

Universidade do Algarve  
Faculdade de Ciências e Tecnologia

**Análise experimental do impacto da taxa de ingestão de medusas no ictioplâncton – extrapolação para as condições naturais**

**Ana Rita Matos Paiva Esteves Pereira**

Tese de Mestrado em Biologia Marinha  
Especialização em Ecologia e Conservação

Faro, Fevereiro 2012

Universidade do Algarve  
Faculdade de Ciências e Tecnologia

**Análise experimental do impacto da taxa de ingestão de medusas no ictioplâncton – extrapolação para as condições naturais**

**Ana Rita Matos Paiva Esteves Pereira**

Tese de Mestrado em Biologia Marinha  
Especialização em Ecologia e Conservação

Dissertação orientada pela Professora Doutora Alexandra  
Chícharo e pela Doutora Susana Garrido

Faro, Fevereiro 2012

## **Agradecimentos**

Ao projecto VITAL PTDC/MAR/111304/2009, designado por Taxas vitais de larvas de peixes pelágicos (VITAL) financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia porque sem ele os ovos e larvas de sardinha necessários para a realização das experiências não teriam sido fáceis de encontrar nas quantidades pretendidas.

Ao Oceanário de Lisboa um muito obrigada pela cedência do espaço, do material e dos náuplios de artémia. À Núria pela permissão, ao Hugo pela construção da magnífica pseudo-*kreisel* e ajuda prestada sempre que precisei e à Carla por não se importar de dividir a sua sala de cultura, pelas dúvidas esclarecidas e conhecimento partilhado.

À Professora Doutora Alexandra Chícharo por ter aceite orientar-me, ter-me possibilitado a aprendizagem das bases dos cnidários com um grupo de especialistas na área, pela ajuda e inúmeras dúvidas esclarecidas.

À Doutora Susana Garrido por ter também aceite orientar-me em algo que fomos aprendendo as duas à medida que o tempo passava e as experiências eram feitas. Pela disponibilidade em ajudar-me no que precisei, pelas palavras de apoio quando as coisas pareciam estar a começar a descarrilar e pela boa disposição contagiante. E claro, pela permissão em sacrificar as “suas” larvas.

Às outras Anas do Oceanário: Filipa, Rita e Sofia. Obrigada pela ajuda preciosa na separação de ovos e larvas (muitas vezes em quantidades industriais e a multiplicar por 8); se não fossem vocês tinha começado as experiências às duas da tarde nesses dias. Também pela boa disposição no “laboratório” e pelas esperas pela lupa!

À Dona Fátima pela simpatia e preciosa ajuda na identificação de zooplâncton à lupa no IPIMAR.

Ao Mestre Antero pela sabedoria partilhada e por ter sido incansável na procura da hidromedusa, levando-me a todos os locais onde ela poderia estar. O seu conhecimento do estuário foi determinante para este trabalho. À Ratinho e ao Bruno pela ajuda prestada nas amostragens e na análise das amostras.

À minha família pelo apoio incondicional, preocupação e conselhos. Obrigada por me deixarem perseguir o sonho de tantos anos e chegar cada vez mais perto de o realizar.

## Resumo

Com o objectivo de contribuir para o estudo do impacto de medusas no ictioplâncton do estuário do Guadiana foram realizadas experiências laboratoriais em ambiente controlado para determinar a resposta funcional de uma espécie residente neste estuário, *Aurelia aurita*, e analisaram-se dados de campo para estudar a variabilidade interanual da invasora *Blackfordia virginica*. Foram fornecidos náuplios de artémia (*Artemia salina*), ovos e larvas de sardinha (*Sardina pilchardus*) como alimento à espécie *Aurelia aurita* e os resultados obtidos revelam um aumento das taxas de ingestão com o aumento da concentração de alimento disponível. Foram registados máximos de ingestão de 40 e 49 presas/medusa/hora para larvas e ovos de sardinha, respectivamente. As taxas de aclaramento aumentaram até uma concentração a partir da qual decresceram e os valores máximos registados foram 48 e 31 L/medusa/hora para as larvas e ovos de sardinha. As experiências de selectividade evidenciaram a selecção de alguns taxa como algumas espécies de copépodes e ovos de peixe. A abundância de *Blackfordia virginica* foi determinada entre Junho e Agosto e o seu aparecimento tardio (Agosto; 8,01 hidromedusas/m<sup>3</sup>) impossibilitou a realização da parte experimental com esta espécie, mas discutiu-se a sua variação com base na bibliografia. Tal variação poderá estar relacionada com os valores da Oscilação do Atlântico Norte (NAO), que nos últimos 3 anos apresentou índices negativos e que poderão afectar a sobrevivência desta espécie. É possível que a reduzida abundância de medusas tenha afectado positivamente a abundância geral do zooplâncton. Como conclusão pode referir-se que em zonas de postura e *nursery*, como o estuário do Guadiana, as medusas poderão ter de facto um impacto considerável, dado que os resultados indicaram que estas podem seleccionar ovos de peixes. Indirectamente também poderão ter impacto por competição, pois ingerem preferencialmente presas que também são seleccionadas pelas larvas e juvenis de pequenos pelágicos, como os copépodes.

**Palavras-chave:** *Blackfordia virginica*, *Aurelia aurita*, taxas de ingestão, ictioplâncton, selectividade

## Abstract

In order to contribute to the study of the impact of jellyfish in the ichthyoplankton in the Guadiana estuary, laboratory experiments were performed to determine the functional response of a resident species in this estuary, *Aurelia aurita* and were analyzed field data to study the interannual variability of alien species *Blackfordia virginica*. *Aurelia aurita* specimens were given brine shrimp (*Artemia salina*), sardine eggs and larvae (*Sardina pilchardus*) as prey, and results show and that the ingestion rates increase with the increasing prey concentration. Maximum ingestion rates were 40 and 49 prey/medusa/hour for sardine larvae and eggs, respectively. The clearance rates increased with prey availability until a concentration from which they decreased and the maximum rates observed were 48 and 31 L/medusa/hour, for larvae and sardine eggs, respectively. Regarding selectivity experiments, *Aurelia aurita* selected some taxa such as some species of copepods and fish eggs. The abundance of *Blackfordia virginica* was determined between June and August, and its late appearance and low abundance (August, 8,01 hidromedusae/m<sup>3</sup>) made it unable to perform the experiences with this species, but its variability was discussed according to the literature. This variation may be due to the indices of the North Atlantic Oscillation (NAO), which have been negative for the past three consecutive years, and which may affect the survival of this species. It is possible that the low jellyfish abundance has positively influenced the general zooplankton abundance. As a conclusion can be noted that in spawning and nursery areas, such as the Guadiana estuary, jellyfish may have a significant impact, since results showed they selected fish eggs as prey. Although indirectly, jellyfish may also have an impact by competition since they selectively eat the same prey as juvenile fish and fish larvae, such as copepods.

**Key words:** *Blackfordia virginica*, *Aurelia aurita*, ingestion rates, ichthyoplankton, selectivity

## Índice

Introdução.....	1
Material e métodos.....	8
Preparação das experiências com <i>Aurelia aurita</i> .....	8
Taxas de ingestão de <i>Aurelia aurita</i> .....	8
Selectividade de <i>Aurelia aurita</i> .....	10
Análise das amostras de plâncton natural e medição das presas (ODL).....	13
Variabilidade interanual de <i>Blackfordia virginica</i> no estuário do Guadiana.....	13
Recolha de amostras.....	13
Tratamento estatístico.....	15
Resultados.....	17
Experiências de taxas de ingestão e de aclaramento.....	17
Experiências de selectividade.....	31
Variabilidade interanual de <i>Blackfordia virginica</i> no estuário do Guadiana....	46
Discussão.....	51
<i>Aurelia aurita</i> .....	51
<i>Blackfordia virginica</i> .....	63
Conclusões.....	68
Referências bibliográficas.....	69

## Introdução

O aumento crescente de *blooms* de cnidários (especialmente medusas e ctenóforos) é uma situação alarmante para o Homem por todos os danos que causam e as implicações que têm no funcionamento geral dos ecossistemas marinhos. O conhecimento acerca da biologia e ciclos de vida destes animais é ainda escasso, especialmente durante a fase bentónica, facto que impede a previsão de tais aumentos de biomassa e também o desenvolvimento de medidas de mitigação adequadas (Boero et al., 2008). Desta forma, um maior e melhor conhecimento acerca da dinâmica de populações das medusas deve resultar de um conhecimento conjunto de ambas as fases do ciclo de vida, planctónica e bentónica, em vez de apenas a fase pelágica causadora de *blooms*. Em situações em que há alternância entre fases bentónica e planctónica, a primeira pode ter um papel fundamental, e até mesmo crucial, na presença da segunda na coluna de água (Boero et al., 1996).

Os organismos gelatinosos, como tradução do termo generalista inglês “jellyfish” (referindo-se a cnidários como cifomedusas, cubomedusas, hidromedusas e também a ctenóforos), começaram a ser alvo de maior atenção nos anos 90 sobretudo pelo incómodo que causavam ao Homem e às actividades por este desenvolvidas (pesca, produção de energia e exploração de recursos não-vivos, por exemplo) (Lyman et al., 2006). Embora a informação disponível não seja abundante, é possível relacionar, com alguma certeza, a presença de medusas com actividades antropogénicas em zonas costeiras (Mills, 2001; Purcell et al., 2007). A possibilidade de formarem *blooms* deve-se principalmente ao facto de os cnidários (classes Hydrozoa, Scyphozoa e Cubozoa) terem a capacidade de se reproduzirem tanto sexuada (fase de vida planctónica, medusas) como assexuadamente (fase de vida bentónica, pólipos) (Purcell et al., 2007).

O pouco conhecimento existente limita a capacidade de prever os aumentos de biomassa das medusas, no entanto sabe-se que para um *bloom* se desenvolver é necessário que ocorram determinadas condições ambientais. A coluna de água tem de estar relativamente estável para que exista alimento abundante, para que ocorra reprodução destes animais e para permitir a sua sobrevivência (CIESM, 2001). O aparecimento de *blooms* de plâncton gelatinoso foi relacionado com a temperatura da água: a temperaturas elevadas a dimensão do *bloom* chegou a ser 5 vezes superior aos *blooms* ocorridos a temperaturas mais baixas (Molinero et al., 2009). Existem ainda factores



físicos que também afectam o aparecimento, expansão e extensão de *blooms*: a hidrodinâmica, vento, turbulência, advecção de massas de água e correntes. Todos estes factores influenciam ainda a presença de alimento e a taxa de encontros entre indivíduos que se reproduzem sexualmente. Existem ainda os factores biológicos: quando os factores físicos são favoráveis, as espécies oportunistas aproveitam-se da situação, que é geralmente de curta duração. O que também entra em destaque nesta fase são as estratégias reprodutivas dos animais; uma reprodução assexuada permite um maior número de indivíduos num menor espaço de tempo. Existem, finalmente, os factores ecológicos: a elevada biomassa de uma população reflecte a habilidade da espécie em controlar os recursos (a capturar alimento a uma taxa maior que as espécies com as quais compete, por exemplo) enquanto evita os seus predadores (CIESM, 2001). Graham et al. (2001) exploram ainda outras variáveis como a luz, a pressão, a temperatura e a salinidade como sendo factores que influenciam o aparecimento de *blooms* de zooplâncton gelatinoso. Finalmente, a distribuição e padrões de abundância de peixes, medusas e outros zooplanctontes estão correlacionados com indicadores de alterações climáticas como a Oscilação Sul - El Niño, a Oscilação Decenal do Pacífico Norte (“North Pacific Decadal Oscillation”) ou a Oscilação do Atlântico Norte (NAO, do inglês “North Atlantic Oscillation”) (Hay, 2006). Lynam et al. (2004) encontraram também uma relação entre a abundância de espécies de medusas no Mar do Norte e a NAO. Molinero et al. (2008) relacionam ainda valores elevados da NAO, associados a temperaturas elevadas, a condições favoráveis à ocorrência de blooms de zooplâncton gelatinoso. Outros autores prevêem, face aos cenários de elevados valores da NAO, um aumento substancial dos *blooms* de cnidários no futuro (Atrill et al., 2007).

Muitos destes *blooms* de cnidários são consequência de actividades antropogénicas: pesca (e sobrepesca), eutrofização, alterações climáticas, transporte e introdução de espécies (propositados ou não), modificação de habitats e prática de aquacultura, como exemplos (Purcell et al., 2007; Richardson et al., 2009). As alterações na composição e produtividade das comunidades planctónicas, também relacionadas com estes factores, podem levar a mudanças drásticas na estrutura de teias tróficas marinhas (Pauly et al., 1998; CIESM, 2000) e este facto pode também favorecer o aparecimento de medusas (CIESM, 2001). A captura de peixes de níveis tróficos mais baixos pressupõe o desaparecimento de organismos de maiores dimensões, perda de diversidade específica e estrutural. Reflexo deste tipo de captura é a substituição de organismos mais evoluídos

como peixes ósseos e mamíferos marinhos por organismos mais simples, maioritariamente invertebrados como as medusas (incluindo ctenóforos) e as bactérias (Pauly et al., 2009). Elevadas biomassas de medusas também danificam e obstruem as redes de pesca (CIESM, 2001; Hay, 2006; Richardson et al., 2009), deterioram/contaminam a captura (Lynam et al., 2006), reduzem a abundância de peixe economicamente importante através de predação e competição por alimento (CIESM, 2001; Hay, 2006; Lynam et al., 2006; Purcell et al., 2007), provocam a morte de peixes cultivados em instalações de aquacultura (Mills, 2001) e funcionam como possíveis intermediários de diversos parasitas de peixes (Hay, 2006).

Outras consequências para o Homem do aparecimento de *blooms* de medusas são: a diminuição do turismo (CIESM, 2001) na região dado ao encerramento de praias e por vezes morte de banhistas, cortes de electricidade devido à presença de cnidários em tubagens de centras eléctricas em zonas costeiras (CIESM, 2001; Purcell et al., 2007) e as medusas também afectam explorações mineiras ao bloquearem as tubagens que fazem a sucção de sedimento (CIESM, 2001; Lynam et al., 2006).

A relação entre cnidários e peixes suscita interesse devido ao impacto que os primeiros poderão ter em recursos pesqueiros economicamente importantes. As relações entre ambos podem ser benéficas ou prejudiciais: predação de ictioplâncton por cnidários (Bailey & Batty, 1983; Bailey, 1984; Bailey & Batty, 1984; Purcell, 1985; Purcell, 1997; Shoji et al., 2005; Shoji, 2008, por exemplo); competição por alimento entre cnidários e peixes zooplantívoros; predação de cnidários por peixes e transmissão de parasitas (Purcell & Arai, 2001).

Apesar da importância do conhecimento e compreensão da relação entre medusas e peixes, pouco é conhecido e a maioria dos estudos realizados incide sobre a relação predador-presa entre os cnidários e o ictioplâncton (Purcell & Arai, 2001). No que diz respeito a este tipo de relação, as medusas que ingerem ictioplâncton podem apresentar dietas muito específicas ou muito variadas (Purcell, 1997).

Os cnidários e os peixes competem por alimento, uma vez que as dietas de muitas espécies de zooplâncton gelatinoso incluem, em diferentes proporções, copépodes, cladóceros, apendiculários e larvas de outros invertebrados meroplantónicos. A composição da dieta varia, como seria de esperar, com a espécie do predador e com a disponibilidade de alimento (Purcell, 1981; Mills, 1995; Purcell, 1997). O tipo de

alimento ingerido pelos cnidários vai sobrepor-se com as dietas de peixes zooplânctívoros como os biqueirões, os arenques e as sardinhas. Apesar de muita especulação acerca da importância desta competição por alimento, poucas comparações (directas) foram feitas. A determinação da competição entre peixes e medusas por zooplâncton é muito difícil de fazer, depende de factores como a extensão espacial e temporal da co-ocorrência das diferentes espécies, assim como das suas taxas de consumo de zooplâncton e as taxas de produção do mesmo (Purcell & Arai, 2001). As relações inversas correspondentes às abundâncias de cnidários e zooplâncton foram vistas como resultado de predação (Behrends & Schneider, 1995), no entanto estas correlações não mostram as causas e os efeitos e podem induzir-nos em erro, como no estudo realizado por Purcell et al. (1994) em que o declínio da população de copépodes em 1987 e 1988 não se deveu à presença de cnidários.

Existem ainda as associações entre cnidários e peixes, em que os primeiros fornecem “abrigo” aos segundos, protegendo-os de predadores e ainda facilitam a captura de alimento, como é o caso da associação do carapau-do-Japão (*Trachurus japonicus*) com duas espécies de medusas: *Aurelia aurita* e *Nemopilema nomuraii*. O comportamento antipredatório do carapau consiste na sua colocação atrás (*Aurelia aurita*) ou até mesmo dentro da umbrela das medusas (*Nemopilema nomuraii*) (Masuda et al., 2008).

Em oposição ao consumo de peixe por parte dos cnidários, os peixes também podem ser medusívoros. A maioria dos peixes que ingerem plâncton gelatinoso apresenta dietas variadas (Purcell & Arai, 2001). Entre as espécies de peixes que ingerem medusas, podem, por exemplo, encontrar-se: *Stromateus brasiliensis* (Stromateidae), *Seriola lalandi* (Centrolophidae), *Helicolenus dactylopterus lahillei* (Scorpaenidae) (Mianzan et al., 1996), *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) (Arai et al., 2003), *Engraulis anchoita* (Engraulidae) (Mianzan et al., 2001), larvas de mictofídeos (Conley & Hopkins, 2004), peixe-lua (*Mola mola*; Sims et al., 2009).

A cifomedusa *Aurelia aurita* é uma das medusas mais estudadas no mundo (Lucas, 2001). Espécie cosmopolita e com uma distribuição global em águas neríticas entre os 70° N e os 40° S (Kramp, 1961; Russel, 1970), é observada em diversas regiões do globo (zonas costeiras e também de plataforma continental) (Lucas, 2001). No que diz respeito à sua biologia, possui um ciclo de vida complexo que alterna entre uma fase assexuada bentónica (pólipo, cifostoma) e uma fase sexuada planctónica (medusa). É

uma espécie que apresenta populações numa vasta gama de condições ambientais, apresenta também grandes diferenças inter-populacionais no que diz respeito à abundância e história de vida e apresenta ainda uma variabilidade interanual de abundância, crescimento e época de reprodução numa mesma população (Lucas, 2001). Ainda segundo a mesma autora, as populações de *A. aurita* encontram-se preferencialmente em baías costeiras, fiordes e estuários onde o substrato é propício à fixação do pólipó bentónico. No que diz respeito aos estuários temperados, sazonalmente e numa pequena escala temporal, esta espécie é considerada euritérmica e eurihalina (Lucas, 2001). Esta espécie pode ser considerada como bastante resistente, visto que está presente em sistemas com elevado e reduzido *input* de nutrientes, produtividade e disponibilidade de alimento (Lucas, 2001). Quando apresentam abundâncias elevadas, as medusas desta espécie podem ter um efeito negativo significativo em comunidades planctónicas costeiras (Lucas, 2001); há informação de que em diversos sistemas costeiros temperados a redução da biomassa zooplancónica no período Primavera-Verão se deveu à acção predatória da *A. aurita* (Lucas et al., 1997). Esta espécie é uma das medusas que pode contribuir activamente para o decréscimo dos mananciais pesqueiros através do consumo directo de larvas de peixe ou pela competição por alimento com as larvas de peixe (Purcell & Arai, 2001). O ponto forte desta espécie é a sua plasticidade em adaptar-se a uma grande variedade de locais com condições ambientais diferentes (Lucas, 2001).

O comportamento alimentar da *A. aurita* está bem estudado (Sullivan et al., 1994; Ishii & Tanaka, 2001; Titelman & Hansson, 2006; Møller & Riisgård, 2007a; Møller & Riisgård, 2007b, por exemplo). Estes estudos incluem taxas de ingestão, selectividade de presas e diferentes tipos de presas-alvo ingeridas (larvas de peixe, copépodes, artémia, por exemplo), algumas vezes em diferentes estados de desenvolvimento da *A. aurita*. Em estudos realizados no Mar do Norte, observou-se um possível impacto negativo significativo da *A. aurita* no recrutamento de arenque (Lynam et al., 2005).

A hidromedusa *Blackfordia virginica*, uma conhecida espécie invasora que se encontra em zonas estuarinas (Genzano et al., 2006), originária, provavelmente, do mar Negro (Mills & Sommer, 1995). Esta espécie apresenta uma distribuição cada vez mais generalizada, estando presente em diferentes locais como por exemplo, Baía de São Francisco, Califórnia (Mills & Sommer, 1995; Mills & Rees, 2000), Argentina (Genzano et al., 2006), México (Silva et al., 2003), Brasil (Nogueira Jr & Oliveira,

2006), no estuário do Rio Mira (Moore, 1987; Ré, 1996) e mais recentemente no estuário do Guadiana (Chícharo et al., 2009). A vasta distribuição geográfica da *B. virginica* deve-se, possivelmente, a diversas invasões (Moore, 1987; Mills & Sommer, 1995; Mills & Rees, 2000; Genzano et al., 2006). É uma espécie, tal como a *A. aurita*, eurihalina e euritérmica, capaz de tolerar salinidades entre 3-35 (Moore, 1987). Supõe-se que os pólipos de *Blackfordia virginica* sejam transportados por barcos ou navios e que a produção de medusas seja estimulada em condições de baixa salinidade (Moore, 1987). A fase bentónica desta espécie, além de ser caracterizada por uma reduzida dimensão (aproximadamente 0,5mm), deve ser pouco extensa. A confirmar-se, este facto explicaria o reduzido número de registos desta espécie nesta fase do seu ciclo de vida (Moore, 1987; Mills & Sommer, 1995; Mills & Rees, 2000). Esta hidromedusa também possui um ciclo de vida dividido em duas fases distintas, uma bentónica e outra planctónica (Mills & Sommer, 1995, por exemplo). Contrariamente à *A. aurita*, a *B. virginica* é uma espécie pouco estudada, não se conhecendo o impacto que a sua presença provoca em comunidades zooplantónicas (Mills & Sommer, 1995); e mais especificamente de ictioplâncton. No entanto, Chícharo et al. (2009) refere que nos locais onde foram recolhidos exemplares de *B. virginica* se observou uma reduzida densidade de organismos zooplantónicos, incluindo ovos de biqueirão (*Engraulis encrasicolus*). Este facto pode indicar predação das medusas sobre organismos zooplantónicos, não apenas ovos de peixe mas também larvas e crustáceos.

De facto, de acordo com Chícharo et al. (2009), o aparecimento recente desta espécie invasora, *Blackfordia virginica*, no estuário do Guadiana pode ter um impacto significativo nas funções de *nursery* deste local, quer directamente pela potencial ingestão de ovos e larvas, quer indirectamente pela competição por presas zooplantónicas, alimento preferencial de larvas e juvenis de peixes. As interações desta hidromedusa com a já existente cifomedusa na área, *Aurelia aurita*, podem intensificar o impacto sobre o ictioplâncton.

O estuário do Guadiana ocupa uma área de 22 km<sup>2</sup>, apresenta um regime mesodital e estende-se ao longo de 70 km, 50 dos quais delimitam a fronteira entre Portugal e Espanha. As amplitudes de maré variam entre os 1.3 e os 3.5 m e a profundidade média do estuário ronda os 6.5 m. De acordo com os dados oficiais do website do Instituto Nacional da Água/Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (INAG/SNIRH, <http://snirh.pt/>) o caudal desde 2002 apresenta uma média de 42 m<sup>3</sup>/s,

com uma reduzida variabilidade estacional. Esta área de estudo é muitas vezes dividida em 3 zonas, que reflectem a salinidade nos locais: alto-estuário (onde as salinidades são inferiores a 0.5), médio-estuário (salinidades entre 0.5 e 25) e o baixo-estuário, com uma grande influência marinha, onde as salinidades registadas são superiores a 25 (Chícharo et al., 2001, 2006a, 2006b). Este estuário apresenta zonas, como o sapal de Castro Marim, que funcionam como maternidade (“nursery”) para variadas espécies, servindo de local de refúgio para peixes juvenis que aí encontram condições adequadas para se desenvolverem (Veiga et al., 2006). Pequenos pelágicos planctívoros como o biqueirão (*Engraulis encrasicolus*) e a sardinha (*Sardina pilchardus*) são das espécies que utilizam o estuário do Guadiana ou zonas adjacentes, respectivamente, para o desenvolvimento das fases iniciais do seu ciclo de vida (ovos e larvas). Os períodos de postura também não são coincidentes, sendo a sardinha um peixe que desova nas alturas mais frias do ano (Outono/Inverno) e o biqueirão nas mais quentes (Primavera/Verão) (Faria et al., 2006). Na costa adjacente ao estuário do Guadiana, como no geral em Portugal, a sardinha é o peixe mais importante no que diz respeito ao número total de desembarques (Baeta, 2009).

Esta tese tem como objectivo geral determinar o impacto de duas espécies de medusas, *Aurelia aurita* e *Blackfordia virginica*, no ictioplâncton. Para ambas as espécies pretendeu-se determinar as taxas de ingestão, considerando diferentes concentrações de alimento: náuplios de artémia (*Artemia salina*), ovos e larvas de sardinha (*Sardina pilchardus*) e biqueirão (*Engraulis encrasicolus*) e determinar a selectividade de presas através da utilização de amostras de plâncton natural com adição de ovos e larvas destes peixes pelágicos. Como objectivo adicional procurou-se explicar a variabilidade entre anos, detectada nas abundâncias de *Blackfordia virginica*, no estuário do Guadiana.

## Material e métodos

### Preparação das experiências com *Aurelia aurita*

As experiências com a medusa *Aurelia aurita* realizaram-se no Oceanário de Lisboa (ODL).

Cem medusas de tamanho semelhante foram inicialmente seleccionadas e transferidas de uma *kreisel* (tanque circular específico que permite uma circulação de água e movimento dos animais constantes) para outra, onde apenas estariam os indivíduos a utilizar nas experiências futuras. A transferência foi feita após a aclimação dos organismos num balde de plástico com cerca de 10 litros de água durante períodos nunca inferiores a 15 minutos. A aclimação, com água da *kreisel* de destino, foi necessária uma vez que as *kreisels* de origem e destino pertenciam a sistemas diferentes, em que os parâmetros físico-químicos (como a temperatura e salinidade) podiam não ser idênticos.

### Taxas de ingestão

As experiências de ingestão foram realizadas em 8 recipientes de plástico graduados (“beakers”) num volume de 4 litros. Os *beakers* foram colocados num banho a 20°C de forma a manter a temperatura constante durante as experiências e, ao mesmo tempo, semelhante à da *kreisel* de origem/destino (**Figura 1**).

Todas as experiências foram preparadas na véspera: os 8 *beakers* eram enchidos com água salgada filtrada da rede do ODL até um volume aproximado de 3,5 litros e colocada uma medusa em cada *beaker*, onde permaneciam em inanição até à manhã seguinte aquando da realização das experiências. O contacto das mãos com as medusas era evitado ao máximo e sempre que havia necessidade de transferir medusas entre recipientes e, conseqüentemente, o contacto com a água dos mesmos, as mãos e os antebraços eram desinfectados com álcool a 70°.

Para estas experiências foram utilizados 3 tipos de presas: náuplios de artémia (*Artemia salina*) com aproximadamente 36 horas de vida cedidos pelo ODL, ovos e larvas de

sardinha (*Sardina pilchardus*) (do projecto VITAL). As concentrações de náuplios de artémia (inicial e final) foram determinadas por subamostragem (as contagens foram feitas numa câmara de acrílico com 4 corredores de 1ml), enquanto os ovos e larvas de sardinha foram contados individualmente (para ambas as concentrações). Foram também utilizadas larvas em diferentes estados de desenvolvimento. Antes do início das experiências foram preservados em formol os tipos de presa utilizados para posterior determinação do tamanho das mesmas: cerca de 100 de náuplios de artémia, entre 10 e 20 ovos e 5 larvas de sardinha. Sensivelmente 5 minutos após o início da experiência, era contabilizado o número de vezes que as medusas contraíam a umbrela durante um minuto. Nos 10 minutos que antecediam o final da experiência esta contagem era feita novamente.

No final da experiência, antes de serem colocadas novamente na *kreisel* de origem/destino, as medusas foram fotografadas num *beaker* de vidro com pouca água para posterior medição do seu diâmetro (o transporte das medusas entre os tanques experimentais e a *kreisel* era feito com um recipiente de plástico). Após todas as medusas serem recolocadas na *kreisel*, foram retiradas amostras de água de dois *beakers* seleccionados aleatoriamente para análise de parâmetros físico-químicos: temperatura, salinidade e concentração de oxigénio. As amostras de água eram colocadas novamente nos *beakers* e seguia-se a contabilização de alimento não ingerido. A água nos *beakers* (4 litros) era crivada (crivo de 90 µm) e o alimento remanescente concentrado num volume conhecido de água para posterior contagem (no caso dos náuplios de artémia para a determinação da concentração final por subamostragem).

As experiências de ingestão com náuplios de artémia tiveram a duração de 1 hora, as realizadas com larvas de sardinha que variaram entre 15 e 30 minutos e as experiências com ovos de sardinha variaram entre 30 minutos e 1 hora. O encurtamento da duração das experiências deveu-se ao facto das medusas ingerirem a totalidade das presas, impossibilitando cálculos futuros essenciais aos objectivos definidos. A duração base das experiências (1 hora) foi determinada tendo em conta a bibliografia (Bailey & Batty, 1983,1984; Titelman & Hansson, 2006) e a não ocorrência da digestão completa das presas de forma a ser mais fácil a identificação das presas não ingeridas no final da experiência.



Os valores das taxas de ingestão ( $I$ ) e aclaramento ( $F$ ) foram calculados segundo as fórmulas apresentadas por Olesen *et al.* (1994), tendo sido a equação da taxa de aclaramento ligeiramente alterada de forma a serem sempre obtidos valores para esta taxa sem a ocorrência de erros matemáticos e a taxa de ingestão foi calculada em módulo para o resultado ser positivo:

$$1) I = |(C_f - C_i)/(n \times t)|$$

$$2) F = V/(t \times n) \times \ln(C_i/(C_f + I))$$

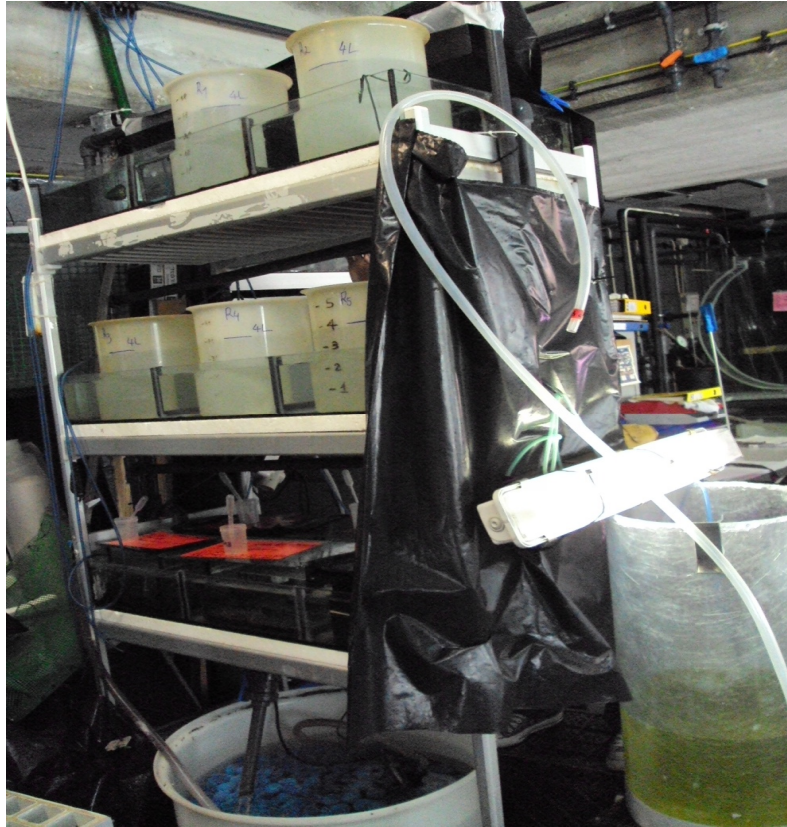
Onde  $I$  corresponde à taxa de ingestão (nº presas ingeridas por medusa – ou indivíduo – por hora),  $C_i$  e  $C_f$  às concentrações no início e final das experiências,  $n$  ao número de medusas no recipiente,  $t$  à duração da experiência e  $F$  à taxa de aclaramento (litros de água filtrados por medusa por hora).

Todas as experiências foram feitas sem circulação de água, com exceção de duas (com larvas de sardinha) que foram realizadas numa pseudo-*kreisel* (aquário adaptado para simular uma *kreisel* de menores dimensões). As experiências foram realizadas na pseudo-*kreisel* de forma a determinar a influência da circulação de água nas taxas de ingestão (**Figura 2**).

Para o cálculo das taxas de ingestão e aclaramento em conteúdo de carbono (em microgramas de carbono,  $\mu\text{gC}$ ), foram usados factores de conversão aplicados por aproximação a cada tipo de presa utilizado com base na bibliografia (Makridis & Vadstein, 1999) para os náuplios de artémia e Jørgensen (1985) para os ovos e larvas de sardinha).

### **Selectividade**

As experiências de selectividade alimentar foram realizadas em tanques com um volume total de 50 e 20 litros. As experiências em 50 litros foram realizadas num recipiente cilíndrico de plástico, sem circulação de água. Por sua vez, a experiência num volume de 20 litros foi realizada numa pseudo-*kreisel* (aquário adaptado para simular uma *kreisel* de menores dimensões) (**Figura 2**). Para estas experiências foram utilizadas 6 medusas em simultâneo.



**Figura 1-** Aparato experimental das experiências de ingestão de *Aurelia aurita*. (ODL).



**Figura 2-** Pseudo-kreisel de 20 L (ODL).

Para este tipo de experiências foi utilizado plâncton natural, recolhido em Cascais (para uma experiência) e em Sesimbra (3 experiências) com recurso a uma rede de plâncton WP2 de 200  $\mu\text{m}$  com um saco de plástico no final em vez de um copo colector para não danificar os organismos. Foram realizados arrastos sub-superficiais durante 5 minutos à velocidade de 2 nós. O conteúdo dos arrastos foi colocado num bidão de plástico com 50 L com arejamento para o transporte para o ODL.

Nas instalações do ODL um volume de 20 litros da amostra de plâncton natural recolhida foi crivado com recurso a um crivo de 200  $\mu\text{m}$  e os organismos foram concentrados num volume de 1,6 litros de água salgada filtrada da rede do ODL. Dez por cento deste volume (160 ml) foi crivado (200  $\mu\text{m}$ ) e preservado em formaldeído a 4% para mais tarde analisar a riqueza específica da amostra e estimar a quantidade de organismos na amostra inicial. No final das experiências todo o volume de água era crivado (90  $\mu\text{m}$ ), os organismos remanescentes concentrados em 1,6 litros de água salgada filtrada, dos quais 160 ml eram preservados para posterior observação e determinação da existência, ou não, de selecção de presas por parte das medusas.

Tal como no final das experiências de ingestão, foi medido o diâmetro das medusas utilizadas em cada experiência antes de serem colocadas novamente na kreisel de origem/destino.

Quando surgia a oportunidade de utilizar a mesma amostra de plâncton natural por mais de um dia, este era mantido com arejamento no mesmo bidão onde foi transportado e recontado no dia seguinte.

Para o cálculo das taxas de ingestão e aclaramento em conteúdo de carbono (em microgramas de carbono,  $\mu\text{gC}$ ) das experiências de selectividade foram usados factores de conversão calculados com base na bibliografia para a conversão do comprimento em peso seco (Peters & Downing, 1985) e Omori (1967) para o cálculo do conteúdo em carbono a partir dos valores de peso seco. Os factores de conversão para os náuplios de artémia, ovos e larvas de sardinha foram os mesmos utilizados para as experiências de ingestão.

Para avaliar a selectividade alimentar foi utilizado o coeficiente de selecção  $\alpha$  (Chesson, 1978). Este coeficiente foi calculado com base na relação entre a taxa de aclaramento registada para cada tipo de presa numa determinada experiência e a taxa de aclaramento

total dessa mesma experiência e varia entre 0 e 1. Para todas as experiências foi calculado um valor crítico ( $n^{-1}$ , onde  $n$  corresponde ao número de tipos de presas existentes). Um  $\alpha$  superior ao valor crítico da experiência indica selecção positiva dessa presa e um  $\alpha$  inferior indica que a presa não foi seleccionada. Quando  $\alpha = n^{-1}$  a presa foi consumida proporcionalmente à sua disponibilidade, isto é, não foi seleccionada nem evitada.

### **Análise das amostras de plâncton natural e medição das presas (ODL)**

A análise das amostras de zooplâncton natural teve lugar no IPIMAR (Instituto de Investigação das Pescas e do Mar) em Algés.

A observação das amostras foi feita à lupa OLYMPUS SZX12 e a medição dos organismos foi feita recorrendo ao programa de análise de imagem Visilog Expert 6.300.

Dado que o período de preservação em formaldeído das amostras para observação teve a duração máxima de um mês, não foram efectuadas quaisquer conversões de tamanho de zooplâncton, visto que a diferença de tamanho entre o dia da preservação e 60 dias após essa data é considerada insignificante (0,1 mm; Fox, 1996).

### **Variabilidade interanual de *Blackfordia virginica* no estuário do Guadiana**

Com o objectivo de estudar o impacto da *Blackfordia virginica* no ictioplâncton, foram realizadas amostragens no estuário do Guadiana. Foram quatro os locais de amostragem e as suas localizações estão representadas na **Figura 3**.

Como indicadores das condições climáticas da região, foram usados dados dos índices da Oscilação do Atlântico Norte (NAO) retirados da base de dados ([www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/Data/naodjfmindex.xls](http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/Data/naodjfmindex.xls)) do National Centre for Atmospheric Research (NCAR, USA).

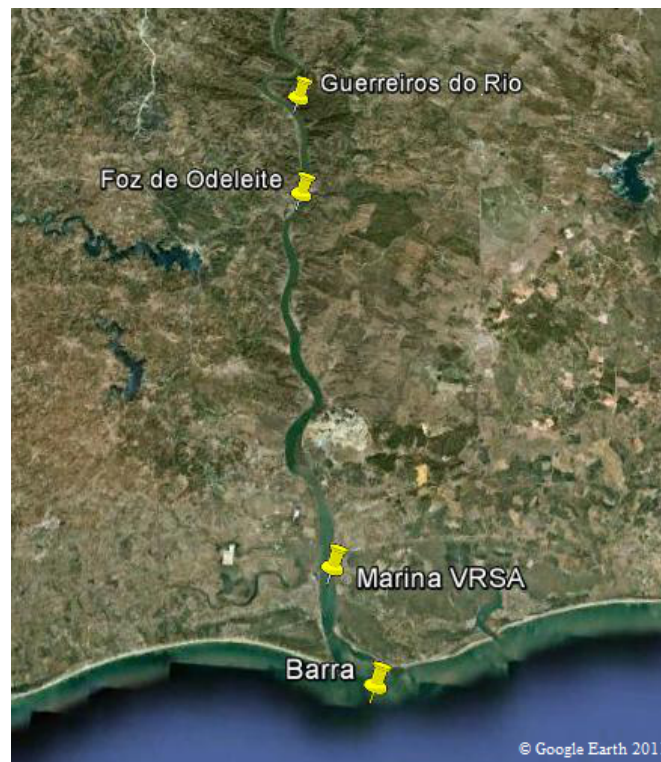
## Recolha de amostras

Foram realizadas 4 amostragens no estuário do Guadiana entre o final de Junho e o início de Agosto (22 e 29 de Junho, 26 de Julho e 5 de Agosto) com o objectivo de averiguar a presença de espécimes da hidromedusa *Blackfordia virginica* para a realização de experiências de medição das taxas de ingestão e selectividade de presas desta espécie nas instalações da Universidade do Algarve (UAlg). Estas experiências só teriam lugar caso existissem espécimes da hidromedusa com dimensões e em quantidades adequadas.

A recolha de zooplâncton foi feita com uma rede de plâncton WP2 de 200 µm com copo colector em arrastos sub-superficiais de 5 minutos, e o volume médio de água filtrado foi de 28,9 m<sup>3</sup>. A utilização da rede permitiu avaliar também a presença ou ausência de hidromedusas. Os parâmetros físico-químicos (temperatura, salinidade, pH, oxigénio dissolvido e percentagem de saturação de oxigénio) em cada local de amostragem (situados no alto e baixo estuário) foram avaliados com uma sonda multiparamétrica (YSI Professional Plus) e a penetração vertical da luz na coluna de água foi avaliada com um disco de Secchi. As amostras recolhidas de plâncton foram preservadas em formaldeído a 4% no local e posteriormente observadas em instalações da UAlg. A concentração dos nutrientes (fosfatos, nitratos e amónia) e de clorofila *a* das amostras de água recolhidas, foram determinadas em laboratório no dia da recolha. A concentração de nutrientes foi determinada por espectrofotometria (espectrofotómetro Spectroquant, Merck) e a de clorofila *a* com recurso a um fluorímetro (10-AU, Turner Designs). Aos valores de clorofila *a* obtidos (*in situ*) foi aplicado o factor de correcção  $y=9,499+0,25x$ , de forma a calcular o valor da clorofila *a* extractiva. As amostras de plâncton foram lavadas para observação recorrendo a um crivo de 200 µm, copo de plástico e água destilada para retirar o formaldeído das mesmas. Dado ao elevado número de indivíduos presentes das amostras, foi utilizado um fraccionador de Folsom de forma a subamostrar a amostra inicial e tornar possível a contagem e identificação dos organismos. As amostras foram observadas a uma lupa binocular Zeiss Stemi 2000-C, recorrendo a uma Câmara de Bogorov e a material de triagem (pinça e agulha de dissecação).

Em duas ocasiões foram realizadas amostragens com rede de fundo de arrasto de portas para verificar a presença ou ausência de *Blackfordia virginica* junto ao fundo. Este tipo

de arte de pesca consiste numa rede cónica com um comprimento de 25 metros e uma abertura de 3 metros acoplada a duas portas de madeira de 12 kg cada. A rede é constituída por dois panos, um exterior de malhagem de 3 cm e outro interior com malhagem de 1 cm. O processo de arrasto consiste em lançar o final da rede para dentro de água, baixando-a rapidamente evitando que assente no fundo e durante este processo é muito importante manter a boca da rede sempre aberta. Duas das quatro amostragens foram feitas com o único propósito de averiguar a existência de exemplares de *Blackfordia virginica*; como não foram encontrados exemplares também não foram recolhidas amostras de água e plâncton.



**Figura 3** – Mapa do local de estudo com os locais de amostragem assinalados. As respectivas coordenadas geográficas são: 37°9'26.44"N; 7°23'13.65"W para a Barra, 37°11'59.79"N; 7°24'38.94"W para a Marina VRSA, 37°21'12.34"N; 7°26'26.02"W para a Foz de Odeleite e 37°23'52.11"N; 7°26'46.46"W para os Guerreiros do Rio.

### **Tratamento estatístico**

Nas experiências de ingestão estudou-se a relação entre as taxas de ingestão e de aclaramento com as concentrações iniciais de alimento, número de contracções da umbrela por minuto e diâmetro das medusas através de regressões lineares múltiplas. A

análise de co-variância (ANCOVA com realização de teste posterior considerando N diferentes) foi aplicada para testar a significância entre as taxas de ingestão e de aclaramento, os tipos de presa fornecidos às medusas e as concentrações iniciais dos mesmos. Para testar a ingestão preferencial de larvas de sardinha em função da idade foi utilizada a análise de variância (ANOVA com realização de teste posterior considerando N diferentes).

Para as experiências de selectividade, foram realizadas ANOVAs (com realização de teste posterior considerando N diferentes) para testar a influência do volume dos recipientes nas taxas de aclaramento e também para testar a influência do tipo de presas nas taxas de aclaramento. No que diz respeito ao coeficiente de selecção  $\alpha$  foi realizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney para testar a significância entre os valores do coeficiente de cada tipo de presa e o valor crítico associado a cada experiência de selectividade. Tal como nas experiências de ingestão, foram realizadas regressões lineares múltiplas para testar a influência da concentração inicial de alimento nas taxas de ingestão e a influência do tamanho médio das presas nas taxas de aclaramento.

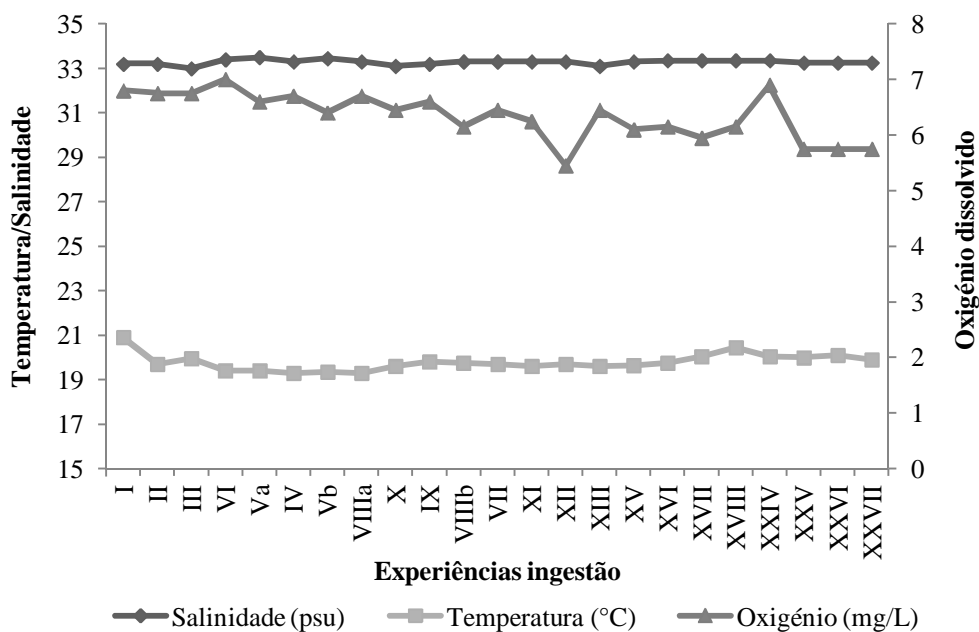
Todo o tratamento estatístico foi realizado no programa de análise de dados STATISTICA (StatSoft Inc., versão 10).

## Resultados

### Experiências de taxas de ingestão e de aclaramento

As experiências realizadas estão apresentadas na **Tabela 1** e os resultados obtidos estão representados nas **Figuras 4-21**. O diâmetro das medusas utilizadas nas experiências de ingestão variou entre 6 e 13,5 cm (diâmetro médio  $\pm$  desvio padrão:  $10 \pm 1,3$  cm).

Alguns parâmetros físico-químicos da água (salinidade, temperatura e concentração de oxigênio dissolvido) foram avaliados após a realização de cada experiência. Os valores de todos os parâmetros mantiveram-se relativamente constantes durante o período experimental (**Figura 4**).



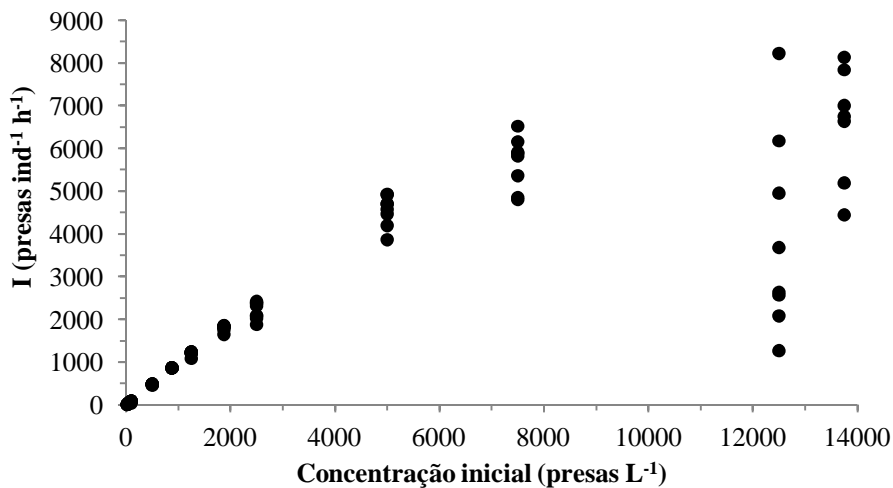
**Figura 4** – Parâmetros físico-químicos da água dos recipientes nas experiências de ingestão.



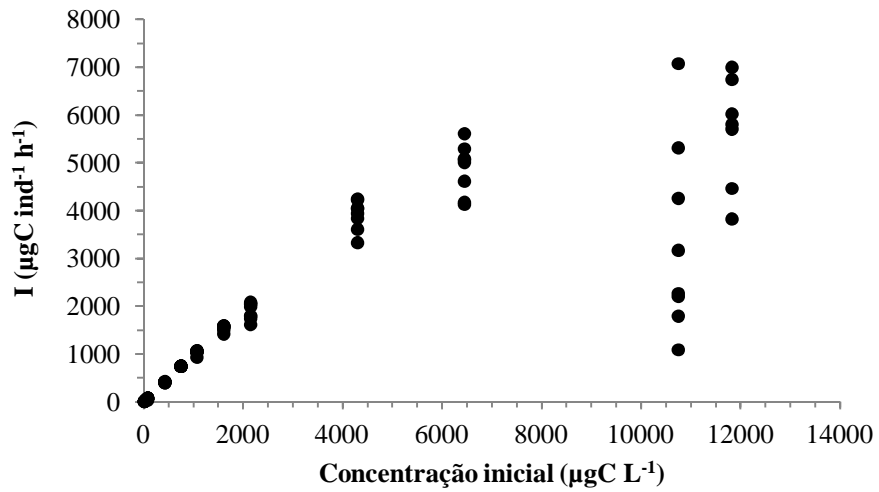
**Tabela 1** – Experiências realizadas no decurso deste trabalho.

<b>Experiência</b>	<b>Tipo Experiência</b>	<b>Tipo de presa</b>	<b>Concentração inicial</b>	<b>OBS</b>
I	Ingestão	Náuplios artémia	20 L <sup>-1</sup>	
II	Ingestão	Náuplios artémia	100 L <sup>-1</sup>	
III	Ingestão	Náuplios artémia	500 L <sup>-1</sup>	
IV	Ingestão	Ovos sardinha	1 L <sup>-1</sup>	
Va	Ingestão	Ovos sardinha	4 L <sup>-1</sup>	
Vb	Ingestão	Ovos sardinha	4 L <sup>-1</sup>	Duração: 30 min
VI	Ingestão	Ovos sardinha	25 L <sup>-1</sup>	
VII	Ingestão	Larvas sardinha	1,25 L <sup>-1</sup>	Duração: 15 min
VIIIa	Ingestão	Larvas sardinha	5 L <sup>-1</sup>	Duração: 30 min
VIIIb	Ingestão	Larvas sardinha	5 L <sup>-1</sup>	Duração: 15 min
IX	Ingestão	Larvas sardinha	20 L <sup>-1</sup>	Duração: 30 min
X	Ingestão	Larvas sardinha	50 L <sup>-1</sup>	
XI	Ingestão	Náuplios artémia	2500 L <sup>-1</sup>	
XII	Ingestão	Náuplios artémia	1250 L <sup>-1</sup>	
XIII	Ingestão	Náuplios artémia	875 L <sup>-1</sup>	
XIV	Selectividade	Plâncton natural		
XV	Ingestão	Náuplios artémia	1875 L <sup>-1</sup>	
XVI	Ingestão	Náuplios artémia	62,5 L <sup>-1</sup>	
XVII	Ingestão	Ovos sardinha	12,5 L <sup>-1</sup>	Duração: 30 min
XVIII	Ingestão	Larvas sardinha	5 L <sup>-1</sup>	Duração: 15 min
XIX	Selectividade	Plâncton natural + ovos de sardinha + larvas de sardinha	Ovos: 4 L <sup>-1</sup> Larvas: 5 L <sup>-1</sup>	
XX	Selectividade	Plâncton natural + ovos de sardinha + larvas de sardinha	Ovos: 100 L <sup>-1</sup> Larvas: 10 L <sup>-1</sup>	
XXI	Selectividade	Plâncton natural + náuplios artémia + larvas de sardinha	Náuplios artémia: 150 L <sup>-1</sup> Larvas: 50 L <sup>-1</sup>	<i>Kreisel</i>
XXII	Ingestão	Larvas sardinha	2 L <sup>-1</sup>	<i>Kreisel</i> ; Duração: 30 min
XXIII	Ingestão	Larvas sardinha	5 L <sup>-1</sup>	<i>Kreisel</i>
XXIV	Ingestão	Náuplios artémia	5000 L <sup>-1</sup>	
XXV	Ingestão	Náuplios artémia	7500 L <sup>-1</sup>	
XXVI	Ingestão	Náuplios artémia	12500 L <sup>-1</sup>	
XXVII	Ingestão	Náuplios artémia	13750 L <sup>-1</sup>	

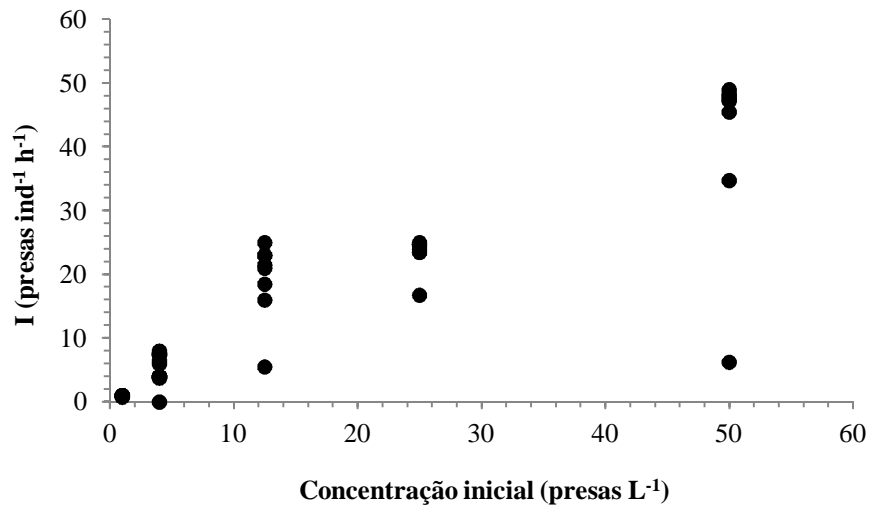
Verificou-se um aumento da taxa de ingestão de náuplios de artémia desde a concentração mínima de 20 náuplios L<sup>-1</sup> até à concentração de 12500 náuplios L<sup>-1</sup>, onde foi registada a maior taxa de ingestão: 8235 náuplios ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (**Figura 5**). Esta tendência é também observável na **Figura 6**, onde a uma concentração de 11825 µgC L<sup>-1</sup> corresponde uma taxa de ingestão máxima de 7003,6 µgC ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Os dados da ingestão de ovos de sardinha (**Figuras 7 e 8**) parecem apresentar uma tendência semelhante, apesar das taxas de ingestão correspondentes a uma concentração de 25 ovos de sardinha L<sup>-1</sup> serem menores que as correspondentes a uma concentração inferior (12,5 ovos de sardinha L<sup>-1</sup>). Neste tipo de presa a taxa de ingestão máxima foi de 49 ovos de sardinha ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (ou 2450 µgC ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), com uma concentração inicial de alimento de 50 ovos de sardinha L<sup>-1</sup> (ou 2500 µgC L<sup>-1</sup>). Nas **Figuras 9 e 10**, correspondentes a experiências de ingestão com larvas de sardinha, também se verificou um aumento das taxas de ingestão com o aumento da concentração de alimento. Os valores máximos foram registados na maior concentração de alimento (20 larvas de sardinha L<sup>-1</sup> ou 600 µgC L<sup>-1</sup>): 40 larvas de sardinha ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ou 1200 µgC ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.



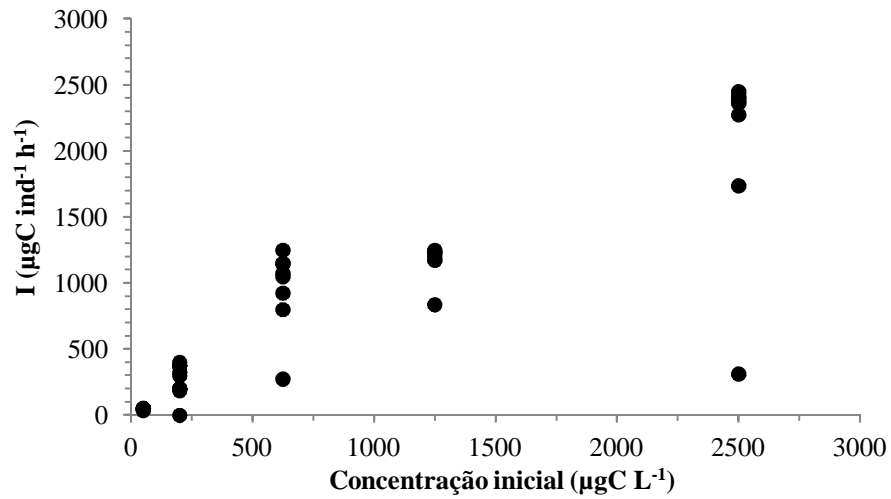
**Figura 5** - Ingestão de náuplios de artémia (*Artemia salina*) pela medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento (presas L<sup>-1</sup>).



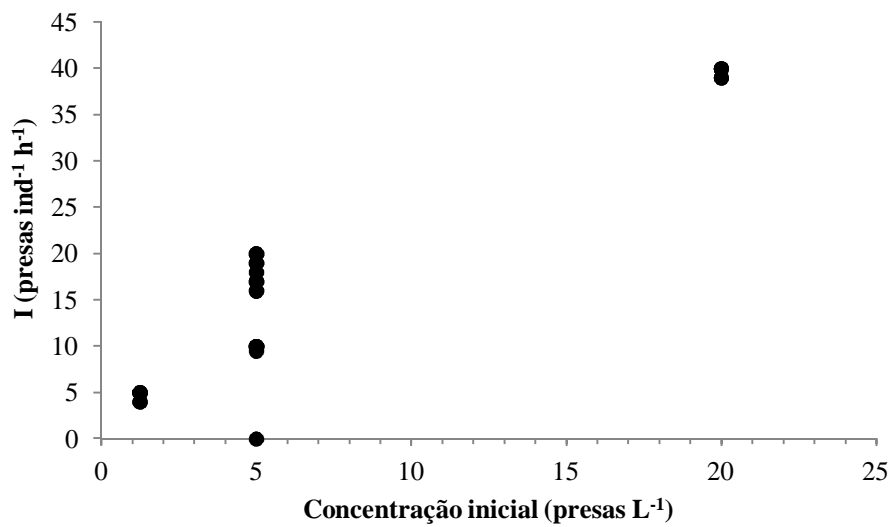
**Figura 6** - Ingestão de náuplios de artémia (*Artemia salina*) pela medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ ).



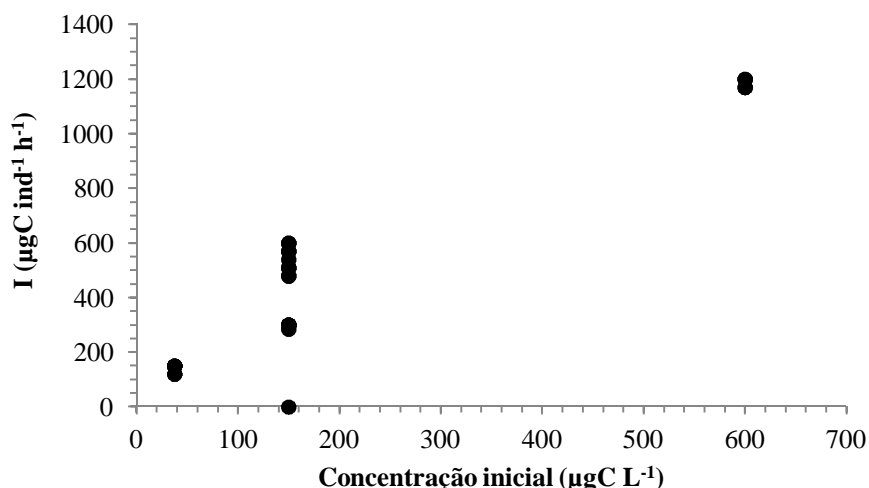
**Figura 7** - Ingestão de ovos de sardinha (*Sardina pilchardus*) pela medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento (presas  $\text{L}^{-1}$ ).



**Figura 8** - Ingestão de ovos de sardinha (*Sardina pilchardus*) pela medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ ).



**Figura 9** - Ingestão de larvas de sardinha (*Sardina pilchardus*) pela medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento (presas L<sup>-1</sup>).

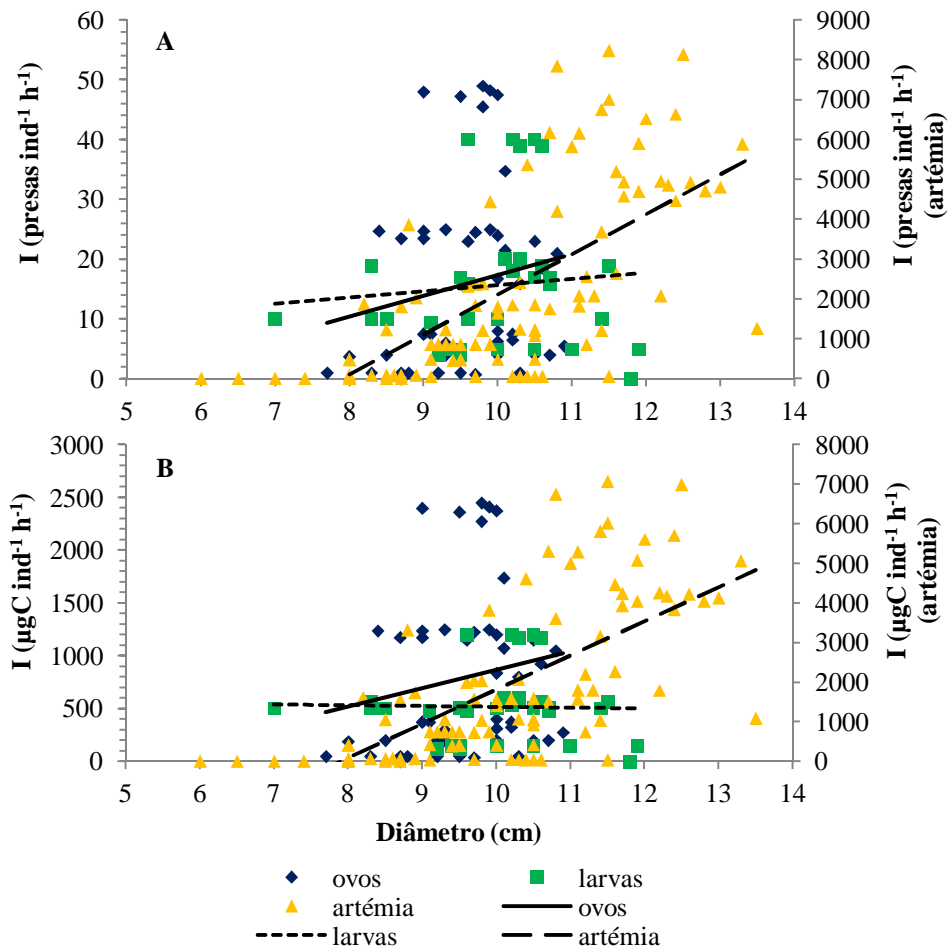


**Figura 10** - Ingestão de larvas de sardinha (*Sardina pilchardus*) pela medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ ).

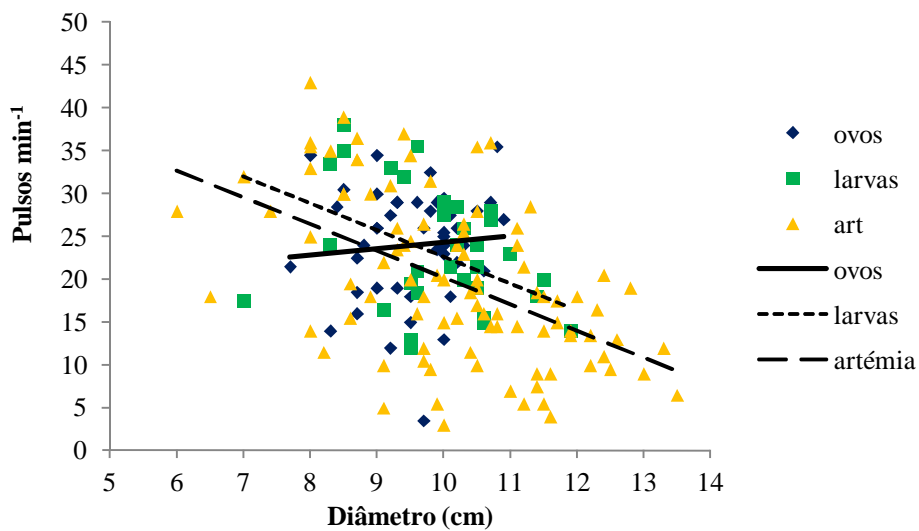
A relação entre as taxas de ingestão e o diâmetro das medusas considerando os três tipos de presas fornecidos nas experiências de ingestão estão representadas na **Figura 11**. Esta relação foi positiva em todas as presas quando a ingestão foi medida em presas  $\text{ind}^{-1}\text{h}^{-1}$  (**Figura 11A**) e ligeiramente negativa no caso das larvas quando a ingestão de presas foi considerada em  $\mu\text{gC ind}^{-1}\text{h}^{-1}$  (**Figura 11B**). Em ambos os casos, a relação foi marcadamente mais positiva nas experiências realizadas com os náuplios de artémia.

O número de pulsos por minuto das medusas diminuiu com o aumento do diâmetro das mesmas (**Figura 12**), excepto nas experiências em que foram utilizados ovos de sardinha como presa.

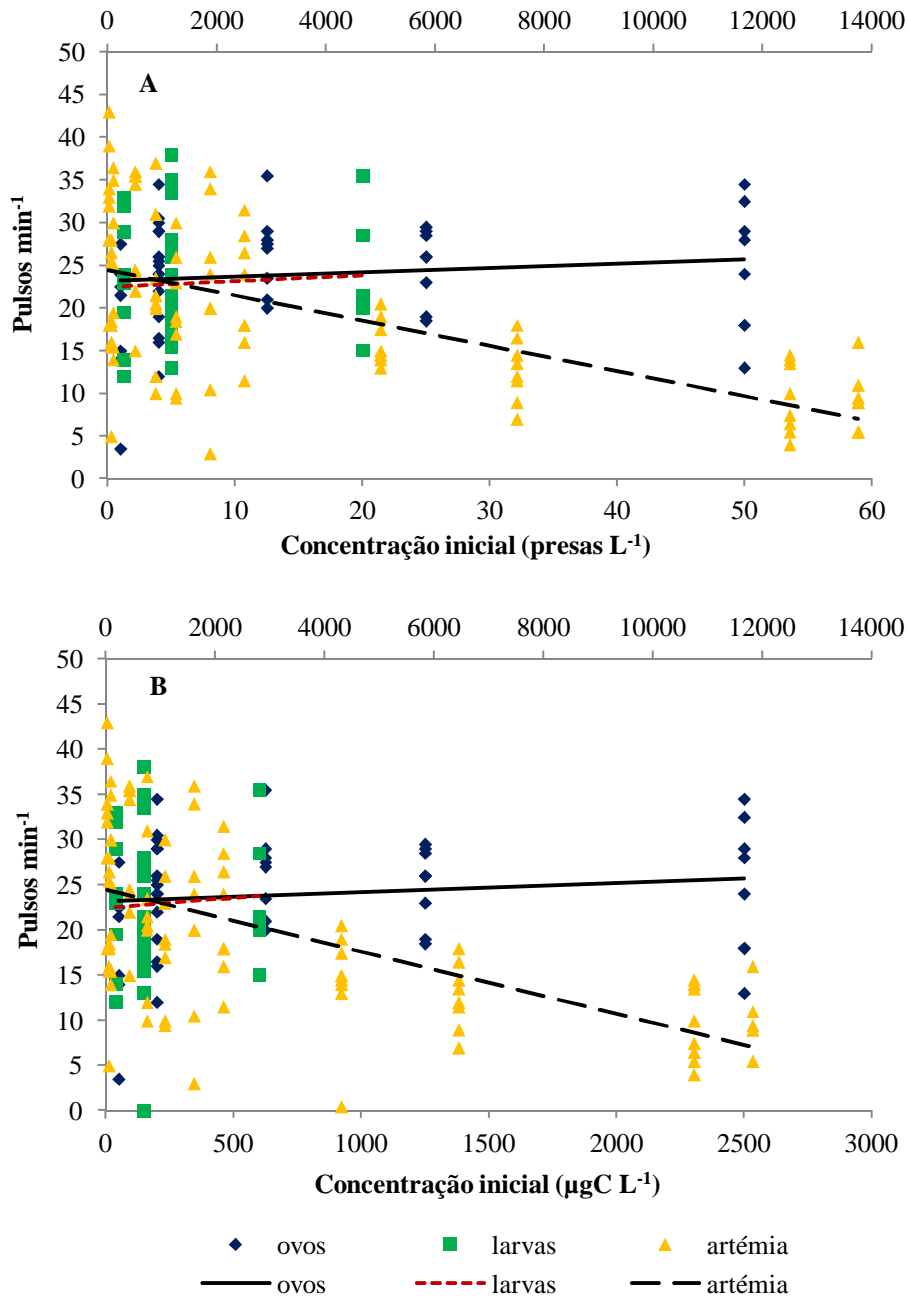
Relativamente à relação entre o número de pulsos por minuto e a concentração inicial de alimento (**Figura 13**), esta foi positiva para as experiências realizadas com ovos e larvas de sardinha e negativa para as experiências realizadas com náuplios de artémia, em ambas as medidas de concentração inicial (presas  $\text{ind}^{-1}\text{h}^{-1}$ , **Figura 13A**; e  $\mu\text{gC ind}^{-1}\text{h}^{-1}$ , **Figura 13B**).



**Figura 11-** Relação entre taxas de ingestão e o diâmetro da medusa *Aurelia aurita*. **A** Taxas de ingestão em presas  $\text{ind}^{-1} \text{h}^{-1}$ , a taxa de ingestão de náuplios de artémia está representada no Y direito. **B** Taxas de ingestão em  $\mu\text{gC} \text{ind}^{-1} \text{h}^{-1}$ , a taxa de ingestão de náuplios de artémia está representada no Y direito.



**Figura 12** – Relação entre o número de pulsos por minuto e o diâmetro das medusas utilizadas nas experiências de ingestão.



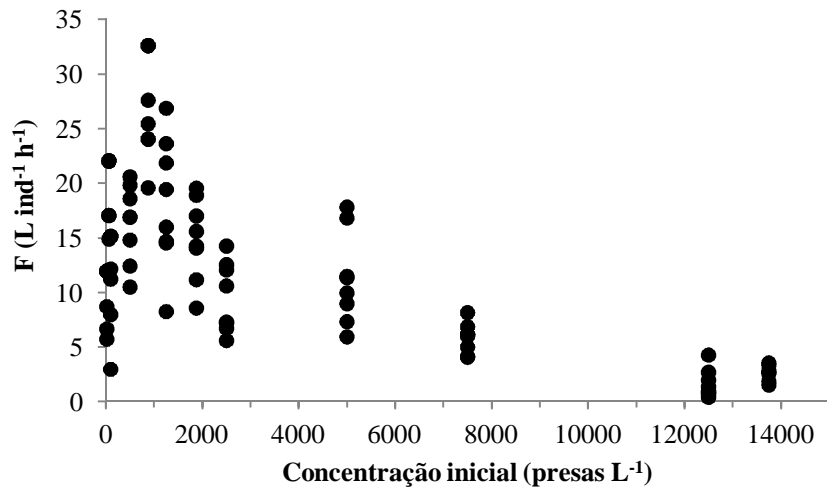
**Figura 13-** Relação entre o número de pulsos por minuto e a concentração inicial de alimento fornecida às medusas *Aurelia aurita*. A recta relativa à relação entre os pulsos  $\text{min}^{-1}$  e a concentração inicial de alimento das experiências com larvas de sardinha está a vermelho para evitar passar despercebida dada a sua proximidade com a recta relativa às experiências realizadas com ovos e de sardinha. **A** Concentração inicial em presas  $\text{L}^{-1}$ , a concentração inicial de náuplios de artémia está representada no X superior. **B** Concentração inicial em  $\mu\text{gC L}^{-1}$ , a concentração inicial de náuplios de artémia está representada no X superior.

Estatisticamente a taxa de ingestão é afectada por diferentes variáveis. Existem diferenças significativas ( $p=0$ ) entre as concentrações iniciais de alimento (em presas  $\text{L}^{-1}$  e  $\mu\text{gC L}^{-1}$ ) e as taxas de ingestão apresentadas pelas medusas. Por outro lado, o diâmetro dos animais não influenciou significativamente as taxas de ingestão ( $p=0,91$  e  $p=0,62$

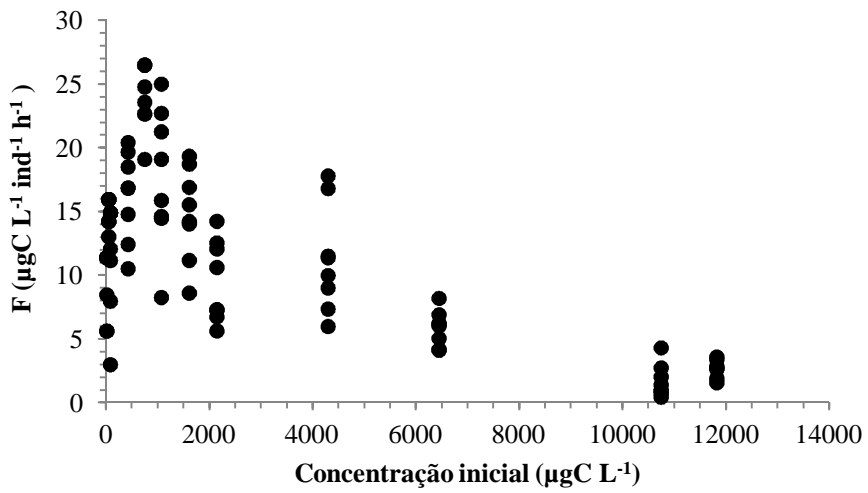
em experiências onde as taxas de ingestão foram medidas em presas  $\text{ind}^{-1} \text{h}^{-1}$  e em  $\mu\text{gC} \text{ind}^{-1} \text{h}^{-1}$ , respectivamente). No que diz respeito ao número de pulsos ( $n^\circ$  de contracções da umbrela por minuto), estes variam significativamente com a concentração inicial de alimento ( $p=0$ ) e não significativamente com o diâmetro das medusas ( $p=0,91$  e  $p=0,88$  para concentrações em presas  $\text{L}^{-1}$  e  $\mu\text{gC} \text{L}^{-1}$ , respectivamente). Quanto à relação entre as taxas de ingestão e os tipos de presa (ovos, larvas de sardinha e náuplios de artémia), a ingestão de náuplios de artémia é significativamente diferente da ingestão de ovos e larvas de sardinha ( $p=0,000022$ ).

Inversamente ao observado nas taxas de ingestão, a taxa de aclaramento aumenta até certo ponto com o aumento da concentração de alimento, a partir do qual começa a decrescer mesmo com o aumento da concentração. Este facto é observado em todos os tipos de presa utilizados (**Figuras 14-19**). Verificou-se um aumento da taxa de aclaramento nas experiências com náuplios de artémia até ao valor máximo de  $32,64 \text{ L ind}^{-1} \text{h}^{-1}$  correspondente a uma concentração de  $875 \text{ náuplios L}^{-1}$ , decrescendo até valores mínimos correspondentes às maiores concentrações de alimento ( $12500$  e  $13750 \text{ náuplios de artémia L}^{-1}$ ) e a taxa de aclaramento máxima registada ( $32,6 \text{ L ind}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) correspondeu a uma concentração inicial de  $875 \text{ náuplios de artémia L}^{-1}$  (**Figura 14**). No que diz respeito ao conteúdo de carbono relativamente ao mesmo tipo de presa, o valor máximo da taxa de aclaramento é de  $26,5 \mu\text{gC L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{h}^{-1}$  e corresponde a uma concentração de  $752,5 \mu\text{gC L}^{-1}$  (**Figura 15**). A partir deste valor, a taxa e aclaramento decresce até valores mínimos nas concentrações de  $10750$  e  $11825 \mu\text{gC L}^{-1}$ . No que diz respeito às taxas de aclaramento relativas aos ovos de sardinha, os valores aumentam até ao valor de  $31,3 \text{ L ind}^{-1} \text{h}^{-1}$  correspondentes à concentração de  $12,5 \text{ ovos L}^{-1}$ , decrescendo a partir desse ponto com o aumento da concentração de alimento (**Figura 16**). Na **Figura 17** observa-se um decréscimo das taxas de aclaramento para ovos de sardinha a partir de  $51,5 \mu\text{gC L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{h}^{-1}$  (valor máximo), correspondente à concentração  $625 \mu\text{gC L}^{-1}$ . Nas **Figuras 18 e 19**, correspondentes às experiências realizadas com larvas de sardinha, a tendência foi a mesma, tendo sido registada à concentração de  $5 \text{ larvas L}^{-1}$  (ou  $150 \mu\text{gC L}^{-1}$ ) a taxa de aclaramento máxima com o valor  $47,9 \text{ L ind}^{-1} \text{h}^{-1}$  (ou  $80,2 \mu\text{gC L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{h}^{-1}$ ).

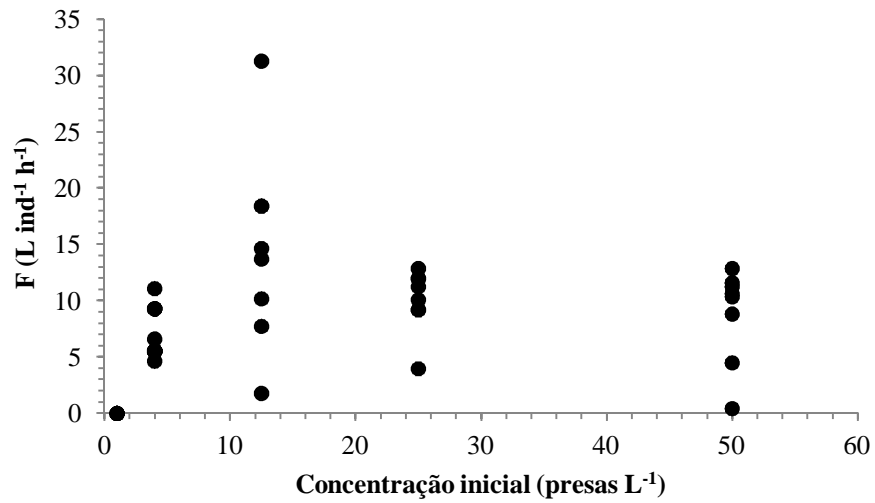




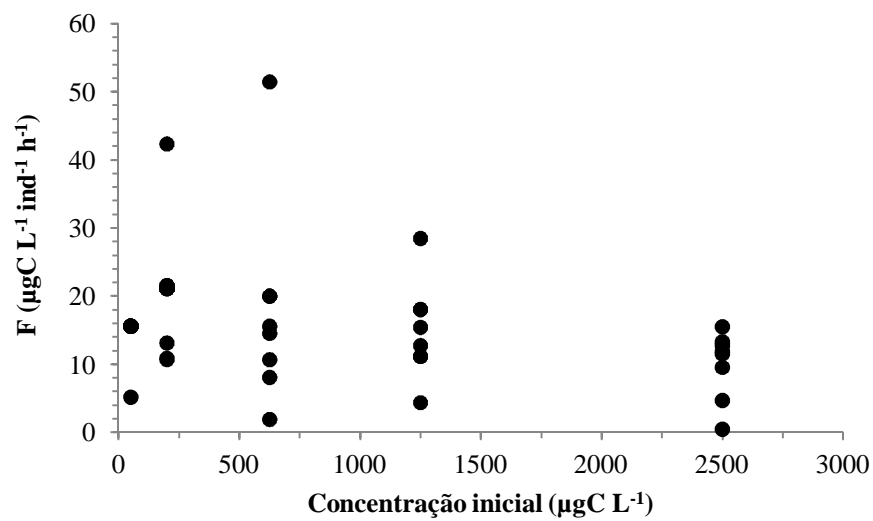
**Figura 14** – Taxas de aclaramento da medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento (presas L<sup>-1</sup>) em experiências com náuplios de artémia (*Artemia salina*).



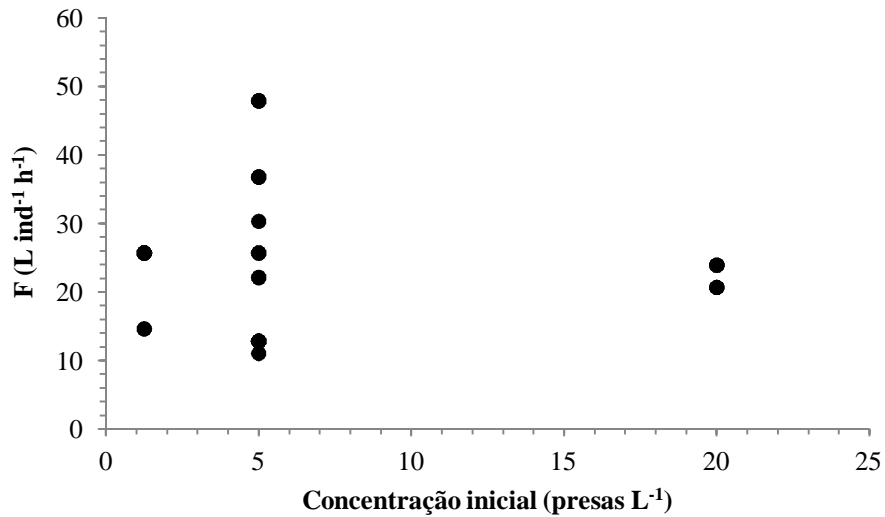
**Figura 15** - Taxas de aclaramento da medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento (µgC L<sup>-1</sup>) em experiências com náuplios de artémia (*Artemia salina*).



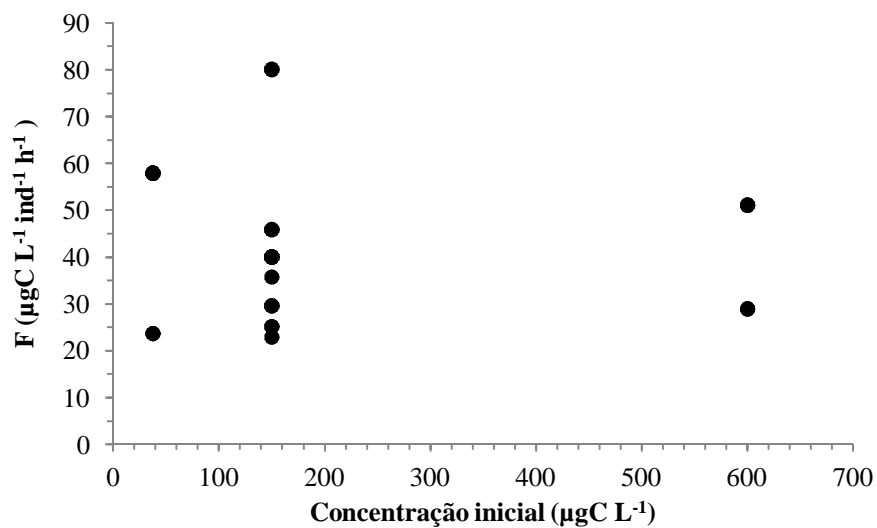
**Figura 16** - Taxas de aclaramento da medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento (presas L<sup>-1</sup>) em experiências com ovos de sardinha (*Sardina pilchardus*).



**Figura 17** - Taxas de aclaramento da medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento (µgC L<sup>-1</sup>) em experiências com ovos de sardinha (*Sardina pilchardus*).

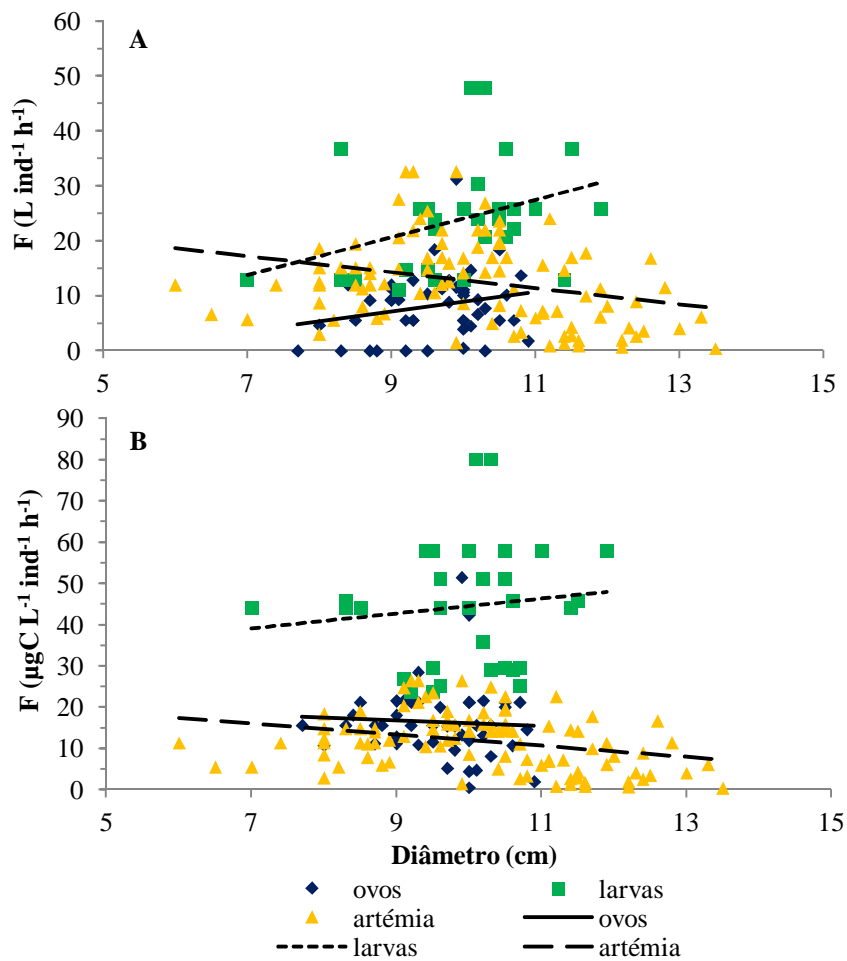


**Figura 18** - Taxas de aclaramento da medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento (presas L<sup>-1</sup>) em experiências com larvas de sardinha (*Sardina pilchardus*).



**Figura 19** - Taxas de aclaramento da medusa *Aurelia aurita* em função de diferentes concentrações de alimento (µgC L<sup>-1</sup>) em experiências com larvas de sardinha (*Sardina pilchardus*).

Na **Figura 20** está representada a relação entre o número de pulsos por minuto e as taxas de aclaramento (L ind<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, **Figura 20A**; µgC L<sup>-1</sup>ind<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, **Figura 20B**) registadas para cada tipo de presa. A relação foi sempre negativa para os ovos de sardinha e os náuplios de artémia e sempre positiva para as larvas de sardinha.

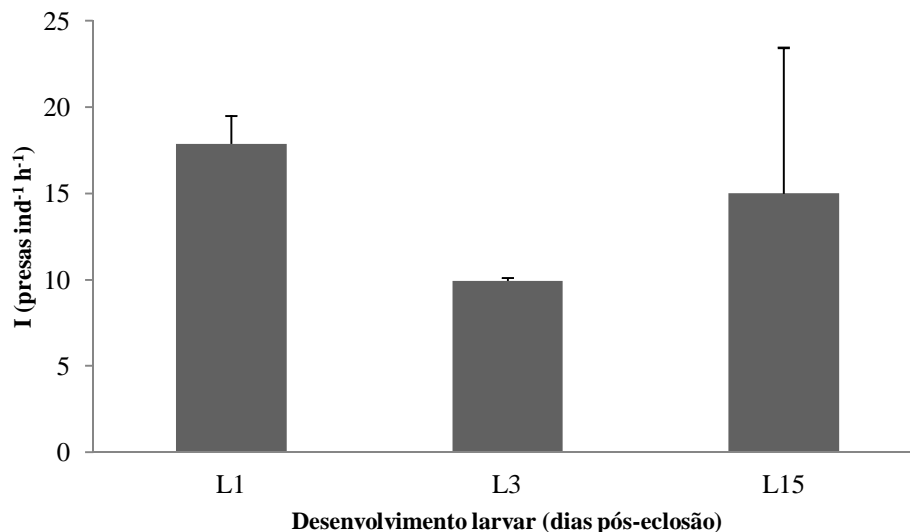


**Figura 20** - Relação entre as taxas de aclaramento e o diâmetro da medusa *Aurelia aurita*. **A** Taxas de aclaramento em  $L\ ind^{-1}\ h^{-1}$ . **B** Taxas de aclaramento em  $\mu gC\ L^{-1}\ ind^{-1}\ h^{-1}$ .

Estatisticamente, e tal como no caso das taxas de ingestão, as taxas de aclaramento variaram significativamente com a concentração inicial de alimento (independentemente das unidades em que foi considerada;  $p=0$ ). No entanto, e contrariamente ao observado nas taxas de ingestão, o diâmetro influenciou significativamente as taxas de aclaramento das medusas ( $p=0,006$  para a medição das taxas de aclaramento em  $L\ ind^{-1}\ h^{-1}$  e  $p=0,00011$  para as taxas de aclaramento em  $\mu gC\ L^{-1}\ ind^{-1}\ h^{-1}$ ). Considerando as taxas de aclaramento e os tipos de presas, as taxas de aclaramento (em  $L\ ind^{-1}\ h^{-1}$ ) das larvas de sardinha variaram significativamente das dos ovos e dos náuplios de artémia ( $p=0,000022$ ) e as dos ovos variaram significativamente das dos náuplios ( $p=0,005717$ ). Quando consideradas em  $\mu gC\ L^{-1}\ ind^{-1}\ h^{-1}$ , as taxas de aclaramento também variaram significativamente entre todas as presas ( $p=0,000022$  entre ovos e larvas de sardinha,

$p=0,020268$  entre ovos de sardinha e náuplios de artémia e  $p=0,000022$  entre larvas de sardinha e náuplios de artémia). Foi também analisada estatisticamente através do teste ANOVA a relação entre as taxas de ingestão e o volume do recipiente (e consequentemente a existência de circulação de água), comparando as taxas de ingestão obtidas nos recipientes de 4 litros (sem circulação) e a kreisel de 20 litros (com circulação) com uma concentração inicial associada de 5 presas  $L^{-1}$ . A relação mostra que o volume dos recipientes e consequentemente a circulação de água não influenciaram significativamente as taxas de ingestão de larvas de sardinha pelas medusas ( $p=0,235618$ ).

A **Figura 21** mostra a relação entre o desenvolvimento larvar da sardinha (L, em dias pós-eclosão) e a taxa de ingestão média pelas medusas. No que diz respeito às larvas mais jovens (L1), as medusas apresentaram uma taxa de ingestão média de 17,9 larvas  $ind^{-1} h^{-1}$ , as larvas com 3 dias (L3) estão associadas a uma taxa de ingestão média de 9,9 larvas  $ind^{-1} h^{-1}$  e as larvas L15 (16 dias) associadas a uma taxa de ingestão média de 15 larvas  $ind^{-1} h^{-1}$ .



**Figura 21** – Taxas de ingestão médias associadas a larvas de sardinha (*Sardina pilchardus*) em diferentes estados de desenvolvimento.

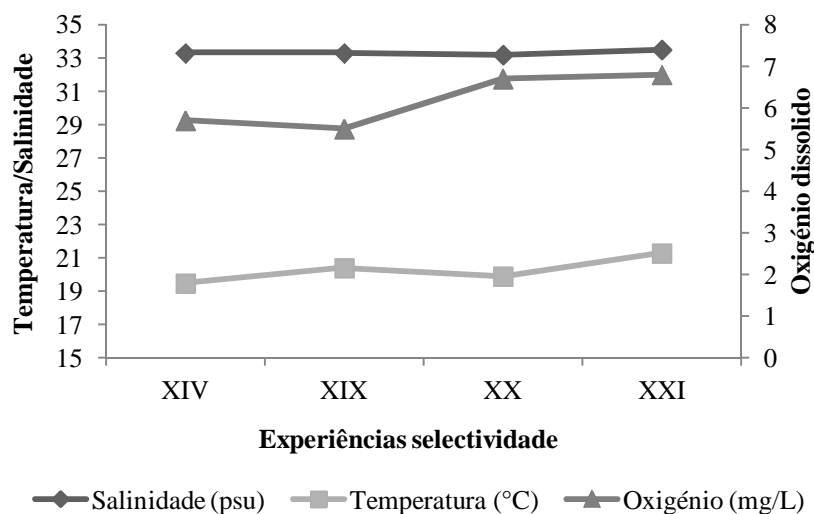
No que diz respeito à ingestão preferencial de larvas de sardinha em diferentes estado de desenvolvimento, a ingestão de larvas L1 foi significativamente diferente da ingestão de

larvas L3 ( $p=0,0033$ ). Por outro lado, a ingestão de larvas L1 não foi significativamente diferente da ingestão de larvas L15 ( $p=0,52$ ), nem a ingestão de larvas L3 e L15 ( $p=0,16$ ).

### Experiências de selectividade

O diâmetro das medusas utilizadas nas experiências de selectividade variou entre 8,7 e 13,7 cm (diâmetro médio  $\pm$  desvio padrão:  $10,3 \pm 0,8$  cm).

Tal como nas experiências de ingestão, após cada experiência de selectividade foram medidos os parâmetros físico-químicos (salinidade, temperatura e concentração de oxigénio dissolvido) do recipiente onde decorreu a experiência. Na **Figura 22** pode observar-se que todos os parâmetros se mantiveram relativamente constantes ao longo das experiências realizadas.



**Figura 22** - Parâmetros físico-químicos da água do recipiente nas experiências de selectividade.

Na **Tabela 2**, referente à Experiência XIV, estão representadas as 17 espécies e tipos de organismos presentes no recipiente experimental no início e no final da experiência, com as respectivas taxas de ingestão associadas. De uma forma geral as espécies com concentrações iniciais foram aquelas que apresentaram uma maior taxa de ingestão associada, exceptuando o caso da *Oithona sp.* Por outro lado, as espécies associadas a

concentrações iniciais entre as 26 e as 5 presas L<sup>-1</sup> foram as que apresentaram maiores taxas de aclaramento, exceptuando o copépode *Calanus sp.*

**Tabela 2** - Experiência XIV, plâncton presente nas amostras e respectivas concentrações iniciais (Ci, presas L<sup>-1</sup>), finais (Cf, presas L<sup>-1</sup>) e taxas de aclaramento (F, L ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e ingestão (I, presas ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>).

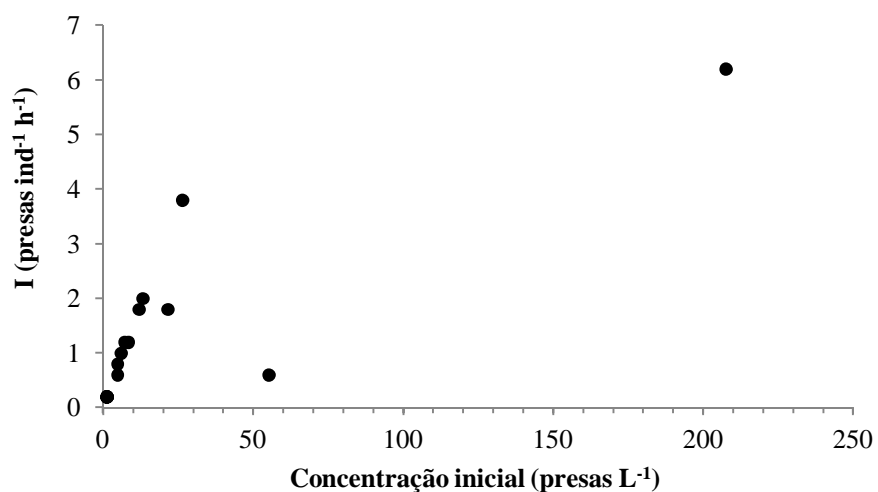
Presas	Ci (presas L <sup>-1</sup> )	Cf (presas L <sup>-1</sup> )	F (L ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	I (presas ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
<i>Oncaea sp</i>	207,6	170,4	1,6	6,2
<i>Oithona sp</i>	55,2	51,6	0,4	0,6
<i>Paracalanus sp</i>	26,4	3,6	14,6	3,8
<i>Calanus sp</i>	21,6	10,8	5	1,8
<i>Acartia sp</i>	13,2	1,2	14,9	2
<i>Clasocalanus sp</i>	12	1,2	14,1	1,8
<i>Calanus helgolandicus</i>	8,4	1,2	11,2	1,2
<i>Corycaeus sp</i>	7,2	0	16,5	1,2
<i>Temora sp</i>	6	0	14,9	1
<i>Cirrípides</i>	4,8	0	13,1	0,8
Ovo de peixe	4,8	1,2	6,5	0,6
Chaetognatha	1,2	0	1,5	0,2
Cladóceros	1,2	0	1,5	0,2
Decápodes	1,2	0	1,5	0,2
Doliólido	1,2	0	1,5	0,2
<i>Euterpina sp</i>	1,2	0	1,5	0,2
Náuplios de copépode	1,2	0	1,5	0,2

A **Tabela 3** diz respeito à mesma experiência mas as unidades de concentração, e consequentes das taxas de aclaramento e ingestão, foram alteradas. Os dados mostram que nem sempre elevadas concentrações de carbono correspondem a elevadas taxas de aclaramento e ingestão, sendo os Chaetognatha a excepção, apresentando simultaneamente a maior concentração e as maiores taxas de aclaramento e ingestão.

No que diz respeito às taxas de ingestão registadas nesta experiência de selectividade (**Figuras 23 e 24**), a tendência foi semelhante à observada nas experiências de ingestão com náuplios de artémia, ovos e larvas de sardinha: taxas de ingestão mais elevadas corresponderam a concentrações iniciais mais elevadas. O máximo de ingestão na **Figura 23** (6,2 presas ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) corresponde a uma concentração inicial de 207,6 presas L<sup>-1</sup>. Na **Figura 24** a ingestão máxima registada 79,6 µgC ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> corresponde à concentração inicial de 477,6 µgC L<sup>-1</sup>.

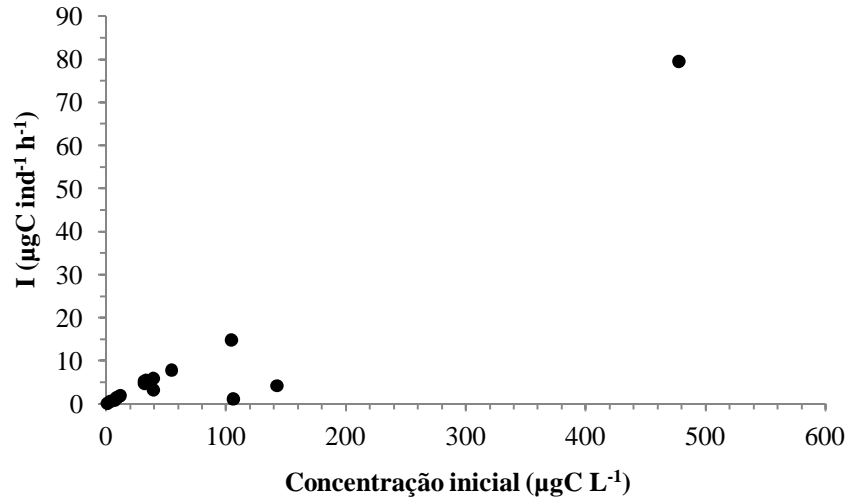
**Tabela 3** - Experiência XIV, plâncton presente nas amostras e respectivas concentrações iniciais (Ci,  $\mu\text{gC L}^{-1}$ ), finais (Cf,  $\mu\text{gC L}^{-1}$ ) e taxas de aclaramento (F,  $\mu\text{gC L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) e ingestão (I,  $\mu\text{gC ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ).

Presas	Ci ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ )	Cf ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ )	F ( $\mu\text{gC L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	I ( $\mu\text{gC ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )
Chaetognatha	477,6	0	51,4	79,6
<i>Oncaea sp</i>	142,5	117	1,6	4,3
<i>Oithona sp</i>	106	99	0,5	1,2
<i>Calanus helgolandicus</i>	104,4	14,9	15,7	14,9
<i>Paracalanus sp</i>	54,6	7,4	15,6	7,9
<i>Calanus sp</i>	39,5	19,7	5,4	3,3
<i>Acartia sp</i>	39,4	3,6	17,9	6
<i>Temora sp</i>	33,3	0	29,2	5,5
<i>Clausocalanus sp</i>	32	3,2	16,9	4,8
Decápodes	31,8	0	28,8	5,3
<i>Corycaeus sp</i>	11,8	0	20,6	2
Cirrípedes	9,3	0	18,6	1,6
Doliólido	8,2	0	17,5	1,4
Ovo de peixe	7,1	1,8	7,8	0,9
Cladóceros	3,4	0	10,2	0,6
<i>Euterpina sp</i>	1	0	0,2	0,2



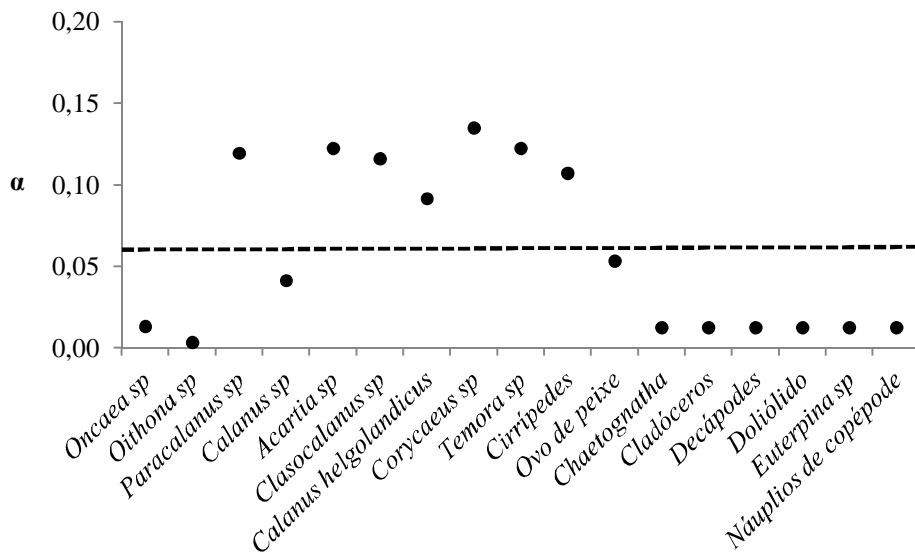
**Figura 23** – Taxas de ingestão em função de diferentes concentrações de alimento (presas L<sup>-1</sup>) na experiência de selectividade XIV com plâncton natural.





**Figura 24** – Taxas de ingestão em função de diferentes concentrações de alimento ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ ) na experiência de selectividade XIV com plâncton natural.

Os coeficientes de selecção  $\alpha$  (Índice de Chesson) relativos à experiência XIV estão representados na **Figura 25**. As espécies com coeficientes de selecção mais elevados (acima do valor crítico) foram as que apresentaram maior taxa de aclaramento ( $\text{L ind}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) (**Tabela 2**).



**Figura 25** – Coeficientes de selecção  $\alpha$  das presas da experiência XIV. A tracejado está a linha do valor crítico (igual a 0,06), que determina a fronteira entre selecção positiva (valores acima da linha) e selecção negativa (valores abaixo da linha).

Na Experiência XIX (**Tabela 4**) estiveram também presentes 17 tipos de organismos, na sua grande maioria copépodes. Os valores das taxas de ingestão aparentam estar associados com os de concentração inicial, apesar da presa mais abundante (*Paracalanus sp*, 218,4 L<sup>-1</sup>) apresentar apenas a terceira maior taxa de ingestão (10,8 *Paracalanus sp* ingeridos por medusa por hora).

Na **Tabela 5**, referente à mesma experiência, parece haver uma maior relação entre as taxas de ingestão e a concentração inicial de presas que entre estas concentrações e a taxa de aclaramento. Enquanto as duas maiores taxas de ingestão correspondem às duas maiores concentrações de alimento, as duas maiores taxas de aclaramento correspondem à oitava (ovos de peixe) e nona (decápodes) maiores concentrações de alimento.

**Tabela 4** – Experiência XIX, plâncton presente nas amostras e respectivas concentrações iniciais (Ci, presas L<sup>-1</sup>), finais (Cf, presas L<sup>-1</sup>) e taxas de aclaramento (F, L ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e ingestão (I, presas ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>).

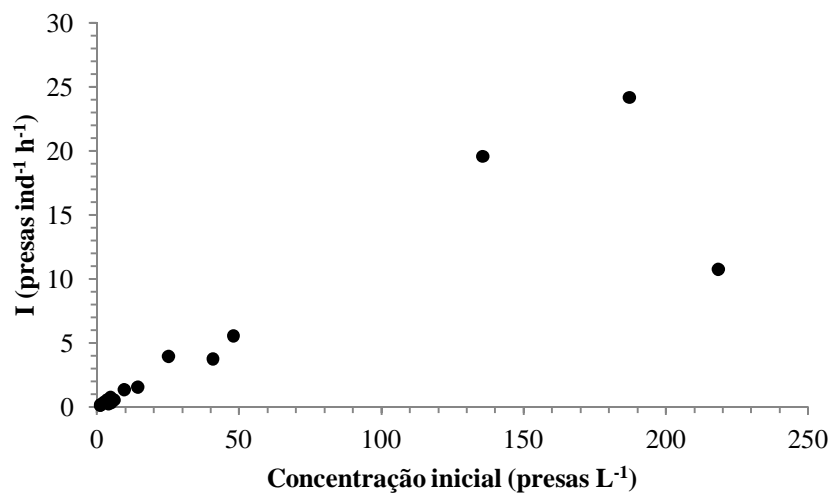
Presas	Ci (presas L <sup>-1</sup> )	Cf (presas L <sup>-1</sup> )	F (L ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	I (presas ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
<i>Paracalanus sp</i>	218,4	153,6	2,9	10,8
<i>Centropages sp</i>	187,2	42	12,3	24,2
<i>Calanus sp</i>	135,6	18	16,4	19,6
Doliólido	48	14,4	9,5	5,6
<i>Oncaea sp</i>	40,8	18	6,4	3,8
Ovo de peixe	25,2	1,2	20,3	4
<i>Temora sp</i>	14,4	4,8	7,6	1,6
<i>Oithona sp</i>	9,6	1,2	12,3	1,4
<i>Acartia sp</i>	6	2,4	4,7	0,6
Larvas de sardinha	5	2,7	2,5	0,4
Náuplios copépode	4,8	0	13,1	0,8
<i>Noctiluca sp</i>	4,8	2,4	2,9	0,4
Ovos de sardinha	4	2,4	1,4	0,3
Decápodes	3,6	0	10,7	0,6
<i>Calanus helgolandicus</i>	2,4	0	7,3	0,4
<i>Corycaeus sp</i>	1,2	0	1,5	0,2
<i>Euchaeta sp</i>	1,2	0	1,5	0,2

**Tabela 5** – Experiência XIX, plâncton presente nas amostras e respectivas concentrações iniciais ( $C_i$ ,  $\mu\text{gC L}^{-1}$ ), finais ( $C_f$ ,  $\mu\text{gC L}^{-1}$ ) e taxas de aclaramento ( $F$ ,  $\mu\text{gC L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) e ingestão ( $I$ ,  $\mu\text{gC ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ).

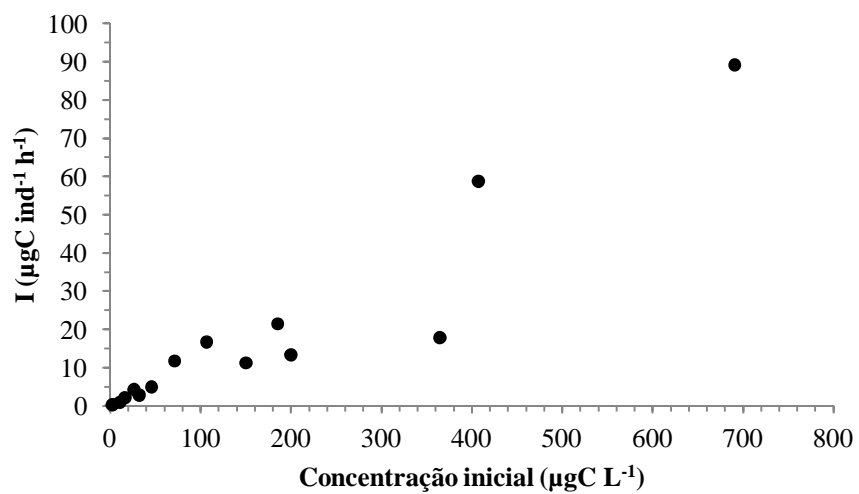
Presas	$C_i$ ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ )	$C_f$ ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ )	$F$ ( $\mu\text{gC L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	$I$ ( $\mu\text{gC ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )
<i>Centropages sp</i>	690,8	155	12,4	89,3
<i>Calanus sp</i>	407,2	54,1	16,7	58,9
<i>Paracalanus sp</i>	364,5	256,4	2,9	18
Ovos de sardinha	200	119	4,3	13,5
Doliólido	185,2	55,6	9,9	21,6
Larvas de sardinha	150	81,6	5	11,4
Ovo de peixe	106,6	5,1	23,9	16,9
Decápodes	71,2	0	35,5	11,9
<i>Temora sp</i>	45,7	15,2	8,6	5,1
<i>Oncaea sp</i>	32,1	14,2	6,3	3
<i>Calanus helgolandicus</i>	26,3	0	27,2	4,4
<i>Oithona sp</i>	16,1	2	14	2,3
<i>Acartia sp</i>	10,8	4,3	5,9	1,1
Náuplios copépode	2,7	0	8,4	0,5
<i>Corycaeus sp</i>	2,2	0	6,4	0,4

No que diz respeito às taxas de ingestão registadas na experiência XIX (**Figuras 26 e 27**), a tendência foi semelhante à observada nas experiências de ingestão: a taxas de ingestão mais elevadas corresponderam concentrações iniciais mais elevadas, com excepção da **Figura 26** onde à concentração máxima de 218,4 presas  $\text{L}^{-1}$  correspondeu uma taxa de ingestão de 10,8 presas  $\text{ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$  e na **Figura 27** onde a uma concentração de 364,6  $\mu\text{gC L}^{-1}$  correspondeu uma taxa de ingestão inferior à registada na concentração de 185,2  $\mu\text{gC L}^{-1}$ .

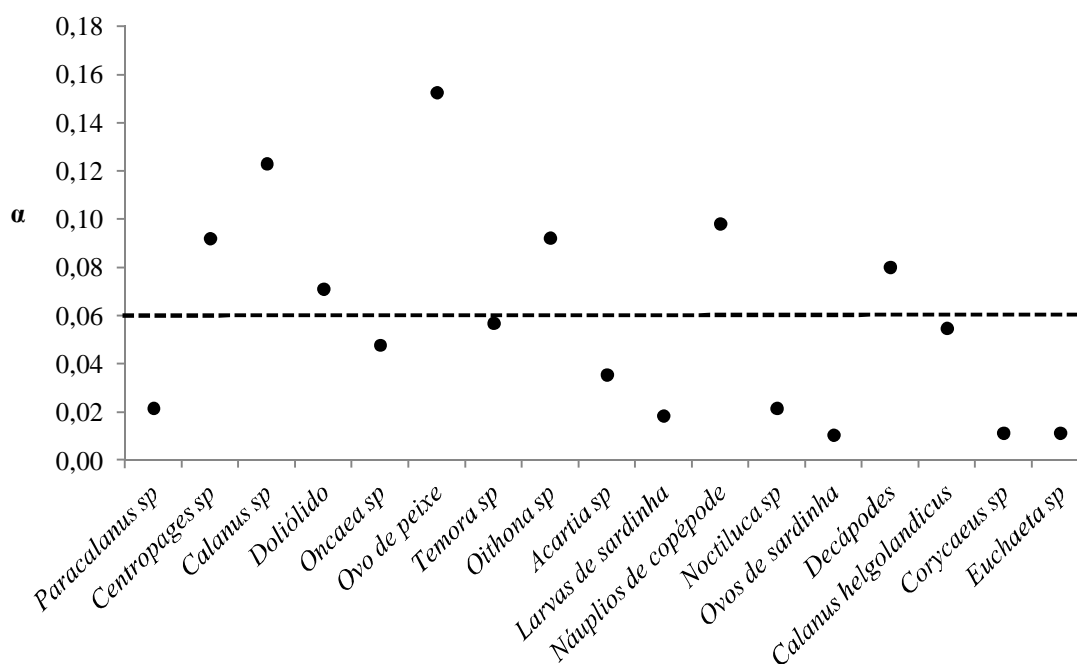
Os índices de Chesson ( $\alpha$ ) respeitantes à experiência XIX estão representados na **Figura 28**. As espécies com coeficientes de selecção mais elevados (acima do valor crítico) foram as que apresentaram maior taxa de aclaramento ( $L \text{ ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) (**Tabela 4**). É de salientar que nem os ovos nem as larvas de sardinha foram consumidos preferencialmente.



**Figura 26-** Taxas de ingestão em função de diferentes concentrações de alimento (presas L<sup>-1</sup>) na experiência de selectividade XIX com plâncton natural.



**Figura 27 -** Taxas de ingestão em função de diferentes concentrações de alimento (µgC L<sup>-1</sup>) na experiência de selectividade XIX com plâncton natural.



**Figura 28** - Coeficientes de selecção  $\alpha$  das presas da experiência XIX. A tracejado está a linha do valor crítico (igual a 0,06), que determina a fronteira entre selecção positiva (valores acima da linha) e selecção negativa (valores abaixo da linha).

Na Experiência XX (**Tabela 6**) estiveram presentes 13 tipos de organismos diferentes. Os taxa dominantes corresponderam, uma vez mais, a copépodes. Nesta experiência as presas que se encontravam em maior número foram as que apresentaram uma maior taxa de ingestão. No que diz respeito às taxas de aclaramento, o valor mais elevado ( $17,74 \text{ L ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) corresponde a uma concentração relativamente baixa ( $8,4 \text{ presas L}^{-1}$ ). A **Tabela 7** revela que as maiores taxas de aclaramento estão relacionadas com as menores concentrações de alimento, sendo a tendência inversa observada para as taxas de ingestão. As maiores taxas de aclaramento ( $29,8$  e  $21,9 \mu\text{gC L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) corresponderam às concentrações iniciais de  $35,5$  e  $13,9 \mu\text{gC L}^{-1}$ , respectivamente.

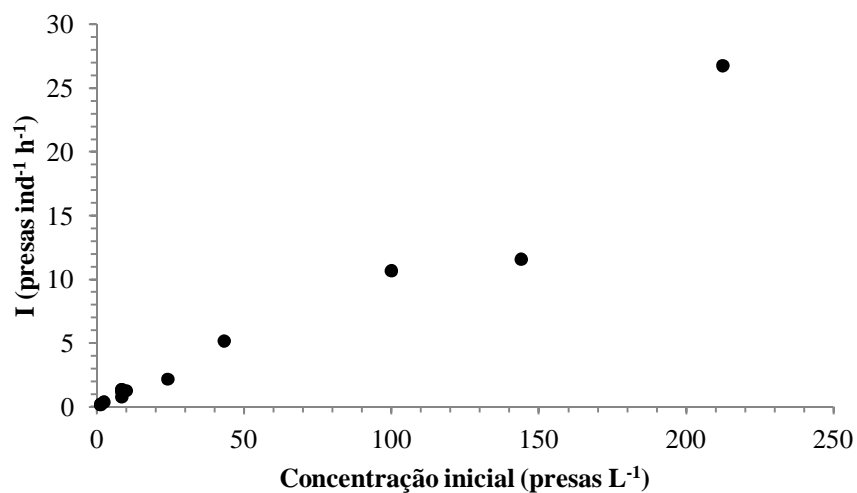
No que diz respeito às taxas de ingestão registadas na experiência XX (**Figuras 29 e 30**), a tendência foi semelhante à observada nas experiências de ingestão: a taxas de ingestão mais elevadas corresponderam concentrações iniciais mais elevadas. O máximo de ingestão na **Figura 29** ( $26,8 \text{ presas ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) corresponde a uma concentração inicial de  $212,4 \text{ presas L}^{-1}$ . Na **Figura 30** a ingestão máxima registada  $533,3 \mu\text{gC ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$  corresponde à concentração inicial de  $5000 \mu\text{gC L}^{-1}$ .

**Tabela 6** - Experiência XX, plâncton presente nas amostras e respectivas concentrações iniciais (Ci, presas L<sup>-1</sup>), finais (Cf, presas L<sup>-1</sup>) e taxas de aclaramento (F, L ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e ingestão (I, presas ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>).

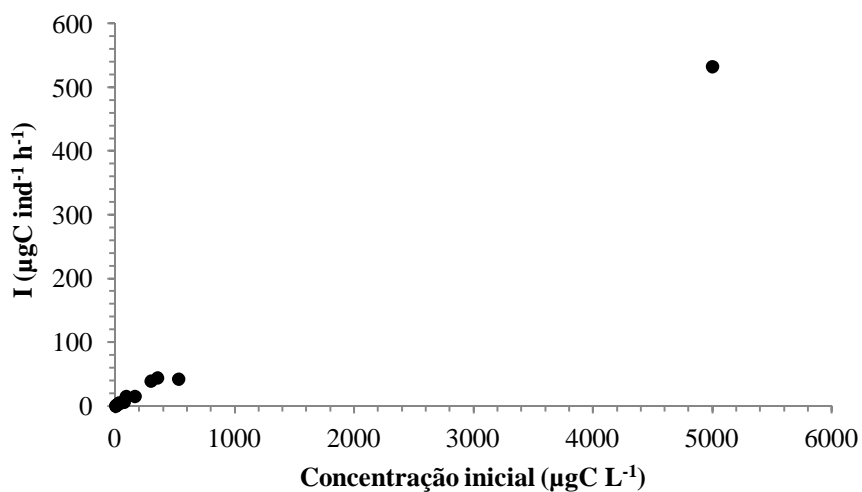
Presas	Ci (presas L <sup>-1</sup> )	Cf (presas L <sup>-1</sup> )	F (L ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	I (presas ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
<i>Paracalanus sp</i>	212,4	51,6	11,6	26,8
<i>Centropages sp</i>	144	74,4	5,4	11,6
Ovos de sardinha	100	36	8,3	10,7
<i>Oncaea sp</i>	43,2	12	10	5,2
<i>Temora sp</i>	24	10,8	5,9	2,2
Larvas de sardinha	10	2,1	9,8	1,3
<i>Calanus helgolandicus</i>	8,4	0	17,7	1,4
<i>Corycaeus sp</i>	8,4	1,2	11,2	1,2
Decápodes	8,4	3,6	5	0,8
Ovo de peixe	8,4	0	17,7	1,4
<i>Oithona sp</i>	2,4	0	7,3	0,4
<i>Mesocalanus ctenicornis</i>	1,2	0	1,5	0,2
Zoea	1,2	0	1,5	0,2

**Tabela 7** - Experiência XX, plâncton presente nas amostras e respectivas concentrações iniciais (Ci, µgC L<sup>-1</sup>), finais (Cf, µgC L<sup>-1</sup>) e taxas de aclaramento (F, µgC L<sup>-1</sup> ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e ingestão (I, µgC ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>).

Presas	Ci (µgC L <sup>-1</sup> )	Cf (µgC L <sup>-1</sup> )	F (µgC L <sup>-1</sup> ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	I (µgC ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
Ovos de sardinha	5000	1800	8,5	533,3
<i>Centropages sp</i>	531,4	274,6	5,5	42,8
<i>Paracalanus sp</i>	354,5	86,1	11,7	44,7
Larvas de sardinha	300	63	12,9	39,5
Decápodes	166,1	71,2	6,9	15,8
<i>Calanus helgolandicus</i>	91,9	0	37,7	15,3
<i>Temora sp</i>	76,2	34,3	6,4	7
Ovo de peixe	35,5	0	29,8	5,9
<i>Oncaea sp</i>	34	9,4	9,8	4,1
<i>Corycaeus sp</i>	15,1	2,2	13	2,2
Zoea	13,9	0	21,9	2,3
<i>Mesocalanus ctenicornis</i>	5,2	0	13,7	0,9
<i>Oithona sp</i>	4	0	11,6	0,7



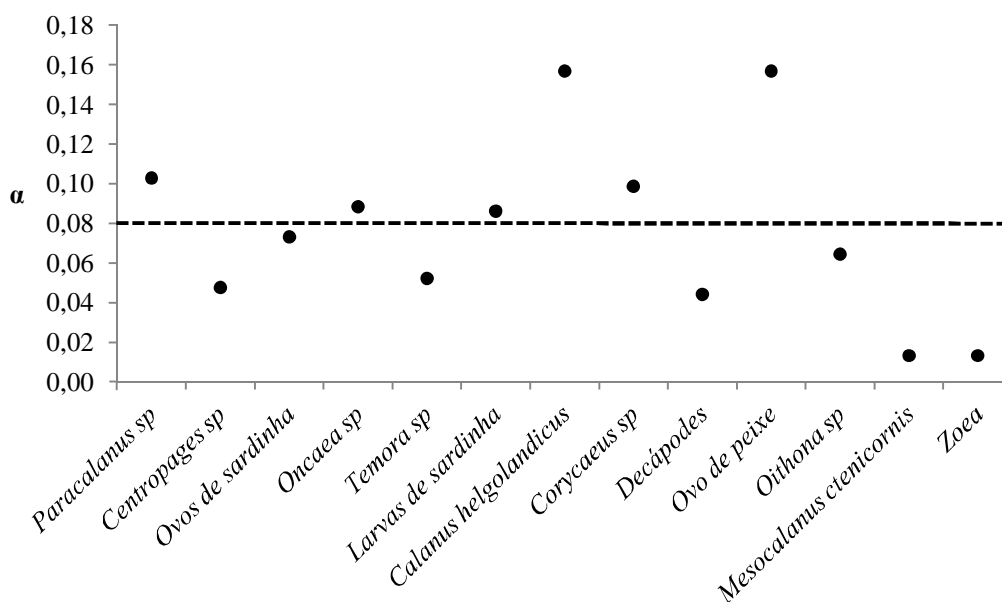
**Figura 29** - Taxas de ingestão em função de diferentes concentrações de alimento (presas L<sup>-1</sup>) na experiência de selectividade XX com plâncton natural.



**Figura 30** - Taxas de ingestão em função de diferentes concentrações de alimento (µgC L<sup>-1</sup>) na experiência de selectividade XX com plâncton natural.

Os índices de Chesson ( $\alpha$ ) associados à experiência XX estão representados na **Figura 31**. As espécies com coeficientes de selecção mais elevados (acima do valor crítico) não foram as que apresentaram maior taxa de aclaramento ( $L \text{ ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) (**Tabela 6**). As

presas com um maior coeficiente de selecção (*Calanus helgolandicus* e ovos de peixe) apresentaram concentrações iniciais baixas (8,4 presas L<sup>-1</sup>). O coeficiente de selecção dos ovos de sardinha é ligeiramente inferior ao valor crítico (0,08) e o  $\alpha$  associado às larvas de sardinha é ligeiramente superior ao mesmo, não demonstrando uma selecção clara (ou ausência da mesma).



**Figura 31** - Coeficientes de selecção  $\alpha$  das presas da experiência XX. A tracejado está a linha do valor crítico (igual a 0,08), que determina a fronteira entre selecção positiva (valores acima da linha) e selecção negativa (valores abaixo da linha).

Na última experiência de selectividade, Experiência XXI (**Tabela 8**), estiveram presentes 11 tipos de organismos diferentes, mas só estão representados aqueles que apresentaram valores positivos de taxa de aclaramento (dado que valores negativos desta taxa quando existe uma diferença entre as concentrações inicial e final não faz sentido). As taxas de ingestão mais elevadas correspondem a concentrações iniciais maiores, sendo a excepção o copépode *Oncaea sp* que apresenta uma concentração inicial superior à das larvas de sardinha (72,5 e 50 presas L<sup>-1</sup>, respectivamente) e uma taxa de ingestão inferior (6,4 e 8,2 presas ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>). Na **Tabela 9** a taxas de ingestão mais elevadas correspondem concentrações iniciais de carbono maiores.



**Tabela 8** - Experiência XXI, plâncton presente nas amostras e respectivas concentrações iniciais (Ci, presas L<sup>-1</sup>), finais (Cf, presas L<sup>-1</sup>) e taxas de aclaramento (F, L ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e ingestão (I, presas ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>).

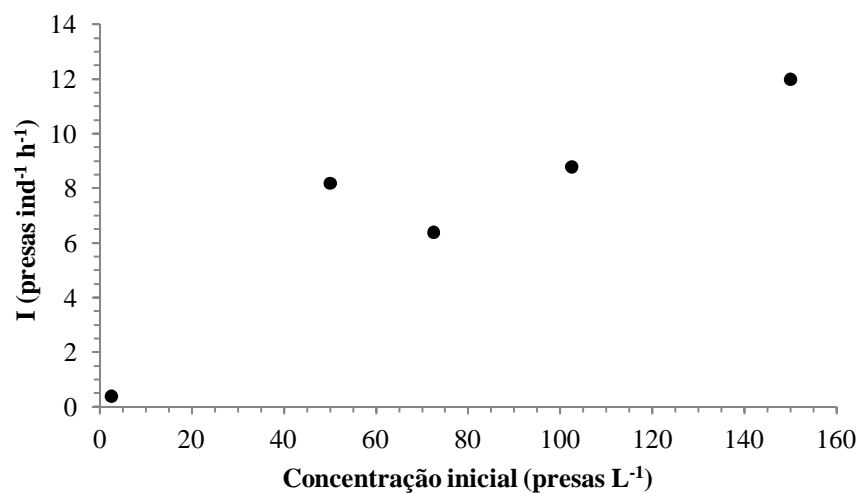
Presas	Ci (presas L <sup>-1</sup> )	Cf (presas L <sup>-1</sup> )	F (L ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	I (presas ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
Náuplios de artémia	150	78	2,1	12
<i>Centropages sp</i>	102,5	50	2,3	8,8
<i>Oncaea sp</i>	72,5	34	2,4	6,4
Larvas de sardinha	50	0,85	11	8,2
<i>Calanus helgolandicus</i>	2,5	0	3,1	0,4

**Tabela 9** - Experiência XXI, plâncton presente nas amostras e respectivas concentrações iniciais (Ci, µgC L<sup>-1</sup>), finais (Cf, µgC L<sup>-1</sup>) e taxas de aclaramento (F, µgC L<sup>-1</sup> ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e ingestão (I, µgC ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>).

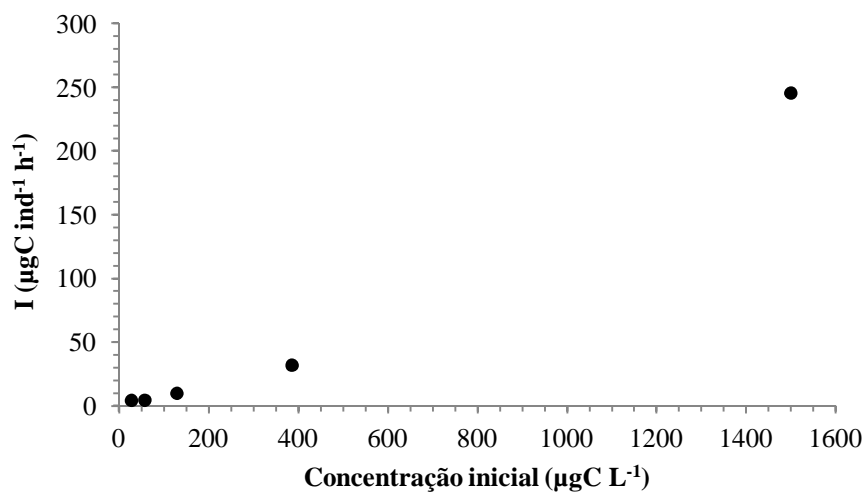
Presas	Ci (µgC L <sup>-1</sup> )	Cf (µgC L <sup>-1</sup> )	F (µgC L <sup>-1</sup> ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	I (µgC ind <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
Larvas de sardinha	1500	25,5	13,5	245,8
<i>Centropages sp</i>	385,6	184,5	2,4	32,3
Náuplios de artémia	129	67,1	2,1	10,3
<i>Oncaea sp</i>	57	26,7	2,4	5
<i>Calanus helgolandicus</i>	27,4	0	11	4,6

No que diz respeito às taxas de ingestão registadas na experiência XXI (**Figuras 32 e 33**), a tendência foi semelhante à observada nas experiências de ingestão: a taxas de ingestão mais elevadas corresponderam concentrações iniciais mais elevadas. O máximo de ingestão na **Figura 32** (12 presas ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) corresponde a uma concentração inicial de 150 presas L<sup>-1</sup>. Na **Figura 33**, a ingestão máxima (245,8 µgC ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) corresponde à concentração inicial de 1500 µgC L<sup>-1</sup>.

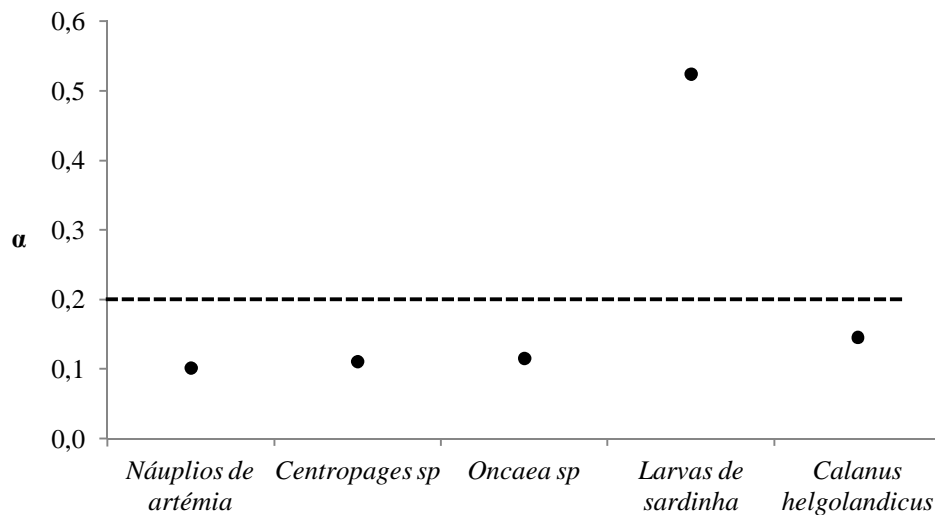
Os coeficientes de selecção ( $\alpha$ ) relativos à experiência XXI estão representados na **Figura 34**. A única presa seleccionada positivamente (larvas de sardinha) não foi a que apresentou a concentração inicial mais elevada (a concentração inicial mais elevada diz respeito aos náuplios de artémia, 150 presas L<sup>-1</sup>, e as larvas de sardinha apresentaram uma concentração inicial de 50 presas L<sup>-1</sup>).



**Figura 32** - Taxas de ingestão em função de diferentes concentrações de alimento (presas L<sup>-1</sup>) na experiência de selectividade XXI com plâncton natural.



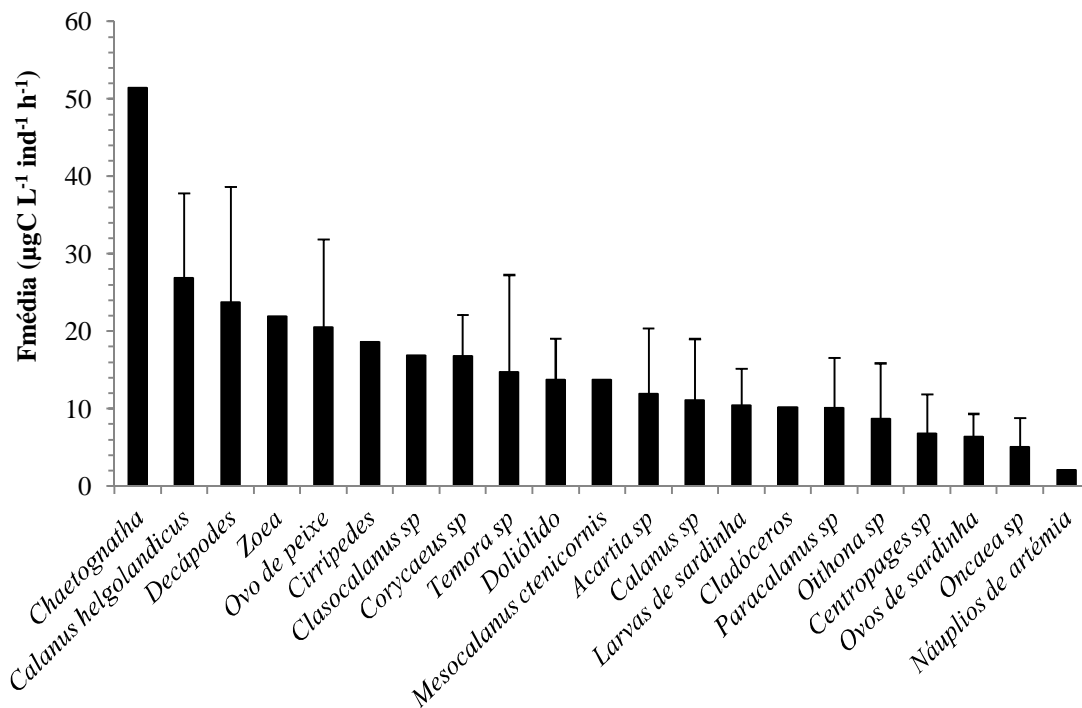
**Figura 33** - Taxas de ingestão em função de diferentes concentrações de alimento (µgC L<sup>-1</sup>) na experiência de selectividade XXI com plâncton natural.



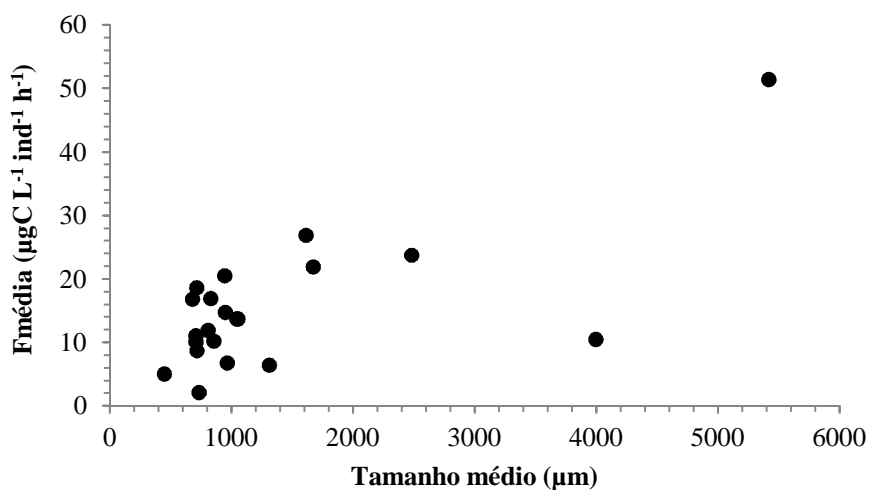
**Figura 34** - Coeficientes de selecção  $\alpha$  das presas da experiência XXI. A tracejado está a linha do valor crítico (igual a 0,2), que determina a fronteira entre selecção positiva (valores acima da linha) e selecção negativa (valores abaixo da linha).

A taxa de aclaramento média associada a presas presentes nas experiências de selectividade cuja concentração inicial era igual ou superior a 3  $\mu\text{gC}$  está representada na **Figura 35**. A relação entre o tamanho das presas e as taxas de aclaramento correspondentes é ilustrada pela **Figura 36**. De uma forma geral, a taxa de aclaramento média aumentou com o aumento do tamanho das presas, com excepção das larvas de sardinha que com cerca de 4 mm (4000  $\mu\text{m}$ ) apresentaram uma taxa de aclaramento média relativamente baixa (10,5  $\mu\text{gC L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ).

Estatisticamente as taxas de aclaramento não variaram significativamente entre os tipos de presa presentes nas experiências. No que diz respeito aos volumes utilizados (50 e 20 litros), as taxas de aclaramento não variaram significativamente com os mesmos ( $p=0,120082$ ). Quanto aos coeficientes de selecção  $\alpha$ , os valores críticos não variaram significativamente com os mesmos ( $p=1$ ). Considerando o tamanho médio das presas e as taxas de aclaramento (em  $\mu\text{gC L}^{-1} \text{ ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), há uma relação significativa entre o tamanho da presa e a taxa a que foi predado ( $p=0,000357$ ). No entanto, se a taxa de aclaramento em  $\text{L ind}^{-1} \text{ h}^{-1}$  for comparada com o tamanho das presas, esta relação já não é significativa. Este facto deve-se ao conteúdo em carbono ( $\mu\text{gC}$ ) existente em cada unidade de presa ser consumido a 6 indivíduos apresentar uma taxa de aclaramento superior à apresentada por cada presa consumida a 6 indivíduos durante o decorrer da experiência.



**Figura 35** – Taxa de aclaramento média (em  $\mu\text{gC L}^{-1} \text{ind}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) para cada tipo de presa nas experiências de selectividade, com concentrações superiores a  $3 \mu\text{gC}$ , e respectivos desvios-padrão.



**Figura 36** – Relação entre o tamanho médio das presas utilizadas nas experiências de selectividade ( $\mu\text{m}$ ) e as taxas de aclaramento médias ( $\mu\text{gC L}^{-1} \text{ind}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) correspondentes.

## Variabilidade interanual de *Blackfordia virginica* no estuário do Guadiana

Nos meses de Junho e Agosto verificaram-se valores mais elevados de clorofila *a* e nutrientes nas estações mais a montante do estuário do Guadiana (Guerreiros do Rio e Foz De Odeleite), exceptuando a amónia que foi superior nas estações mais a jusante (baixo-estuário, Marina e Barra) e os fosfatos que se mantiveram relativamente constantes (Figuras 37 e 38). No mês de Junho (Figura 37) a clorofila *a* variou entre 9,63 e 10,11  $\mu\text{g/L}$ , os fosfatos variaram entre 0,08 e 0,16  $\text{mg/L}$ , os nitratos entre 0 e 0,63  $\text{mg/L}$  e a amónia entre 0,03 e 1,76  $\text{mg/L}$ . No mês de Agosto (Figura 38) foram registados os valores máximos de clorofila *a* (10,52 e 10,45  $\mu\text{g/L}$ ) e este parâmetro variou entre 9,64 e 10,52  $\mu\text{g/L}$ . Os fosfatos variaram entre 0,5 e 0,68  $\text{mg/L}$ , os nitratos entre 0,02 e 0,6  $\text{mg/L}$  e, finalmente, a amónia entre 0 e 1,1  $\text{mg/L}$ .

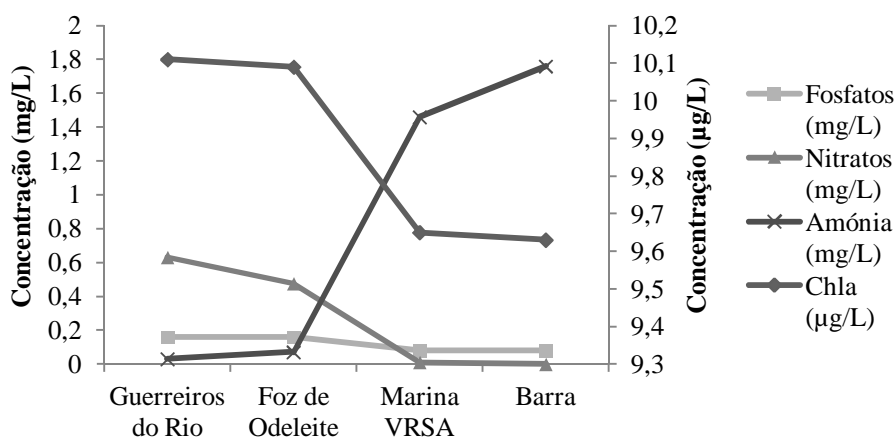
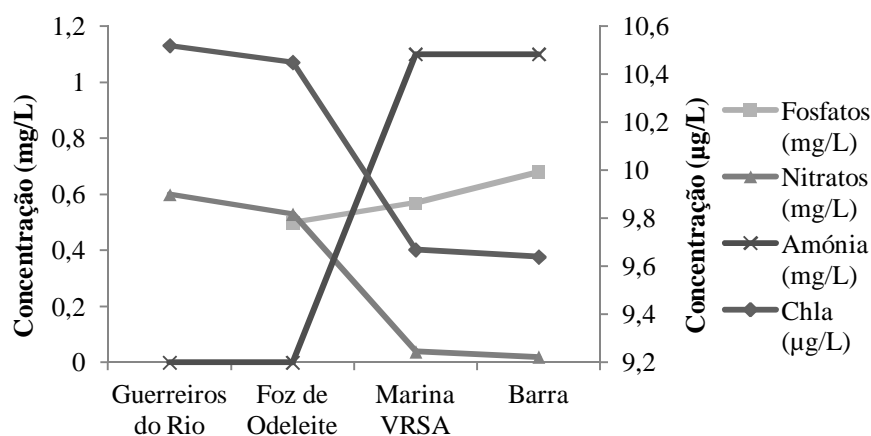


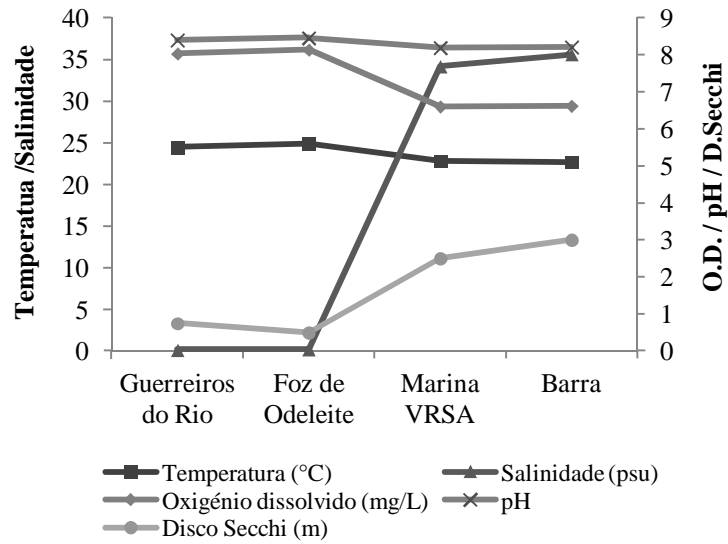
Figura 37 – Perfis de nutrientes e clorofila *a* no mês de Junho no estuário do Guadiana.



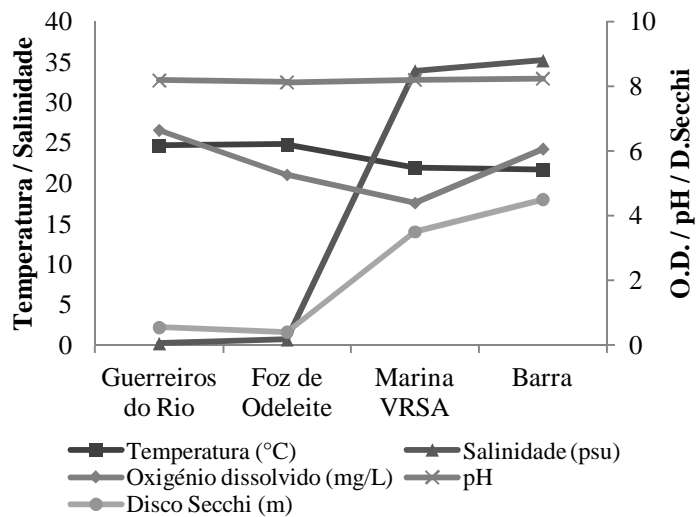
**Figura 38** – Perfis de nutrientes e clorofila *a* no mês de Agosto no estuário do Guadiana.

Os parâmetros físico-químicos da água (**Figuras 39-42**) também apresentaram perfis semelhantes para os locais durante os 2 períodos de amostragem. A temperatura da água manteve-se relativamente constante, decrescendo ligeiramente no baixo-estuário, observou-se um aumento da salinidade do alto para o baixo-estuário, os valores de pH mantiveram-se constantes e a turbidez diminuiu (aumentou a profundidade do disco de Secchi) com a deslocação do alto para o baixo-estuário, tendo sido mínima no mês de Agosto na estação da Barra (máximo de 4,5 metros de profundidade do disco de Secchi) (**Figuras 39 e 40**). Em Junho (**Figura 39**) a temperatura da água variou entre 22,70 e 24,88 °C, o oxigénio dissolvido entre 6,61 e 8,14 mg/L, a salinidade entre 0,17 e 35,60 psu, o pH entre 8,20 e 8,46 e a profundidade do disco de Secchi entre 0,75 e 3 metros, Por sua vez, no mês de Agosto (**Figura 40**) a temperatura da água variou entre 21,67 e 24,80 °C, o oxigénio dissolvido entre 4,39 e 6,64 mg/L, a salinidade entre 0,19 e 35,18 psu, o pH entre 8,12 e 8,23 e a profundidade do disco de Secchi entre 0,4 e 4,5 metros. A tendência do oxigénio dissolvido foi a que mais diferiu entre os períodos de amostragem; no mês de Junho (**Figura 39**) decresceu sempre desde a estação mais a montante (Guerreiros do Rio) até à estação mais a jusante (Barra) enquanto que no mês de Agosto (**Figura 40**) decresceu até à estação da Marina de Vila Real de Santo António (Marina VRSA), aumentando na estação seguinte (Barra). Os perfis da percentagem de saturação de oxigénio também variaram com o período de amostragem (**Figuras 41 e 42**), registando-se os valores mais baixos na estação Marina VRSA em ambos os casos. No entanto, em Junho (**Figura 41**) registaram-se valores mais elevados

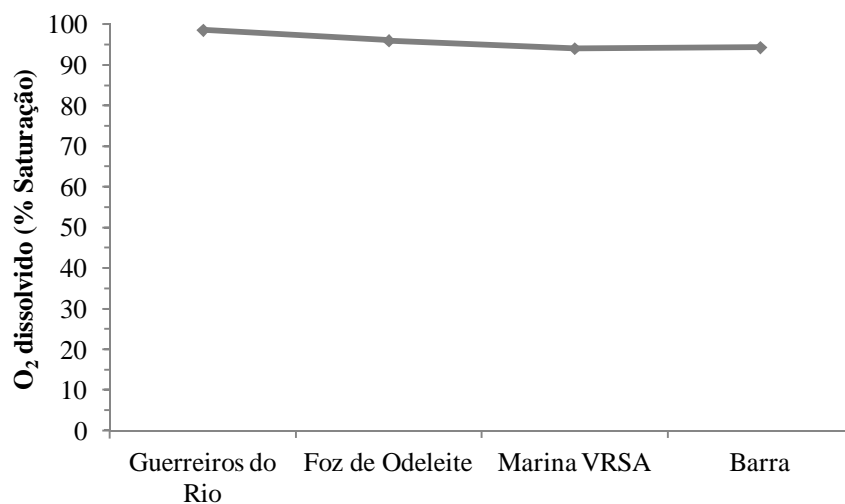
de percentagem de saturação de oxigénio, que variaram entre 94,10 e 98,60 % do que no mês de Agosto (**Figura 42**) em que os valores variaram entre 60,98 e 84,61 %.



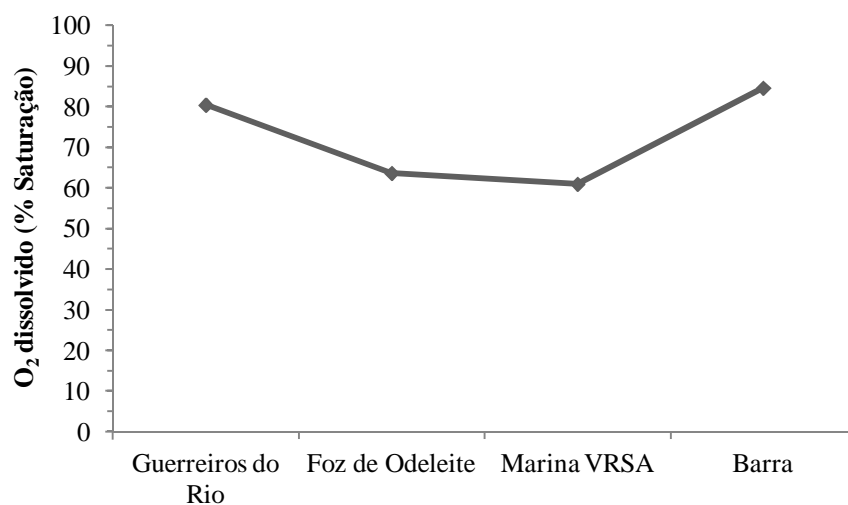
**Figura 39** – Parâmetros físico-químicos da água e profundidade do disco de Secchi no mês de Junho no estuário do Guadiana.



**Figura 40** – Parâmetros físico-químicos da água e profundidade do disco de Secchi no mês de Agosto no estuário do Guadiana.



**Figura 41** – Percentagem de saturação de oxigénio no mês de Junho no estuário do Guadiana.

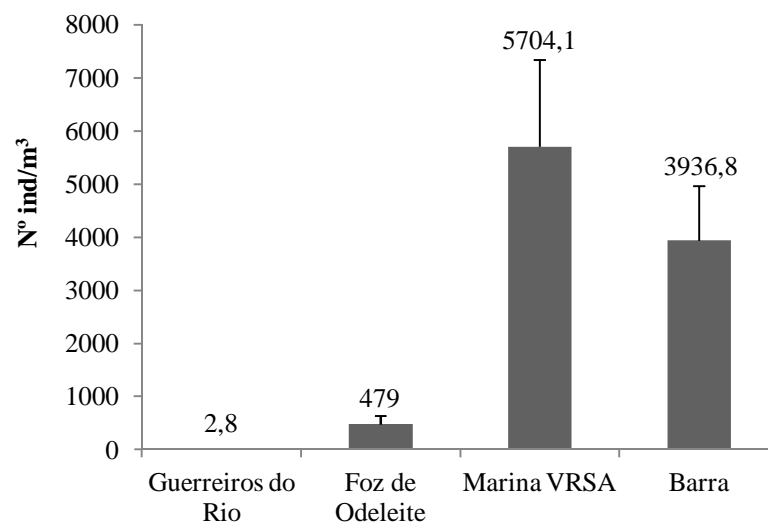


**Figura 42** – Percentagem de saturação de oxigénio no mês de Agosto no estuário do Guadiana.

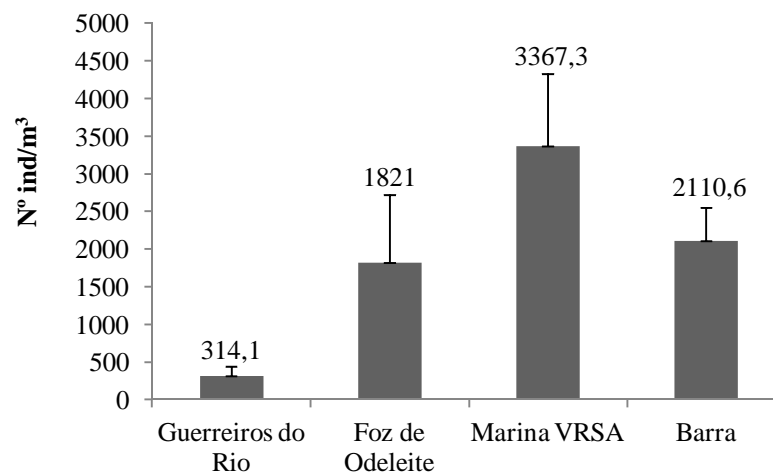
No que diz respeito às densidades de organismos em cada local de amostragem, os dados estão representados nas **Figuras 43 e 44**. No mês de Junho (**Figura 43**) a densidade de organismos (número de indivíduos por metro cúbico, nº ind/m<sup>3</sup>) variou entre 2,8 e 5704,1 ind/m<sup>3</sup> nos 4 locais de amostragem, tendo sido o local que apresentou maior densidade de organismos a Marina VRSA. Na **Figura 44**, referente ao mês de



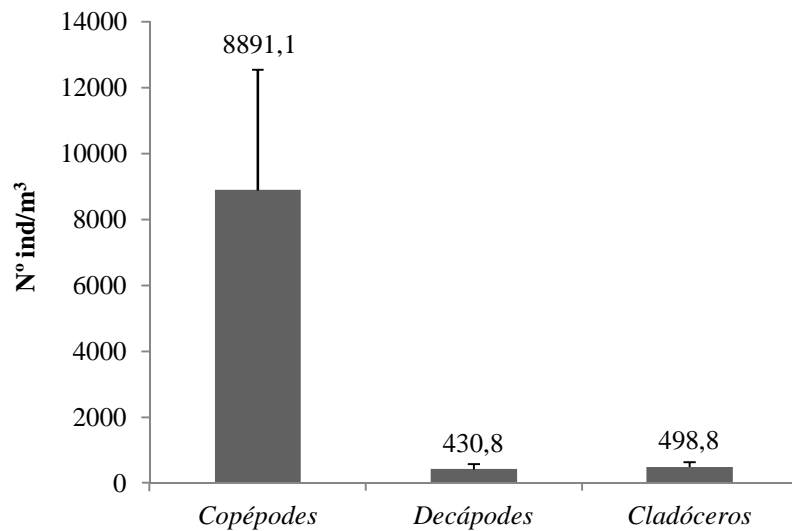
Agosto, a densidade de organismos variou entre 314,1 e 3367,3 ind/m<sup>3</sup>, sendo o local com a maior densidade de organismos, tal como no mês de Junho, a Marina VRSA. Em ambos os meses, os taxa com maior número de indivíduos por metro cúbico foram semelhantes: copépodes, cladóceros e decápodes (**Figuras 45 e 46**). Os copépodes foram os que apresentaram maior abundância (8891,1 ind/m<sup>3</sup> e 6410 ind/m<sup>3</sup>) em ambos os meses, seguidos dos cladóceros (498,8 ind/m<sup>3</sup> em Junho e 757,3 ind/m<sup>3</sup> em Agosto) e dos decápodes (430,8 ind/m<sup>3</sup> no mês de Junho e 280,1 ind/m<sup>3</sup> no mês de Agosto). A hidromedusa *Blackfordia virginica*, espécie de interesse para este trabalho, esteve presente apenas no mês de Agosto e apresentou uma densidade de 8,01 ind/m<sup>3</sup>.



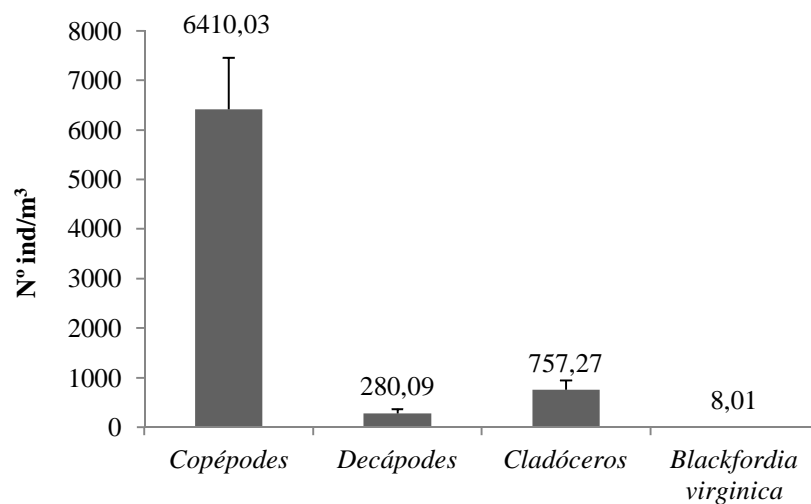
**Figura 43-** Densidade de organismos por local de amostragem no mês de Junho no estuário do Guadiana.



**Figura 44-** Densidade de organismos por local de amostragem no mês de Agosto no estuário do Guadiana.

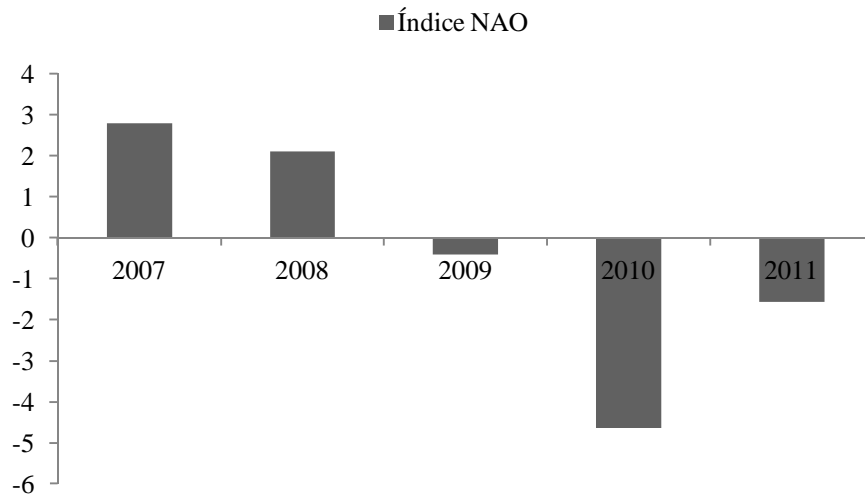


**Figura 45** – Densidade dos taxa mais abundantes no mês de Junho no estuário do Guadiana.



**Figura 46**- Densidade dos taxa mais abundantes e da espécie de interesse, *Blackfordia virginica*, no mês de Agosto no estuário do Guadiana.

Os valores registados da Oscilação do Atlântico Norte (NAO) nos últimos 5 anos estão representados na **Figura 47**. Os últimos 3 anos (2009-2011) apresentaram valores de NAO negativa, facto que não acontecia desde 1968 em a NAO registou valores negativos 4 anos consecutivos.



**Figura 47** – Valores da Oscilação do Atlântico Norte (NAO) nos últimos 5 anos (Fonte: [www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/Data/naodjfmindex.xls](http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/Data/naodjfmindex.xls)).

## Discussão

De forma a separar as espécies de interesse deste trabalho e resultados correspondentes, esta discussão vai ser dividida em duas sub-secções: uma para a cifomedusa *Aurelia aurita* e outra para a hidromedusa *Blackfordia virginica*.

### *Aurelia aurita*

Muitos autores referem uma relação positiva entre o diâmetro das medusas e as taxas de ingestão e/ou de aclaramento (Bailey & Batty, 1983; Bailey, 1984; Bailey & Batty, 1984; Purcell et al., 1994; Olesen, 1995; Ishii & Tanaka, 2001; de Lafontaine & Leggett, 1988; Hansson, 2006; Graham & Kroutil, 2001; Hansson et al., 2005; Titelman & Hansson, 2006). Neste trabalho observou-se um aumento das taxas de ingestão com o aumento do tamanho das medusas (**Figura 11**) independentemente do tipo de presa fornecido. Bailey & Batty (1983) e Olesen et al. (1994) referem que medusas maiores estão associadas a um maior número de presas ingeridas, facto atribuído às maiores taxas de aclaramento de animais com dimensões maiores. No que diz respeito às taxas de aclaramento (**Figura 20**), observou-se um aumento das mesmas com o aumento do diâmetro das medusas em experiências onde foram fornecidas larvas de sardinha e uma diminuição das mesmas com o aumento do diâmetro das medusas em experiências com náuplios de artémia e ovos de sardinha. Esta tendência poderá estar relacionada com a elevada capacidade de evasão das larvas de sardinha quando comparada com a dos ovos e dos náuplios de artémia, o que faz com que a medusa tenha de deslocar mais água para as poder ingerir.

Considerando o número de vezes que as medusas contraíram a umbrela por minuto (pulsos  $\text{min}^{-1}$ ), pode concluir-se que este número diminuiu com o aumento do diâmetro das mesmas nas experiências com larvas de sardinha e náuplios de artémia e aumentou ligeiramente nas experiências com ovos de sardinha (**Figura 12**). Este ligeiro aumento pode dever-se ao facto de os ovos não possuírem mobilidade e as medusas terem de manter a frequência de contracção umbrelar durante mais tempo para se alimentarem, uma vez que o recipiente experimental era desprovido de um mecanismo que promovesse a circulação de água. A relação entre o número de pulsos por minuto e a concentração inicial de alimento fornecido às medusas (**Figura 13**) mostra um aumento

do número de pulsos nas experiências com ictioplâncton e uma diminuição dos mesmos nas experiências com náuplios de artémia e com concentrações de alimento bastante superiores. Esta relação negativa poderá estar relacionada com as elevadas concentrações de alimento fornecidas e à habilidade que as medusas têm de ingerir rapidamente grandes quantidades de alimento, ficando depois com a cavidade gastrovascular cheia e dependentes da velocidade de excreção para poderem ingerir mais alimento (Elliot & Leggett, 1996). Uma vez impossibilitadas de se alimentarem devido a processos fisiológicos, as medusas cessam a procura de alimento, diminuindo o número de pulsos por minuto independentemente do seu tamanho.

A realização de experiências em laboratório implica muitas vezes o confinamento dos animais em estudo. Para além dos problemas que existem em recriar as condições do meio pelágico (temperatura, luminosidade, salinidade, distribuição e composição das presas), a maior dificuldade associada às experiências em laboratório estará relacionada com os efeitos que o confinamento a um espaço limitado provoca em predadores de grandes dimensões e com mobilidade. Estes animais no meio ambiente não estão habitualmente em contacto com barreiras físicas excepto as interfaces ar-água e água-fundo oceânico (Hansson, 2006). Neste estudo utilizaram-se três tipos de recipientes de reduzidas dimensões (4, 20 e 50L). Perturbações induzidas pelo tipo de recipiente afectaram os resultados obtidos em estudos com *Aurelia aurita* realizados anteriormente (Bailey & Batty, 1983; de Lafontaine & Leggett, 1987; Olesen, 1995; Martin, 2001). O efeito do recipiente (espaço limitado) pode fazer com que os predadores, e até mesmo as presas, exibam comportamentos anormais comparados com os que exibiriam na natureza (Hansson, 2006). Embora recipientes de pequenas dimensões possam influenciar resultados, os recipientes de grandes dimensões também podem provocar perturbações tal como referido por Martin (2001). O autor refere que um volume de 28 m<sup>3</sup> (28000 litros) pode dar origem a perturbações no comportamento natatório e crescimento de *Aurelia* sp.. Hansson (2006) também refere que experiências realizadas em volumes elevados podem provocar uma distribuição não-homogénea das presas, facto que é difícil de controlar ou compensar.

Na maioria dos trabalhos publicados considerando as taxas de aclaramento e ingestão de *Aurelia aurita* foram utilizados recipientes com volumes superiores aos utilizados neste trabalho (de Lafontaine & Leggett, 1987; de Lafontaine & Leggett, 1988; Elliott & Leggett, 1996; Hansson et al., 2005; Titelman & Hansson, 2006; Shoji, 2008). Num

trabalho em que utilizaram diferentes volumes (262 a 6350 litros), de Lafontaine & Leggett (1987) determinaram que existe uma diminuição das taxas de ingestão com o aumento do volume do recipiente. No entanto, comparando a ingestão de larvas de peixe com autores que utilizaram volumes semelhantes, os valores para a taxa de ingestão média neste trabalho (**Figura 9**) foram superiores aos apresentados por Bailey & Batty (1983), 40 larvas de sardinha ingeridas por medusa por hora e 6,64 larvas de arenque ingeridas por medusa por hora. Esta diferença de valores pode dever-se a outros factores que não o volume do recipiente, nomeadamente o tamanho médio das larvas de peixe (neste trabalho foi de 5 mm e no trabalho das referidas autoras foi de 11mm) juntamente com o tamanho das medusas (neste trabalho variou entre 10,2 a 10,5 cm de diâmetro e no trabalho anterior entre 1,2 a 1,4 cm).

Em trabalhos em que o volume utilizado foi maior (de Lafontaine & Leggett, 1987; de Lafontaine & Leggett, 1988; Elliott & Leggett, 1996), as taxas de ingestão médias foram superiores em volumes de 38 e 3100 litros (Elliott & Leggett, 1996) e inferiores em volumes que variaram entre os 260 e os 6350 litros (de Lafontaine & Leggett, 1987; de Lafontaine & Leggett, 1988), não estando os resultados de Elliott & Leggett (1996) de acordo com o defendido por de Lafontaine & Leggett (1987) no que diz respeito à relação entre a ingestão e o tamanho do recipiente. Em Elliott & Leggett (1996), a taxa de ingestão média foi de 35 larvas de capelím (*Mallotus villosus*) recém-eclodidas por medusa por hora a uma temperatura de 15°C e num volume de 38 L (concentração inicial de 4/L) enquanto no presente estudo a taxa de ingestão média de larvas de sardinhas em estado de desenvolvimento semelhante (1 e 3 dias pós-eclosão) para uma concentração inicial de 5 larvas/L foi de 13,9 larvas/medusa/hora. Nas experiências de Elliott & Leggett (1996) o diâmetro médio das medusas foi de 5,3 cm, cerca de metade do diâmetro das medusas utilizadas no presente estudo. Nas experiências de mesocosmos realizadas por Elliott & Leggett (1996) (3100 litros), a taxa média de ingestão a 15°C foi de 50 larvas/medusa/hora, correspondente a uma concentração inicial total de 500 larvas de capelím (0,16/L), contraria mais uma vez o defendido por de Lafontaine & Leggett (1987). O diâmetro médio das medusas utilizadas foi de 12 cm. No presente estudo a taxa de ingestão média correspondente à concentração de 1,25 larvas de sardinha/L (a mais semelhante à utilizada na experiência de mesocosmos de Elliott & Leggett, 1996) foi de 4,8 larvas/medusa/hora, valor bastante inferior ao registado pelos autores. de Lafontaine & Leggett (1988) realizaram as experiências com

*Aurelia aurita* em recipientes com 3200 litros de capacidade. Os valores registados diferiram bastante dos obtidos neste estudo e os apresentados por Elliott & Leggett (1996) em volume semelhante. A concentração inicial variou entre 0,012 e 0,78 larvas de capelim com saco vitelino por litro (12 a 780 larvas/1000L) e a taxa de ingestão média máxima registada foi de 0,09 larvas/medusa/dia, o que equivale a aproximadamente 0,00375 presas/medusa/hora; valor bastante inferior ao registado à concentração mínima de alimento fornecido no presente estudo (4,8 larvas de sardinha/medusa/hora, concentração inicial de 1,25 larvas/L). Mais uma vez, a taxa de ingestão média mais alta (0,05 larvas/medusa/hora, num volume de 262 litros) foi bastante inferior ao menor valor registado neste estudo. Considerando o trabalho desenvolvido por Titelman & Hansson (2006) com larvas de bacalhau (*Gadus morhua*) com saco vitelino, as taxas de ingestão média parecem ser mais elevadas: no presente trabalho cada medusa ingeriu cerca de 40 larvas de sardinha por hora (correspondente a uma concentração inicial de 20 larvas/L) e Titelman & Hansson (2006) apresentaram valores de uma ingestão média de cerca de 100 larvas de bacalhau/medusa/hora correspondente a uma concentração inicial de cerca de 14 larvas/L. A diferença de valores pode dever-se ao tamanho dos recipientes onde decorreram as experiências (4 e 27 litros), visto que num máximo de 80 larvas por recipiente as medusas foram capazes de ingerir cerca de metade das presas numa hora e num volume superior (com o total de 532 larvas no recipiente) as medusas ingeriram cerca de 1/5 do alimento disponível numa hora. Estes valores demonstram a ocorrência de um exagero no cálculo das taxas de ingestão em recipientes de capacidade reduzida, tal como defendido por de Lafontaine & Leggett (1987). Estes autores verificaram um aumento linear da ingestão até ao que consideraram uma concentração muito elevada de alimento (200 larvas por litro, volume de 150 litros), mas os resultados obtidos neste trabalho para os náuplios de artémia (**Figura 5**) revelaram um aumento linear até à concentração de 8000 náuplios por litro, supondo que o patamar de ingestão máxima foi alcançado entre as 8000 e as 12000 presas por litro. Estes valores, apesar de diferentes, dizem respeito a um número total de presas semelhante (30000 larvas de bacalhau e 32000 náuplios de artémia), revelando uma capacidade de ingestão semelhante entre as medusas utilizadas em ambos os estudos (com diâmetros médios semelhantes; 7,4 e 10 cm, respectivamente) mesmo aquando da utilização de tipos de presas diferentes. As taxas de ingestão aumentaram com o aumento da concentração de alimento, como de acordo com a bibliografia (Bailey & Batty, 1983; de Lafontaine & Leggett, 1987; Purcell et al., 1994;

Titelman & Hansson, 2006), independentemente do tipo de presa utilizado (**Figuras 5-10**).

A forma de captura de presas neste estudo confirmou o defendido por Bailey & Batty (1984), as medusas de grandes dimensões capturaram as presas predominantemente com os tentáculos ao invés de o fazerem com a superfície exumbrelar. Observou-se também uma maior taxa de ingestão de larvas de sardinha mais pequenas e menos desenvolvidas relativamente a larvas mais desenvolvidas e de maiores dimensões (**Figura 21**), o que está de acordo com o trabalho desenvolvido por Bailey (1984) e Shoji (2008). Esta relação é explicada por Purcell & Arai (2001), que defendem que um maior tamanho e uma maior velocidade de natação das larvas de peixe aumentam as taxas de encontro com as medusas mas também as possibilidades de evasão das larvas. Por outro lado, Titelman & Hansson (2006) não observaram diferenças na evasão das larvas de bacalhau nos primeiros 4-5 dias de desenvolvimento (ainda com o saco vitelino presente). Neste trabalho, as taxas de ingestão de larvas L3 são inferiores às larvas L15, possivelmente devido ao seu menor tamanho e a relação entre o mesmo e o tamanho dos recipientes experimentais, dado que em ambas as idades as larvas já apresentam olhos pigmentados, contrariamente ao observado nas larvas L1. As larvas L15 possuem mecanismos para detectar visualmente os predadores, mas devido ao seu tamanho, ao tamanho do recipiente e ao tamanho dos predadores a sua capacidade de evasão foi inferior à esperada. Os resultados deste trabalho estão de acordo com as conclusões dos trabalhos de Bailey & Batty (1984) e Webb (1981), em que é referido que a captura das larvas estava relacionada com a reactividade aquando de um encontro com a medusa (larvas menos reactivas, e mais pequenas, eram consumidas preferencialmente em comparação a larvas de maiores dimensões) e que a reactividade das larvas a um predador está relacionada com o desenvolvimento da sua visão.

Titelman & Hansson (2006) referem que a taxa de aclaramento é uma medida de comparação apropriada entre experiências de autores diferentes, dado que estas são taxas são, por definição, independentes do volume dos recipientes onde decorrem as experiências e também das concentrações iniciais de alimento (desde que a concentração não chegue a zero durante o decorrer da experiência e que as presas não existam em concentrações de saturação no recipiente). Estes autores converteram valores de taxas de ingestão e mortalidade em taxas de aclaramento de trabalhos anteriormente publicados. Os valores calculados por estes autores vão ser usados como



referência para comparar valores entre o presente trabalho e os trabalhos que não apresentam valores de taxas de aclaramento mas somente de ingestão. No presente trabalho a taxa de aclaramento média para larvas recentemente eclodidas que apresentavam ainda saco vitelino (L1 e L3 correspondentes a larvas com 1 dia de idade e 3 dias de idade, respectivamente) foi de 26,2 L/medusa/h e o diâmetro médio das medusas utilizadas foi de 10 cm. Comparando com as taxas de aclaramento calculadas por Titelman & Hansson (2006), as medusas utilizadas por Bailey & Batty (1984) com um diâmetro médio de 2 cm registaram uma taxa de aclaramento média de 5,49 L/medusa/h; as taxas de aclaramento médias de de Lafontaine & Leggett (1988) associadas a diâmetros médios de 2,6, 3,2, 3,8 e 7,1 cm foram calculados como sendo 1, 2,2, 3 e 1,2 L/medusa/hora, respectivamente. Elliott & Leggett (1996) apresentaram taxas de aclaramento de 9,8 e 195 L/medusa/hora em experiências com medusas com diâmetros entre 3,5-7,8 cm e 9-16 cm, respectivamente. Já Titelman & Hansson (2006) obtiveram uma taxa de aclaramento média de 5,76 L/medusa/h com medusas com um diâmetro médio de 6,8 cm. No que diz respeito ao trabalho de de Lafontaine & Leggett (1987) que utilizaram medusas com um tamanho médio de 5 cm, os valores de aclaramento obtidos pelos autores foram inferiores aos registados no presente estudo, tendo sido a taxa de aclaramento máxima igual a 22,9 L/medusa/h (548,72 L/medusa/dia). Ignorando a variável volume, verifica-se que medusas com maiores dimensões apresentam maiores taxas de aclaramento (de Lafontaine & Leggett, 1988; Elliott & Leggett, 1996) mas este facto não é observado comparando tamanhos de medusas utilizadas em estudos diferentes (e consequentemente volumes diferentes); por exemplo, medusas com tamanho médio de 6,8 cm (Titelman & Hansson, 2006) apresentam uma taxa de aclaramento média superior (5,76 L/medusa/h) à apresentada por medusas com tamanho ligeiramente superior embora semelhante (7,1 cm e 1,2L/medusa/h; de Lafontaine & Leggett, 1988). Comparando valores de diferentes autores, pode supor-se que a taxa de aclaramento não será a melhor medida para comparar resultados entre estudos dado que é afectada não só pelo tamanho das medusas mas ainda mais pelo volume dos recipientes, tal como observado por de Lafontaine & Leggett (1987). O tamanho dos recipientes pode também justificar as taxas de aclaramento semelhantes associadas a larvas recentemente eclodidas entre o presente estudo e o de de Lafontaine & Leggett (1987). Uma vez que as taxas de aclaramento (e ingestão) são influenciadas pelo diâmetro da medusa, como já foi referido, é pouco provável que medusas com 10 cm de diâmetro apresentem taxas de

aclareamento semelhantes às apresentadas por medusas com metade do seu tamanho. No entanto, no presente estudo não se verificou uma influência do volume do recipiente; as taxas de aclareamento médias variaram pouco com o aumento do volume do recipiente onde decorreram as experiências (4 e 20 litros, utilizando larvas de sardinha como presas e não discriminando idades). Nas experiências realizadas nos *beakers* (4 L) a taxa de aclareamento média de todas as experiências foi de 24,4 L/medusa/hora e a taxa de aclareamento média registada nas experiências realizadas na pseudo-kreisel (20 L) foi de 26 L/medusa/hora. Ainda considerando a taxa de aclareamento média, esta variou significativa e consideravelmente entre tipos de presa tal como em Hanson et al. (2005), sendo mais elevada para as larvas de sardinha (24,4 L ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e menor para os ovos de sardinha (8,1 L ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) (**Figuras 18 e 16**). Os náuplios de artémia apresentaram uma taxa de aclareamento média de 12,5 L ind<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (**Figura 14**). Os valores de taxa de aclareamento de *Artemia salina* foram superiores aos registados por Hansson et al. (2005), possivelmente devido ao tamanho das medusas utilizadas (as medusas utilizadas por estes autores variaram entre 1 e 6 cm de diâmetro). De salientar que o tipo de presa associado à maior taxa de aclareamento média foi também a que apresentou maior tamanho médio (larvas de sardinha, 3994,4 µm) e os ovos de sardinha, com um tamanho médio de 1309,9 µm, apresentaram a menor taxa de aclareamento média possivelmente devido à sua falta de mobilidade e posicionamento à superfície da água, reduzindo desta forma as taxas de encontro com as medusas. A captura mais eficaz de presas maiores pode estar relacionada com a disposição dos tentáculos das medusas, uma vez que as presas maiores estão incapacitadas de passarem entre os tentáculos dos predadores sem serem capturadas (Hansson et al., 2005). Os resultados obtidos revelam que as taxas de aclareamento são função do tamanho da medusa e do tipo de presa fornecido, tal como verificado por Hansson et al. (2005). Este estudo demonstrou ainda que estas taxas são também função da concentração inicial de alimento.

Quando o alimento é abundante as taxas de ingestão são influenciadas pelas taxas de digestão, definindo estas o limite superior das primeiras. Desta forma, as taxas de ingestão vão ser limitadas pela capacidade de digestão do animal e não apenas pela taxa de encontro com as presas. Pode então concluir-se que em situações onde a concentração de alimento é elevada vai existir uma relação estreita entre taxas de digestão e de ingestão (Martinussen & Båmstedt, 2001). Espécies com elevadas taxas de digestão têm uma vantagem competitiva em relação a espécies com taxas de digestão

mais lentas, visto que são capazes de utilizar os recursos existentes de forma mais eficiente (Martinussen & Båmstedt, 2001). A medusa *Aurelia aurita* é exemplo de uma espécie cujas taxas de digestão são consideradas elevadas. Uma temperatura elevada pode actuar directamente nas taxas metabólicas de *A. aurita* ou indirectamente na disponibilidade de alimento através de aumentos nas produtividades primária e secundária (Lucas & Lawes, 1998). Hansson et al. (2005) referem que é provável que a actividade das enzimas digestivas aumente com a temperatura. Outros autores (Heeger & Möller, 1987; Martinussen & Båmstedt, 2001) referem que ocorre uma diminuição do tempo de digestão com o aumento da temperatura. A influenciar os tempos de digestão e possivelmente as taxas de ingestão estão ainda o número de presas e o tamanho das medusas (Martinussen & Båmstedt, 1999). Desta forma, e considerando a bibliografia, a temperatura registada neste trabalho também poderá ter sido outro dos factores a influenciar os resultados obtidos, visto que foi superior (19,3–20,9 °C, temperaturas às quais pequenos pelágicos de interesse estão a desovar) às registadas por outros autores (Bailey & Batty, 1983: 10–13 °C; de Lafontaine & Leggett, 1987: 8,67–16,22 °C; de Lafontaine & Leggett, 1988: -0,9–10,6 °C; Elliott & Leggett, 1996: 15 °C; Titelman & Hansson, 2006: 8°C). Uma temperatura elevada influencia também o número de pulsos por minuto das medusas (Olesen, 1995; Elliott & Leggett, 1996; Hansson, 1997) e este facto pode contribuir para um aumento das taxas de aclaramento a temperaturas mais elevadas; facto também observado neste trabalho comparativamente a outros autores (Bailey & Batty, 1984: 10–12 °C; de Lafontaine & Leggett, 1987: 8,67–16,22 °C; de Lafontaine & Leggett, 1988: -0,9 – 10,6 °C; Elliott & Leggett, 1996: 15 °C; Titelman & Hansson, 2006: 8°C).

A resposta funcional de uma espécie consiste na forma como as taxas de ingestão variam com a concentração de presas (Gentleman & Neuheimer, 2008). No que diz respeito à medusa *Aurelia aurita*, o tipo de resposta funcional foi determinada com a realização de experiências de ingestão em que foram utilizados náuplios de artémia como presa (**Figuras 5 e 14**). A determinação do tipo de resposta funcional foi feita considerando as taxas de aclaramento (**Figura 14**), visto que a relação entre as taxas de ingestão e concentração de alimento (**Figura 5**) não evidenciou claramente o tipo de resposta. Foi possível determinar a resposta funcional da *Aurelia aurita* como sendo do tipo 3 e neste tipo de resposta as taxas de aclaramento aumentam com concentrações

baixas de alimento, atingindo um valor máximo a partir do qual diminuem mesmo com o aumento da quantidade de alimento disponível (Gentleman & Neuheimer, 2008).

Apesar de resultados obtidos em laboratório (Suchman & Sullivan, 2000) estarem de acordo com os obtidos *in situ* para a *Aurelia aurita* (Costello et al. 1998) no que diz respeito ao tempo de natação das medusas durante o decorrer das experiências e sugerir a *planktokreisel* (ou somente *kreisel*) como o melhor recipiente para a realização de experiências em laboratório com medusas, no presente estudo não se verificaram diferenças significativas entre os resultados obtidos em recipientes com e sem circulação de água.

Dadas as diferenças estruturais e comportamentais existentes entre seres planctónicos, os organismos predadores não possuem a capacidade de capturar todos os tipos de presas com a mesma eficiência. A diferença resultante na habilidade de ingestão de diferentes presas pelo predador juntamente com uma rejeição activa das presas ingeridas é muitas vezes referida como selecção ou selectividade de presas. É importante saber se existem presas na comunidade planctónica de um local que são consumidas a uma taxa superior relativamente a outras, de forma a prever o efeito de um predador num ecossistema (Hansson, 2006). O conhecimento do processo de selecção de presas é importante para a compreensão dos mecanismos de captura das presas pelas medusas (e outros organismos gelatinosos) e tem sido utilizado para testar previsões acerca da capacidade de evasão das presas com base em modelos mecanicistas (Sullivan et al., 1994; Suchman & Sullivan, 1998; Graham & Kroutil, 2001). Costello & Colin (1994) defendem que as presas seleccionadas positivamente deverão apresentar velocidades de evasão menores que a velocidade de fluxo marginal provocada pela natação das medusas e as presas seleccionadas negativamente nadam a uma velocidade superior à velocidade de fluxo marginal das medusas. Os autores referem também que diâmetros umbrelares superiores estão associados a velocidades marginais superiores, aumentando a eficácia de captura de presas mais velozes à medida que as medusas crescem, facto confirmado no estudo de Sullivan et al. (1994). Sullivan et al. (1994) referem que a velocidade de evasão é um bom factor para explicar a selectividade de determinados tipos de presas mas não será o único. A selectividade de determinados tipos de presas relativamente a outros foi calculada com base no índice  $\alpha$  (Chesson, 1978). Segundo Lechowicz (1982) este índice tem a vantagem de não ser afectado pela abundância relativa dos diferentes tipos de presa, o que permite comparações significativas entre

amostras. Nas experiências de selectividade (**Tabelas 2-9**) as taxas de ingestão aparentaram estar relacionadas com a concentração inicial do tipo de presa (independentemente das unidades): maiores concentrações de alimento corresponderam a maiores taxas de ingestão na maioria dos casos, tal como observado nas experiências de ingestão. No entanto, as maiores taxas de aclaramento nunca corresponderam aos organismos que apresentavam maiores concentrações no início das experiências. Hansson (2006) não encontrou relação entre as concentrações de zooplâncton e as taxas de ingestão. Este autor registou taxas de aclaramento médio (que usou como medida de selectividade) de 7,8 L/medusa/hora para cladóceros (valor máximo), 2,8 L/medusa/hora para copépodes e 0,32 L/medusa/hora para náuplios de copépode, o que sugere que o risco de ingestão de copépodes aumenta com o aumento do seu grau de desenvolvimento e este facto também se verificou no presente estudo (ignorando os valores de concentrações iniciais) (**Tabela 2**). Em todas as experiências de selectividade, a taxa de aclaramento mais elevada correspondeu ao copépode *Calanus helgolandicus* e a ovos de peixe (17,7 L/medusa/hora; experiência XX). Tal como em Sullivan et al. (1994), as amostras neste estudo foram dominadas por copépodes, taxon associado ao maior número de presas consumidas.

Graham & Kroutil (2001) testaram a selectividade de copépodes grandes (> 1mm; maior velocidade de evasão), copépodes pequenos (< 1mm; menor velocidade de evasão) e ovos de peixe (sem capacidade de evasão). Os resultados definiram que os copépodes menores foram mais seleccionados que os grandes e que os ovos e que os ovos foram mais seleccionados que os copépodes grandes. No presente estudo os copépodes grandes, seguindo os mesmos critérios que Graham & Kroutil (2001), corresponderam às espécies *Calanus helgolandicus* e *Mesocalanus ctenicornis* e os copépodes pequenos aos restantes géneros. A selectividade variou entre experiências, não sendo possível definir uma tendência: na experiência XIV (**Figura 25**) os copépodes grandes foram mais seleccionados que os pequenos, os copépodes pequenos mais seleccionados que os ovos de peixe e os ovos de peixe menos seleccionados que os copépodes grandes; na experiência XIX (**Figura 28**) os copépodes pequenos foram mais seleccionados que os grandes e os ovos de peixe mais seleccionados que os copépodes de ambos os tamanhos. Na **Figura 31**, correspondente à experiência XX, a selecção de copépodes grandes e ovos de peixe foi semelhante e estes dois grupos foram mais seleccionados que os copépodes pequenos. Finalmente na experiência XXI (**Figura 34**), nenhum dos grupos de copépodes foi seleccionado e ambos apresentaram índices de

selecção semelhantes. Graham & Kroutil (2001) defendem que a vulnerabilidade dos copépodes à predação por medusas aumenta com o tamanho e a velocidade de natação dos mesmos, embora no presente estudo esta tendência não seja observável com frequência. A selecção de ovos e larvas de sardinha ocorreu em algumas experiências mas não em todas, pelo que não se pode retirar uma tendência geral no que diz respeito a estes tipos de presa. Segundo Graham & Kroutil (2001) para analisar a dieta de um animal é necessário ter em conta a qualidade ( $\mu\text{gC}$ ) assim como a quantidade (presas/L) das presas consumidas. As **Figuras 35 e 36**, mostram a importância da qualidade da dieta para as medusas. As presas que foram sujeitas a maiores taxas de aclaramento não foram as que estavam presentes em maior número no recipiente experimental e em oposição, as que existiam em maiores quantidades (no total de todas as experiências realizadas) sofreram das menores taxas de aclaramento (**Figura 35** em comparação com as **Tabelas 2, 4, 6 e 8**). Este facto pode ser explicado pela **Figura 36**, que demonstra uma relação positiva entre as taxas de aclaramento e o tamanho médio das presas. Esta relação vai de encontro ao referido anteriormente respeitante ao tamanho das presas, velocidade de evasão (Bailey, 1984) e características dos predadores. As larvas de sardinha apresentam uma dimensão elevada (cerca de 4 mm) mas uma taxa de aclaramento reduzida enquanto que os Chaetognatha apresentam o maior tamanho e a maior taxa de aclaramento; esta diferença pode dever-se à capacidade de detectar o predador e reagir à sua presença, bastante superior nas larvas de sardinha possivelmente por possuírem um sistema nervoso mais complexo.

### ***Blackfordia virginica***

As amostragens realizadas no estuário do Guadiana durante a recolha da hidromedusa invasora *Blackfordia virginica* evidenciaram tendências dos parâmetros ambientais já descritas em trabalhos anteriores. Os valores mais elevados de clorofila *a*, nitratos e temperatura a montante (na zona do alto estuário; Guerreiros do Rio e Foz de Odeleite) e valores de amónia e salinidade mais elevados na zona do baixo estuário (Marina e Barra) (Chícharo et al., 2006a; Faria et al., 2006; Morais et al., 2009). Os fosfatos foram os únicos nutrientes que não apresentaram uma tendência clara, apresentando em Junho valores mais elevados a montante e em Agosto a jusante (**Figuras 37 e 38**).

Considerando os valores de clorofila *a* (**Figura 37**), o valor registado no mês de Junho (9,65 µg/L) foi inferior ao registado em Junho de 2010 (15,42 µg/L) em local semelhante (Marina VRSA) (Neves, 2011). No entanto, o mínimo de clorofila *a* (9,63 µg/L) foi bastante superior ao valor registado por Faria et al. (2006) em Agosto de 2002 e o valor máximo (10,52 µg/L) foi semelhante ao registado pelos mesmos autores em Julho de 2002 (12,3 µg/L). Comparativamente aos resultados apresentados por Chícharo et al. (2006a), os valores obtidos no presente trabalho respeitantes ao mês de Junho foram superiores em ambas as zonas do estuário (alto e baixo). Os valores da temperatura da água foram mais baixos no mês de Junho (**Figura 39**) relativamente a igual período do ano anterior considerando um local de amostragem semelhante (Barra). A temperatura registada (22,7°C) foi quase 1°C mais baixa que a apresentada (23,5°C) por Neves (2011). A temperatura máxima registada (24,88°C, mês de Junho) foi inferior em quase 2°C à registada por Faria et al. (2006) em Agosto de 2002 e cerca de um grau centígrado superior à temperatura máxima registada por Chícharo et al. (2006a) em Setembro de 2001. No que diz respeito aos nutrientes, os valores dos nitratos neste trabalho, comparativamente a valores do ano de 2001 (3,72 e 0 mg/L), Chícharo et al. (2006a) (ano em que o valor da NAO também foi negativo), foram inferiores no alto-estuário no mês de Junho e semelhantes no baixo-estuário em igual período. Os valores de amónia também foram semelhantes aos apresentados por Chícharo et al. (2006a) em ambas as zonas do estuário. Finalmente, os fosfatos apresentaram valores intermédios aos apresentados no mês de Junho por Chícharo et al. (2006a) nos anos de 2000 e 2001 (0,095 e 0,95 mg/L, respectivamente) na zona do alto estuário. Considerando o baixo-estuário, os valores neste trabalho (0,08 mg/L) foram mais baixos aos registados em 2000 e 2001 (4,28 e 0,19 mg/L), aproximando mais, no entanto, aos de Junho de 2001. Considerando as comunidades zooplancónicas, este trabalho apresentou a mesma tendência observada por Chícharo et al. (2006a), em que existe maior diversidade e se observa uma maior abundância de organismos no baixo-estuário. No que diz respeito a abundâncias nesta zona, e comparando com valores do mês de Junho dos anos 2000 e 2001 (Chícharo et al., 2006a), pode verificar-se que as abundâncias de cladóceros foram muito semelhantes (cerca de 500 cladóceros/ m<sup>3</sup> e 498,78 cladóceros/m<sup>3</sup>, respectivamente). A abundância de copépodes foi bastante inferior (8579,09 copépodes m<sup>-3</sup>) comparativamente às registadas por Chícharo et al. (2006a): cerca de 50000 copépodes m<sup>-3</sup> em ambos os anos. A abundância de decápodes (263,88 decápodes m<sup>-3</sup>) foi bastante superior à registada em 2000 e 2001 (cerca de 15 decápodes m<sup>-3</sup>) e a

abundância de ovos de peixe foi superior neste trabalho (37,28 ovos/m<sup>3</sup>) à observada por Chícharo et al. (2006a), cerca de zero ovos por metro cúbico, e também superior à observada por Faria et al. (2006), que correspondeu a 21,22 ovos m<sup>-3</sup>. Este aumento pode estar relacionado com a ausência ou reduzida abundância de medusas no estuário durante o período de amostragem, visto que Faria et al. (2006) registaram uma diminuição significativa do número de ovos por metro cúbico quando se observou um aumento da abundância de medusas no estuário do Guadiana em Julho de 2002.

Com base no estudo de Neves (2011), pode verificar-se que as abundâncias totais de organismos por local de amostragem foram bastante superiores neste trabalho. Neves (2011) apresentou abundâncias de 108,24 indivíduos m<sup>-3</sup> para um local de amostragem semelhante ao da Barra e 3422,58 indivíduos m<sup>-3</sup> para um local semelhante à Marina VRSA em Junho de 2010; enquanto neste trabalho as abundâncias registadas foram de 3936,8 indivíduos m<sup>-3</sup> e 5704,1 indivíduos m<sup>-3</sup> na Barra e Marina VRSA, também no mês de Junho (**Figura 43**). No que diz respeito às abundâncias de uma das espécies de interesse deste trabalho, a hidromedusa *Blackfordia virginica*, o ano de 2011 pode ser considerado como atípico. Depois de uma primeira aparição no estuário do Guadiana em Julho de 2008, numa zona de transição do estuário, foram registadas densidades superiores a 100 hidromedusas por metro cúbico, tendo sido registado um máximo de 3170 exemplares de *Blackfordia virginica* por metro cúbico num local semelhante à Marina VRSA (referido neste estudo). Dados de Junho de 2010, indicam uma abundância de 0,56 hidromedusas m<sup>-3</sup> (Neves, 2011) num local semelhante ao da Barra (embora as salinidades registadas nesse ano tenham sido inferiores – aproximadamente 25 psu - às registadas no ano de 2011 em local semelhante – 35,60 psu) e uma abundância de 658 hidromedusas m<sup>-3</sup> no mês de Julho, em locais com salinidades próximas de 20 psu (local semelhante à Marina VRSA e outros locais a montante de um afluente do rio Guadiana designado Lezíria a oeste deste local) (Rocha, 2010). Os dados de Rocha (2010) podem sobrestimar as abundâncias de *Blackfordia virginica* no estuário, dado que o afluente estará sujeito a menor hidrodinamismo. Neste trabalho foi registada em Agosto uma abundância de apenas 8,01 hidromedusas m<sup>-3</sup> (**Figura 46**) num local com salinidade de 23,4 psu entre estações de amostragem (perto da Ponte, entre a Foz de Odeleite e mais próxima da Marina VRSA, local onde foi registada a abundância máxima por Chícharo et al., 2009).



A Oscilação do Atlântico Norte, NAO, é considerada como sendo a maior fonte de variabilidade interanual do clima e das condições meteorológicas do mundo (Hurrell & van Loon, 1997). A zona do Guadiana e toda a sua bacia hidrográfica não escapam a esta influência, apresentando mesmo uma forte relação com a NAO no que diz respeito à pluviosidade e caudal do rio observados (Dias et al., 2004). Sendo o fluxo de água doce um dos factores que mais afecta a função e estrutura das comunidades biológicas (Sklar & Browder, 1998), a NAO vai acabar por afectar também as comunidades de uma dada área. A influência da NAO no Norte e no Sul da Europa difere dependendo dos valores (índices) que apresenta. Tendo em conta a localização da área de estudo, Sul da Europa, é importante ter em atenção a influência dos valores da NAO nesta área. Valores positivos da NAO vão provocar Invernos muito pouco chuvosos (Hurrell & van Loon, 1997) nesta área geográfica e valores negativos estão associados a anos de elevada pluviosidade e com caudais também eles elevados (Dias et al., 2004; Chícharo et al., 2006a). No Norte da Europa os efeitos da NAO, quer para os índices positivos como negativos, são os inversos. Desta forma, o modo como vão influenciar as comunidades bióticas são também inversas. Lynam et al. (2004) referem a influência que os índices da NAO têm no aparecimento de medusas no Mar do Norte. Valores elevados da NAO naquela zona (que correspondem a índices negativos no Sul da Europa) estão associados a uma reduzida abundância de exemplares de *Aurelia aurita* e *Cyanea lamarcki* e valores negativos da NAO (positivos no Sul da Europa) estão associados a elevadas abundâncias destas espécies de medusas. De facto, a ausência, aparecimento tardio ou pouco detectado de medusas no estuário do Guadiana (quer a cifomedusa nativa *Aurelia aurita* como a hidromedusa alienígena *Blackfordia virginica*) pode estar fortemente relacionado com os valores da NAO observados nos últimos anos. Os anos de 2007 e 2008 foram anos de NAO relativamente positiva ( $> 1,5$ ) (González-Ortegón, et al., 2010) e os últimos três anos foram de NAO negativa (-0,41, 2009; -4,64, 2010 e -1,57, 2011). A última vez que se registaram valores de NAO negativa consecutivos foi em 1968, durando esta fase 4 anos. A primeira ocorrência da hidromedusa *Blackfordia virginica* foi registada em Julho de 2008 (Chícharo et al., 2009) em ano de NAO positiva precedido de ano de NAO positiva; em 2009 não existem registos de aparecimentos, o que não implica que não tenham aparecido medusas no estuário, e este ano foi o primeiro de uma sequência de 3 anos de NAO negativa com um valor bastante reduzido (-0,41). O ano de 2010 registou um índice de NAO de -4,64, o segundo valor mais baixo de que há registo desde 1864 (o mais baixo

corresponde a -4,89 em 1969), mas ainda assim foi registada uma abundância de 658 hidromedusas  $m^{-3}$  num afluente do estuário do Guadiana no mês de Julho (Rocha, 2010). No ano de 2011 (índice NAO de -1,57) apenas se observaram exemplares de *Blackfordia virginica* no mês de Agosto e a abundância registada foi de 8,01 hidromedusas  $m^{-3}$ . Apesar de se terem observado abundâncias elevadas de medusas no Verão do ano de valor mais negativo da NAO (2010), é uma possibilidade que o efeito da NAO seja cumulativo e que continue a afectar o sistema ao longo do tempo. Os caudais elevados resultantes de elevadas pluviosidades podem eliminar as fases bentónicas (pólipos) das espécies de medusas presentes no estuário do Guadiana, afectando posteriormente o número de medusas adultas observadas no mesmo.

Em anos em que se verifica um elevado fluxo de água num estuário é possível a ocorrência da mistura de duas massas de água à saída do mesmo: água doce que vem das zonas mais a montante e água salgada da costa. Estas massas de água têm características físico-químicas diferentes como a temperatura e salinidade, que leva à formação de gradientes de salinidade (haloclina) e/ou temperatura (termoclina). Estes gradientes aliados ao transporte de sedimentos fazem com que a turbidez no local de mistura das massas de água seja mais elevada do que é normal naquela zona do estuário. Este aumento de turbidez à entrada do estuário pode diminuir a capacidade de orientação dos peixes adultos que utilizam o estuário (ou zonas do mesmo) como maternidade (“nursery”) (Grimes & Finucane, 1991). O aumento do fluxo de água doce no estuário devido, por exemplo, à abertura das comportas das barragens, também afecta negativamente a distribuição (e abundância) de organismos como larvas de peixe e decápodes, como referido por Chícharo et al. (2006a), que verificaram um “varrimento” de muitas (quase todas) as espécies merozooplancónicas para fora do estuário. Dado o reduzido número de ovos e larvas de biqueirão (*Engraulis encrasicolus*) numa altura em que era esperado existirem em números elevados dado as amostragens coincidirem com a altura de postura da espécie, é possível que este “varrimento” tenha acontecido também no ano de 2011. Caso se venha a verificar, em trabalho futuros, um impacto acentuado da hidromedusa *Blackfordia virginica* nesta reconhecida zona de maternidade talvez seja possível controlar a sua abundância com pulsos de água doce programados como medida para evitar o seu estabelecimento enquanto espécie invasora em anos/períodos de caudal reduzido como referido por Bunn & Arthington (2002).

## Conclusões

É observado, em ambiente laboratorial, um impacto da medusa *Aurelia aurita* em ovos e larvas de sardinha e o seu consumo aumenta com a sua disponibilidade. A ingestão de presas aumenta com diâmetro das medusas e as larvas de menores dimensões foram as que sofreram uma maior ingestão, dada a sua inabilidade de reconhecer e escapar aos predadores. Seguindo a tendência das taxas de ingestão, as taxas de aclaramento também aumentaram com o aumento do diâmetro das medusas, mas aumentaram com a concentração apenas até determinado ponto a partir do qual decresceram. Este facto revela que a medusa *Aurelia aurita* apresenta uma resposta funcional do tipo 3. No entanto é possível que os valores obtidos neste trabalho tenham sido superiores aos encontrados na natureza dado o volume reduzido dos recipientes experimentais, não sendo por isso aconselhada a extrapolação directa para as condições naturais. Mesmo assim, a presença de medusas em abundâncias elevadas em áreas de *nursery* como o estuário do Guadiana poderá ter um impacto a considerar no recrutamento de espécies economicamente importantes para o país que usam a zona do estuário ou áreas circundantes para a reprodução como o biqueirão (*Engraulis encrasicolus*) e a sardinha (*Sardina pilchardus*), respectivamente.

Não ocorreu uma selectividade clara de ovos ou larvas de sardinha quando estiveram presentes variados tipos de presas em simultâneo, embora se tenha observado uma selecção de ovos de peixes de outras espécies. A selectividade terá resultado de uma combinação entre o tamanho das presas e a abundância das mesmas na amostra. No entanto, o impacto das medusas para os pequenos pelágicos poderá ocorrer não só por predação de ovos e larvas como por competição, uma vez que as medusas apresentaram taxas de ingestão muito elevadas para outros organismos planctónicos como os copépodes, principal presa de larvas, juvenis e adultos de sardinhas e biqueirões.

No que diz respeito ao estudo do impacto da medusa invasora *Blackfordia virginica* na zona do Guadiana, é necessária a realização de estudos no futuro dada à ausência de medusas no estuário durante o desenvolvimento deste trabalho. A abundância de medusas parece ser controlada por fenómenos climáticos como a Oscilação do Atlântico Norte (NAO), em que índices negativos aparentam não permitir a existência de condições óptimas para a proliferação de medusas no Sul da Europa, tendo os índices positivos da NAO o efeito oposto.

## Referências bibliográficas

- Arai, M.N., Welch, D.W., Dunsmuir, A.L., Jacobs, M.C., Ladouceur, A.R., 2003. Digestion of pelagic Ctenophora and Cnidaria by fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **60**: 825-829
- Attrill, M. J., Wright, J., Edwards, M., 2007. Climate-related increases in jellyfish frequency suggest a more gelatinous future for the North Sea. *Limnology and Oceanography*, **52**: 480–485
- Bailey, K.M., 1984. Comparison of laboratory rates of predation on five species of marine fish larvae by three planktonic invertebrates: effects of larval size on vulnerability. *Marine Biology*, **79**: 302-309
- Baeta, A.F.R., 2009. “Environmental impact and sustainability of portuguese fisheries”. Tese de Doutorado, Universidade de Lisboa, Portugal.
- 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
- 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
- Behrends, G., Schneider, G., 1995. Impact of *Aurelia aurita* medusae (Cnidaria, Scyphozoa) on the standing stock and community composition of mesozooplankton in the Kiel Bight (western Baltic Sea). *Marine Ecology Progress Series*, **127**: 39-45
- Boero, F., Belmonte, G., Fanelli, G., Piraino, S., Rubino, F., 1996. The continuity of living matter and the discontinuities of its constituents: do plankton and benthos really exist?. *Trends in Ecology & Evolution*, **11**: 177-180
- Boero, F., Bouillon, J., Gravili, C., Miglietta, M.P., Parsons, T., Piraino, S., 2008. Gelatinous plankton: irregularities rule the world (sometimes). *Marine Ecology Progress Series*, **356**: 299-310
- Bunn, S.E., Arthington, A.H., 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Ecological Management*, **30**: 492-507

- Chesson, J., 1978. Measuring preference in selective predation. *Ecology*, **59**: 211-215
- Chícharo, L., Chícharo, M.A., Ben-Hamadou, R., 2006a. Use of a hydrotechnical infrastructure (Alqueva Dam) to regulate planktonic assemblages in the Guadiana estuary: Basis for sustainable water and ecosystem services management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **70**: 3-18
- Chícharo, M.A., Chícharo, L., Galvão, H., Barbosa, A., Marques, M.H., Andrade, J.P., Esteves, E., Miguel, C., Gouveia, I., 2001. Status of the Guadiana estuary (South Portugal) during 1996-1998: an ecohydrological approach. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, **4**: 73-90
- Chícharo, M.A., Chícharo, L., Morais, P., 2006b. Inter-annual differences of ichthyofauna structure of the Guadiana estuary and adjacent coastal area (SE Portugal/SW Spain): Before and after Alqueva dam construction. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **70**: 1-13
- 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 *Palaemon macrodactylus* (Crustacea, Decapoda): potential impacts and mitigation measures. *Aquatic Invasions*, **4**: 501-506
- CIESM, 2000. Fishing down the Mediterranean food webs? CIESM Workshop Series n°12, 100 p., Monaco. <<http://www.ciesm.org/Corfu.pdf>>
- CIESM, 2001. Gelatinous zooplankton outbreaks: theory and practice. CIESM Workshop Series, n° 14, 112 pages, Monaco. <[www.ciesm.org/publications/Naples01.pdf](http://www.ciesm.org/publications/Naples01.pdf)>
- Conley, W.J., Hopkins, T.L., 2004. Feeding ecology of lanternfish (Pisces: Myctophidae) larvae: prey preferences as a reflection of morphology. *Bulletin of Marine Science*, **75**: 361-379
- Costello, J.H., Colin, S.P., 1994. Morphology, fluid motion and predation by the scyphomedusa *Aurelia aurita*. *Marine Biology*, **121**: 327-334

- Costello, J.H., Klos, E., Ford, M.D., 1998. *In situ* time budgets of the scyphomedusae *Aurelia aurita*, *Cyanea* sp., and *Chrysaora quinquecirrha*. *Journal of Plankton Research*, **20**: 383-391
- de Lafontaine, Y., Leggett, W.C., 1987. Effect of container size on estimates of mortality and predation rates in experiments with macrozooplankton and larval fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **44**: 1534-1543
- de Lafontaine, Y., Leggett, W.C., 1988. Predation by jellyfish on larval fish: an experimental evaluation employing in situ enclosures. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **45**: 1173-1988
- Dias, J.M.A., Gonzalez, R., Ferreira, Ó., 2004. Natural versus anthropic causes in variations of sand export from river basins: an example from the Guadiana River mouth (Southwestern Iberia). *Polish Geological Institute Special Papers*, **11**: 95-102
- Elliott, J.K., Leggett, W.C., 1996. The effect of temperature on predation rates of a fish (*Gasterosteus aculeatus*) and a jellyfish (*Aurelia aurita*) on larval capelin (*Mallotus villosus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **53**: 1393-1402
- Faria, A., Morais, P., Chícharo, M.A., 2006. Ichthyoplankton dynamics in the Guadiana estuary and adjacent coastal area, South-East Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **70**: 85-97
- Fox, C.J., 1996. Length changes in herring (*Clupea harengus*) larvae: effects of capture and storage in formaldehyde and alcohol. *Journal of Plankton Research*, **18**: 483-493
- Gentleman, W.C., Neuheimer, A.B., 2008. Functional responses and ecosystem dynamics: how clearance rates explain the influence of satiation, food-limitation and acclimation. *Journal of Plankton Research*, **30**: 1215-1231
- Genzano, G., Mianzan, H., Acha, E.M., Gaitán, 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
- González-Ortegón, E., Subida, M.D., Cuesta, J.A., Arias, A.M., Fernández-Delgado, C., Drake, P., 2010. The impact of extreme turbidity events on the nursery function of a

temperate European estuary with regulated freshwater inflow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **87**: 311-324

Graham, W.M, Pagès, F., Hammer, W.M., 2001. A physical context for gelatinous zooplankton aggregations: a review. *Hydrobiologia*, **451**: 199-212

Grimes, C.B., Finucane, J.H., 1991. Spatial distribution and abundance of larval and juvenile fish, chlorophyll and macrozooplankton around the Mississippi River discharge plume, and the role of the plume in fish recruitment. *Marine Ecology Progress Series*, **75**: 109-119

Hansson, L.J., 1997. Effect of temperature on growth rate of *Aurelia aurita* (Cnidaria, Scyphozoa) from Gullmarsfjorden, Sweden. *Marine Ecology Progress Series*, **161**: 145-153

Hansson, L.J., 2006. A method for in situ estimation of prey selectivity and predation rate in large plankton, exemplified with the jellyfish *Aurelia aurita* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **328**: 113-126

Hay, S., 2006. Marine ecology: gelatinous bells may ring change in marine ecosystems. *Current Biology*, **16**: R679-R682

Heeger, T., Möller, H., 1987. Ultrastructural observations on prey capture and digestion in the scyphomedusa *Aurelia aurita*. *Marine Biology*, **96**: 391-400

Hurrell, J.W., van Loon, H., 1997. Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. *Climate Change*, **36**: 301-326

INAG/SNIRH (Instituto Nacional da Água/Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos). <http://snirh.pt/>

Ishii, H., Tanaka, F., 2001. Food and feeding of *Aurelia aurita* in Tokyo Bay with analysis of stomach contents and a measurement of digestion times. *Hydrobiologia*, **451**: 311-320

Jørgensen, L., 1985. Carbon and nitrogen utilization in developing eggs and larvae of cod (*Gadus morhua*, L.) and variation among different parents. *Fisheries Research*, **3**: 337-342

- Kramp, P. L., 1961. Synopsis of the Medusae of the World. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **40**: 1–469
- Lechowicz, M.J., 1982. The sampling characteristics of electivity indices. *Oecologia*, **52**: 22-30
- 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
- Lucas, C.H., Hirst, A.G., Williams, J.A., 1997. Plankton dynamics and *Aurelia aurita* production from two contrasting ecosystems: causes and consequences. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **45**: 209–219
- Lucas, C.H., Lawes, S., 1998. Sexual reproduction of the scyphomedusa *Aurelia aurita* in relation to temperature and variable food supply. *Marine Biology*, **131**: 629-638
- Lyman, C.P., Gibbons, M.J., Axelsen, B.E., Sparks, C.A.J., Coetzee J., Heywood, B.G., Brierley, A.S., 2006. Jellyfish overtake fish in a heavily fished ecosystem. *Current Biology*, **16**: R492–R493
- Lynam, C.P., Hay, S.J., Brierley, A.S., 2004. Interannual variability in abundance of North Sea jellyfish and links to the North Atlantic Oscillation. *Limnology and Oceanography*, **49**: 637-643
- 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
- Madin, L.P., 1988. Feeding behavior of tentaculate predators: in situ observations and a conceptual model. *Bulletin Of Marine Science*, **43**: 413-429
- Makridis, P., Vadstein, O., 1999. Food size selectivity of *Artemia franciscana* at three developmental stages. *Journal of Plankton Research*, **21**: 2191-2201
- Martin, L.E., 2001. Limitations on the use of impermeable mesocosms for ecological experiments involving *Aurelia* sp. (Scyphozoa: Semaestomeae). *Journal of Plankton Research*, **23**: 1-10



- 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
- Martinussen, M.B., Båmstedt, U., 2001. Digestion rate in relation to temperature of two gelatinous planktonic predators. *Sarsia*, **86**: 21-35
- Masuda, R., Yamashita, Y., Matsuyama, M., 2008. Jack mackerel *Trachurus japonicus* juveniles use jellyfish for predator avoidance and as a prey collector. *Fisheries Science*, **74**: 276-284
- Mianzan, H.W., Mari, N., Prenski, B., Sanchez, F., 1996. Fish predation on neritic ctenophores from the Argentine continental shelf: A neglected food resource?. *Fisheries Research*, **27**: 69-79
- Mianzan, H., Pájaro, M., Colombo, G.A., Madirolas, A., 2001. Feeding on survival-food: gelatinous plankton as a source of food for anchovies. *Hydrobiologia*, **451**: 45-53
- Mills, C.E., 1995. Medusae, siphonophores and ctenophores as planktivorous predators in changing global ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, **52**: 575-581
- Mills, C.E., 2001. Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions? *Hydrobiologia*, **451**: 55-68
- Mills, C.E., Rees, J.T., 2000. New observations and corrections concerning the trio of invasive hydromedusae *Maeotis marginata* (= *M. inexpectata*), *Blackfordia virginica*, and *Moerisia* sp. in the San Francisco Estuary. *Scientia Marina*, **64** (Supl. 1): 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
- Molinero, J.C., Buecher, E., Lučić, D., Malej, A., Miloslavič, M., 2009. Climate and mediterranean jellyfish: assessing the effect of temperature regimes on jellyfish outbreak dynamics. *Annales, Annals for Istrian and Mediterranean Studies, series historia naturalis*, **19**: 11-18

- Molinero, J.C., Ibanez, F., Souissi, S., Buecher, E., Dallot, S., Nival, P., 2008. Climate control on the long-term anomalous changes of zooplankton communities in the Northwestern Mediterranean. *Global Change Biology*, **14**: 11-26
- Moore, S.J., 1987. Redescription of the leptomedusan *Blackfordia virginica*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **67**: 287-291
- Møller, L.F., Riisgård, H.U., 2007a. Feeding, bioenergetics and growth in the common jellyfish *Aurelia aurita* and two hydromedusae, *Sarsia tubulosa* and *Aequorea vitrina*. *Marine Ecology Progress Series*, **346**: 167-177
- Møller, L.F., Riisgård, H.U., 2007b. Population dynamics, growth and predation impact of the common jellyfish *Aurelia aurita* and two hydromedusae, *Sarsia tubulosa*, and *Aequorea vitrina* in Limfjorden (Denmark). *Marine Ecology Progress Series*, **346**: 153-165
- Neves, V., 2011. “Comunidades zooplanctónicas no estuário do Guadiana”. Projecto técnico-científico da licenciatura em Biologia Marinha, Universidade do Algarve, Portugal
- Nogueira Jr, M., Oliveira, J.S., 2006. *Moerisia inkermanica* Paltschikowa-Ostroumova (Hydrozoa; Moerisiidae) e *Blackfordia virginica* Mayer (Hydrozoa; Blackfordiidae) na Baía de Antonina, Paraná, Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, **1**: 35-42
- Omori, M., 1967. Weight and chemical composition of some important oceanic zooplankton in the North Pacific Ocean. *Marine Biology*, **3**: 4-10
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, Froese, R., Torres Jr., F., 1998. Fishing down marine food webs. *Science*, **279**: 860-863
- Pauly, D., Graham, W., Libralato, S., Morissette, L., Palomares, M.L.D., 2009. Jellyfish in ecosystems, online databases, and ecosystem models. *Hydrobiologia*, **616**: 67-85
- Peters, R.H., Downing, J.A., 1984. Empirical analysis of zooplankton filtering and feeding rates. *Limnology and Oceanography*, **29**: 763-784
- Purcell, J.E., 1981. Dietary composition and diel feeding patterns of epipelagic siphonophores. *Marine Biology*, **65**: 83-90

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., 1997. Pelagic cnidarians and ctenophores as predators: selective predation, feeding rates, and effects on prey populations. *Annales de l'Institut Océanographique*, 73: 125-137

Purcell, J.E., Arai, M.N., 2001. Interactions of pelagic cnidarians and ctenophores with fish: a review. *Hydrobiologia*, 451: 27-44

Purcell, J.E., Mills, C.E., 1988. The correlation between nematocyst types and diets in pelagic hydrozoa. In Hessinger, D.A. and Lenhoff H. (eds), *The Biology of Nematocysts*. Academic Press, New York

Purcell, J.E., Nemazie, D.A., Dorsey, S.E., Houde, E.D., Gamble, J.C., 1994. Predation mortality of bay anchovy *Anchoa mitchilli* eggs and larvae due to scyphomedusae and ctenophores in Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 114: 47-58

Purcell, J.E., Uye, S., Lo, W., 2007. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Marine Ecology Progress Series*, 350: 153-174

Ré, P., 1996. Anchovy spawning in the Mira estuary (southwestern Portugal). *Scientia Marina*, 60: 141-153

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 and Evolution*, 24: 312-322

Rocha, T.M.C.F., 2010. "Contributo do sapal de Castro Marim como área de maternidade para peixes". Projecto técnico-científico da licenciatura em Biologia Marinha, Universidade do Algarve, Portugal

Russell, F. S., 1970. The Medusae of the British Isles. II Pelagic Scyphozoa with a Supplement to the First Volume on Hydromedusae. Cambridge University Press, London: 284 pp.

- Shoji, J., 2008. Non-size-selective predation on fish larvae by moon jellyfish *Aurelia aurita* under low oxygen concentrations. *Plankton & Benthos Research*, **3** (Suppl.): 114-117
- Shoji, J., Masuda, R., Yamashita, Y., Tanaka, M., 2005. Predation on fish larvae by moon jellyfish *Aurelia aurita* under low dissolved oxygen concentrations. *Fisheries Science*, **71**: 748-753
- Silva, C.A., Aguirre, S.G., Arce, M.G.M., 2003. Variaciones morfológicas en *Blackfordia virginica* (Hydroidomedusae: Blackfordiidae) en lagunas costeras de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, **51**: 409-412
- Sims, D.W., Queiroz, N., Doyle, T.K., Houghton, J.D.R., Hays, G.C., 2009. Satellite tracking of the World's largest bony fish, the ocean sunfish (*Mola mola* L.) in the North East Atlantic. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **370**: 127-133
- Sklar, F., Browder, J.A., 1998. Coastal environmental impacts brought about by alterations to freshwater flow in the Gulf of Mexico. *Environmental Management*, **22**: 547-562
- Sullivan, B.K., Garcia, J.R., Klein-MacPhee, G., 1994. Prey selection by the scyphomedusan predator *Aurelia aurita*. *Marine Biology*, **121**: 335-341
- Suchman, C.L., Sullivan, B.K., 2000. Effect of prey size on vulnerability of copepods to predation by the scyphomedusae *Aurelia aurita* and *Cyanea* sp.. *Journal of Plankton Research*, **22**: 2289-2306
- Titelman, J., Hansson, L.J., 2006. Feeding rates of the jellyfish *Aurelia aurita* on fish larvae. *Marine Biology*, **149**: 297-306
- Veiga, P., Vieira, L., Bexiga, c., Sá, R., Erzini, K., 2006. Structure and temporal variations of fish assemblages of the Castro Marim salt marsh, southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **70**: 27-38
- Webb, P.W., 1981. Responses of northern anchovy, *Engraulis mordax*, larvae to predations by a biting planktivore, *Amphiprion percula*. *Fishery Bulletin*, **79**: 727-735