ao fundo ou em direcção à superfície da massa de água consoante o período da maré (Albert, 2007). Presado (2012) registou densidades mais elevadas nas proximidades da superfície em períodos diferentes do ciclo de maré, o que indica que possivelmente realizarão migrações verticais para evitar o transporte para zonas próximas da embocadura do estuário do Mira. A salinidade, por sua vez, controlará, provavelmente, a distribuição espacial da medusa no estuário, já que no Outono (período final da estação seca, em que a influência da maré se fez sentir mais a montante (pois a contribuição em água doce para o estuário está nesta fase reduzida a valores mínimos), a salinidade foi mais elevada nas estações do estuário superior e a medusa foi registada nesse local, ainda que em densidades muito baixas, em oposição ao Verão (início da estação seca), época em que a medusa se distribuiu apenas no estuário médio. A medusa de *B. virginica* é considerada eurialina, variando a gama de salinidades associada à sua ocorrência nos vários locais onde foi estudada entre 2 e 32,5 (Tabela 9). No presente estudo verificou-se que esta espécie ocorre num intervalo de salinidades ainda mais amplo do que verificado anteriormente no estuário do rio Mira e outros locais onde a medusa está presente, nomeadamente entre os 0,06 e os 32,9, e a densidade máxima foi também mais elevada (982,34 ind./m<sup>3</sup>).

Tabela 9. Densidade da medusa de *B. virginica* e valores de salinidade associados em locais onde está documentada a espécie. O símbolo “≈” indica situações em que o valor foi obtido da leitura de figuras e de gráficos; “-” indica situações em que o valor não foi divulgado pelos autores.

Local	Intervalo de Salinidade	Salinidade perante a densidade máxima	Densidade máxima (medusa/m <sup>3</sup> )	Referência
Suisin Marsh, Califórnia	5 – 11,3	≈10	5,7	Schroeter (2008)
Estuário São Francisco, Califórnia	16 -19	-	750	Donald <i>et al.</i> (2012)
Rio Petaluma, Califórnia	10,1-20,6	≈12	232	Wintzer <i>et al.</i> (2013)
Baía de Antonina, Brasil	2-11	5 e10	0,025 e 0,027	Nogueira Jr.& De Oliveira (2006)
Babitonga, Brasil	15-30	20	10,6	Bardi & Marques (2009)
Estuário do Río de la Plata, Argentina	22,3 – 24,5	23	22,08; 29,52	Genzano <i>et al.</i> (2006)
Complexo estuarino Thana-Bassein, Índia	-	33,6	41,96	Santhakumari <i>et al.</i> (1997)
Mar Cáspio	3-18	7-8	-	Zaitsev & Ozturk (2001)
Costa da Bulgária, Mar Negro	3 - 7	-	-	Paranaguá, 1963
Estuário do Mira, Portugal	7,3 – 32,5	10,4 e17,5	378 e 230	Presado (2012)
Estuário do Mira, Portugal	-	22,8	66,6	Moore (1987)
Estuário do Mira, Portugal	20-22	≈22	20	Paula (1987)
Estuário do Guadiana, Portugal	-	≈25	3170,100	Chícharo <i>et al.</i> (2009)
Estuário do Guadiana, Portugal	-	23,4	8,01	Pereira (2012)

A distribuição espacial e temporal da medusa está de acordo com o observado em anos anteriores no estuário do rio Mira, em que a medusa apresentou densidades mais elevadas na zona do estuário médio e ocorreu nos períodos mais quentes do ano, ou seja, Primavera e Verão (Paula, 1987; Mattos, 1995; Presado, 2012).

Apesar de não se ter amostrado todo o ciclo de ocorrência de 2013, terá havido libertação de medusas pelos pólipos ao longo do período amostrado em 2013, já que se registam medusas de pequenas dimensões na maioria das datas de amostragem deste período. No entanto, e apesar de não se ter conhecimento sobre a taxa de crescimento da medusa, na fase final do ciclo de ocorrência de 2012 (Setembro – Novembro) e nas datas de Julho e de Agosto de 2013, provavelmente, não terá ocorrido libertação de medusas tão frequentemente, já que não se registaram os tamanhos mais reduzidos da medusa e estes também não foram tão

abundantes como verificado no início do ciclo. Uma vez mais, a temperatura e o fotoperíodo parecem ser decisivos para a actividade do pólipo, promovendo as diferenças nas densidades de medusas de tamanhos mais pequenos e na densidade total de medusa ao longo do ciclo. Essa actividade terá sido mais elevada no Verão (fase mais próxima do início do ciclo de ocorrência) do que no Outono (fase tardia do ciclo de ocorrência, que viria a terminar em Novembro). A actividade reprodutiva do pólipo resulta, possivelmente, do efeito sinérgico de vários factores, como observado no hidrozoário *Moerisia lyonsi*, cuja taxa de libertação de medusas é variável consoante diferentes combinações de temperatura, salinidade e concentração de presas no ambiente (Ma & Purcell, 2005). Também Schroeter (2008) afirma que a presença e abundância da medusa no estuário de São Francisco, Califórnia, foram explicadas por um modelo que incluiu vários factores, como a salinidade, a temperatura e oxigénio dissolvido, sendo a salinidade o factor com maior poder explicativo. No entanto, a análise efectuada no presente estudo não permitiu elaborar um modelo explicativo com os vários parâmetros ambientais medidos no estuário do rio Mira, apesar de a abundância parecer, também, condicionada pela interacção de vários factores como a salinidade, temperatura, fotoperíodo e presença de substrato favorável à fixação de pólipos.

A população da espécie *B. virginica* no estuário do rio Mira parece estar bem estabelecida, já que a presença de densidades elevadas tem sido referida em vários estudos ao longo dos anos até à actualidade (Moore, 1984; Paula, 1987; Mattos, 1995; Presado, 2012). O mesmo não parece acontecer com a outra população registada em Portugal, no estuário do rio Guadiana, onde a medusa foi inicialmente detectada em 2008 (Chícharo *et al.*, 2009) e, desde então, ocorre em densidades muito variáveis entre anos, tendo sido bastante baixas nos últimos dois anos (Pereira, 2012; A. Chícharo, comunicação pessoal). O vector de introdução no estuário do rio Mira é desconhecido. A navegação comercial no estuário cessou nos anos 1960 e actualmente existe somente tráfego recreativo. A espécie poderá ter sido introduzida nos anos 1960 por embarcações comerciais, em fase de medusa ou de pólipo, sabendo-se que provavelmente essa introdução terá uma única fonte e não resultará de introduções múltiplas, já que análises da genética intrapopulacional da medusa revelaram haplótipos semelhantes na população do estuário do rio Mira (A. C. Marques, comunicação pessoal).

#### 4.2. Dieta e impacto da predação da medusa

Um dos impactes mais relevantes da ocorrência de *blooms* de zooplâncton gelatinoso está relacionado com o facto da maioria das espécies serem predadoras de zooplâncton, incluindo o ictioplâncton (larvas e ovos de peixe) (Purcell, 1985), competindo por isso com outras espécies planctonívoras (Purcell *et al.*, 2007) e tendo um efeito directo sobre os *stocks* de peixes. Apesar de se saber que a medusa de *B. virginica* é um predador não selectivo de zooplâncton noutros sistemas (Wintzer *et al.*, 2013), a sua dieta e o seu impacto no estuário do Mira não eram conhecidos, tendo justificado o desenvolvimento deste estudo.

A análise das cavidades gastrovasculares da medusa no estuário do Mira revelou uma elevada percentagem de cavidades gastrovasculares vazias, o que pode indiciar (i) perda dos conteúdos devido ao manuseamento da amostra; (ii) que a medusa não se alimenta em ritmo contínuo; (iii) que a medusa se alimenta a ritmos diferentes durante o dia (iv) que apresenta rápida digestão das presas que ingere ou, ainda, (v) que é capaz de se alimentar de matéria orgânica muito abundante no estuário. O estudo de Wintzer *et al.* (2013) sobre a dieta de *B. virginica* indicou um aumento de consumo de presas pela medusa durante a manhã, o que coincidiu com uma maior concentração de zooplâncton. Uma vez que no presente estudo as amostragens foram realizadas em períodos do dia diferentes, com o objectivo de serem efectuadas sempre no mesmo período de maré, este factor poderá ter influenciado a probabilidade de encontrar presas e em maior número nas cavidades gastrovasculares. No entanto, o estudo de Presado (comunicação pessoal), realizado ao longo de 24 horas num ponto fixo no estuário do rio Mira, não permitiu confirmar essa variabilidade nos conteúdos das cavidades gastrovasculares, uma vez que todas se encontravam vazias. A comparação entre as densidades de zooplâncton e o número médio de presas nas cavidades gastrovasculares em cada data em que se registaram conteúdos no seu interior também não identificou o padrão referido anteriormente, já que densidades mais elevadas de zooplâncton não coincidiram com maior número de presas nas cavidades. A elevada percentagem de cavidades gastrovasculares vazias em todo o período de estudo parece, por isso, indicar que a medusa não se alimenta em ritmo contínuo. Segundo Mills (1981) e Miglietta *et al.* (2000), as hidromedusas não são capazes de se alimentar continuamente, pois a matéria que não digerível é expelida pela boca, interrompendo o processo de ingestão. Já os resultados obtidos por Wintzer *et al.* (2013) apontam para uma conclusão contrária, já que apenas aproximadamente 5,6% das cavidades gastrovasculares observadas se apresentaram vazias durante um estudo de 24 horas (A. Wintzer, comunicação pessoal). A dieta identificada neste estudo foi semelhante às registadas por outros autores. Mills & Sommer (1995) identificaram

copépodes, náuplios de copépode e de cirrípede registando uma média de 1,4 presas por indivíduo. Já Wintzer *et al.* (2013) identificaram uma maior diversidade de presas na cavidade gastrovascular, sendo também os náuplios de copépode a presa mais abundante, seguida de copépodes ciclopoidea e misidáceos, com uma média de 8,8 itens por medusa. No presente estudo, o número médio de presas por cavidade gastrovascular registado em cada data de amostragem em que foram observados conteúdos gastrovasculares encontra-se entre os valores descritos para a espécie (1,54 presas ( $\pm 0,09$ ); 1,94 presas ( $\pm 0,27$ ); 2,60 presas ( $\pm 0,14$ )) e registou-se uma correlação positiva entre a dimensão das medusas e o número de presas na cavidade gastrovascular. Esta correlação poderá dever-se ao facto de as medusas de maiores dimensões: (i) apresentarem tentáculos mais desenvolvidos (em número e tamanho) e maior capacidade de se mover na coluna de água, explorando melhor o volume circundante onde se encontram as presas (Bailey & Batty, 1983); e (ii) possuírem uma necessidade nutritiva superior (alocação de energia para reprodução, por exemplo). O resultado está em desacordo com o registado por Wintzer *et al.* (2013), já que estes autores não verificaram correlação entre os dois factores em relação à medusa de *B. virginica*. As presas mais abundantes nas cavidades gastrovasculares foram os copépodes mas os resultados do índice de selectividade de Jacobs não deram indicação de preferência por esta presa, provavelmente, porque foi a mais abundante na comunidade zooplancónica nas datas em que se registaram conteúdos gastrovasculares. De um modo geral, pensa-se que as hidromedusas se alimentam passivamente enquanto flutuam na coluna de água com os tentáculos estendidos, estando a captura dependente, em grande parte, da probabilidade de a presa entrar em contacto com os tentáculos da medusa (Hyman, 1940 *in* Mills, 1981). A medusa de *B. virginica* é quiescente na coluna de água (Mills & Sommer, 1995), isto é, flutua, pulsando em determinadas situações. Deste modo, a captura das presas realizar-se-á de uma forma não activa durante o período em que flutua com os tentáculos estendidos: as presas entram em contacto com os mesmos e serão assim capturadas pela acção de cnidócitos presentes nos tentáculos. A baixa frequência de presas como os ovos de biqueirão e a selectividade positiva para este item alimentar, podem estar relacionadas com a baixa densidade deste item alimentar na coluna de água registada nas datas em que se observaram conteúdos gastrovasculares na medusa. Considerando que a captura dependerá, em grande parte, da probabilidade de encontro entre a presa e a medusa, devido ao facto de a captura das presas se dar de uma forma não activa, terá havido menor probabilidade de os ovos de biqueirão terem sido predados, devido à sua baixa abundância no meio ambiente. Em relação aos náuplios de cirrípede, verificou-se que foram seleccionados negativamente porque foram relativamente abundantes na coluna de água, mas apresentaram baixa frequência de ocorrência nas cavidades gastrovasculares. Os

náuplios de cirrípede são presas de pequenas dimensões e será mais provável que escapem à predação devido à sua pequena área corporal (Suchman & Sullivan, 1998), à capacidade de passar por entre os tentáculos sem haver contacto com os mesmos ou devido à força da colisão com os tentáculos não ser suficiente para que haja descarga do cnidócito (Spadinger & Maier, 1999). Wintzer *et al.* (2013) não registaram selectividade para nenhuma presa consumida pela medusa de *B. virginica* durante um ciclo de 24 horas.

No presente estudo, a taxa de mortalidade dos copépodes mais elevada provocada pela predação da medusa foi de 4,22/dia, assumindo que as medusas se alimentam em ritmo contínuo. Os valores da taxa de mortalidade dos copépodes calculados no presente estudo encontram-se dentro dos valores estimados para a medusa de *B. virginica* por Donald *et al.* (2013), que registaram impacto potencial 2 a 6/dia, para os copépodes *Acartia* spp. e *Oithona davisae*, respectivamente, aplicando taxas de aclaramento obtidas em laboratório à densidade máxima de medusas (com tamanho médio de 5 mm) registada no rio Napa, Califórnia. No entanto, o impacto da predação da medusa calculado no presente estudo é apenas um valor indicativo do impacto que esta terá no estuário do rio Mira. A taxa de mortalidade dos copépodes (provocada pela predação da medusa) foi calculada com dados (tempo de digestão) de um género de copépode que não foi registado neste estudo, o que pode ter influência no tempo de digestão da presa. Adicionalmente, os dados do tempo de digestão desta presa foram obtidos em condições ambientais diferentes daquelas registadas no presente estudo. O tempo de digestão de uma presa é afectado pelo tamanho da presa (Martinussen & Båmstedt, 1999) e pela temperatura do meio (Martinussen & Båmstedt, 2001). O tamanho dos copépodes foi semelhante na experiência de A. Wintzer ( $877,08 \pm 24,5 \mu\text{m}$ ) e no presente estudo. Porém, a temperatura da experiência foi de 16 °C e as registadas no momento da captura da medusa no estuário do rio Mira variaram entre 20 e 21 °C. No entanto, esta diferença de temperaturas, segundo Martinussen & Båmstedt (2001), não promoveria diferenças no tempo de digestão da medusa, pelo que, provavelmente, a temperatura não terá influenciado a estimativa do impacto de predação. Adicionalmente, o cálculo efectuado não tem em conta a probabilidade de encontro entre a presa e o predador e a dimensão da medusa, factores que exercerão muita influência na taxa de aclaramento, podendo aumentá-la ou diminuí-la. Por exemplo, a probabilidade de encontro entre predador e presa e taxa de predação aumentaram com o aumento do diâmetro de cúpula da medusa de *A. aurita* (Bailey & Batty, 1984). Tendo em conta o elevado índice de vacuidade registado em todas as datas de amostragem, provavelmente as medusas, como referido anteriormente, não se alimentam em ritmo contínuo e podem alimentar-se de material em suspensão (Arai, 2001), portanto, o impacto da predação da medusa poderá não ser tão elevado quanto o calculado.

Adicionalmente, a concentração de presas em torno de uma medusa varia consoante a fase da maré, logo, o impacto da predação sobre a comunidade pode ser ampliado ou não pela variação da relação da densidade de ambas. No presente estudo, não se verificou correlação significativa entre a densidade total de zooplâncton e de medusa, que pudesse indicar impacto negativo originado pela predação da medusa sobre o zooplâncton. Verificou-se que na estação de amostragem 5 no Verão, a densidade de zooplâncton foi muito menor relativamente às outras estações de amostragem e colheitas no ponto fixo do estuário, perante a densidade mais alta de medusa registada no presente estudo. Porém, nesta estação poderá ter ocorrido amostragem deficiente de zooplâncton causada pela possível colmatação da rede por medusas. Vários autores referiram o facto de as medusas colmatarem as redes de zooplâncton durante trabalhos de recolha de plâncton no estuário do rio Mira (Mattos, 1995; Ré, 1996). No entanto elevadas concentrações de medusas foram recolhidas em outros pontos e épocas e parecem não ter afectado a recolha do restante zooplâncton.

## 5. Considerações Finais

O presente estudo permitiu determinar a distribuição temporal e espacial da medusa de *Blackfordia virginica* no estuário do rio Mira. Foram também identificados itens alimentares da medusa e a taxa de mortalidade de copépodes induzida pela predação da medusa no estuário. Este estudo é, assim, um contributo para o conhecimento da ecologia da medusa desta espécie exótica, que está presente em muitos outros territórios não nativos. No entanto, permanecem algumas lacunas no conhecimento da ecologia desta espécie, portanto, no futuro seria importante:

- efectuar uma análise do efeito dos factores ambientais em sinergia sobre o ciclo de vida da espécie, pois, muito provavelmente, não será somente um factor que determina o início e o final de um ciclo de ocorrência e a presença da medusa num local. Para tal dever-se-á aumentar o número de observações ao longo do tempo, isto é, prosseguir os trabalhos em ciclos de ocorrência futuros e aumentar o número observações ao longo do tempo de modo a fortalecer a análise;
- estudar a fase bentónica do ciclo de vida da espécie de modo a determinar a sua importância nas variações das densidades temporal e espacial da medusa;
- estudar o ciclo de vida da espécie de forma a identificar o estágio e as características que lhe conferem o potencial já comprovado como espécie exótica;
- identificar eventuais mecanismos de retenção da medusa, que lhe permitirão manter-se no estuário;
- realizar experiências de modo a justificar a elevada percentagem de cavidades gastrovasculares vazias das medusas observadas. Por exemplo, delinear um estudo de 24 horas para conhecer os possíveis ritmos diários de alimentação da espécie, melhorando o método de captura e observando os espécimes logo após a captura;
- efectuar a medição das presas da medusa de *B. virginica* de modo a verificar se existe relação entre a dimensão da medusa e a dimensão dos indivíduos que captura.



## 6. Referências bibliográficas

- Albert, D.J. (2007). *Aurelia labiata* medusae (Scyphozoa) in Roscoe Bay avoid tidal dispersion by vertical migration. *Journal of Sea Research*, 57: 281-287.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N., Clarke, K.R. (2008). *Permanova + for PRIMER: Guided to Software and Statistical Methods*. Institute of information and mathematical sciences. Massey University, Albany Campus.
- Andrade, F. (1986). *O estuário do Mira: caracterização geral e análise quantitativa da estrutura dos macropovoamentos bentônicos*. Tese de Doutorado, Universidade de Lisboa.
- Álvarez-Silva, C., Gómez Aguirre, S., Miranda Arce, M.G. (2003). Variaciones morfológicas en *Blackfordia virginica* (Hydroidomedusae: Blackfordiidae) en lagunas costeras de Chiapas, México. *Revista de biología tropical*, 51: 409-412.
- Arai, M.N. (2001). Pelagic coelenterates and eutrophication: a review. In *Jellyfish Blooms: Ecological and Societal Importance* (pp.69-87). Springer Netherlands.
- Bailey, K.M. & Batty, R. S. (1984). *Laboratory study of predation by Aurelia aurita on larvae of cod, flounder, plaice and herring: development and vulnerability to capture*. *Marine Biology*, 83: 287-291.
- Bailey, K.M., & Batty, R. S. (1983). A laboratory study of predation by *Aurelia aurita* on larval herring (*Clupea harengus*): experimental observations compared with model predictions. *Marine Biology*, 72: 295-301.
- Bardi, J. (2011). *Comunidades de hidrozoários (Cnidaria) estuarinos do sudoeste e sul do Brasil*. In Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia (São Paulo, Universidade de São Paulo).
- Bardi, J. & Marques, A.C. (2009). The invasive hydromedusae *Blackfordia virginica* Mayer, 1910 (Cnidaria: Blackfordiidae) in southern Brazil, with comments on taxonomy and distribution of the genus *Blackfordia*. *Zootaxa*, 2198: 41–50.
- Bax, N., Williamson, A., Aguero, M., Gonzalez, E., Geeves, W. (2003). Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine policy*, 27: 313-323.
- Bettencourt, A.M.M. de, Abreu, M.C. de, Revez, M.A., Leitão, A.B.C., Catarino, F.M. Serôdio, J.,
- Blaber, S.J. M., Cyrus, D. P., Albaret, J-J., Chong Ving Ching, Day, J.W., Elliott, M., Fonseca, M.S., Hoss, D.E., Orensanz, J., Potter, I.C., Silvert, W. (2000). Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and near shore ecosystems. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 57: 590-602.
- Blanton, J.O., Ferreira, M.A. & Andrade, F.A. (2000). Effect of a broad shallow sill on tidal circulation and salt transport in the entrance to a coastal plain estuary (Mira—Vila Nova de Milfontes, Portugal). *Estuaries*, 23: 293-304.

- Boero, F. & Bouillon, J. (1993). Zoogeography and life cycle patterns of Mediterranean hydromedusae (Cnidaria). *Biological Journal of the Linnean Society*, 48: 239-266.
- Bouillon, J., Medel, M.D., Pagès, F., Gili, J.M., Boero, F., Gravili, C. (2004). Fauna of the Mediterranean Hydrozoa. *Scientia Marina*, 68: 5-438.
- Brewer, R. H. & Feingold, J. S. (1991). The effect of temperature on the benthic stages of *Cyanea* (Cnidaria: Scyphozoa), and their seasonal distribution in the Niantic River estuary, Connecticut. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 152: 49-60.
- Buecher, E., Goy J., Gibbons, M.J. (2005). Hydromedusae of the Agulhas Current. *African Invertebrates*, 46: 27-69.
- Chainho, P. (2009). Passageiros exóticos clandestinos (Setúbal, Setúbal na rede).
- Chainho, P., Chaves, M. L., Costa, J. L., Costa, M.J., Dauer, D.M. (2008). Use of multimetric indices to classify estuaries with different hydromorphological characteristics and different levels of human pressure. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1128-1137.
- Chícharo, M.A., Leitão, T., Range, P., Gutierrez, C., Morales, J., Morais, P., Chícharo, L. (2009). Alien species in the Guadiana Estuary (SE-Portugal/SW-Spain): *Blackfordia virginica* (Cnidaria, Hydrozoa) and *Palaemonma crodactylus* (Crustacea, Decapoda): potential impacts and mitigation measures. *Aquatic Invasions*, 4: 501-506.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., Van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- Costa, M.J. (1988). The Tagus and Mira estuaries (Portugal) and their role as spawning and nursery areas. *Journal of Fish Biology*, 33: 249-250.
- Costa, M.J., Catarino, F., Bettencourt, A. (2001). The role of salt marshes in the Mira estuary (Portugal). *Wetlands Ecology and Management*, 9: 121-134.
- Costa, M.J., Costa, J., de Almeida, P.R., Assis, C.A. (1994). Do eel grass beds and salt marsh borders act as preferential nurseries and spawning grounds for fish? An example of the Mira estuary in Portugal. *Ecological Engineering*, 3: 187-195.
- Costa, J.L.V.O. (2004). *A biologia do xarroco, Halobatrachus didactylus (Bloch & Scheider, 1801), e o seu papel na estruturação e funcionamento das comunidades em que se insere; referência especial à população do estuário do Mira*. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Denayer, J.C. (1973). Trois méduses nouvelles ou peu connues des côtes françaises: *Maeotias inexpectata* Ostroumov, 1896, *Blackfordia virginica* Mayer, 1910, *Neomopsis bachei* Agassiz, 1849. *Cahier Biologie Maritime* 14: 285-294.

- Donald, J., Sullivan, L. J., Kimmerer, W. J. (2013). Three non-native jellyfish in the San Francisco Estuary: distribution, abundance, and potential impacts. State of the San Francisco Estuary Conference. 29-30 Outubro, 2013. (<http://www.sfestuary.org/soe/>).
- Donald, J., Sullivan, L. J., Kimmerer, W. J. (2012). Population Dynamics and Predation Impacts of Three Invasive Hydrozoan Jellyfish in the Upper San Francisco Estuary. Oral Abstracts, Bay-Delta Science Conference. 16 – 18 Outubro, 2012. (<http://scienceconf.deltacouncil.ca.gov>)
- Essink, K. & Dekker, R. (2002). General patterns in invasion ecology tested in the Dutch Wadden Sea: the case of a brackish-marine polychaetous worm. *Biological invasions*, 4: 359-368.
- Ferreira, J.G., Simas, T., Nobre, A., Silva, M.C., Shifferegger, K., Lencart-Silva, J. (2003). Identification of sensitive areas and vulnerable zones in transitional and coastal Portuguese systems. Application of the United States National estuarine eutrophication assessment to the Minho, Lima, Douro, Ria de Aveiro, Mondego, Tagus, Sado, Mira, Ria Formosa and Guadiana systems. Instituto da Água e Instituto do Mar, Lisboa, Portugal.
- Fet, V. & Popov, A. (Eds.). (2007). *Biogeography and ecology of Bulgaria* (Vol. 82). Springer.
- Genzano, G., Mianzán, H., Acha, E. M., Gaytán, E. (2006). First record of the invasive medusa *Blackfordia virginica* (Hydrozoa: Leptomedusae) in the Río de la Plata estuary, Argentina-Uruguay. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79: 257-261.
- Graham, W.M. & Bayha, K.M. (2007). Chapter 14: Biological invasions by marine jellyfish. In *Biological invasions*. Springer Berlin Heidelberg (pp. 239-255).
- Hansson, L.J., Moeslund, O., Kiørboe, T., Riisgård, H.U. (2005). Clearance rates of jellyfish and their potential predation impact on zooplankton and fish larvae in a neritic ecosystem (Limfjorden, Denmark). *Marine Ecology Progress Series*, 304: 117-131.
- Hulme, P.E. (2007). Biological invasions in Europe: drivers, pressures, states, impacts and responses. In *Biodiversity under threat*, R.E. Hester, and R.M. Harrison, eds. *Issues in Environmental Science and Technology* (pp. 56-80).
- INSPECT (2012). INSPECT – Espécies exóticas marinhas introduzidas em estuários e zonas costeiras portuguesas: padrões de distribuição e abundância, vectores e potencial de invasão (PTDC/MAR/73579/2006). Relatório final de execução científica.
- Jacobs, J. (1974). Quantitative measurement of food selection. *Oecologia*, 14: 413-417.
- Johnson, W. S. & Allen, D. M. (2012). *Zooplankton of the Atlantic and Gulf coasts: a guide to their identification and ecology*. JHU Press.
- Kremer, P. (2001). Opportunistic life styles of gelatinous and abundant: what gives a species the right stuff. CIESM Workshop series gelatinous zooplankton outbreaks: Theory and Practice, 29 Agosto – 1 Setembro 2001, Nápoles.

- Larson, R. J. (1991). Diet, prey selection and daily ration of *Stomolophus meleagris*, a filter-feeding scyphomedusa from the NE Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 32, 511-525.
- Loureiro, J., Nunes, M.N. & Botelho, O. (1984). *Monografia hifrológica do rio Mira*. Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos. Comissão de Coordenação da região do Alentejo.
- Lucas, C.H. (2001). Reproduction and life history strategies of the common jellyfish, *Aurelia aurita*, in relation to its ambient environment. *Hydrobiologia*, 451: 229-246.
- Lynam, C.P., Heath, M. R., Hay, S. J., Brierley, A. S. (2005). Evidence for impacts by jellyfish on North Sea herring recruitment. *Marine Ecology Progress Series*, 298: 157-167.
- Ma, X. & Purcell, J. E. (2005). Temperature, salinity, and prey effects on polyp versus medusa bud production by the invasive hydrozoan *Moerisia lyonsi*. *Marine Biology*, 147: 225-234.
- Martinussen, M. B. & Båmstedt, U. (2001). Digestion rate in relation to temperature of two gelatinous planktonic predators. *Sarsia*, 86: 21-35.
- Martinussen, M. B., & Båmstedt, U. (1999). Nutritional ecology of gelatinous planktonic predators. Digestion rate in relation to type and amount of prey. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 232: 61-84.
- Mattos, M.A.R. (1995). Distribuição espacio-temporal do zooplâncton no estuário do rio Mira. Relatórios Científicos e Técnicos. Instituto Português de Investigação Marítima (IPIMAR).
- Mayer, A. G., 1910. *Medusae of the World*, Vol. 2. 231-498 pp. Washington, D.C.: Carnegie Institution.
- Medeiros, J.P. (2009). *Ecologia e avaliação dos recursos bentónicos da zona de transição dulçaquícola-salobra no rio Mira*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Miglietta, M.P., Della Tommasa, L., Denitto, F., Gravili, C., Pagliara, P., Bouillon, J., Boero, F. (2000). Approaches to the ethology of hydroids and medusae (Cnidaria, Hydrozoa). *Scientia Marina*, 64: 63-71.
- Mills, C.E. (2001). Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions?. In *Jellyfish Blooms: Ecological and Societal Importance*. Springer Netherlands (pp. 55-68). Springer Netherlands.
- Mills, C.E. (1981). Diversity of swimming behavior in hydromedusae as related to feeding and utilization of space. *Marine Biology*, 64: 185-189.
- Mills, C. & Rees, J.T. (2000). New observations and corrections concerning the trio of invasive hydromedusae *Maotias marginata* (= *M. inexpectata*), *Blackfordia virginica*, and *Moreisia* sp. in the San Francisco Estuary. *Scientia marina*, 64: 151-155.

- Mills, C.E. & Sommer, F. (1995). Invertebrate introductions in marine habitats: two species of hydromedusae (Cnidaria) native to the Black Sea, *Maeotias inexpectata* and *Blackfordia virginica*, invade San Francisco Bay. *Marine Biology*, 122: 279-288.
- Moore, S. J. (1987). Redescription of the leptomedusan *Blackfordia virginica*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 67: 287-291.
- Nival, P. & Gorsky, G. (2001). Conditions for bloom in pelagic species. CIESM Workshop series gelatinous zooplankton outbreaks: Theory and Practice, 29 Agosto – 1 Setembro 2001, Nápoles.
- Nogueira Jr, M., & De Oliveira, J. S. (2006). *Moerisia inkermanica* Paltschikowa-Ostroumova (Hydrozoa; Moerisidae) e *Blackfordia virginica* Mayer (Hydrozoa; Blackfordiidae) na Baía de Antonina, Paraná, Brasil. *Pan-Amer. J. AquaticSci*, 1: 35-42.
- Olesen, N. J. (1995). Clearance potential of jellyfish *Aurelia aurita*, and predation impact on zooplankton in a shallow cove. *Marine ecology progress series*. Oldendorf, 124: 63-72.
- Paavola, M., Olenin, S. & Leppäkoski, E. (2005). Are invasive species most successful in habitats of low native species richness across European brackish waterseas?. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64: 738-750.
- Paranaguá, M.N. (1963). Sobre uma nova ocorrência de *Blackfordia virginica* Mayer 1910 e *Ostrumovia inkermanica* Hadzi (1928) (hydromedusae). Instituto de Oceanografia, Universidade de Recife 5/6, 141-145.
- Paula, J.P.M. (1993). *Ecologia da fase larvar e recrutamento de crustáceos decápodes no estuário do rio Mira*. Dissertação de Doutorado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Paula, J.P.M. (1987). *Distribuição do macrozooplâncton num meio estuarino*. Programa de Tema Prático referente à Prova de Aptidão Pedagógica. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Pereira, A.R.M.P.E. (2012). *Análise experimental do impacto da taxa de ingestão de medusas no ictioplâncton – extrapolação para as condições naturais*. Dissertação de mestrado em Biologia Marinha, Especialização em Ecologia e Conservação, Universidade do Algarve.
- Presado, P.V. (2012). *Distribuição, abundância e estrutura dimensional das espécies exóticas Blackfordia virginica (Mayer, 1910) e Corbicula fluminea (Müller, 1774) no estuário do Mira*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora e Instituto Superior de Agronomia de Lisboa.
- Purcell, J.E. (2005). Climate effects on formation of jellyfish and ctenophore blooms: a review. *JMBA-Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85: 461-476.
- Purcell, J.E. (1985). Predation on fish eggs and larvae by pelagic cnidarians and ctenophores. *Bulletin of Marine Science*, 37: 739-755.

- Purcell, J. E. & Decker, M. B. (2005). Effects of climate on relative predation by scyphomedusae and ctenophores on copepods in Chesapeake Bay during 1987-2000. *Limnology and Oceanography*, 50(1), 376-387.
- Purcell, J.E., Shiganova, T.A., Decker, M.B., Houde, E.D. (2001). The ctenophore *Mnemiopsis* in native and exotic habitats: US estuaries versus the Black Sea basin. *Hydrobiologia*, 451: 145-176.
- Purcell, J.E., Uye, S.I. & Lo, W.T. (2007). Anthropogenic causes of jelly fish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Marine ecology-progress series*, 350: 153-174.
- Quaresma, A.M. (1987). Rio Mira – Características Físicas e Navios de Comércio. *Actas do 2.º Congresso sobre o Alentejo 2*: 509-517.
- Quaresma, A.M. (1985). Importância histórica do rio Mira como via de penetração no interior: séculos XIX e XX. *Actas do 1º Congresso sobre o Alentejo 1*: 232-246.
- Ré, P. (1996). Anchovy spawning in Mira estuary (southwestern Portugal). *Scientia Marina*, 60: 141-153.
- Rees, J.T. & Gershwin, L.A. (2000). Non-indigenous hydromedusae in California's upper San Francisco Estuary: lifecycles, distribution, and potential environmental impacts. *Scientia Marina*, 64: 73-86.
- Richardson, A. J., Bakun, A., Hays, G. C., & Gibbons, M. J. (2009). The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends in ecology & evolution*, 24: 312-322.
- Richardson, D.M., Pyšek, P. & Carlton, T. J. (2011). Chapter 30: A Compendium of Essential Concepts and Terminology In *Invasion Ecology in Fifty Years of Invasion Ecology: The Legacy of Charles Elton*. 1.ª Ed. Editado por David M. Richardson, Blackwell Publishing Ltd.
- Ruiz, G.M., Carlton, J.T., Grosholz, E.D., Hines, A.H., (1997). Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. *American Zoologist* 37: 621–632.
- Santhakumari, V., Ramaiah, N., & Nair, V. R. (1997). Ecology of hydromedusae from Bombay Harbour-Thana and Bassein Creek estuarine complex. *Indian journal of marine sciences*, 26: 162-168.
- Schroeter, R.E. (2008). Biology and long-term trends of alien hydromedusae and striped bass in a brackish tidal marsh in the San Francisco Estuary. ProQuest.
- Silva, I.C., Dinis, A.M., Francisco, S.M., Flores, A.A.V., & Paula, J. (2006). Longitudinal distribution and lateral pattern of megalopal settlement and juvenile recruitment of *Carcinus maenas* (L.) (Brachyura, Portunidae) in the Mira River Estuary, Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 69: 179-188.

- Smetacek, V. (1985). The annual cycle of Kiel Bight plankton: a long-term analysis. *Estuaries*, 8: 145-157.
- Smith DeBoyd, L., & Johnson, K.B. (1996). *A guide to marine coastal plankton and marine invertebrate larvae*. 2.<sup>nd</sup> Ed.
- Shiganova, T. A. (1998). Invasion of the Black Sea by the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and recent changes in pelagic community structure. *Fisheries Oceanography*, 7: 305-310.
- Shiganova, T. A. & Bulgakova, Y. V. (2000). Effects of gelatinous plankton on Black Sea and Sea of Azov fish and their food resources. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 57: 641-648.
- Spadinger, R. & Maier, G. (1999). Prey selection and diel feeding of the freshwater jellyfish, *Craspedacusta sowerbyi*. *Freshwater Biology*, 41: 567-573.
- Stibor, H. & Tokle, N. (2003). Feeding and asexual reproduction of the jellyfish *Sarsia gemmifera* in response to resource enrichment. *Oecologia*, 135: 202-208.
- Suchman, C.L. & Sullivan, B.K. (1998). Vulnerability of the copepod *Acartia tonsa* to predation by the scyphomedusa *Chrysaora quinquecirrha*: effect of prey size and behavior. *Marine Biology*, 132: 237-245.
- Sumich, J.L. & Morrissey, J.F. (2004). *Introduction to the biology of marine life*. (8.<sup>th</sup> Ed.) Jones & Bartlett Learning.
- Tamburri, M.N., Wasson, K. & Matsuda, M. (2002). Ballast water deoxygenation can prevent aquatic introductions while reducing ship corrosion. *Biological Conservation*, 103: 331-341.
- Vasconcelos, R.P., Reis-Santos, P., Fonseca, V., Maia, A., Ruano, M., França, S., Vinagre, C., Costa, M.J., Cabral, H. (2007). Assessing anthropogenic pressures on estuarine fish nurseries along the Portuguese coast: a multi-metric index and conceptual approach. *Science of the Total Environment*, 374: 199-215.
- Wasson, K., Zabin, C.J., Bedinger, L., Diaz, M.C., Pearse, J.S., (2001). Biological invasions of estuaries without international shipping: the importance of intraregional transport. *Biological Conservation* 102: 143–153.
- Wintzer, A. P., Meek, M. H., Moyle, P. B., & May, B. (2011a). Ecological insights into the polyp stage of non-native hydrozoans in the San Francisco Estuary. *Aquatic Ecology*, 45: 151-161.
- Wintzer, A.P., Meek, M.H., & Moyle, P.B. (2013). Abundance, size, and diel feeding ecology of *Blackfordia virginica* (Mayer, 1910), a non-native hydrozoan in the lower Napa and Petaluma Rivers, California (USA). *Aquatic Invasions*, 8: 147-156.
- Wolff, W.J. (1998). Exotic invaders of the meso-oligohaline zone of estuaries in the Netherlands: why are there so many?. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 52: 393-400.

Zaitsev, Y. & Ozturk, B. (2001). *Exotic species in the Aegean, Marmara, Black, Azov and Caspian Seas*.

Zhang, JB (1982) Notes on the hydromedusae fauna of the China Sea areas. *Acta Oceanologica Sinica*, 1: 126–135.

#### Sites

<sup>1</sup><http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/daylighthoursexplorer.html> (acedido a 8 de Agosto pelas 15 horas)

<sup>2</sup><http://www.tabuademares.com/calendario-lunar> (acedido a 1 de Agosto de 2013 pelas 16 horas)

## Anexos

Anexo I. Variáveis ambientais registadas à superfície durante as amostragens de *B. virginica* ao longo do estuário do rio Mira.

Época	Estação de amostragem	Salinidade	Temperatura (°C)	Oxigénio Dissolvido (mg/L)	Profundidade (m)	Distância à foz (km)	Substrato rochoso (%)	Densidade de ostras (conchas/ha)
Outono (Setembro)	1	0,06	24,58	9,16		31,2	0	0
	2	7,79	23,89	7,89	2,21	30	0	0
	3	5,26	24,99	9,44		25,4	0	0
	4	16,35	24,71	10,15		23,4	5,9	1,4
	5	26,20	24,39	8,16		20,2	14,6	90,3
	6	32,96	24,45	7,11		14,5	7,6	77,8
	7	36,61	23,6	6,77		11,2	25,5	9,7
	8	38,22	20,94	7,49		9,17	25,5	9,7
	9	38,68	17,79	8,04		4,49	5	13,9
	10	38,69	17,31	7,62		1,8	5	13,9
Inverno (Dezembro)	1	0,54	11,17	14,86	2,94	31,2	0	0
	2	0,55	11,39	13,4	5,38	30	0	0
	3	0,58	11,53	13,55	4,29	25,4	0	0
	4	0,90	11,65	13,31	4,02	23,4	5,9	1,4
	5	8,56	12,16	12,86	5,31	20,2	14,6	90,3
	6	29,24	13,95	7,65	7,4	14,5	7,6	77,8
Primavera (Março)	1	0,13	13,34	10,19	3,3	31,2	0	0
	2	0,11	13,37	10,62		30	0	0
	3	0,15	13,42	10,53		25,4	0	0

	Estação de amostragem	Salinidade	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Profundidade (m)	Distância à foz (km)	Substrato rochoso (%)	Densidade de ostras (conchas/ha)
	4	0,16	13,45	10,96	4,8	23,4	5,9	1,4
	5	0,18	13,61	10,45	3,8	20,2	14,6	90,3
	6	0,27	13,99	9,62	5,8	14,5	7,6	77,8
	7	0,34	14,28	9,85	7,3	11,2	25,5	9,7
	8	12,68	12,68	9,44	10,3	9,17	25,5	9,7
	9	37,11	14,83	8,89	7,2	4,49	5	13,9
	10	38,44	14,91	7,45	7,5	1,8	5	13,9
Verão (Junho)	1	0,66	25,21	5,45	2,496	31,2	0	0
	2	0,73	25,46	5,29	2,536	30	0	0
	3	3,07	25,33	4,17	5,748	25,4	0	0
	4	7,64	25,08	3,93	3,972	23,4	5,9	1,4
	5	9,40	24,73	3,87	4,792	20,2	14,6	90,3
	6	22,14	23,55	4,16	5,062	14,5	7,6	77,8
	7	29,80	21,02	6,23	5,609	11,2	25,5	9,7
	8	32,77	17,57	7,68	4,581	9,17	25,5	9,7
	9	33,01	16,24	7,88	4,557	4,49	5	13,9
	10	32,73	16,24	8,16	6	1,8	5	13,9

Anexo II. Variáveis ambientais ao longo do período de estudo num ponto fixo no estuário do rio Mira (Casa Branca).

<b>Data de amostragem</b>	<b>Salinidade</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Oxigénio Dissolvido (mg/L)</b>	<b>Fotoperíodo (h)</b>
<b>1 Setembro</b>	32,96	24,45	7,11	12,9
<b>28 Setembro</b>	3,22	22,46	6,68	11,7
<b>5 Novembro</b>	20,51	17,66	9,85	10,1
<b>11 Dezembro</b>	29,24	13,95	7,65	9,1
<b>10 Janeiro</b>	21,28	13,06	5,70	9,3
<b>1 Fevereiro</b>	16,66	12,81	5,17	10,0
<b>12 Março</b>	14,22	9,43	92,10	11,6
<b>4 Abril</b>	1,20	15,84	6,66	12,7
<b>11 Abril</b>	2,88	16,30	6,42	13,0
<b>19 Abril</b>	8,31			13,3
<b>26 Abril</b>	9,00	22,00		13,6
<b>3 Maio</b>	12,00	18,60	8,25	13,9
<b>8 Maio</b>	21,80	20,04	3,61	14,1
<b>18 Maio</b>				14,4
<b>28 Maio</b>				14,7
<b>4 Junho</b>	24,77	20,71	4,05	14,8
<b>12 Junho</b>	26,00	21,10	7,90	14,9
<b>22 junho</b>				15,0
<b>26 Junho</b>	22,14	23,55	4,16	14,9
<b>16 Julho</b>	24,96	24,02	1,83	14,6
<b>6 Agosto</b>	27,52	24,69	2,07	14,0