

Universidade do Algarve

Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente



*Influência de marés na distribuição vertical de
larvas de peixes de recifes costeiros e escolha de
substratos de assentamento no Parque Marinho Luíz
Saldanha*

Mestrado em Biologia Marinha

Especialização em Ecologia e Conservação Marinha

João Vaz Agnelo Borges Medeiros

Faro, 2009

Universidade do Algarve

Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente

*Influência de marés na distribuição vertical de
larvas de peixes de recifes costeiros e escolha de
substratos de assentamento no Parque Marinho Luíz
Saldanha*

*Dissertação apresentada na
Universidade do Algarve para
obtenção do grau de Mestre em
Biologia Marinha, Especialização
em Ecologia e Conservação
Marinha, orientada por Doutora
Rita Borges, Doutora Ester Serrão e
Doutor Emanuel Gonçalves.*

Faro, 2009

Agradecimentos

À Doutora Rita Borges pela oportunidade de trabalhar no seio de um grupo como o Biomares, pela transmissão de conhecimentos, paciência, apoio constante e espírito crítico.

À Doutora Ester Serrão, pela sua disponibilidade, compreensão e incentivo.

Ao Doutor Emanuel Gonçalves, pelo seu apoio e meios disponibilizados.

Aos meus pais, sem eles...

À Susana pelo seu amor, carinho e presença constante. O seu suporte foi impreterível na realização de um trabalho bem conseguido e na atenuação do esforço nele empregue.

À Patrícia pela sua amizade e compaixão.

A todos os que durante a minha estadia no continente me estenderam as mais rebuscadas e variadas vivências (conflitos e harmonias) e me ajudaram a construir, cultivar e tornar na pessoa que sou.

Resumo

A comunidade larvar que habita os recifes costeiros (a menos de 50 metros da costa) do Parque Marinho Luíz Saldanha (PMLS) foi amostrada durante os meses de Junho e Julho de 2008, através de um método inovador de arrasto planctónico utilizando um submergível como meio de propulsão. Foi amostrada, na coluna de água, a camada sub-superficial (1 metro abaixo da superfície) e a camada junto ao fundo rochoso (0,5 metros acima dos recifes). As amostras foram recolhidas durante o pico de quatro fases de maré (Baixa-mar, Enchente, Preia-mar e Vazante). A comparação com trabalhos realizados em anos anteriores sugere uma diversidade larvar reduzida no ano 2008 (presente estudo). Apesar da riqueza específica ter sido superior junto ao fundo, foi à superfície que se registou o maior valor de abundância total de larvas. Nestas amostras da superfície a espécie *Tripterygion delaisi* foi claramente dominante. No entanto, foi encontrada uma preferência, por parte de algumas espécies como *Gobius xanthocephalus* e *Pomatoschistus pictus*, pela camada de água mais funda. Esta distribuição preferencial verificou-se principalmente durante a fase de Vazante, sugerindo uma resposta comportamental à fase de maré. Este pode ser um dos mecanismos de retenção utilizado por estas espécies de forma a permanecerem junto aos recifes costeiros. Nestas espécies (*G. xanthocephalus* e *P. pictus*) a presença de larvas em várias fases de desenvolvimento também reforça a hipótese de existir retenção destas larvas. A ausência de larvas mais desenvolvidas de *Tripterygion delaisi* e a sua preferência pela superfície não parece favorecer a retenção desta espécie, contudo os resultados de trabalhos anteriores apontam para a retenção destas larvas junto aos recifes do PMLS. Durante os meses de Maio a Setembro foi testado um método de monitorização de recrutamento de peixes e a preferência dos indivíduos por dois tipos de substratos artificiais: rochoso e ervas marinhas. Para duas das espécies mais abundantes encontradas na coluna de água, *Gobius xanthocephalus* e *Pomatoschistus pictus*, foi detectada uma preferência pelo substrato artificial rochoso. Não foram capturados recrutas de *Tripterygion delaisi* em nenhum dos tipos de substratos. Apesar de serem necessários mais estudos para validar a eficácia deste método, os resultados indicam um possível atraso no recrutamento no ano estudado.

Palavras-chave: Suplemento larvar; fases de maré; distribuição vertical; mecanismos de retenção larvar; recrutamento.

Abstract

To monitor the very nearshore (less than 50 meters from shore) larvae assemblages inhabiting the Marine Park Luíz Saldanha (MPLS), sub-surface (1 meter under the surface) and bottom trawls (0,5 meters above the rocky bottom) were undertaken during June and July 2008 using an innovative method consisting of a plankton net pulled by an underwater scooter. The samples were taken during the peak of four tidal phases (Low-tide, Flood, High-tide and Ebb). The comparisons made with previous studies in the MPLS, suggested that larval diversity was lower in 2008 (present study). Although specific richness was superior at the bottom, greater total larval abundance was found at the surface. In these surface samples *Tripterygion delaisi* was clearly the dominant specie. In contrast, bottom samples were dominated by species like *Gobius xanthocephalus* and *Pomatoschistus pictus*, mainly during the ebbing tide, suggesting a behavior response to different tidal fluxes, this might be one of the retention mechanisms used by these larvae to stay close to the costal reefs. The fact that these species occurred in all developmental stages, also enhances the hypothesis that larval retention near these reefs might be a reality. The lack of *Tripterygion delaisi* more developed larvae and the preference for the surface does not seem to favor retention of these larvae, yet previous studies have shown that in fact these larvae seem to stay close to the MPLS reefs. A method to monitor coastal fish recruitment and the active choice of settlement habitats using two distinct artificial substrates, rocks and sea grass, was tested from May to September 2008. A preference for artificial rock substrate was detected for two of the most abundant species in the larval assemblage, *Gobius xanthocephalus* and *Pomatoschistus pictus*. *Tripterygion delaisi* recruits were totally absent in both the substrates. Although more studies are needed to validate this method, the results indicate for a possible delay in the recruitment season in 2008.

Key-words: Larval supply; Tides; vertical distribution; mechanisms of larval retention; recruitment.

Índice

1- Introdução.....	1
1.1- Importância dos estudos de ecologia larvar e influência do suplemento larvar nas flutuações do recrutamento.....	1
1.2- Transporte larvar e Mecanismos de dispersão \ retenção larvar.....	2
1.3- Qual a importância do estudo das primeiras fases de vida dos peixes para um correcto planeamento e gestão de áreas marinhas protegidas (AMP)?.....	9
1.4- Objectivos.....	11
2- Material e métodos.....	12
2.1- Área de estudo.....	12
2.2- Metodologia de amostragem.....	13
2.2.1- Monitorização da comunidade larvar.....	13
2.2.2- Unidades de monitorização do recrutamento de peixes (UMRP).....	16
2.3- Análise de dados.....	19
2.3.1- Perfil vertical e efeito da maré sobre a comunidade larvar.....	19
2.3.1.1- Diversidade.....	19
2.3.1.2- Densidade total.....	20
2.3.1.3- Estrutura da comunidade larvar.....	20
2.3.1.4 - Espécies mais abundantes.....	21
2.3.1.5 - Padrões ontogenéticos.....	22
2.3.4- Unidades de monitorização do recrutamento de peixes (UMRP).....	22
3- Resultados.....	22
3.1- Monitorização da comunidade larvar.....	22
3.1.1- Composição larvar.....	22
3.1.2- Diversidade.....	27
3.1.3- Densidade total.....	28
3.1.4- Estrutura da comunidade larvar.....	30
3.1.5- Espécies mais abundantes.....	38
3.1.6- Padrões ontogenéticos.....	40
3.1.6.1.- Comprimento das espécies mais abundantes.....	41
3.2- Unidades de monitorização do recrutamento de peixes (UMRP).....	44
4- Discussão.....	46
4.1- Composição da comunidade larvar.....	46
4.2- Diversidade da comunidade larvar.....	49

4.2.2- Densidade total.....	51
4.2.3- Estrutura da comunidade Larvar	52
4.2.4- Distribuição e ontogenia das espécies mais abundantes	54
4.3- Unidades de monitorização do recrutamento de peixes (UMRP)	58
5- Conclusões.....	59
6- Referências.....	60

1- Introdução

As primeiras fases do ciclo de vida dos peixes vão desde a fertilização, passando pelas fases embrionárias e larvares, até à altura de recrutamento dos juvenis (Tripel e Chambers, 1997). Na passagem da fase larvar para a de juvenil ocorrem alterações significativas na morfologia dos indivíduos (e.g. Moser, 1981 *in* Borges, 2006). Estas diferenças morfológicas são geralmente acompanhadas por alterações no habitat dos indivíduos de espécies associadas aos recifes, os quais durante o assentamento larvar, passam do meio pelágico para o bentónico (Doherty e Williams, 1988, Leis, 1991; Armsworth *et al.*, 2001 e James *et al.*, 2002, *in* Borges, 2006). No presente trabalho, “recrutamento” refere-se à adição de novos indivíduos vindos do habitat pelágico para o habitat bentónico dos adultos, medido com alguma arbitrariedade pouco depois do assentamento das larvas (Connell, 1985, *in* Levin, 1996). Neste mesmo trabalho preferiu-se usar o termo “comunidade larvar” como forma de definir um grupo de larvas associadas apenas a uma área específica.

1.1- Importância dos estudos de ecologia larvar e influência do suplemento larvar nas flutuações do recrutamento.

Muitos dos trabalhos iniciais com larvas de peixe focaram-se directamente na descrição dos padrões de distribuição das comunidades larvares. Mais recentemente, o esforço tem sido orientado sobretudo para a identificação dos processos que influenciam essa distribuição e para a tentativa de relacionar esses processos com os padrões de variabilidade no recrutamento (Cowen, 2002).

Vários trabalhos demonstraram que a variabilidade no recrutamento pode influenciar as dinâmicas populacionais, demografia e estrutura das comunidades de organismos bentónicos e demersais (Hamer e Jenkins, 1996; Lorenzen, 2008).

Porém, o recrutamento está dependente de outros factores como o suplemento larvar e a mortalidade e migração pré e pós-assentamento (Hamer e Jenkins, 1996). Alguns estudos efectuados com armadilhas de luz e unidades de assentamento artificiais em zonas de recife de coral mostram a relação entre a disponibilidade larvar e o recrutamento de algumas espécies de peixes. Milicich *et al.* (1992) concluíram que a abundância de 3 espécies de Pomacentrideos em fase de pré-assentamento era reflectida na abundância dos seus recrutas. Hamer e Jenkins (1996) encontraram correlações baixas entre a abundância larvar e as medições a curto prazo de recrutamento, que

atribuíram à metodologia e a processos pós-assentamento. Contudo, explicam que o facto de haver correlações significativas entre a disponibilidade larvar e o recrutamento evidencia que os processos de pós-assentamento, como a mortalidade e emigração, não foram suficientemente fortes, num período próximo ao assentamento, para anularem a influência da variação do suplemento larvar no recrutamento. Resultados menos óbvios de correlação entre o suplemento larvar e o recrutamento também foram descritos por outros autores. Sponaugle e Cowen (1996a *in* Borges, 2006) amostraram simultaneamente padrões de suplemento larvar e de recrutamento em duas espécies de peixes das Caraíbas. Encontraram uma relação positiva para uma das espécies, mas para a outra espécie, processos pós-assentamento pareceram mais importantes. Os resultados do estudo efectuado por Levin (1996), numa escala de centenas de quilómetros, sugerem que a ocorrência de processos durante as primeiras 24 horas de assentamento pode desagregar o pré-assentamento do recrutamento. Lorenzen (2008) usou análises comparativas e modelação de populações para explorar os papéis respectivos na regulação, e interacção entre processos dependentes de densidade em fases pré e pós-recrutamento. Das 16 populações estudadas, 14 evidenciaram mecanismos dependentes de densidade, 9 indicaram mecanismos de regulação numa ou noutra fase e 5 indicaram regulação em ambas as fases.

O crescimento, sobrevivência, dispersão ou retenção e selecção de habitats por parte das larvas em fase de assentamento, vão actuar separadamente ou em conjunto, enfatizando ou mascarando a ligação entre o suplemento larvar e o recrutamento (Hamer e Jenkins, 1996; Levin, 1996; Jenkins *et al.*, 1998). De todos estes factores influentes no recrutamento, os menos compreendidos são o transporte larvar e a sua mortalidade enquanto seres planctónicos. (Jenkins *et al.*, 1998).

1.2- Transporte larvar e Mecanismos de dispersão \ retenção larvar.

É claro que muitas das espécies de peixes marinhos estão dependentes do transporte directo para os habitats dos juvenis ou adultos. As larvas de peixes de recife podem não sobreviver se não forem devidamente transportadas ou mantidas nas zonas de recife (Leis, 1991, e Boehlert e Mundy, 1988, *in* Cowen, 2002). Em contraste, muitas espécies pelágicas não necessitam de transporte directo para completar o seu estado larvar, apesar de algumas só recrutarem se as suas larvas forem retidas em áreas específicas, como é o caso de populações de arenque (Cowen, 2002). Apesar de algumas distribuições larvares serem explicadas apenas por combinações de locais de desova e

transporte larvar passivo (Boehlert e Mundy, 1994, *in* Cowen, 2002), outras distribuições são influenciadas por mecanismos de retenção (Cowen, 2002).

Vários estudos têm evidenciado retenção e/ou dispersão larvar. Aceves-Medina *et al.* (2008), no Golfo da Califórnia verificaram distribuições verticais larvares que, combinadas com as correntes de Enchente e Vazante, resultaram na retenção e transporte para o interior da Baía. Paris e Cowen (2004), obtiveram também evidências directas de retenção na ilha de Barbados resultantes de migrações verticais larvares. Em contraste Lo-Yat *et al.* (2006) verificaram na Polinésia Francesa dispersões, por parte de peixes de recife, superiores a 100km fora do recife mais próximo. Leis (1986), em dois lados opostos da *Lizard Island*, verificou na interacção entre as distribuições larvares e os regimes de correntes locais evidências de retenção de um lado e de dispersão no lado oposto da ilha. Os estudos de ecologia larvar costeira, são ainda escassos devido à dificuldade em amostrar junto à costa em fundos heterogêneos (Kingsford e Choat, 1989 *in* Borges, 2006). Contudo, alguns estudos recentes, através da aplicação de novas técnicas de marcação molecular, têm incidido em quantificações directas do grau de retenção/dispersão a que estas populações estão sujeitas. Almany *et al.* (2007), numa Área Marinha Protegida (AMP) da Papua Nova Guiné, conseguiram marcar em massa duas espécies de larvas de peixes tropicais, através da transmissão materna de isótopos estáveis. As espécies foram escolhidas com base em durações larvares pelágicas distintas, menos de 2 semanas (*Amphiprion percula*) e mais de 1 mês (*Chaetodon vagabundus*). O resultado foi uma retenção nos recifes de origem de cerca de 60% dos indivíduos de ambas as espécies. Planes *et al.* (2009) na mesma AMP referida anteriormente, através da análise de DNA parental de uma série de larvas de *Amphiprion percula*, estimaram que 40% dos indivíduos assentes na ilha Kimbe descenderam de pais residentes nessa mesma ilha. Conseguiram também localizar juvenis originários da ilha Kimbe noutras AMP propostas a cerca de 35km de distância dos recifes de origem. Em sistemas temperados porém, poucos estudos amostraram perto dos recifes costeiros (Borges, 2006). Beldade *et al* (2006), Borges *et al* (2007a,b) Sabatés *et al.* (2003), Carreras-Carbonell (2006) e Acevez-Medina *et al* (2008) amostraram perto da costa Oeste Portuguesa e no Mediterrâneo Noroeste, todos estes encontraram indícios de retenção junto aos recifes.

Os factores influentes nestes mecanismos de retenção \ dispersão são variados e normalmente resultam da interacção entre factores oceanográficos (físicos) e biológicos.

As condições oceanográficas em zonas temperadas causam grande influência sobre os peixes de recife (Gunderson e Russel, 2006). As várias escalas a que estas condições actuam podem influenciar substancialmente o transporte larvar. Numa pequena escala, um dos factores mais influente sobre os organismos planctónicos é a intensidade e direcção das correntes locais (Borges, 2006; Gunderson e Russel, 2006). Contudo, estas dependem da complexidade costeira (Sponaugle *et al.*, 2002) e de outros fenómenos de maior escala como: *Upwelling*, *Downwelling*, *Eddies*, frentes, convergências e fases de maré (Cowen, 2002, Sponaugle *et al.*, 2002). Contudo estes factores também dependem de outros de escala superior. Um dos fenómenos mais influentes sobre o clima no Atlântico Norte é a North Atlantic Oscillation (NAO) (Hurrell *et al.*, 2009). Esta oscilação parece ser particularmente activa, sobre o sistema climático (principalmente no oceano) durante o inverno (Rodwell *et al.*, 1999) e pode ser quantificada através da diferença na pressão atmosférica entre a zona de alta pressão (Açores) e a de baixa pressão (Islândia) (Hurrell *et al.*, 2009). Quando o índice de inverno NAO é positivo, os ventos do quadrante norte prevalecem, promovendo eventos de *upwelling* junto à costa Oeste portuguesa e consequentemente arrefecendo a água do mar. Pelo contrário, em anos em que o índice de inverno NAO é negativo, os ventos do quadrante Sul são mais frequentes resultando em temperaturas da água do mar mais elevadas (Henriques *et al.*, 2007). Estas alterações climáticas influenciam grandemente os ecossistemas marinhos (Hurrell *et al.*, 2009). Outro factor físico com consequências no grau de auto-recrutamento de uma população é o grau de isolamento geográfico a que esta está sujeita. Quanto mais isolado é um local, mais provável será a população estar a manter-se inteiramente por auto-recrutamento, simplesmente por ser improvável que esteja a receber novos recrutas de outros locais (Sponaugle *et al.*, 2002).

Um dos factores biológicos influentes na distribuição do ictioplâncton é a fecundidade dos adultos, a qual determina o número de novos indivíduos que uma espécie em particular pode gerar. Porém, é a variação dentro das diferentes populações locais, que exerce maior efeito sobre as suas distribuições (Sponaugle *et al.*, 2002). O local e o período de desova normalmente são restritos a determinadas zonas onde as condições óptimas para a sobrevivência dos novos indivíduos podem ser encontradas. Uma das condições que pode aumentar o sucesso de uma população pode ser a escolha de locais onde a retenção possa ser favorecida (e.g, Arenque Atlântico; Iles e Sinclair, 1982 *in* Sponaugle *et al.*, 2002). Assim, quando se dá a desova, uma maior mobilidade dos

adultos em conjunto com a selecção de determinados locais e períodos de desova pode aumentar o auto-recrutamento (Sponaugle *et al.*, 2002). Contudo, no que diz respeito a populações de peixes de recife, a mobilidade e escolha de zonas de desova particulares deixa de fazer sentido. Estas estratégias são geralmente substituídas por posturas demersais e por um maior cuidado parental. Isto origina larvas maiores e mais desenvolvidas, capazes de uma natação activa eficaz e a curtas durações larvares pelágicas, resultando numa maior retenção perto da população parental (Barlow, 1981; Strathman, 1985 *in* Sponaugle *et al.*, 2002). A duração larvar pelágica (DLP) é provavelmente a variável biológica mais citada para explicar variações no auto-recrutamento. Geralmente prevê-se a existência de uma relação inversa entre a DLP e o auto-recrutamento para espécies em que as larvas são relativamente passivas durante algum tempo da DLP ou com DLPs muito curtas (Sponaugle *et al.*, 2002). Contudo, há muitas excepções a esta relação, a interacção do comportamento com processos físicos resulta num desacoplamento da relação prevista entre a DLP e distância de dispersão (Sponaugle *et al.*, 2002).

A teoria de que o comportamento das fases larvares pode ter um papel fulcral na modelação de padrões de distribuição tem-se tornado cada vez mais difícil de ignorar (McIlwain, 2003). O primeiro comportamento larvar a ser estudado foi a migração vertical (ver revisões por Neilson e Perry, 1990, e Leis, 2006). Estas migrações podem ocorrer como resposta a vários factores como: luz, alimento, temperatura, evitação de predadores, efeito de espécies associadas e fases de maré (Neilson e Perry, 1990). O controlo da posição vertical é realizado através de breves movimentos natatórios ou por controlo de flutuabilidade, o qual permite a utilização vertical de diferentes forças ou direcções de correntes (Hill, 1995). Este comportamento tem sido observado não só na fase larvar mas também na fase adulta de várias espécies, como o bacalhau, o pregado e as enguias Atlânticas (Harden Jones *et al.*, 1978, e Arnold e Cook, 1984, *in* Hill, 1995). Os estudos sobre o comportamento larvar têm incidido principalmente nos comportamentos alimentares e de distribuição vertical (Leis, 2006). Contudo, o comportamento alimentar actua em escalas de milímetros e geralmente não influencia a dispersão (Leis, 2006). Por outro lado, a distribuição vertical, que também tem sido motivo de estudo, pode ter uma influência decisiva na dispersão onde as correntes de maré variam com a profundidade (Paris e Cowen, 2004). Apesar de implícita ao ictioplâncton, muito poucos modelos de dispersão (excepto para zonas estuarinas)

introduzem a migração vertical como factor. (Leis, 2006). Stenchev e Korotenko (2004) no entanto, utilizaram um modelo de transporte de partículas passivas e activas para entender como a combinação de fases de maré e flutuação pode afectar a acumulação de organismos marinhos e o seu transporte horizontal. As partículas passivas tinham uma flutuação neutra enquanto as activas eram capazes de realizar migrações verticais dependentes da luz. Paris e Cowen (2004) no modelo (ISLAFIT) utilizado também não ignoram a migração vertical como factor influente no transporte larvar.

Junto ao fundo existe uma fronteira onde as velocidades das correntes caem rapidamente para zero (Leis, 2006). A altura desta fronteira varia com as velocidades das correntes de cada local, com o relevo marinho e com as diferentes densidades dos tipos de vegetação que crescem junto ao fundo (Leis, 2006). As larvas que ocupam esta camada vão ser sujeitas a uma menor advecção quando comparadas com as que permanecem acima na coluna de água (Black *et al.*, 1991, e Black e Moran, 1991, *in* Leis, 2006). Vários estudos mostraram que larvas de peixe ocupam, de facto, as camadas mais profundas, pelo menos durante uma porção do seu período pelágico. Em águas pouco profundas (< 30m) sobre recifes de ostras na baía de Chesapeake, agregados de larvas de Gobideos perto do assentamento, foram observados junto ao fundo e protegidas sob o abrigo de objectos (Breitburg, 1991, *in* Leis, 2006). Em águas costeiras perto de recifes rochosos na Nova Zelândia, mergulhadores observaram larvas de Gobiesocideos e Tripterygideos na camada de água mais funda e estável (Kingsford e Choat, 1989, *in* Leis, 2006). Incluindo os estudos acima mencionados, larvas de pelo menos 13 famílias, na sua maior parte, de zonas temperadas são conhecidas por entrarem na camada mais profunda e estável (Marliave, 1997, e Grout, 1984, e Lindeman, 1986, e Leis *et al.*, 1989, e Steffe, 1990, e Kaufman *et al.*, 1992, e Beyst *et al.*, 1999, *in* Leis, 2006). Um resultado comum aos estudos acima mencionados é que geralmente as larvas encontradas nesta camada encontram-se num estado de desenvolvimento avançado (usualmente pós-flexão). Larvas menos desenvolvidas apresentavam geralmente uma distribuição mais acima na coluna de água, indicando a existência de migrações verticais ontogenéticas (Leis, 2006).

Outros estudos incidiram directamente sobre períodos de actividade e a sua relação com as diferentes fases de maré (Neilson e Perry, 1990). Gibson (1965, 1967, *in* Neilson e Perry, 1990) descreveu ritmos circatidais em adultos da espécie *Lipophrys pholis* que persistiram durante vários dias sob condições laboratoriais constantes. Adultos da

espécie *Coryphoblennius galeria* mostraram padrões semelhantes, no seu ambiente natural, sendo o período de maior actividade foi durante a Preia-mar (Gibson, 1970, *in* Neilson e Perry, 1990). *Pomatoschistus minutus* também mostrou ritmos circatidais persistentes no laboratório e o pico de actividade foi registado durante a fase de Vazante no seu ambiente natural (Gibson e Hesthagen, 1981, *in* Neilson e Perry, 1990). Várias espécies mostram ritmos de actividade associados ao período circatidal no seu ambiente natural, porém sob condições laboratoriais constantes esses padrões desvanecem após alguns ciclos, permanecendo geralmente apenas uma periodicidade circadiana (Gibson, 1971, 1978, *in* Neilson e Perry, 1990).

Têm sido amplamente descritas evidências de que muitos peixes, particularmente nas primeiras fases de vida, podem utilizar preferencialmente a circulação de duas camadas de água em sistemas estuarinos para controlar a sua distribuição horizontal ou para se manterem numa determinada área (Laprise e Dodson, 1989; Joyeux, 2001). A interacção entre a distribuição vertical de larvas e o ambiente físico é frequentemente invocado para explicar as distribuições horizontais observadas (Hill, 1995; Cowen, 2002). Trabalhos que investigaram a distribuição horizontal de larvas em recifes de coral demonstraram a existência de padrões taxonómicos específicos para um variado número de taxa no que respeita à distância da costa (Cowen, 2002). Tais padrões são claramente indicadores de que as distribuições larvares não são meramente resultantes do transporte passivo pelas correntes (Leis, 1991, *in* Cowen, 2002).

A selecção de correntes de maré como meio de transporte larvar em zonas estuarinas tem sido amplamente descrita. São exemplo trabalhos como os de Yamaguchi e Kume (2008), Islam e Tanaka (2007), Schultz *et al.* (2003) e Jager Z (1999). Em ambiente marinho este comportamento também foi descrito por Aceves-Medina *et al.* (2008). Todos estes mostram evidências claras de movimentos verticais como meio de transporte para zonas de crescimento larvar ou mesmo como meio de evitar o transporte para fora dessas zonas. Nichol e Somerton (2009) em adultos de uma solha do Mar de Bering (*Lepidopseta polyxystra*) verificaram que esta também utilizava a migração vertical como forma de transporte horizontal, através da escolha selectiva de correntes de maré. Contudo, não existem estudos que mostram o uso deste tipo de comportamento por parte de espécies de recife em zonas costeiras como meio de retenção junto aos recifes.

Os comportamentos larvares que influenciam a dispersão / retenção estão obviamente dependentes das capacidades natatórias e sensoriais inerentes a cada grupo taxonómico. Nos primeiros estudos laboratoriais sobre a capacidade natatória larvar, muitos autores concluíram que as baixas velocidades observadas não poderiam actuar como mecanismos activos de retenção, descartando assim outros comportamentos como a orientação activa por parte das larvas (Leis, 2006). Estas publicações basearam-se em estudos de algumas espécies de Clupeiformes, Gadiformes e Pleuronectiformes, peixes de águas frias do hemisfério norte. Em muitos destes estudos as espécies exemplares não são demersais quando adultas, mas sim pelágicas em ambientes costeiros ou até oceânicos (Leis, 2006). Estudos de revisão onde o comportamento larvar foi descrito, na generalidade, concluíram que a velocidade natatória larvar é muito baixa: 1 a 4 CC/s (Comprimento Corporal por segundo). (Theilacker e Dorsey, 1980, e Blaxter, 1986, e Miller *et al.*, 1988, *in* Leis, 2006). Contudo, a ontogenia das larvas de Clupeiformes, Gadiformes ou Pleuronectiformes, não é representativa da ontogenia de peixes Perciformes, que dominam as comunidades demersais de águas mais quentes (Leis, 2006). Mal eclodem, a maior parte das larvas perciformes têm capacidades natatórias limitadas. Contudo, assim que completam a torção do uróstilo e têm a barbatana caudal formada (aproximadamente 5mm comprimento padrão), a velocidade natatória, segundo indicam alguns modelos numéricos, podem influenciar grandemente a dispersão larvar (Leis, 2006). Clark *et al.* (2005) verificaram, em laboratório, diferenças substanciais nas velocidades natatórias de larvas de peixes temperados criadas em estações de aquacultura, após completarem a torção do uróstilo. Durante o assentamento, estas larvas conseguiram nadar mais de 10km a velocidades entre os 15 cm.s⁻¹ e os 20 cm.s⁻¹, as quais excederam a média de velocidades das correntes presentes nos seus ambientes costeiros. Fisher *et al.* (2005), em laboratório, verificaram em 89 espécies de larvas em estados de desenvolvimento avançados velocidades críticas de 5,5 cm.s⁻¹ a 100.8 cm.s⁻¹, em que 95% das espécies seriam capazes de nadar mais depressa do que a média de velocidades das correntes presentes em *Lizard Island* (Grande Barreira de Coral, Austrália).

Estímulos ambientais como som, cheiro e cor, dos recifes e da fauna e flora a eles associada podem influenciar padrões específicos de dispersão/retenção (Gerlach *et al.*, 2007, Paris e Cowen 2004, Radford *et al.*, 2008). Lecchini *et al.* (2005) investigaram as capacidades visuais, acústicas/vibratórias e olfactivas em larvas da espécie *Chromis*

vidris, e sugeriram que esta espécie de recifes tropicais utiliza uma gama de mecanismos sensoriais de forma a detectar e escolher locais de assentamento. Verificaram também que a maioria das larvas orientava-se tendencialmente para zonas onde outros indivíduos da sua espécie se encontravam. Gerlach *et al.* (2007), com peixes de recifes de coral, verificaram que larvas em fase de assentamento são capazes de cheirar os recifes onde nasceram e sugerindo que, através desse sentido, poderiam ser capazes de escolher correntes favoráveis de forma a serem transportadas para junto dos recifes.

Os factores físicos e biológicos influentes na população larvar e adulta são fulcrais para entender o grau de auto-recrutamento a que uma população está sujeita (Sponaugle *et al.*, 2002). O grau em que uma população recebe recrutas de fontes locais ou de áreas adjacentes tem importâncias ecológicas para a gestão dessas populações. Por estas razões é geralmente necessário estimar o grau de auto-recrutamento da população de interesse. Os métodos actuais para a estimação de auto-recrutamento são limitados e muitas vezes difíceis de empregar (Sponaugle *et al.*, 2002). Novos métodos de marcação em massa tem vindo a ser desenvolvidos, um destes foi recentemente utilizado por Carreras-Carbonnel *et al.* (2007), no Mediterrâneo Noroeste, utilizando técnicas moleculares (micro-satélites) para calcular taxas de auto-recrutamento em populações larvares da espécie *Tripterygion delaisi*.

1.3- Qual a importância do estudo das primeiras fases de vida dos peixes para um correcto planeamento e gestão de áreas marinhas protegidas (AMP)?

Os dois objectivos principais das áreas marinhas protegidas são a conservação das populações dentro da área protegida e o repovoamento de áreas adjacentes não protegidas (Planes *et al.* 2000; Leis, 2002). O primeiro objectivo é essencialmente igual ao da protecção das áreas terrestres. O segundo já gera mais controvérsia (Leis, 2002). No oceano, ocorre geralmente dispersão das primeiras fases de desenvolvimento da maior parte dos organismos (Henriques *et al.*, 1999). Para poder ser gerida uma protecção eficaz têm de se analisar escalas de dispersão larvar, geralmente superiores às escalas utilizadas pelas populações adultas bentónicas (Henriques *et al.*, 1999; Almany *et al.*, 2007). Idealmente, o tamanho e a distância entre AMPs deveriam assentar no conhecimento dos padrões de dispersão larvar (Almany *et al.*, 2007).

O grau com que a população recebe recrutas de fontes locais ou de áreas adjacentes tem implicações importantes na ecologia e gestão das populações protegidas (Spounagle *et al.*, 2002). Devido a estas implicações é fundamental o conhecimento dos padrões de dispersão e o grau de auto-recrutamento das populações (Spounagle *et al.*, 2002). O grau de auto-recrutamento pode variar consoante as espécies. Esta variação deve-se principalmente às diferenças nos comportamentos larvares de cada espécie (e.g Carr e Raimondi, 1999, *in* Leis, 2002). A investigação da distribuição horizontal é fundamental para perceber a escala espacial de dispersão larvar das espécies associadas aos recifes (Leis, 2002). Outro foco de estudo fulcral é o estudo das capacidades comportamentais e sensoriais que influenciam os padrões de dispersão/retenção das espécies protegidas, o que até recentemente tem sido um fenómeno ignorado (Leis, 2002).

Os efeitos provocados pela interdição da pesca no recrutamento das populações em zonas protegidas ainda são largamente desconhecidos (Planes *et al.*, 2000). Existem evidências de que maiores taxas de recrutamento nem sempre levam ao aumento da produtividade local. *Hotspots* de recrutamento podem conduzir a um aumento no tamanho da população e desencadear processos dependentes de densidade (Caselle *et al.*, 2003). Por outro lado, as áreas marinhas protegidas têm mostrado favorecer o tamanho e a abundância das populações adultas exploradas. Todavia, estes aumentos podem levar a uma diminuição da sobrevivência de novos recrutas, devido a maiores densidades de predadores ou mesmo conspecíficos (Planes *et al.*, 2000). Porém, maiores tamanhos e densidade de adultos resultam num aumento do suplemento larvar (Planes *et al.*, 2000). Saber se uma população está dependente do suplemento larvar ou de processos dependentes de densidade, é fundamental para a gestão das AMP. São necessários mais estudos de ecologia larvar e de recrutamento, principalmente nas zonas temperadas para compreender de que forma interagem as várias fases do ciclo de vida dos peixes com as medidas de conservação. A gestão das AMP deve ser adaptativa e deve ter em conta estudos sobre a dispersão e recrutamento larvar, de maneira a permitir testar a eficácia do funcionamento das AMP, bem como possibilitar um melhoramento nas medidas de gestão (Carr e Raimondi, 1999, *in* Leis, 2002).

A recentemente instituída área de protecção marinha do Parque Natural da Arrábida (PNA) veio impor a necessidade de vários estudos para a monitorização e melhor compreensão das comunidades piscícolas residentes no Parque Marinho Luíz Saldanha (PMLS), nomeadamente estudos sobre distribuição larvar como os efectuados por

Borges *et al.* (2007a), nos quais foram conduzidos arrastos planctônicos à superfície e junto ao fundo marinho, na proximidade dos recifes costeiros. Outro estudo foi o de Borges *et al.* (2007b) onde também foram desenvolvidos uma série de arrastos sub-superficiais a duas milhas da linha de costa. Estes dois trabalhos permitiram verificar diferenças significativas entre os poucos metros que separam a superfície do fundo na zona costeira do PMLS e uma preferência nítida pelo fundo rochoso por parte da maioria das larvas e, particularmente, pelas fases de desenvolvimento mais tardias. O aumento da distância relativamente à costa levou a uma diminuição na diversidade e abundância larvar. Estes resultados indicaram claramente uma retenção por parte da maioria das larvas junto aos recifes costeiros. Porém, os mecanismos de retenção utilizados por estas larvas são inteiramente desconhecidos. No trabalho desenvolvido por Borges *et al.* (2007a), apesar de não ter sido desenhado nesse sentido, verificaram um efeito de maré sobre a comunidade larvar. Assim, face aos poucos estudos desta natureza em zonas temperadas e à necessidade de se entender, para as diferentes espécies, quais os comportamentos larvares que estão a actuar, surgiu a necessidade de testar se a interacção entre os padrões verticais e as diferentes fases de maré estariam a funcionar como mecanismo de retenção por parte das larvas associadas aos recifes costeiros do PMLS.

Como já referido o recrutamento é crucial para fazer a ponte entre as fases larvares e a população adulta. Desta forma foi testado pela primeira vez no PMLS um método de amostragem para a monitorização do recrutamento dos peixes de recifes temperados.

Alguns trabalhos sobre o recrutamento de espécies de recife já foram levados a cabo em zonas tropicais. Um exemplo é o trabalho de Valles *et al.*, 2006, foi com base neste trabalho que se adaptaram as unidades de monitorização do recrutamento de peixes (UMRP) aos recifes temperados do PMLS.

1.4- Objectivos

1. Investigar a existência de padrões de distribuição vertical na diversidade, abundância, estrutura e ontogenia das comunidades larvares junto aos recifes.
2. Investigar se as fases de maré são ou não influentes nos padrões de distribuição vertical.

3. Testar a utilização de dois tipos de substratos artificiais como método de monitorização de recrutamento no local de estudo.

2- Material e métodos

2.1- Área de estudo

O estudo decorreu no Parque Marinho Prof. Luíz Saldanha, em Setúbal (38°27'03''N, 009°21'24''W). Foram escolhidos dois locais (Risco e Derrocada) dentro da área de protecção integral do parque marinho, onde estudos anteriores indicam haver uma grande diversidade de peixes costeiros (Gonçalves *et al.*, 2003), com o propósito de amostrar a assembleia larvar associada aos recifes costeiros. Os dois locais estão separados por 2 km e pelo cabo Barbas de Cavallo (38°26'95''N, 09°01'43''W) (Figura 1). Por se tratar de um local orientado para Sul, protegido do vento e da ondulação predominantes do quadrante Norte, as condições marinhas são geralmente calmas e, por isso, favoráveis à realização de estudos muito próximos da costa, envolvendo saídas de mar e mergulho com escafandro autónomo. A cadeia montanhosa adjacente é caracterizada por falésias calcárias. Da desintegração destas falésias resulta um ambiente subtidal rochoso altamente heterogéneo proporcionando habitats adequados a muitas espécies de peixes bentónicos (Gonçalves *et al.*, 2003). É também, provavelmente uma zona de transição biogeográfica onde algumas espécies tropicais e temperadas frias têm os seus limites de distribuição Norte e Sul respectivamente (Henriques *et al.*, 1999). Neste local predomina um regime de correntes de maré paralelas à linha de costa (Borges *et al.*, 2006). O Rio Sado encontra-se muito próximo da área de estudo (Figura 1). No entanto, durante os meses de Primavera e Verão o seu caudal é muito reduzido (Martins *et al.*, 2002, *in* Borges *et al.*, 2007a), tendo aparentemente pouca influência na área costeira amostrada.

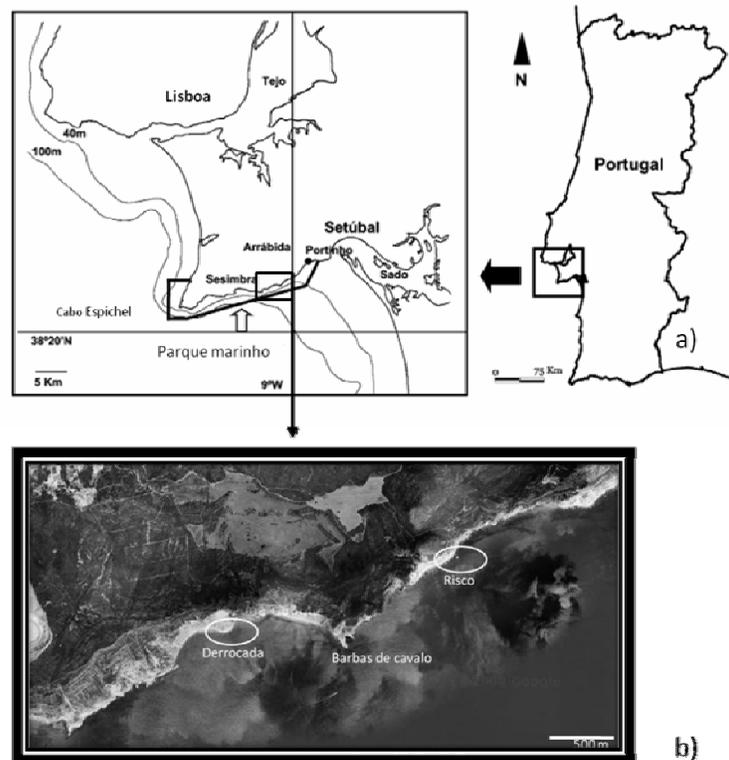


Figura1. (a) Localização do Parque Marinho Prof. Luíz Saldanha (Adaptado de Borges *et al.*, 2006). (b) zona de protecção integral do Parque, com indicação dos dois locais de amostragem (adaptado de <http://maps.google.com/maps?ll=38.448248,-9.028895&z=14&t=h&hl=pt-PT>).

2.2- Metodologia de amostragem

2.2.1- Monitorização da comunidade larvar

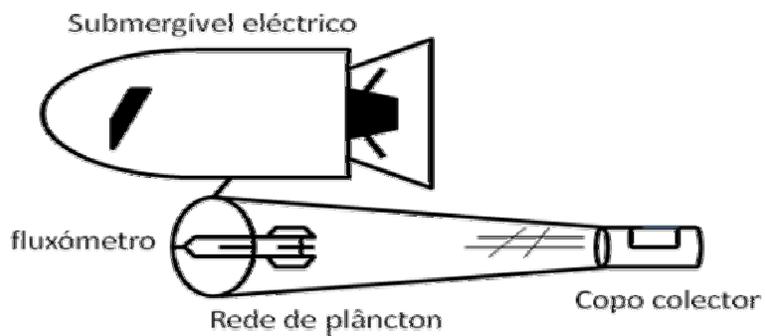
A amostragem foi efectuada, sobre os recifes costeiros a uma distância à costa inferior a 40m da costa, durante os meses de Junho e Julho do ano 2008, tendo sido recolhidas 98 amostras. Alguns contratempos logísticos impediram a concretização de um desenho experimental balanceado, resultando na obtenção de um número desigual de amostras em cada fase de maré (Tabela I). O método utilizado no presente trabalho foi validado em estudos prévios de ecologia larvar no Parque Marinho Luíz Saldanha (Beldade *et al.*, 2006 e Borges *et al.*, 2006). Contudo, o método de amostragem não deixa de ser inovador, na medida em que só foi utilizado anteriormente por Goldman *et al.*, (1983) em vários recifes de coral em *Lizard Island* (Grande Barreira de Coral, Austrália). Este método tem-se mostrado eficaz na amostragem dos taxa presentes junto ao fundo rochoso heterogéneo ($\approx 0,50\text{m}$ do fundo).

Tabela I. Esforço de amostragem para os dois locais (Risco e Derrocada) na superfície e fundo e nas quatro fases de maré.

	Risco		Derrocada		Total
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	
Baixa-mar	3	3	6	8	20
Enchente	7	6	7	7	27
Preia-mar	4	5	5	4	18
Vazante	9	9	8	7	33
Total	23	23	26	26	98

Utilizou-se uma rede de plâncton com uma abertura de 30cm de diâmetro, malha de 350µm, com uma razão diâmetro:comprimento de 1:3. Aplicou-se à boca da rede um fluxómetro *Hydrobius*. Este aparato foi acoplado à parte inferior de um submergível *Apollo AV1*. As amostras foram recolhidas com a ajuda de um copo colector com uma rede de malha 350µm.

Durante a amostragem, o submergível era conduzido por um mergulhador (escafandro autónomo) (Figura 2), que depois de chegar ao fundo abria a rede e iniciava o arrasto seguindo uma direcção paralela à linha de costa, contornando sempre que necessário, obstáculos resultantes do perfil rochoso heterogéneo. Após 5 minutos de arrasto, o mergulhador fechava a rede e voltava à superfície para trocar de copo colector e iniciar o arrasto de superfície (Figura 3). Em cada dia foram feitos quatro arrastos para amostrar uma fase de maré, dois no Risco e dois na Derrocada, começando no máximo 30 minutos antes do pico de cada fase de maré (Preia-mar, Vazante, Baixa-mar e Enchente). Foram efectuados arrastos sub-superficiais, 1m abaixo do nível de água, e a cerca de 50 cm do fundo (Figura 3), a profundidades compreendidas entre os 7 e os 10m consoante a amplitude da maré (amplitude média = 2,0m D.P = 0,4m, N = 91).



a)



b)

Figura 2. Esquema de montagem da rede de arrasto de plâncton ao submergível (a) e fotografia ilustrativa do método de arrasto com o auxílio de escafandro autónomo (b).

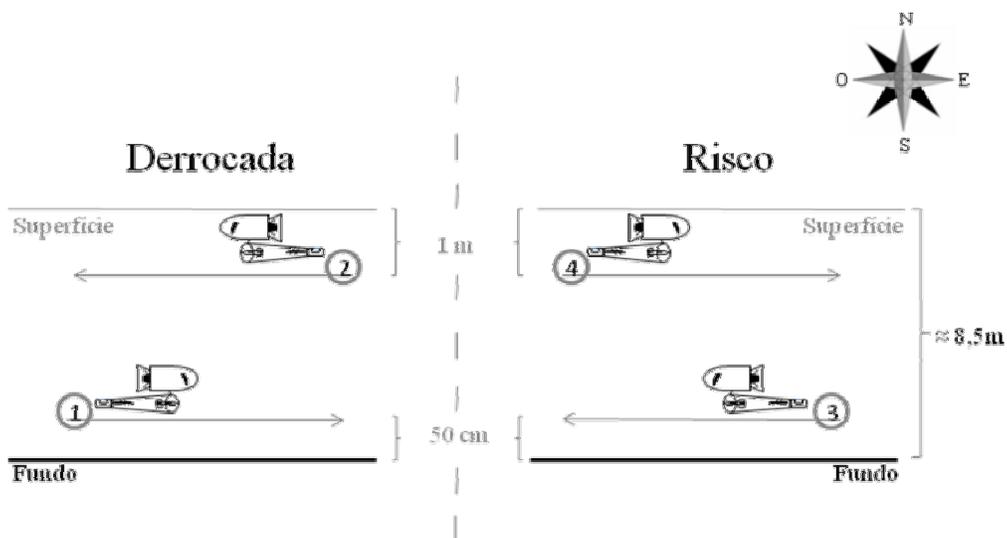


Figura 3. Esquema ilustrativo do procedimento de amostragem efectuado num dia, para a amostragem dos diferentes locais, profundidades e fases de maré.

O volume médio filtrado (Tabela II) foi de $7,03 \text{ m}^3$, (D.P. = $2,38 \text{ m}^3$, N= 98), a uma velocidade aproximada de 1,04 nós. A densidade média foi de $1,87 \text{ larvas/m}^3$ (D.P. = $2,78 \text{ larvas/m}^3$ N= 98). As amostras foram fixadas em etanol diluído com água destilada

a uma concentração de 80%. Foram armazenadas em frascos de 500 ml ao abrigo de luz directa. As larvas foram triadas do restante plâncton e identificadas até ao taxon mais baixo possível com a ajuda de uma lupa *Zeiss Discovery.V8* com câmara fotográfica *Canon Power Shot A640* acoplada. Cada larva foi classificada quanto ao seu grau de desenvolvimento, segundo o estado de torção do uróstilo em: pré-torção, torção e pós-torção (de acordo com Leis e Carson-Ewart, 2000). As larvas foram medidas com o auxílio de uma ocular micrométrica, tendo sido registado para cada uma o seu comprimento standard (da boca ao uróstilo), com uma precisão de 0,01mm.

Tabela II. Número de amostras, volume filtrado e número de larvas recolhidas em cada profundidade e fase de maré.

Profundidade	Maré	Volume filtrado (m ³)			Número de Larvas		
		N	Média	D.P.	Média	D.P.	Total
Fundo		49	7,43	2,30	9,53	15,62	449
	Baixa-mar	9	7,68	1,89	4,00	4,48	32
	Enchente	14	7,30	2,11	8,86	21,43	126
	Preia-mar	9	8,49	1,40	4,89	5,41	42
	Vazante	17	6,84	2,90	15,47	16,55	249
Superfície		49	7,00	2,46	14,92	21,69	749
	Baixa-mar	11	7,46	2,24	7,45	8,07	82
	Enchente	13	7,22	2,41	12,15	26,65	171
	Preia-mar	9	6,67	1,35	27,33	32,61	250
	Vazante	16	6,67	3,17	15,31	14,25	246

2.2.2- Unidades de monitorização do recrutamento de peixes (UMRP)

A amostragem (Tabela III) decorreu de Abril a Setembro de 2008 (14 semanas de amostragem) de modo a abranger a época de recrutamento da maior parte das espécies residentes (Gonçalves, dados não publicados *in* Beldade *et al.*, 2006). Por motivos logísticos, as primeiras amostragens foram só no Risco e em semanas consecutivas. A partir da 6^a semana, ambos os locais foram amostrados, com intervalos, entre cada colocação, de uma semana, reduzindo o esforço de amostragem de maneira a disponibilizar mais tempo para a amostragem da comunidade larvar.

Tabela III. Esforço de amostragem, dos UMRPs no Risco e Derrocada.

Semana	Dia de colocação	Dia de levantamento	Risco		Derrocada		Total
			Ervas	Rochas	Ervas	Rochas	
1	24-Abr	29-Abr	4	3	-	-	7
2	30-Abr	6-Mai	4	4	-	-	8
3	7-Mai	13-Mai	4	4	-	-	8
4	14-Mai	19-Mai	6	6	-	-	12
5	20-Mai	26-Mai	6	6	-	-	12
6	27-Mai	4-Jun	6	6	-	-	12
6	27-Mai	3-Jun	-	-	6	6	12
7	11-Jun	16-Jun	-	-	6	6	12
7	11-Jun	17-Jun	4	4	-	-	8
8	23-Jun	1-Jul	6	6	-	-	12
8	24-Jun	30-Jun	-	-	6	6	12
9	7-Jul	17-Jul	6	5	-	-	11
9	8-Jul	16-Jul	-	-	6	5	11
10	22-Jul	30-Jul	-	-	6	6	12
10	23-Jul	30-Jul	6	6	-	-	12
11	8-Ago	12-Ago	-	-	6	6	12
11	7-Ago	14-Ago	6	6	-	-	12
12	21-Ago	26-Ago	6	6	-	-	12
12	22-Ago	27-Ago	-	-	6	6	12
13	1-Set	10-Set	6	6	-	-	12
13	1-Set	11-Set	-	-	6	6	12
14	18-Set	26-Set	5	6	-	-	11
14	18-Set	25-Set	-	-	3	6	9
Total			75	74	51	53	265

Os locais de colocação das unidades foram o Risco e a Derrocada (Figura 1), a uma distância do recife de 28 e 40m respectivamente. Foram construídas unidades bentônicas (adaptados de Valles *et al.*, 2006) (Figura 4), com o propósito de amostrar o assentamento larvar dos peixes que habitam a zona de recife. Para possibilitar que as unidades fossem fixas com espias em fundo arenoso, foi escolhido o interface rocha/areia (7m a 10m de profundidade). Os UMRPs consistiram num cesto (45x45cm de base e 17cm de altura) de rede plástica com cor verde e uma malha de 1cm, preenchidos com um de dois tipos de substratos: rocha vulcânica (para simular o habitat rochoso), por ser mais leve e a sua porosidade conferir um maior número de possíveis microhabitats, e fita plástica verde com flutuabilidade positiva colocada de maneira a simular o ambiente das pradarias de ervas marinhas (densidade de 1200 fitas por m², adaptado de Healy & Hovel, 2004). Por baixo do cesto colocaram-se sacos construídos com rede mosquiteira cinzenta (65cm de diâmetro na base, 75cm de altura) com 1mm de malha (Figura 4). Em cada mergulho de colocação, os conjuntos de substrato + saco foram colocados no fundo, com uma disposição alternada entre substratos rochosos e de ervas, ao longo de três transeptos paralelos à costa (num arranjo de 4x3 em cada local), e distanciados entre si por 1m. Os conjuntos substrato + rede foram fixos ao fundo com espias. Foram ainda utilizados cabos, fixos ao fundo em cada transecto através de

wombats, que permitiram uma fixação adicional dos substratos, por questões de segurança face a condições meteorológicas menos favoráveis.

Após um período de aproximadamente uma semana depois da colocação, foram efectuados mergulhos de levantamento dos substratos. Depois da remoção das estacas, o saco de rede era rapidamente desenrolado e fechado de forma a envolver toda a unidade e não deixar escapar os recrutas (Figura 4). Os sacos eram então içados para bordo. Uma vez no barco, o processamento das amostras consistiu na lavagem dos substratos com água do mar e uma ou duas gotas de óleo de cravinho (anestésiante) de forma a retirar os recrutas presentes nos substratos para um recipiente plástico com dimensões superiores aos substratos. De seguida procedeu-se à crivagem da água de lavagem contida no recipiente plástico e armazenaram-se as amostras em frascos de 500ml com etanol a 80% para a fixação dos organismos. No laboratório foram feitas as triagens das amostras de cada substrato. Separaram-se os peixes dos restantes organismos para posterior identificação e medição dos recrutas.

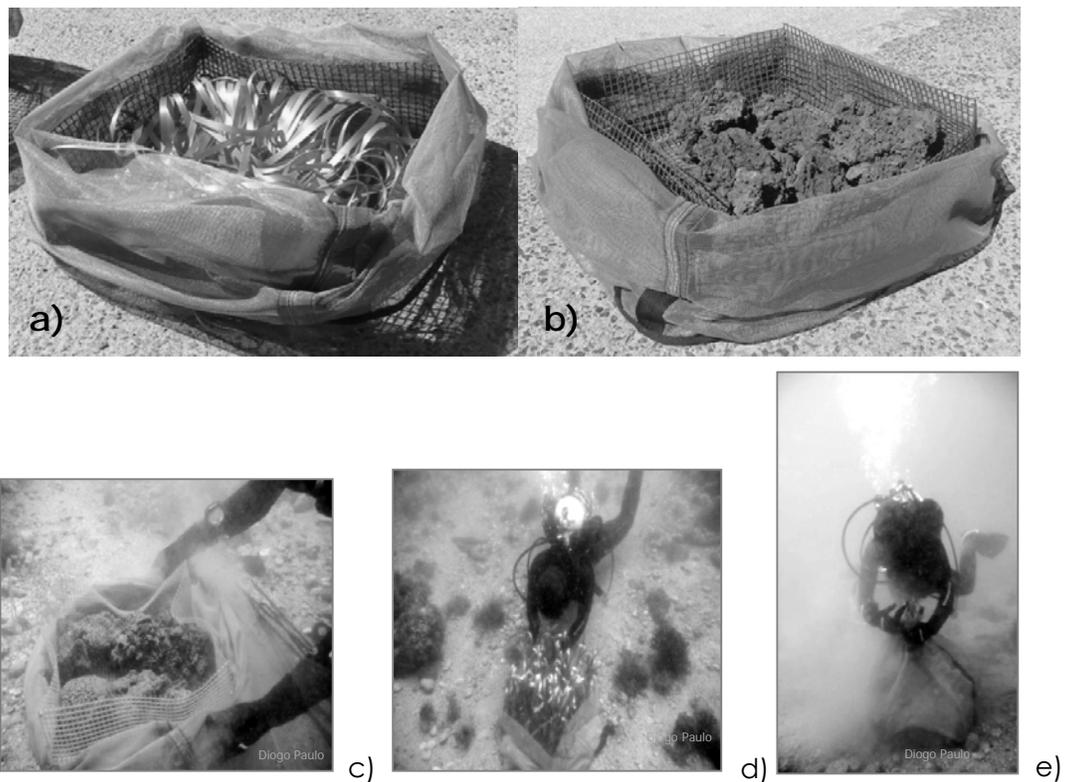


Figura 4. UMRPs bentónicos com dois tipos de substratos simulação de ervas marinhas (a) simulação Rochoso (b). Recolha, com o auxílio de escafandro autónomo, dos dois tipos de substratos (c) rochoso, (d) ervas e (e) saco de rede a envolver a unidade.

2.3- Análise de dados

2.3.1- Perfil vertical e efeito da maré sobre a comunidade larvar

Para se proceder à análise do efeito dos factores amostrados (locais, profundidades e fases de maré) sobre: índice de diversidade, densidade total de larvas, densidade das espécies mais abundantes e comprimento padrão, utilizou-se a mesma metodologia, efectuada através do *software* Statistica 7. Foi sempre previamente verificada a existência de homogeneidade ou heterogeneidade de variâncias, através do teste Levene. Quando, mesmo após transformação dos dados $\text{Log}(x+1)$ e/ou \sqrt{x} , não foi verificada a homogeneidade de variâncias, substituíram-se os testes paramétricos pelos seus análogos não paramétricos. Para testar entre dois grupos do mesmo factor (Derrocada e Risco ou superfície e fundo) utilizaram-se testes t ou testes U de Mann-Whitney. De forma a testar a interacção entre factores (profundidade x fases de maré) foram sempre aplicados testes ANOVA factorial, mesmo para dados heterogéneos nas suas variâncias. Procedeu-se desta forma devido aos testes não paramétricos não permitirem analisar a interacção entre dois factores. Para testar entre mais de dois grupos do mesmo factor (fases de maré) usaram-se testes ANOVA ou testes Kruskal-Wallis (quando não se verificou homogeneidade de variância). Para identificar diferenças entre níveis do mesmo factor (Preia-mar, Vazante, Enchente e Baixa-mar) utilizaram-se testes Knewman-Keuls ou testes de Dunn, respectivamente.

Dado que na análise da diversidade, densidade total, densidade das espécies mais abundantes e comprimento padrão não foram verificadas diferenças entre locais de amostragem (excepto no comprimento padrão de *P. pictus*), juntaram-se os dados recolhidos na Derrocada e no Risco de forma aumentar o número de replicados a serem analisados.

2.3.1.1- Diversidade

Foram calculados dois índices de diversidade para cada amostra. O índice de Shannon (H') dá ênfase à riqueza específica e reflecte a diversidade baseada na abundância relativa de cada espécie (p_i), calculada através da divisão da densidade de cada espécie pela densidade total ($p_i = n_i/N$), usando o logaritmo natural na sua formulação (Clarke e Warwick, 2001).

$$H' = \sum_i^s p_i \ln(p_i)$$

O índice de diversidade taxonómica média (Δ^*) reflecte a distância taxonómica entre as espécies de cada amostra. O Δ^* é baseado não só na abundância de cada espécie mas também na distância taxonómica entre todos os pares de indivíduos. Valores altos de Δ^* indicam grandes diversidades taxonómicas (Máximo = 100). Este índice foi calculado considerando distâncias equivalentes entre os diferentes níveis taxonómicos. X_i ($i = 1, \dots, s$) representa a abundância de cada espécie e $\sum_j X_i$ o número total de indivíduos por cada amostra. ω_{ij} representa a distância taxonómica entre as espécies i e j (Clarke e Warwick, 2001).

$$\Delta^* = \left[\sum \sum_{i < j} \omega_{ij} X_i X_j \right] / \left[\sum \sum_{i < j} X_i X_j \right]$$

2.3.1.2- Densidade total

As densidades foram calculadas através da divisão do número de larvas capturadas pelo volume filtrado em cada amostra. De forma a analisarmos o efeito de cada factor amostrado, somaram-se as densidades recolhidas em cada local, cada profundidade e cada fase de maré. Através da análise estatística descrita na alínea **2.3.1** testaram-se as diferenças entre cada factor.

2.3.1.3- Estrutura da comunidade larvar

Relativamente à análise da estrutura larvar utilizou-se o programa de estatística multivariada Primer-E (Clarke e Warwick, 2001), com extensão para o PERMANOVA (Anderson, 2001). Para averiguar possíveis diferenças entre locais, profundidades e fases de maré, realizaram-se gráficos MDS (*non metric multidimensional scaling*) (999 permutações) dispostos em duas dimensões, baseados numa matriz triangular calculada a partir do índice de similaridade de Bray-Curtis (Clarke e Warwick, 2001). Os gráficos MDS permitem uma visualização espacial da similaridade entre amostras: as amostras mais distintas aparecem no gráfico mais afastadas entre si. O coeficiente de stress indica a dificuldade em comprimir as relações entre amostras em duas dimensões ou, por outras palavras, exprime até que ponto o gráfico demonstra as relações entre amostras (valores de stress abaixo de 0,2 geralmente demonstram uma boa visualização da relação entre amostras). O teste PERMANOVA permitiu avaliar as distâncias,

visualizadas nos MDSs. Foi baseado nas distâncias (ou dissemelhanças) impostas pela matriz de Bray-Curtis. O valor de p foi obtido através de uma série de permutações (999) sob uma hipótese nula verdadeira. Podemos referir-nos a este como um teste “semi-paramétrico”, pois permite não só avaliar factores separadamente, como as interacções entre eles. Visto não se terem encontrado diferenças significativas entre locais de amostragem, juntaram-se os dados das densidades de cada local de forma a aumentar o número de replicados utilizados nos testes às profundidades, fases de maré e interacção entre ambos. As diferenças entre níveis do mesmo factor (Preia-mar, Vazante, Enchente e Baixa-mar) foram testadas através de PERMANOVA *Pair-Wise*. Contudo, o teste PERMANOVA pode ser influenciado pela dispersão multivariada dentro de cada grupo. Assim, para verificar se havia homogeneidade de dispersões usou-se o teste PERMDISP (Anderson, 2006). Baseado também na matriz de similaridade Bray-Curtis, este teste valida o resultado do PERMANOVA. A rotina SIMPER (*similarity percentage analysis*), para os dados transformados com raiz quadrada (de forma a não realçar as espécies mais abundantes), foi calculada de forma a determinar quais as espécies que mais contribuíam para explicar a similaridade média entre as amostras de um mesmo grupo (Clarke e Warwick, 2001), assumindo um *cut off* de 90%. Foi sobreposta a gráficos MDS (referentes a profundidades e fases de maré) a abundância das espécies que mais contribuíram para a semelhança entre amostras.

2.3.1.4 - Espécies mais abundantes

Na análise de densidades da espécie *Pomatoschistus pictus* foi detectada uma interacção (Profundidade x fase de maré) significativa. Todavia, os dados foram heterogéneos nas suas variâncias. De acordo com alguns autores (eg, Underwood 1997), o teste ANOVA provou ser suficientemente robusto mesmo para variâncias não homogéneas. Mesmo assim, validaram-se os resultados testando cada factor separadamente com testes não paramétricos. Após verificar uma diferença entre profundidades, separaram-se os dados da superfície e do fundo e analisou-se o efeito das diferentes fases de maré a cada profundidade. Obtiveram-se resultados idênticos: diferenças entre profundidades e diferenças entre fases de maré apenas no fundo, desta forma confirmaram-se os resultados da ANOVA factorial e aceitou-se o resultado significativo de interacção entre os factores. Todas as outras espécies foram analisadas conforme descrito acima nesta secção (3.3.1).

2.3.1.5 - Padrões ontogenéticos

Na análise de padrões ontogenéticos para a espécie *P. pictus* verificou-se uma diferença significativa entre locais de amostragem. Subsequente a este resultado, conduziu-se uma análise à profundidade e fase de maré para os dados do Risco e da Derrocada separadamente. No Risco, na análise dos dados referentes às fases de maré não foi encontrada uma homogeneidade de variâncias. Contudo, como o valor de p de Levene não foi muito inferior a 0,05, considerou-se suficientemente robusto o resultado da ANOVA. Na derrocada a heterogeneidade de variâncias foi elevada. Deste modo, efectuou-se um teste Mann-Whitney para analisar entre fases de maré. Porém o teste de Dunn não teve poder para testar *a posteriori*, dado que não foi capturado um número suficiente de larvas em cada situação a testar. Assim, usou-se a análise paramétrica para descobrir entre que fases incidiram as diferenças entre marés. Realizou-se um teste ANOVA 1 factor e posteriormente um Knewman-Keuls. Todas as outras espécies foram analisadas conforme descrito acima nesta secção (3.3.1).

2.3.4- Unidades de monitorização do recrutamento de peixes (UMRP)

Foi feita uma análise gráfica e uma exploração preliminar dos dados, que será apresentada e discutida nas secções seguintes.

3- Resultados

3.1- Monitorização da comunidade larvar

3.1.1- Composição larvar

Foi apanhado um total de 1203 larvas de peixe (449 no fundo e 754 à superfície). Foram identificadas 17 espécies diferentes pertencentes a 8 Famílias e 3 Ordens. Foi possível identificar 96,34% das larvas até à espécie, 0,5% apenas ao nível do Género, e 1,16% até à Família. Não foi possível identificar 2% das larvas amostradas devido ao mau estado dos indivíduos. Na Tabelas IV é possível observar as densidades médias de cada espécie em ambas as profundidades e fases de maré.

Tabela IV. Lista de densidades médias e desvio padrão (Nº larvas/m³) para cada espécie capturada em cada fase de maré e em cada profundidade.

Ordem	Familia	Espécie	Superfície								Fundo							
			Baixa-mar		Enchente		Preia-mar		Vazante		Baixa-mar		Enchente		Preia-mar		Vazante	
			Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.
Atheriniiformes	Atherinidae	<i>Atherina presbyter</i>	0,014	0,048	-	-	0,246	0,540	0,012	0,048	-	-	-	-	-	-	-	-
Gobiesociformes	Gobiesocidae	<i>Apletodon dentatus dentatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,006	0,025
		<i>Lepadogaster candolii</i>	-	-	0,037	0,090	-	-	-	-	0,044	0,096	0,086	0,286	-	-	0,037	0,095
		<i>Lepadogaster lepadogaster</i>	-	-	0,025	0,062	-	-	0,012	0,034	-	-	0,041	0,128	0,015	0,045	0,052	0,158
Perciformes	Bleniidae	<i>Coryphoblennius galerita</i>	0,009	0,029	0,009	0,029	0,134	0,261	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Lipophrys pholis</i>	-	-	0,012	0,040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Parablennius pilicornis</i>	0,038	0,125	-	-	0,073	0,193	0,027	0,109	-	-	-	-	-	-	-	-
	Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,013	0,040	-	-	-	-	-	-
	Gobiidae	<i>Sp1</i>	0,013	0,044	-	-	-	-	-	-	0,027	0,080	-	-	-	-	-	-
		<i>Spp</i>	-	-	0,012	0,040	0,018	0,048	-	-	0,053	0,159	-	-	-	-	-	-
		<i>Gobius tipo niger</i>	0,013	0,044	0,014	0,047	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,018	0,052
		<i>Gobius xanthocephalus</i>	0,013	0,044	0,095	0,173	0,037	0,097	0,053	0,102	0,121	0,160	0,719	1,543	0,312	0,490	1,019	1,489
		<i>spp</i>	0,013	0,043	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Gobiusculus flavescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,009	0,032	-	-	0,030	0,097
		<i>Pomatoschistus pictus</i>	0,029	0,096	0,016	0,056	0,103	0,138	0,059	0,148	0,054	0,086	0,197	0,379	0,095	0,167	0,622	0,922
	Labridae	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,014	0,042	-	-
		<i>Symphodus cinereus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,014	0,042	-	-
		<i>spp</i>	-	-	-	-	0,018	0,048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sparidae	<i>sp1</i>	-	-	-	-	0,068	0,181	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>spp</i>	-	-	-	-	0,043	0,113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Boops boops</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,054	0,107
	Tripterygiidae	<i>Tripterygion delaisi</i>	0,788	1,043	1,290	2,651	4,278	4,683	2,886	3,215	0,149	0,209	0,132	0,282	0,086	0,112	0,345	0,509
Não identificadas	N.i sp A	<i>N.i. sp A</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,012	0,043	-	-	-	-
	N.i.	<i>N.i.</i>	0,123	0,408	0,020	0,047	0,057	0,103	-	-	-	-	-	-	-	-	0,022	0,063

Como se pode verificar na Tabela IV, algumas espécies foram encontradas exclusivamente à superfície. É o caso de *Atherina presbyter*, *Parablennius pilicornis*, *Coryphoblennius galerita*, membros da família Sparidae e dos gêneros *Gobius* e *Symphodus* (Figura 5). Por outro lado, as espécies *Boops boops*, *Symphodus cinereus*, *Ctenolabrus rupestris*, *Gobiusculus flavescens*, *Trachurus trachurus* e *Apletodon dentatus dentatus* ocorreram apenas no fundo (Figura 6). *Tripterygion delaisi*, *Gobius xanthocephalus* e *Pomatoschistus pictus* foram as espécies mais abundantes no decorrer do estudo, contribuindo com 89% para o total de larvas capturadas. Na superfície *T. delaisi* foi a espécie mais abundante, contribuindo com 87 % para o total amostrado. No fundo, *G. xanthocephalus*, *P. pictus* e *T. delaisi* foram as espécies mais abundantes contribuindo com 50%, 21% e 15%, respectivamente, para o total amostrado. As três espécies mais abundantes representam 91% da densidade total na superfície e 86% da densidade no fundo. Verifica-se ainda que o número de taxa foi semelhante na superfície e no fundo.

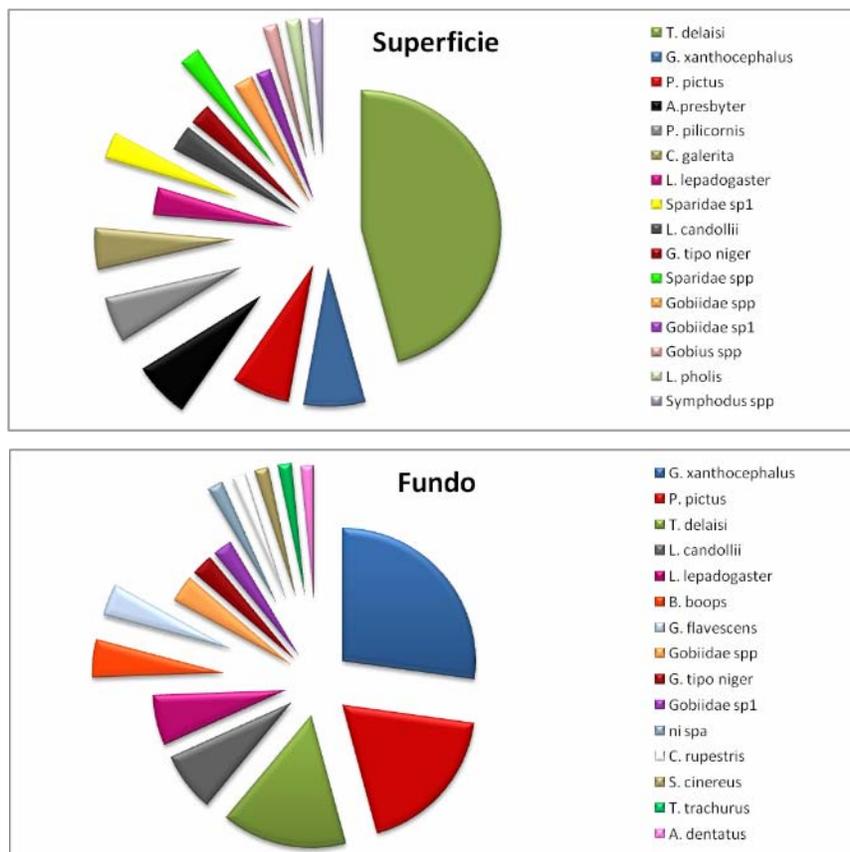


Figura 5. Composição larvar amostrada na superfície e no fundo, com destaque para as espécies amostradas exclusivamente na superfície e no fundo. Dados obtidos após transformação com raiz quadrada dos valores de densidade ($\sqrt{(n^\circ \text{ de larvas}/m^3)}$) com o intuito de reduzir a contribuição das espécies mais abundantes na visualização gráfica.

Relativamente ao efeito da fase da maré na composição larvar, no fundo pode observar-se uma maior contribuição da Vazante (relativamente às outras fases de maré) para a maior parte das espécies, exceptuando a espécie *L. candollii* que apareceu mais na Enchente. À superfície não se verificou uma tendência nítida apesar de se observar na espécie mais abundante nesta profundidade uma maior ocorrência na Preia-mar (Figura 7). Pode ainda verificar-se que as mesmas espécies apresentaram padrões diferentes de ocorrência com a fase de maré no fundo e à superfície.

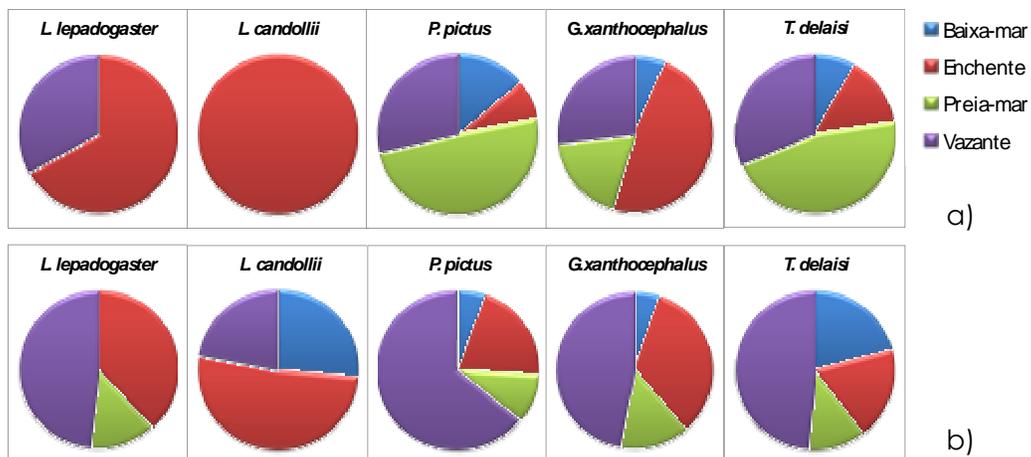


Figura 7. Média da densidade amostrada (n° de larvas/ m^3) e contribuição da densidade em cada fase de maré para as espécies capturadas tanto na superfície (a) como no fundo (b).

Relativamente a algumas espécies que apenas foram capturadas na superfície (Figura 8), verifica-se um maior contributo da Preia-mar, exceptuando a espécie *L. pholis*. No fundo, (Figura 8) para as espécies *G. flavescens*, *B. boops* e *A. dentatus* verifica-se uma maior contribuição das densidades amostradas na Vazante, *T. trachurus* na Baixa-mar e *C. rupestris* e *S. cinereus* na Preia-mar. Note-se que as densidades destas espécies são extremamente baixas.

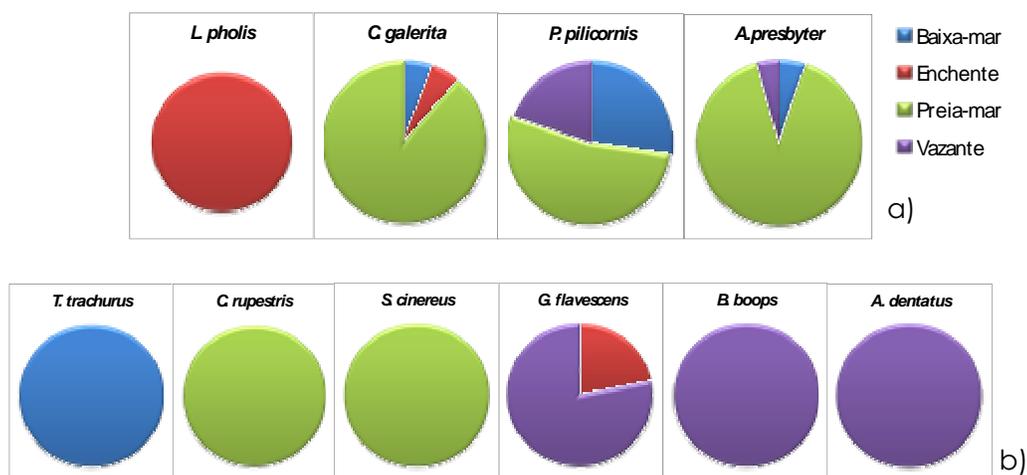


Figura 8. Média da densidade amostrada (n° de larvas/ m^3) e contribuição da densidade em cada fase de maré para as espécies capturadas exclusivamente à superfície (a) e espécies capturadas exclusivamente no fundo (b).

3.1.2- Diversidade

Locais de amostragem

Quanto à diversidade amostrada, não se verificaram diferenças significativas entre os dois locais de amostragem. O resultado do teste t para o índice de Shannon (H') foi g.l. = 73; $t = 0,76$; $p = 0,45$ enquanto para o índice de distinção taxonómica médio (Δ^*), o resultado foi g.l. = 73; $t = 1,74$; $p = 0,18$.

Profundidades e fases de maré

Relativamente ao índice de Shannon (H') (Figura 9), o valor médio à superfície foi 0,365 e no fundo 0,663. Não foi encontrada uma interacção (profundidade x maré) significativa (ANOVA factorial g.l. = 3; 67; $F = 1$; $p = 0,4$). No fundo, verificou-se uma diversidade significativamente maior do que à superfície (ANOVA factorial g.l. = 1; 67; $F = 8,56$; $p = 0,005$). No que se refere às fases de maré, não existiram diferenças significativas (ANOVA factorial g.l. = 3; 67; $F = 0,27$; $p = 0,85$).

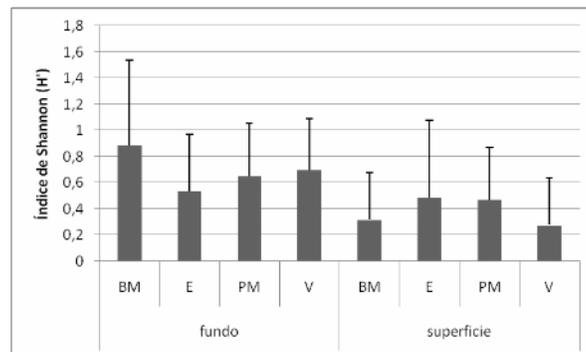


Figura 9. Índice de diversidade de Shannon (H') na superfície, fundo e em cada fase de maré (BM – Baixa-mar; E – Enchente; PM – Preia-mar; V – Vazante). As barras de erro representam o desvio padrão.

Relativamente aos valores do índice de diversidade taxonómica médio (Δ^*) (Figura 10). O valor médio à superfície foi 51,569 e no fundo 53,522. Para os factores profundidade e Maré não se verificou uma interacção significativa nem diferenças significativas entre cada factor (Tabela V).

Tabela V. Resultados do teste ANOVA factorial para o efeito dos factores Profundidade e Maré e sua interacção no índice de diversidade média.

ANOVA factorial	g.l.	F	P
Profundidade x Maré	3	0,35	0,79
Profundidade	1	0,07	0,79
Maré	3	0,23	0,87
Erro	67		

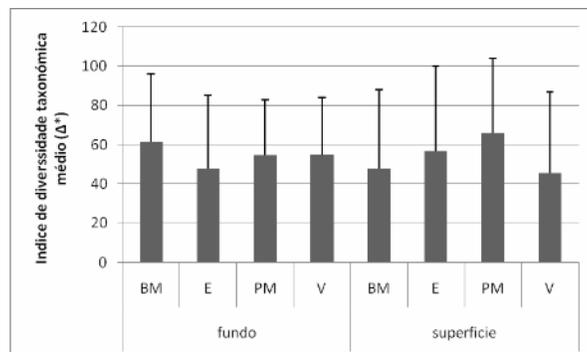


Figura 10. Índice de diversidade taxonómica médio (Δ^*) na superfície, fundo e em cada fase de maré (BM – Baixa-mar; E – Enchente; PM – Preia-mar; V – Vazante). As barras de erro representam o desvio padrão.

3.1.3- Densidade total

Locais de amostragem

Verificou-se homogeneidade de variâncias nas densidades amostradas nos dois locais, após uma transformação dos dados com raiz quadrada (Levene: g.l. = 96; F = 2,41; p = 0,12). As abundâncias totais encontradas no Risco e na Derrocada não foram significativamente diferentes (teste t: g.l. = 96; t = -1,19, p = 0,25).

Profundidade e Fases de maré

Só se verificou homogeneidade de variâncias para as fases de maré, após transformação dos dados com raiz quadrada. Para as profundidades e interacção profundidade / fases de maré, mesmo após transformação dos dados, a homogeneidade não foi verificada (Tabela VI).

Tabela VI. Resultados do teste Levene para a raiz quadrada das densidades totais relativas à profundidade, maré e à interação profundidade x maré.

Levene	g.l.	F	P
Profundidade x Maré	1,96	4,754	0,032
Profundidade	7,9	3,101	0,006
Maré	3,94	2,355	0,077

Entre profundidades, constatou-se que a abundância total média foi significativamente maior à superfície (2,34 larvas/m³ com D.P. = 3,21) do que no fundo (1,35 larvas/m³ com D.P. = 2,18) (Mann-Whitney: $Z = 2,70$; $p < 0,01$) (Figura 11). Depois da aplicação de um teste ANOVA factorial aos dados transformados com raiz quadrada, verificaram-se diferenças entre fases de maré (g.l. = 3;90; $F = 3,55$; $p = 0,018$) (Figura 11). Através do teste Kneuman-Keuls (Tabela VII) apuraram-se abundâncias totais médias superiores na Vazante (2,67 larvas/m³ com D.P. = 2,97) em relação à Baixa-mar (0,79 larvas/m³ com D.P. = 0,97).

Tabela VII. Resultados do teste Knewman-Keuls para a raiz quadrada das densidades totais amostradas nas quatro fases de maré.

Knewman-Keuls (g.l. = 90)	Preia-mar	Baixa-mar	Vazante	Enchente
Preia-mar				
Baixa-mar	$p = 0,29$			
Vazante	$p = 0,20$	$p = 0,03$		
Enchente	$p = 0,40$	$p = 0,50$	$p = 0,09$	

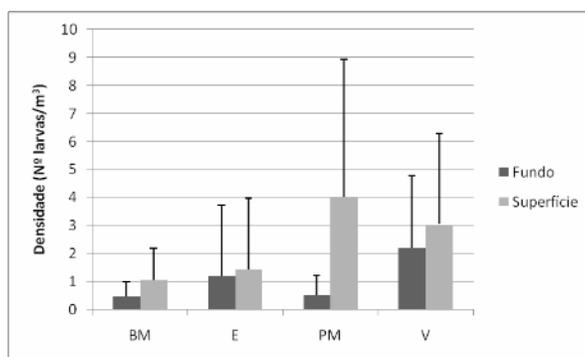


Figura 11. Média das densidades totais na superfície, fundo e em cada fase de maré (BM – Baixa-mar; E – Enchente; PM – Preia-mar; V – Vazante). As barras de erro representam o desvio padrão.

3.1.4- Estrutura da comunidade larvar

Locais de amostragem

A estrutura da comunidade larvar no Risco e na Derrocada não diferiu significativamente (Figura 12) (PERMANOVA com 999 permutações: g.l. = 1; pseudo F = 1,6; p = 0,16).

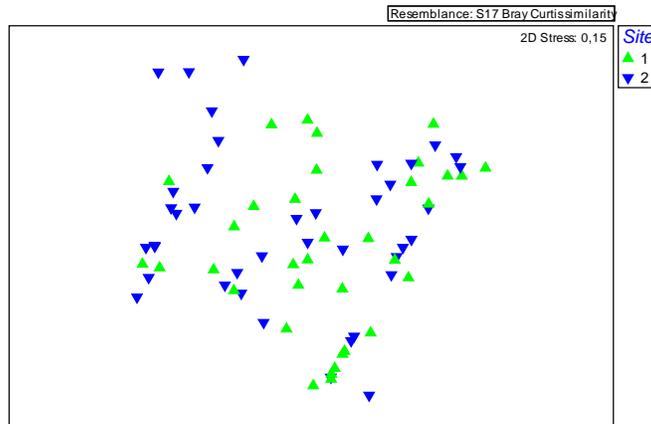


Figura 12. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes aos dois locais de amostragem, Risco (1) e Derrocada (2).

Profundidade e Fases de Maré

O resultado do teste PERMANOVA (Tabela VIII) não apurou uma interacção significativa entre os dois factores (Profundidade x Maré). Entre o fundo e a superfície encontrou-se uma diferença clara na estrutura larvar amostrada, bem perceptível através da observação do gráfico da Figura 13. Também foram observadas diferenças na estrutura larvar entre fases de maré apesar de graficamente não ser possível uma verificação nítida (Figura 14). As diferenças entre marés resultam de diferenças significativas entre a vazante e outras duas fases, a Enchente e a Baixa-mar, detectadas através do teste PERMANOVA *Pair-Wise* (Tabela IX). Na análise de dispersão multivariada (PERMDISP), não se aferiu uma dispersão significativa para nenhuma das profundidades analisadas (g.l. = 1;73; F = 1,9 e p = 0,22), nem em cada fase de maré (g.l. = 3;71; F = 1,22; p = 0,39), o que valida o resultado do teste PERMANOVA.

Tabela VIII. Resultados do teste PERMANOVA para a estrutura larvar relativa à profundidade, maré e interação profundidade x maré.

PERMANOVA	g.l.	Pseudo-F	P	perms
Profundidade x Maré	3	1,3075	0,156	999
Profundidade	1	13,826	0,001	998
Maré	3	2,4144	0,003	997
Res	67			
Total	74			

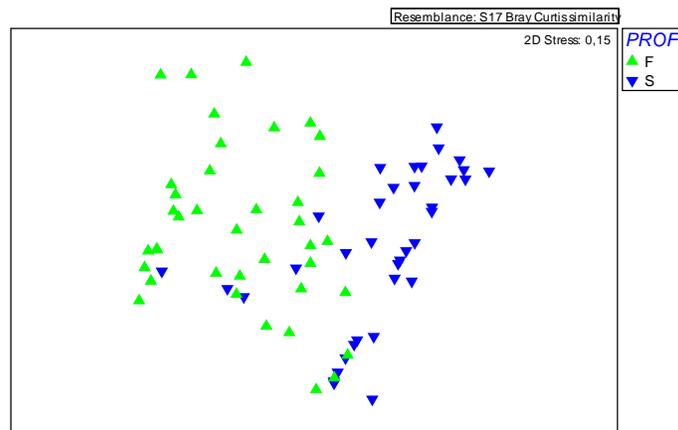


Figura 13. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes à superfície (S) e ao fundo (F).

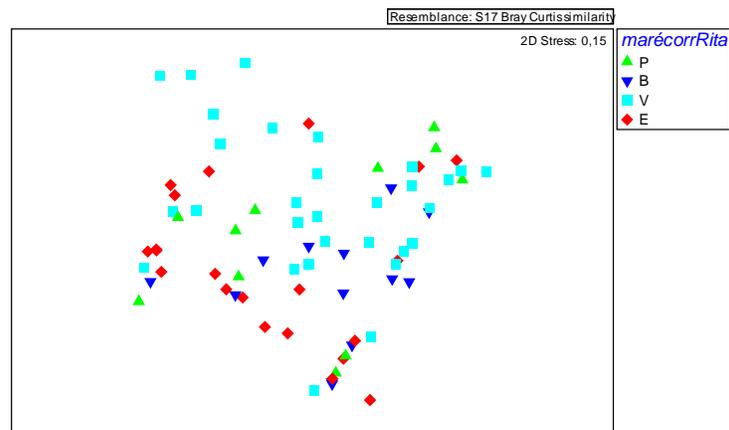


Figura 14. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes às diferentes fases de maré: Preia-mar (P), Baixa-mar (B), Vazante (V), Enchente (E).

Tabela IX. Resultados do teste PERMANOVA *Pair-Wise* para a estrutura larvar relativa à comparação das quatro fases de maré.

<i>Pair-Wise</i>	T	p	Perms
Preia-mar, Baixa-mar	1,43	0,07	999
Preia-mar, Vazante	1,33	0,09	999
Preia-mar, Enchente	1,04	0,36	999
Baixa-mar, Vazante	1,72	0,01	999
Baixa-mar, Enchente	1,15	0,24	997
Vazante, Enchente	2,06	0,00	996

Na análise de semelhanças médias percentuais entre espécies (SIMPER), verificou-se na superfície (Tabela X), uma similaridade média de 51,33, explicada apenas pelo *T. delaisi* (95,35%). Para o fundo (Tabela X), a similaridade média foi inferior (37,31), para a qual *G. xanthocephalus* contribui com 46,54%, *P. pictus* 32,23% e *T. delaisi* 18,65%. Na Tabela XI pode ver-se que a dissemelhança média entre a superfície e o fundo foi de 74,55 e que para além das espécies anteriormente referidas, as espécies *L. lepadogaster*, *L. candollii* e *B. boops* também contribuíram para esta diferença. Estas espécies foram mais abundantes ou exclusivamente encontradas no fundo, enquanto *A. presbyter* foi encontrada apenas à superfície. As contribuições das três espécies mais importantes para as semelhanças/dissemelhanças entre profundidades podem ser visualizadas nos gráficos MDS da Figura 15 á Figura 17.

Tabela X. Resultados da análise de semelhanças percentuais (SIMPER) para a superfície e para o fundo, após transformação dos dados com raiz quadrada.

SIMPER	Abundância média	Similaridade média	Contribuição (%)	Cumulativo (%)
Fundo				
Similaridade média: 37,31				
<i>G. xanthocephalus</i>	0,65	17,36	46,54	46,54
<i>P. pictus</i>	0,42	12,03	32,23	78,77
<i>T. delaisi</i>	0,34	6,96	18,65	97,43
Superfície				
Similaridade média: 51,33				
<i>T. delaisi</i>	1,38	48,94	95,35	95,35

Tabela XI. Resultados da análise de semelhanças percentuais (SIMPER), para a dissemelhança entre a superfície e o fundo, após transformação raiz quadrada.

SIMPER	Abundância média	Abundância média	Contribuição (%)	Cumulativo (%)
Fundo e Superfície				
Dissemelhança média: 74,55				
	Fundo	Superfície		
<i>T. delaisi</i>	0,34	1,38	41,8	41,8
<i>G. xanthocephalus</i>	0,65	0,13	22,2	63,99
<i>P. pictus</i>	0,42	0,11	16,1	80,09
<i>L. lepadogaster</i>	0,07	0,04	3,66	83,75
<i>L. candollii</i>	0,09	0,03	3,47	87,22
<i>B. boops</i>	0,05	0	2,29	89,51
<i>A. presbyter</i>	0	0,07	1,62	91,14

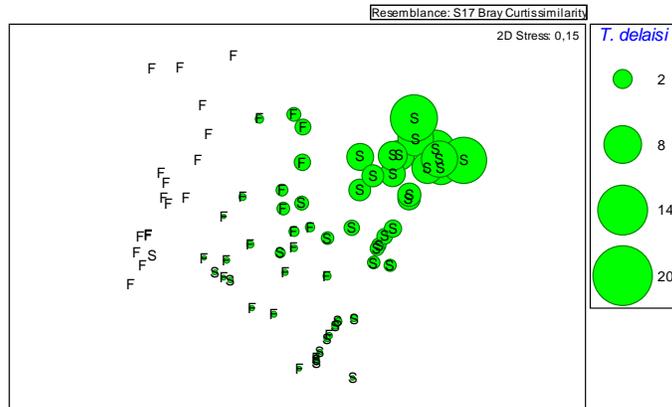


Figura 15. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes à superfície (S) e ao fundo (F), com sobreposição das densidades médias (n° de larvas/m³) da espécie *T. delaisi* sobre cada amostra.

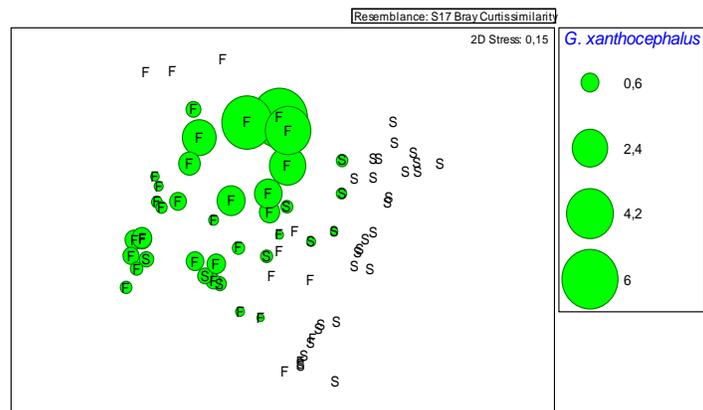


Figura 16. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes à superfície (S) e ao fundo (F), com sobreposição das densidades médias (n° de larvas/m³) da espécie *G. xanthocephalus* sobre cada amostra.

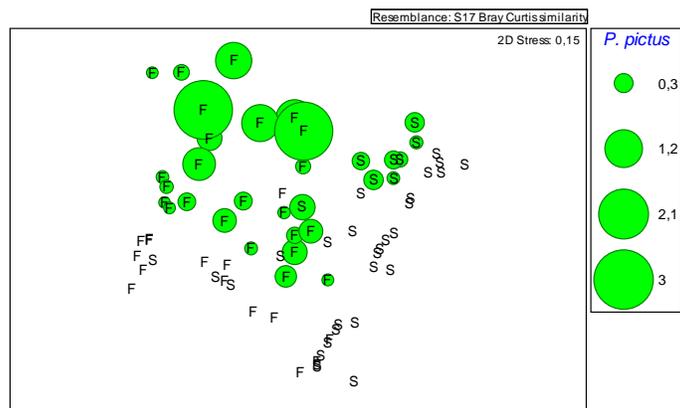


Figura 17. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes à superfície (S) e ao fundo (F), com sobreposição das densidades médias (n° de larvas/m³) da espécie *P. pictus* sobre cada amostra.

Para cada fase de maré (Tabela XII), as espécies que melhor explicam as semelhanças dentro de cada fase são *T. delaisi* e *G. xanthocephalus*. *P. pictus* só contribui para semelhanças na Vazante e na preia-mar. Na vazante chega a contribuir mais que *G. xanthocephalus*.

Entre fases de maré (Tabela XIII), as espécies que mais contribuíram para a dissemelhança entre grupos foram sempre *T. delaisi*, *G. xanthocephalus* e *P. pictus*, por ordem decrescente de contribuição (excepto entre a Baixa-mar e a Preia-mar em que *P. pictus* tem uma maior contribuição que *G. xanthocephalus*). As maiores dissemelhanças médias foram entre a Vazante e a Enchente (63,63), seguidas por Preia-mar vs Enchente (60,16), Preia-mar vs Vazante (59,33), Baixa-mar vs Enchente (58,21), Preia-mar vs Baixa-mar (58,08) e por último Baixa-mar vs Vazante (56,34). As espécies mais importantes para estas dissemelhanças estão presentes nos gráficos MDS da Figura 18 à Figura 24, onde podem ser visualizadas as contribuições de cada uma destas espécies para as fases de maré em que foram mais abundantes.

Tabela XII. Resultados da análise de semelhanças percentuais (SIMPER) para a Preia-mar, Baixa-mar, Vazante e Enchente, após transformação raiz quadrada.

SIMPER	Abundância média	Similaridade média	Contribuição (%)	Cumulativo (%)
Preia-mar				
Similaridade média: 41,30				
<i>T. delaisi</i>	1,17	21,97	53,19	53,19
<i>G. xanthocephalus</i>	0,36	14,24	34,48	87,67
<i>P. pictus</i>	0,27	4,11	9,96	97,63
Baixa-mar				
Similaridade média: 47,12				
<i>T. delaisi</i>	0,74	39,43	83,68	83,68
<i>G. xanthocephalus</i>	0,19	5,96	12,64	96,32
Vazante				
Similaridade média: 46,44				
<i>T. delaisi</i>	0,98	28,38	61,12	61,12
<i>P. pictus</i>	0,39	10,39	22,38	83,5
<i>G. xanthocephalus</i>	0,46	6,76	14,56	98,05
Enchente				
Similaridade média: 36,47				
<i>G. xanthocephalus</i>	0,47	18,54	50,83	50,83
<i>T. delaisi</i>	0,54	14,78	40,52	91,35

Tabela XIII. Resultados da análise de semelhanças percentuais (SIMPER), para a dissimelhanças entre as fases de maré, após transformação dos dados com raiz quadrada. Os valores a negrito estão associados a uma diferença significativa entre fases de maré (aferida através de teste PERMANOVA *Pair-Wise*).

SIMPER	Abundância média	Abundância média	Contribuição (%)	Cumulativo (%)
Preia-mar vs Baixa-mar	Preia-mar	Baixa-mar		
Dissimelhança média: 58,08				
<i>T. delaisi</i>	1,17	0,74	38,82	38,82
<i>P. pictus</i>	0,27	0,14	12,46	51,28
<i>G. xanthocephalus</i>	0,36	0,19	11,88	63,16
<i>A. presbyter</i>	0,16	0,03	6,65	69,82
<i>C. galerita</i>	0,12	0,02	5,28	75,1
<i>L. candollii</i>	0	0,07	3,75	78,85
<i>Gobiidae spp</i>	0,03	0,05	3,67	82,52
<i>P. pilicornis</i>	0,07	0,05	3,65	86,17
<i>Gobiidae spl</i>	0	0,07	2,75	88,92
<i>Sparidae spl</i>	0,06	0	2,26	91,18
Preia-mar vs Vazante	Preia-mar	Vazante		
Dissimelhança média: 59,33				
<i>T. delaisi</i>	1,17	0,98	30,6	30,6
<i>G. xanthocephalus</i>	0,36	0,46	21,74	52,34
<i>P. pictus</i>	0,27	0,39	19,73	72,07
<i>A. presbyter</i>	0,16	0,01	4,31	76,38
<i>B. boops</i>	0	0,06	3,78	80,16
<i>L. lepadogaster</i>	0,03	0,06	3,53	83,7
<i>C. galerita</i>	0,12	0	3,09	86,79
<i>C. rupestris</i>	0,03	0	2,07	88,86
<i>S. cinereus</i>	0,03	0	2,07	90,92
Baixa-mar vs Vazante	Baixa-mar	Vazante		
Dissimelhança média: 56,34				
<i>T. delaisi</i>	0,74	0,98	39,41	39,41
<i>G. xanthocephalus</i>	0,19	0,46	18,3	57,71
<i>P. pictus</i>	0,14	0,39	15,47	73,19
<i>L. candollii</i>	0,07	0,04	3,68	76,87
<i>P. pilicornis</i>	0,05	0,02	3,15	80,02
<i>L. lepadogaster</i>	0	0,06	2,95	82,97
<i>Gobiidae spl</i>	0,07	0	2,83	85,8
<i>B. boops</i>	0	0,06	2,65	88,45
<i>A. presbyter</i>	0,03	0,01	2,32	90,77
Preia-mar vs Enchente	Preia-mar	Enchente		
Dissimelhança média: 60,16				
<i>T. delaisi</i>	1,17	0,54	31,78	31,78
<i>G. xanthocephalus</i>	0,36	0,47	23,04	54,81
<i>P. pictus</i>	0,27	0,18	16,51	71,32
<i>L. lepadogaster</i>	0,03	0,08	4,37	75,7
<i>A. presbyter</i>	0,16	0	4,02	79,71
<i>L. candollii</i>	0	0,11	3,88	83,59
<i>C. galerita</i>	0,12	0,02	3,48	87,07
<i>C. rupestris</i>	0,03	0	2,64	89,71
<i>S. cinereus</i>	0,03	0	2,64	92,35
Baixa-mar vs Enchente	Baixa-mar	Enchente		
Dissimelhança média: 58,21				
<i>T. delaisi</i>	0,74	0,54	35,35	35,35
<i>G. xanthocephalus</i>	0,19	0,47	19,6	54,95
<i>P. pictus</i>	0,14	0,18	11,17	66,12
<i>L. candollii</i>	0,07	0,11	8,06	74,19
<i>L. lepadogaster</i>	0	0,08	4,21	78,39
<i>Gobiidae spp</i>	0,05	0,02	3,83	82,23
<i>Gobiidae spl</i>	0,07	0	3,24	85,47
<i>C. galerita</i>	0,02	0,02	3,07	88,54
<i>P. pilicornis</i>	0,05	0	2,67	91,22
Vazante vs Enchente	Vazante	Enchente		
Dissimelhança média: 63,63				
<i>T. delaisi</i>	0,98	0,54	33,22	33,22
<i>G. xanthocephalus</i>	0,46	0,47	25,08	58,3
<i>P. pictus</i>	0,39	0,18	19,71	78,01
<i>L. lepadogaster</i>	0,06	0,08	4,96	82,97
<i>L. candollii</i>	0,04	0,11	4,79	87,76
<i>B. boops</i>	0,06	0	3,77	91,53

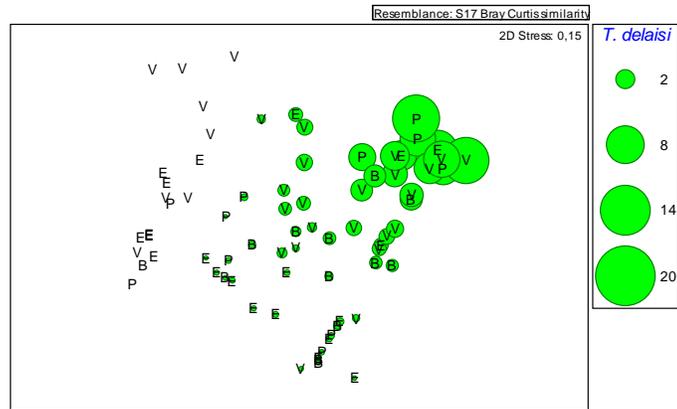


Figura 18. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes às fases de maré (Vazante (V); Baixa-mar (B); Enchente (E) e Preia-mar (P)), com sobreposição das densidades médias (nº de larvas/m³) da espécie *T. delaisi* sobre cada amostra.

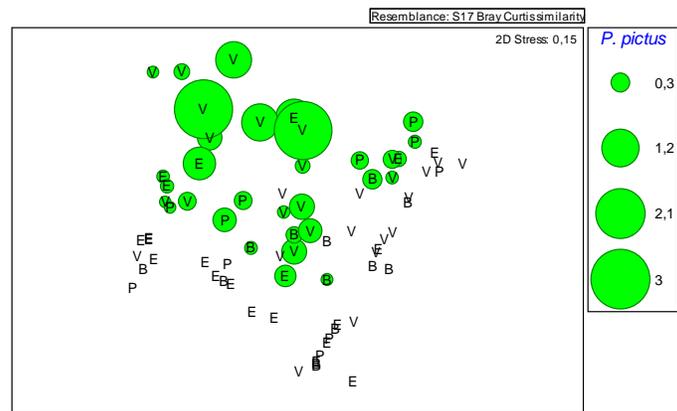


Figura 19. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes às fases de maré (Vazante (V); Baixa-mar (B); Enchente (E) e Preia-mar (P)), com sobreposição das densidades médias (nº de larvas/m³) da espécie *P. pictus* sobre cada amostra.

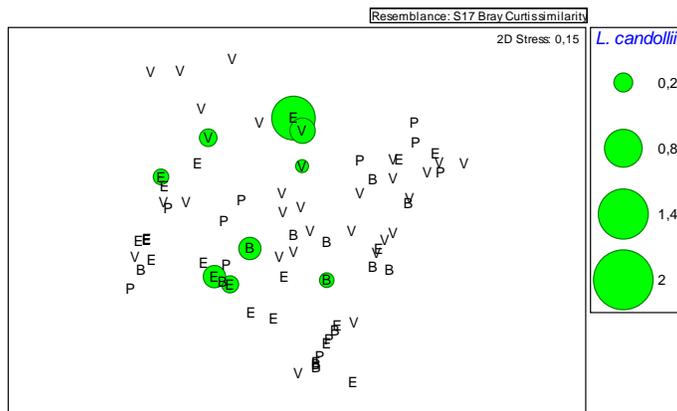


Figura 20. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes às fases de maré (Vazante (V); Baixa-mar (B); Enchente (E) e Preia-mar (P)), com sobreposição das densidades médias (nº de larvas/m³) da espécie *L. candolii* sobre cada amostra.

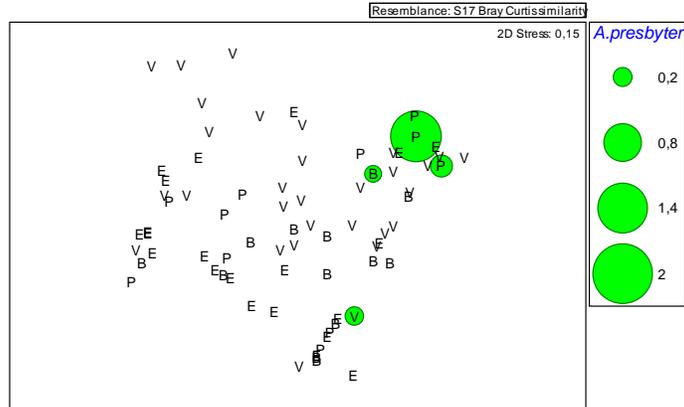


Figura 21. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes às fases de maré (Vazante (V); Baixa-mar (B); Enchente (E) e Preia-mar (P)), com sobreposição das densidades médias (nº de larvas/m³) da espécie *A. presbyter* sobre cada amostra.

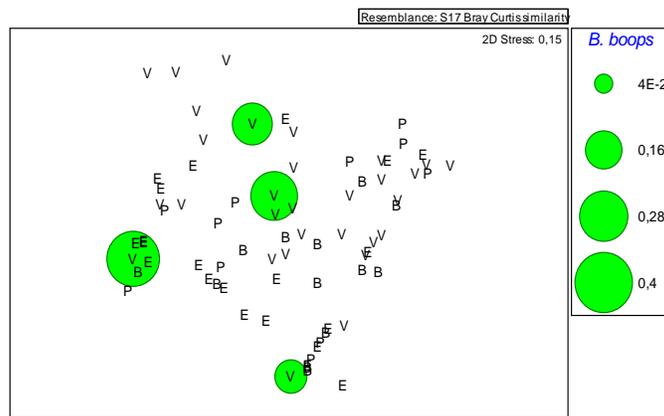


Figura 22. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes às fases de maré (Vazante (V); Baixa-mar (B); Enchente (E) e Preia-mar (P)), com sobreposição das densidades médias (nº de larvas/m³) da espécie *B. boops* sobre cada amostra.

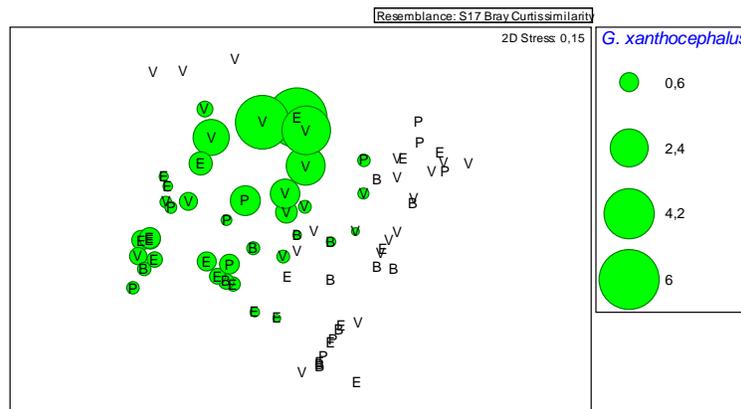


Figura 23. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes às fases de maré (Vazante (V); Baixa-mar (B); Enchente (E) e Preia-mar (P)), com sobreposição das densidades médias (nº de larvas/m³) da espécie *G. xanthocephalus* sobre cada amostra.

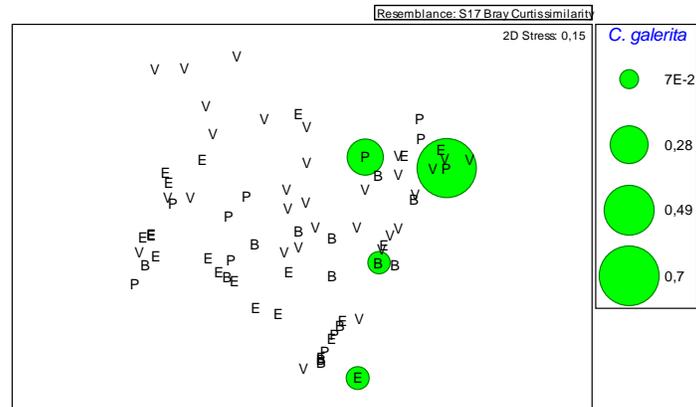


Figura 24. MDS (*non metric multidimensional scaling*) para os dados referentes às fases de maré (Vazante (V); Baixa-mar (B); Enchente (E) e Preia-mar (P)), com sobreposição das densidades médias (nº de larvas/m³) da espécie *C. galerita* sobre cada amostra.

3.1.5- Espécies mais abundantes

De seguida apresentam-se os resultados da análise estatística à densidade por espécie para as três espécies mais abundantes.

Tripterygion delaisi

Relativamente a *Tripterygion delaisi* (Figura 25) não se encontraram diferenças entre locais (teste t: g.l. = 93; t = 0,86; p = 0,39). Entre profundidades provou-se que *T. delaisi* foi mais abundante na superfície do que no fundo (Mann-Whitney Z = -4,17; p <0,001). Entre as diferentes fases de maré, não se detectaram diferenças (Kruskal-Wallis H (3,N = 95) = 5,33; p = 0,15).

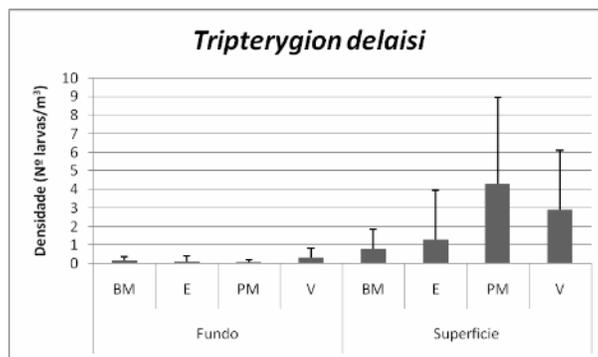


Figura 25. Densidade média + D.P. de *Tripterygion delaisi*, amostrada na superfície, fundo e em cada fase de maré (BM – Baixa-mar; E – Enchente; PM – Preia-mar; V – Vazante).

Gobius xanthocephalus

As capturas referentes a *Gobius xanthocephalus* não indicaram haver diferenças significativas na abundância entre os locais amostrados (teste t para os dados transformados raiz quadrada: g.l. = 93; $t = 0,7$; $p = 0,48$). Confirmou-se uma maior abundância desta espécie no fundo do que na superfície (Figura 26) (Mann-Witney: $Z = 3,76$; $p = 0,002$). Entre fases de maré não se verificaram diferenças significativas nas abundâncias amostradas (Kruskal-Wallis: $H(3, N = 95) = 4,17$; $p = 0,24$).

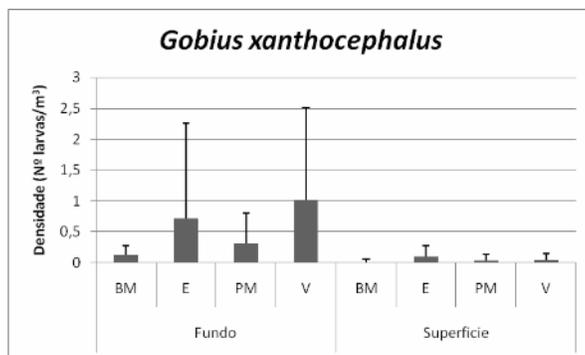


Figura 26. Densidade média + D.P. de *Gobius xanthocephalus*, amostrada na superfície, fundo e em cada fase de maré (BM – Baixa-mar; E – Enchente; PM – Preia-mar; V – Vazante).

Pomatoschistus pictus

Para *Pomatoschistus pictus* (Figura 27) também não foram encontradas diferenças nas densidades amostradas nos dois locais de amostragem (teste t: g.l. = 93; $t = 0,34$; $p = 0,73$). No que se refere aos factores profundidade e maré, não foi verificada uma homogeneidade de variâncias, segundo o teste Levene: g.l. = 7; 87; $F = 5,12$; $p < 0,001$. Mesmo assim, recorreu-se a uma ANOVA factorial que indicou existir uma interacção significativa entre factores (Tabela XIV). Com o teste Kneuman-Keuls (g.l. = 87) (Tabela XV), foi possível verificar que essas diferenças se devem ao facto de a Vazante no fundo ter significativamente maior densidade de larvas do que qualquer outra fase de maré, quer no fundo quer à superfície. Para validar os resultados dos testes paramétricos acima mencionados, confirmou-se através do teste Mann-Whitney a existência de diferenças entre profundidades (Mann-Whitney: $Z = 2,7$; $p = 0,007$). Perante este resultado, separaram-se os dados do fundo e da superfície. Os resultados obtidos foram: semelhanças entre marés à superfície (ANOVA: g.l. = 3;42; $F = 1$; $p = 0,42$) e diferenças entre marés no fundo (ANOVA: g.l. = 3;45; $F = 3,8$; $p = 0,02$). Como estes

resultados estão em concordância com os primeiramente obtidos (Tabelas XVI e XVII), admitiu-se existir uma interação profundidade/maré significativa.

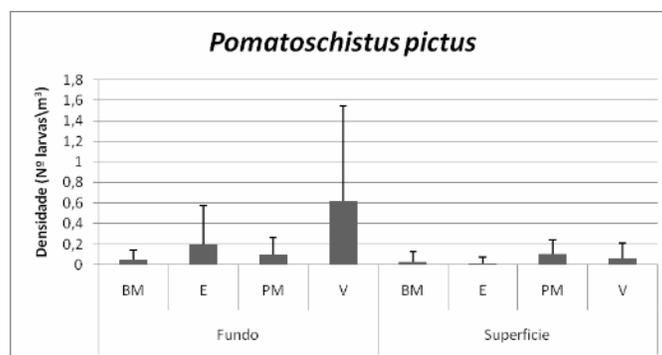


Figura 27. Densidade média + D.P. de *Pomatoschistus pictus*, amostrada na superfície, fundo e em cada fase de maré (BM – Baixa-mar; E – Enchente; PM – Preia-mar; V – Vazante).

Tabela XIV. Resultado do teste ANOVA factorial para as densidades médias da espécie *P. pictus*, relativas à profundidade, maré e à interação profundidade x maré.

ANOVA factorial	g.l.	F	P
Profundidade	1	7,268	0,008
Maré	3	3,299	0,024
Profundidade x Maré	3	3,049	0,033
Erro	87		

Tabela XV. Resultado do teste Knewman-Keuls para as densidades médias da espécie *P. pictus*, relativas à interação profundidade x maré. Apenas se apresentam os resultados significativos

Knewman-Keuls	Fundo			Superfície			
	Preia-mar	Baixa-mar	Enchente	Preia-mar	Baixa-mar	Vazante	Enchente
Vazante Fundo	p = 0,016	p = 0,011	p = 0,013	p = 0,017	p = 0,003	p = 0,008	p = 0,003

3.1.6- Padrões ontogenéticos

Na Figura 28 podem observar-se as diferentes classes de tamanho capturadas à superfície e no fundo. Verifica-se a presença de maiores classes de tamanho junto ao fundo.

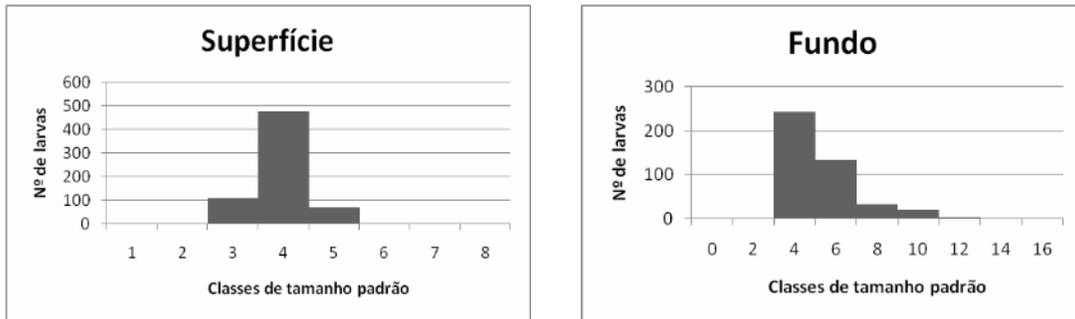


Figura 28. Número de larvas capturadas e as suas classes de tamanho padrão na superfície e no fundo.

3.1.6.1.- Comprimento das espécies mais abundantes

No que se refere à espécie *T. delaisi* (Figura 29), não houve diferenças no comprimento padrão entre locais de amostragem (teste t: g.l. = 650; $t = -0,85$; $p = 0,4$). Entre profundidades, verificou-se que as larvas foram maiores à superfície do que no fundo (Mann-Whitney: $Z = -7,87$; $p = 0$). Entre as quatro fases de maré não foram observadas diferenças nos tamanhos amostrados (Kruskal-Wallis: $H(3, N = 652) = 7,75$; $p = 0,05$).

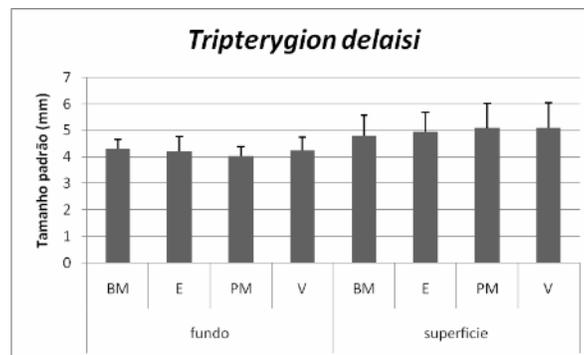


Figura 29. Média + D.P. do comprimento padrão de *Tripterygion delaisi*, na superfície, fundo e em cada fase de maré (BM – Baixa-mar; E – Enchente; PM – Preia-mar; V – Vazante).

Para a espécie *G. xanthocephalus* (Figura 30) não foi encontrada uma diferença nos tamanhos amostrados em ambos os locais (teste t: g.l. = 231; $t = -0,66$; $p = 0,51$). Com uma ANOVA factorial (Tabela XVI) verificou-se não existir interação entre os factores (Profundidade x Maré). No que se refere às profundidades, observaram-se indivíduos de maiores dimensões na superfície (comprimento padrão médio = 4,9 mm) do que no fundo (comprimento padrão médio = 4,5 mm). Entre fases de maré não foram encontradas diferenças significativas nos tamanhos amostrados.

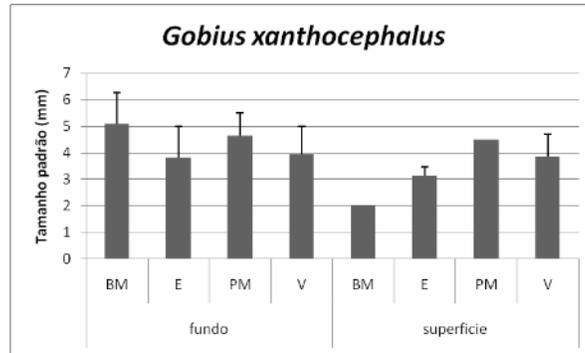


Figura 30. Média + D.P. do comprimento standard de *Gobius xanthocephalus*, na superfície, fundo e em cada fase de maré (BM – Baixa-mar; E – Enchente; PM – Preia-mar; V – Vazante).

Tabela XVI. Resultados do teste ANOVA factorial para os tamanhos médios da espécie *G. xanthocephalus*, relativamente à profundidade, maré e interacção profundidade x maré.

ANOVA factorial	g.l.	F	P
Profundidade x Maré	3	2,01	0,11
Maré	3	1,47	0,22
Profundidade	1	5,56	0,02
Erro	225		

Para *P. pictus*, verificou-se uma média de tamanhos superiores na Derrocada do que no Risco (Mann-Whitney: $Z = -2,57$; $p = 0,01$) (Figura 31).

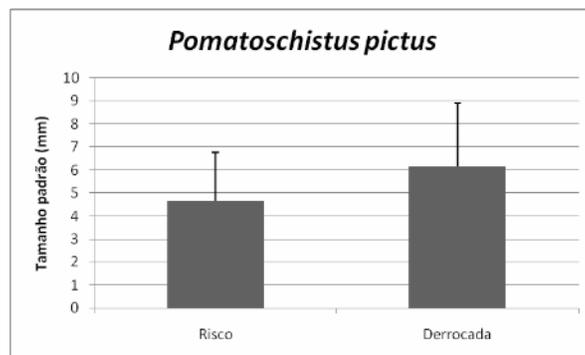


Figura 31. Média + D.P. do comprimento standard de *Pomatoschistus pictus* no Risco e na Derrocada.

No Risco (Figura 32), não houve diferenças nos comprimentos entre a superfície (comprimento padrão médio = 4,6 mm) e o fundo (comprimento padrão médio = 4,7 mm) (teste t: g.l. = 42; $t = 0,09$; $p = 0,93$) nem entre fases de maré (ANOVA 1 factor: g.l. = 3; 40; $F = 1,13$; $p = 0,35$). Apesar de os dados referentes às fases de maré serem heterogêneos na sua variância (Levene: g.l. = 3; 40; $F = 3,20$; $p = 0,03$) considerou-se

suficientemente robusta a análise devido a uma heterogeneidade reduzida.

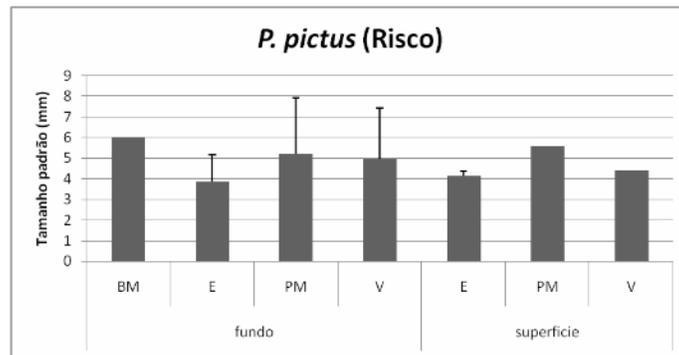


Figura 32. Média + D.P. do tamanho padrão de *Pomatoschistus pictus*, na superfície, fundo e em cada fase de maré (BM – Baixa-mar; E – Enchente; PM – Preia-mar; V – Vazante) no Risco.

Na Derrocada (Figura 33), verificaram-se tamanhos maiores junto ao fundo (comprimento padrão médio = 6,7 mm) do que na superfície (comprimento padrão médio = 3,8 mm) (Mann-Whitney: $Z = 2,26$; $p = 0,023$). Entre fases de maré não se verificou uma homogeneidade de variâncias (Levene: g.l. = 3; 58; $F = 4,70$; $p = 0,005$), procedendo-se à estatística não paramétrica. Foi possível verificar diferenças significativas entre marés (Kruskal-Wallis: $H(3, N = 91) = 11,18$ $p = 0,01$), contudo, devido ao baixo número de larvas capturado não foi possível realizar o teste Dunn de forma a identificar entre que fases de maré residiram as diferenças. Mediante a falta de resultados do teste *posthoc*, recorreu-se à análise paramétrica. Entre marés, o resultado foi idêntico, tendo-se averiguado diferenças significativas nos tamanhos de *P. pictus* (ANOVA 1 factor: g.l. = 3; 58; $F = 5,71$; $P = 0,001$). *A posteriori* realizou-se o teste Knewman-Keuls (Tabela XII) onde não foram verificadas diferenças significativas. Porém, nota-se que os valores de p mais baixos encontram-se na comparação entre a Vazante e as outras fases de maré (Figura 33).

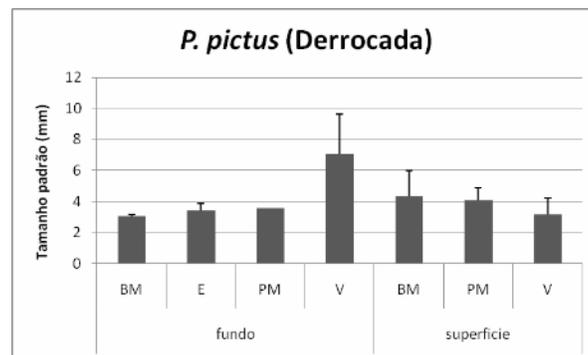


Figura 33. Média + D.P. do comprimento standard de *Pomatoschistus pictus* no fundo, superfície e em cada fase de maré (BM – Baixa-mar; E – Enchente; PM – Preia-mar; V – Vazante) na Derrocada.

Tabela XVII. Resultado do teste Knewman-Keuls para os comprimentos standard médios entre fases de maré.

Knewman-Keuls	Preia-mar	Vazante	Enchente	Baixa-mar
Preia-mar		0,057	0,933	0,804
Vazante	0,057		0,111	0,081
Enchente	0,933	0,111		0,917
Baixa-mar	0,804	0,081	0,917	

Categorias de desenvolvimento

Em relação ao estado de desenvolvimento de cada espécie, verifica-se para *T. delaisi* estados larvares mais desenvolvidos na superfície do que no fundo (Figura 34). É de notar que para esta espécie só foi capturada uma larva no estado pós-torção. Para *G. xanthocephalus* verifica-se um padrão contrário, estando os estados de desenvolvimento mais tardios junto ao fundo. Para *P. pictus* é encontrado o mesmo padrão com estados de pós-torção mais evidentes no fundo.

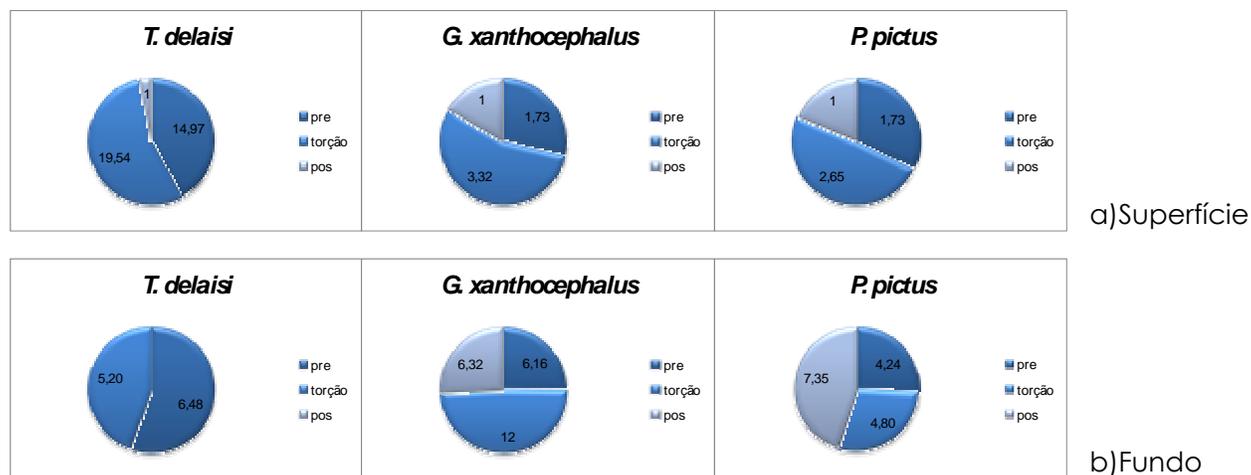


Figura 34. Densidades médias (n° larvas\m³) relativas a cada estado de torção das larvas de *T. delaisi*, *G. xanthocephalus* e *P. pictus*. Superfície (a), Fundo (b).

3.2- Unidades de monitorização do recrutamento de peixes (UMRP)

Na Tabela XVIII pode observar-se os recrutados capturados de espécies pertencentes a alguns dos taxa encontrados na comunidade larvar, no entanto, verifica-se que alguns taxa capturados com este método não foram amostrados no suplemento larvar e vice-versa. Na análise preliminar enfatizaram-se as ocorrências de duas das espécies mais abundantes na comunidade larvar: *Pomatoschistus pictus* e *Gobius xanthocephalus*

(Figura 35). Verificou-se também a ausência de recrutas da espécie mais abundante no estudo da comunidade (*Tripterygion delaisi*).

Tabela XVIII- Número de recrutas de cada espécie capturados nos diferentes substratos artificiais .

Familia	Espécies	Ervas marinhas	Rocha	Total
Blenniidae	<i>Parablennius gattorugine</i>		1	1
	<i>Parablennius pilicornis</i>	1	6	7
Gobiesocidae	<i>Lepadogaster candolii</i>		2	2
	<i>Lepadogaster sp.</i>		2	2
	<i>O. gracilis</i>		3	3
	<i>Apletodon dentatus</i>	1	2	3
Gobiidae	<i>Gobius cruentatus</i>		1	1
	<i>Gobius paganellus</i>	1		1
	<i>Gobius xanthocephalus</i>	2	8	10
	<i>Pomatoschistus pictus</i>	9	30	39
Labridae	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	7	5	12
n.i.	n.i.		1	1
Scorpaenidae	<i>Scorpaena porcus</i>		3	3
	<i>Serranus cabrilla</i>	6	17	23
Serranidae	<i>Serranus hepatus</i>	1		1
	<i>Syngnathidae sp.</i>		1	1
Total		28	82	110

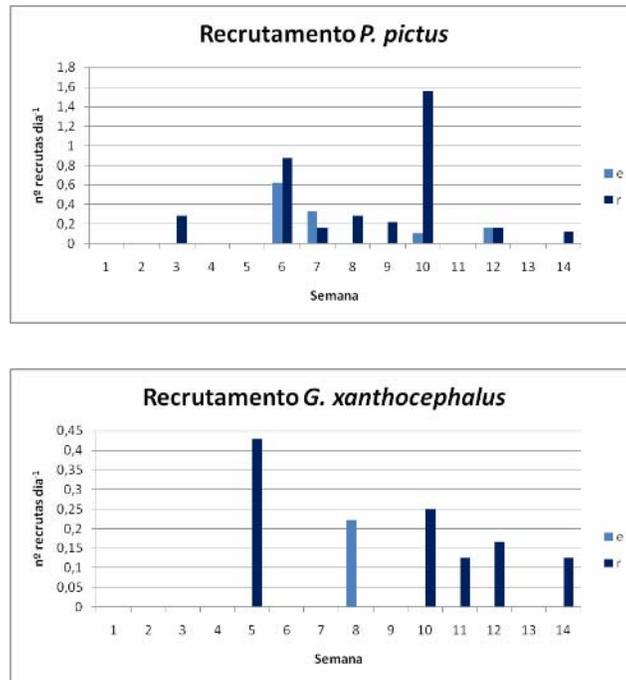


Figura 35. Número de recrutas por dia de *Pomatoschistus pictus* e *Gobius xanthocephalus* capturados com os dois tipos de substratos: Rocha (r) e ervas (e) ao longo das 14 semanas de amostragem.

4- Discussão

No estudo da comunidade larvar do Parque Marinho Luíz Saldanha (PMLS) foram identificadas, no perfil vertical, preferências nítidas de algumas espécies por determinados estratos da coluna de água. Verificou-se a preferência de fases larvares mais desenvolvidas de uma das espécies capturadas, por zonas mais profundas durante o pico de uma das fases de maré com maior potencial dispersivo. A captura de algumas espécies larvares em todas as fases de desenvolvimento, indica que estas podem estar a completar toda a sua fase larvar junto aos recifes. Os resultados deste estudo e de outros realizados em anos anteriores no PMLS reforçam a hipótese de que algumas das espécies mais abundantes poderão exibir retenção larvar junto aos recifes costeiros. Contudo, não existem evidências directas de que estas espécies estejam de facto a auto-recrutar nas zonas amostradas do PMLS.

4.1- Composição da comunidade larvar

A maior parte das espécies encontradas neste estudo põem ovos demersais, à excepção das espécies *Ctenolabrus rupestris*, *Boops Boops* e *Trachurus trachurus* que libertam ovos pelágicos (Monteiro *et al.*, 2008; Borges *et al.*, 2007a,b; Fishbase). A maioria vive associada aos recifes próximos da costa durante a fase adulta. É o caso das espécies pertencentes às famílias Labridae, Sparidae, Gobiidae, Blenniidae, Tripterygiidae e Gobiesocidae, que se encontram entre as espécies mais abundantes no PMLS (Henriques *et al.* 1999). Só a espécie *Trachurus trachurus* da família Carangidae representa uma distribuição mais alargada associada à plataforma continental. A composição capturada à superfície não diferiu grandemente da capturada no fundo.

Todas as espécies larvares capturadas no presente estudo já foram encontradas, no PMLS, em trabalhos anteriores (Beldade *et al.* 2006; Borges *et al.* 2007a,b). Nestes trabalhos, foram usadas metodologias semelhantes aos do presente trabalho, com a particularidade de os arrastos de superfície terem sido puxados por uma embarcação. Mesmo assim, em 2008 (presente estudo) foi amostrado um número de taxa bastante inferior aos amostrados em anos anteriores (Beldade *et al.* 2006; Borges *et al.* 2007a,b).

Neste trabalho, a composição da comunidade larvar à superfície diferiu da encontrada por Borges *et al.* (2007a,b) junto aos recifes. Estes autores encontraram, para além das capturadas no presente estudo, espécies pertencentes às famílias Belonidae, Bothidae, Callionymidae, Caproidae, Clupeidae, Engraulidae, Lotidae, Macrorhamphosidae,

Mugilidae, Mullidae, Myctophidae, Phycidae, Scorpaenidae, Serranidae, Solidae, Syngnathidae, Trachinidae e Triglidae. Como no presente estudo as velocidades de arrasto foram ligeiramente inferiores às empregues por Borges *et al.* (2007a,b), o menor número de taxa amostrados pode ter sido devido à baixa velocidade de arrasto, o que poderia ter facilitado a evitação da rede por larvas mais desenvolvidas. Todavia, os tamanhos médios capturados foram superiores aos amostrados à superfície por Borges *et al.* (2007a), descartando a hipótese de que larvas maiores e mais desenvolvidas poderiam estar a evitar a rede devido às baixas velocidades de arrasto. Outra hipótese para o reduzido número de taxa amostrado à superfície pode estar patente em variações nas condições ambientais. O ano amostrado no presente estudo foi caracterizado por um índice de inverno NAO (2007/8) positivo¹, normalmente caracterizado por ventos do quadrante Norte e eventos de *upwelling* (Henriques *et al.*, 2007). No entanto, houve um evento de ventos e ondulação fortes do quadrante Sul durante o mês de Abril que pode ter levado a oscilações na época de desova de alguns taxa ou mesmo redireccionar fluxos larvares para outras áreas que não a amostrada. No presente estudo o reduzido período amostrado (de Junho a Julho), quando comparado com os de Borges *et al.* (2007a) de Maio a Agosto e Borges *et al.* (2007b) de Maio a Outubro, pode ter resultado em capturas das espécies cujos períodos de desova apenas coincidiram com os meses amostrados. Henriques *et al.* (1999) através de mergulhos com escafandro autónomo realizou uma série de censos visuais a peixes adultos e juvenis de 1992 até 1998. Estes autores consideraram algumas das famílias ausentes no presente estudo (Belonidae, Caproidae, Engraulidae, Lotidae, Macrorhamphosidae, Mugilidae, Myctophidae, Phycidae, Solidae, Syngnathidae, Trachinidae e Triglidae) como sendo raras ou ausentes no PMLS, tendo estas sido capturadas por Borges *et al.* (2007a) somente à superfície (exceptuando as famílias Engraulidae e Soleidae). A raridade destas famílias no PMLS em conjunto com a estocacidade implícita aos eventos de desova e zonas de agregação larvar pode também explicar a ausência de algumas das famílias amostradas à superfície por Borges *et al.*, (2007a,b).

No presente estudo verificou-se que a maioria das espécies que foram capturadas em ambas as profundidades preferiram o fundo (discutido mais à frente) especialmente durante a fase de Vazante. Já na superfície, uma zona menos procurada, não foi possível encontrar uma tendência comum a todas as espécies. Estes resultados sugerem um mecanismo de retenção por parte destas larvas que, ao migrarem para o fundo

principalmente durante a Vazante, impedem que sejam dispersas para longe dos recifes costeiros. A exceção foi *T. delaisi*, que se encontrou preferencialmente perto da superfície maioritariamente durante a Preia-mar, sugerindo o retorno da sua fase dispersiva para a zona costeira. Como esta espécie não parece usar o mesmo mecanismo de retenção que o resto das espécies poderá ter adoptado a dispersão com estratégia para uma colonização mais ampla. Contudo como veremos mais à frente não parece ser este o caso, dado que as larvas desta espécie, como verificado no trabalho de Borges *et al.* (2007b), parecem permanecer junto aos recifes.

No fundo, as diferenças em relação aos trabalhos anteriores, foram menos acentuadas que na superfície. O número de taxa embora inferior no presente trabalho, não diferiu grandemente dos estudos de Beldade *et al.* (2006) e Borges *et al.* (2007a). Mais uma vez esta diferença parece ser explicada pelos diferentes métodos utilizados a cada profundidade. No presente estudo só as famílias Callionymidae, Clupeidae, Engraulidae, Serranidae e Soleidae não foram capturadas no fundo. Destas 5 famílias, em 2001 apenas foram capturados representantes da família Clupeidae (Borges *et al.*, 2007a), em 2002 estas famílias representaram 7% e 6% do total amostrado nos trabalhos de Borges *et al.* (2007a) e Beldade *et al.* (2006), respectivamente, e em 2003, foram apenas capturados representantes das famílias Callionymidae e Soleidae (Borges *et al.*, 2007a). As oscilações inter-anuais verificadas nas capturas destas famílias são evidentes. Alguns estudos mostram que as variações temporais na composição e abundância podem estar mais associados a padrões de desova da população adulta do que com outros factores físicos ou biológicos (Sampey *et al.* 2004 *in* Borges *et al.* 2007b). Sendo assim as flutuações dentro das épocas de reprodução e inter-anuais nas abundâncias e diversidades larvares aferidas, nos trabalhos de Borges *et al.* (2007a e 2009) e na comparação entre todos os trabalhos de ecologia larvar realizados no PMLS, podem ser consequência de variações nas épocas de reprodução das espécies piscícolas residentes.

Em recifes costeiros de outros locais geográficos é possível verificar-se semelhantes composições larvares. Sabatés *et al.* (2003), numa reserva marinha situada no mediterrâneo Noroeste (ilhas Medes), fizeram uma série de arrastos superficiais em zonas com profundidades de aproximadamente 30m, onde os taxa amostrados foram na sua maioria idênticos aos capturados no PMLS. Na África do Sul, em amostras recolhidas junto à costa a 5m e 15m de profundidade, Patrick e Strydom (2008) através

de arrastos oblíquos também encontraram larvas pertencentes às mesmas famílias encontradas no presente estudo: Sparidae, Gobiidae, Blenniidae e Tripterygiidae. Em águas costeiras tropicais da Austrália, Nova Zelândia e Hawaii, estas famílias (Gobiidae, Labridae, Sparidae e Tripterygiidae) também dominaram as capturas (Leis e Miller, 1976; Kingsford e Choat, 1989; Gray, 1993 *in* Patrick e Strydom, 2008).

4.2- Diversidade da comunidade larvar

A baixa diversidade encontrada no presente estudo traduz a presença de um reduzido número de espécies. De facto, 89% do total amostrado foi constituído apenas por três espécies: *Tripterygion delaisi*, *Gobius xanthocephalus* e *Pomatoschistus pictus*.

No presente estudo, a comparação da diversidade obtida entre amostras do fundo e superfície não diferiram grandemente. Contudo, o índice referente à abundância relativa de cada espécie (H') foi significativamente superior no fundo, indicando uma riqueza específica superior junto ao fundo. Por outro lado, para o índice de diversidade taxonómica (Δ^*) não foram encontradas diferenças significativas entre o fundo e a superfície. Este resultado sugere que as espécies amostradas no presente estudo se podem encontrar na superfície e no fundo, todavia cada espécie demonstrou diferentes densidades relativas (afinidades) para cada profundidade. No trabalho realizado por Borges *et al.* (2007a) os índices de diversidade calculados para a superfície e para o fundo foram claramente distintos. Borges *et al.* (2007a) verificaram uma acentuada estratificação vertical da comunidade larvar numa escala de poucos metros ($\approx 10m$). Ambos os índices de diversidade (H' e Δ^*) foram significativamente maiores à superfície, o que pode indicar que algumas das espécies que foram amostradas apenas em anos anteriores por Borges *et al.* (2007a) podem seguir padrões de distribuição vertical diferentes das amostradas no presente estudo. De qualquer forma, as divergências encontradas no presente estudo e o de Borges *et al.* (2007a) à superfície, não são conclusivas e evidenciam a necessidade de realizar em trabalhos futuros uma calibração rigorosa de ambas as metodologias usadas, de forma a entendermos com mais clareza as diferenças na composição e diversidade da comunidade larvar, entre os escassos metros que separam a superfície e o fundo nos recifes costeiros do PMLS.

No presente estudo, nas amostras de superfície, os dois índices de diversidade (H' e Δ^*) foram largamente inferiores aos obtidos nos estudos realizados por Borges *et al.* (2007a e 2007b). Contudo, Borges *et al.* (2007a) no ano 2000, na superfície, observaram uma

diversidade significativamente menor que nos anos 1999 e 2003. Porém, mesmo no ano de menor diversidade (2000), ambos os índices de diversidade mostraram valores substancialmente superiores aos obtidos no presente estudo, evidenciando a ocorrência de flutuações inter-anuais significativas na diversidade das comunidades larvares.

Junto ao fundo, ambos os índices de diversidade (H' e Δ^*) diferiram em menor escala dos obtidos em estudos anteriores no PMLS (Beldade *et al.*, 2006 e Borges *et al.*, 2007a). Em comparação com o presente estudo, o índice H' foi superior em 2001 e 2002, enquanto o índice Δ^* só em 2002 foi superior (Beldade *et al.*, 2006 e Borges *et al.*, 2007a). Mais uma vez o período amostrado no presente estudo (inferior ao de Borges *et al.*, 2007a), poderá ter sido a razão da menor diversidade encontrada devido às flutuações inter-anuais nas ocorrências de algumas espécies. Contudo, Beldade *et al.* (2006) só amostrou durante o mês de Julho de 2002 e obteve uma diversidade superior à encontrada no presente estudo, sugerindo que 2008 teve de facto, uma diversidade larvar reduzida, provavelmente devido às más condições climáticas verificadas durante o mês de Abril. Henriques *et al.* (2007) efectuaram um estudo onde relacionaram factores ambientais com as variações inter-anuais nas comunidades piscícolas do parque marinho da Arrábida. Estes autores identificaram no decorrer de 11 anos, dois períodos quentes intercalados com dois períodos frios consequentes de mudanças abruptas no índice de inverno da *North Atlantic Oscillation* (NAO). Estes autores concluíram que, em anos de transição de períodos quentes para períodos frios e vice-versa, mudanças na fauna local podem chegar a valores consideravelmente altos. No entanto, estas mudanças foram verificadas apenas em espécies raras que apresentam os seus limites biogeográficos na área de estudo (Henriques *et al.*, 1999 e 2007). Como no presente estudo não foi capturada nenhuma destas espécies pouco se pode aferir sobre um possível efeito climático como causa da baixa diversidade encontrada no PMLS. Sobretudo num ano em que o índice de inverno NAO não sofreu grande oscilação quando comparado com os anos posteriores.

Em relação ao factor maré, não foi encontrado um efeito significativo das diferentes fases sobre a diversidade larvar. Este resultado sugere que, independentemente das fases de maré, a diversidade da comunidade larvar permanece inalterada.

4.2.2- Densidade total

No presente estudo verificaram-se densidades significativamente superiores na superfície do que no fundo. Neste estudo, a densidade total amostrada à superfície ultrapassou qualquer um dos valores anuais obtidos por Borges *et al.* (2007a). No ano do presente estudo a abundância larvar à superfície foi 12,7 vezes maior do que a amostrada por Borges *et al.* (2007a) no ano de maior abundância (1999) larvar junto à superfície. Este resultado sugere que o método utilizado no presente estudo, apesar da baixa diversidade amostrada, foi claramente eficaz na captura de larvas à superfície. Esta baixa diversidade e grande abundância mostra um pico de desova bem definido para a espécie *T. delaisi* e um atraso na época de reprodução de outras espécies, com os seus picos normalmente situados no período amostrado (Borges *et al.*, 2009).

Beldade *et al.* (2006), utilizando o mesmo método que neste trabalho, verificaram que em todos os intervalos amostrados a abundância de larvas junto ao fundo foi 1,2 vezes menor do que a obtida no presente estudo. A diferença menos acentuada entre as densidades amostradas no fundo aponta novamente para que, possivelmente as diferentes metodologias usadas à superfície não possam ser correctamente equiparadas. Nos trabalhos anteriores as maiores abundâncias foram registadas junto ao fundo e na parte mais profunda dos recifes (Beldade *et al.*, 2006, Borges *et al.*, 2007a). No presente trabalho apesar de se ter registado uma densidade 2,4 vezes superior perto da superfície só uma espécie representou 86,3% destas capturas. Isto indica que a maioria das espécies capturadas teve maior abundância junto ao fundo rochoso. Esta afinidade, aferida nos trabalhos realizados no PMLS (Beldade *et al.*, 2006, Borges *et al.*, 2007a e presente estudo), pode resultar numa menor advecção causada pelas correntes de superfície sobre estas espécies. Provavelmente, este será um mecanismo larvar para evitar a dispersão para fora dos recifes costeiros onde irão habitar como adultos.

Tal como observado no presente estudo, Patrick e Strydom (2008) através de uma série de arrastos oblíquos capturaram, durante os meses de Primavera, maior abundância de larvas nas camadas mais fundas em duas zonas, perto e fora da costa, com profundidades de ~5m e ~15m respectivamente. Boehlert e Mundy (1988 *in* Neilson e Perry 1990) observaram que larvas de peixe em zonas estuarinas também tendem a permanecer mais baixas na coluna de água. Leis (1986) verificou em *Lizard Island* (Grande Barreira de Coral) que as distribuições verticais larvares favoreciam a retenção num lado da ilha enquanto no lado oposto a dispersão era predominante.

Relativamente às fases de maré, no presente estudo obteve-se uma diferença significativa entre a densidade total de larvas na Vazante e na Baixa-mar. Além disso, verificaram-se valores de *p* mais baixos na comparação da vazante com as outras fases de maré. Pareceu assim existir uma tendência para valores de densidade superiores na Vazante do que nas outras fases. Contudo, a interacção entre a profundidade e fases de maré não foi significativa, mostrando que este efeito não parece ocorrer apenas numa das profundidades amostradas. Ao analisar-se a comunidade larvar no seu todo, verificou-se que a escassa relação entre a distribuição vertical e as fases de maré aponta para a actuação de outros factores, que não apenas as fases de maré, na distribuição vertical do ictioplâncton residente no PMLS. Todavia, como discutido mais à frente, uma análise às espécies mais abundantes mostrou que pelo menos para uma espécie as fases de maré são um factor influente na sua distribuição vertical.

No trabalho de Borges *et al.* (2007a), apesar das fases de maré não terem sido o objecto principal de estudo, foi feita uma análise preliminar ao efeito da maré sobre a abundância larvar. Os resultados revelaram um efeito significativo de maré no fundo e uma densidade larvar na baixa-mar significativamente maior do que durante a enchente. Neste, também não foi verificada uma interacção entre profundidades e fases de maré. Nos estudos de Leis 1986 e Boehlert e Mundy (1988) atrás citados, também não foi encontrada uma interacção significativa entre a profundidade e as fases de maré. No entanto, no trabalho de Aceves-Medina *et al.* (2008) verificou-se que larvas com distribuição restrita à parte interior da enseada, eram mais abundantes junto ao fundo durante os períodos de correntes de vazante, evitando desta forma serem arrastadas para o exterior. Enquanto as larvas que podiam desovar fora da enseada e dependiam desta como área de crescimento, foram mais abundantes perto da superfície durante períodos de correntes de enchente.

4.2.3- Estrutura da comunidade Larvar

Relativamente à estrutura da comunidade larvar verificou-se uma diferença clara entre o fundo e a superfície. As espécies que melhor explicaram estas diferenças foram, associadas à superfície: *T. delaisi* e *A. presbyter* e associados ao fundo: *G. xanthocephalus*, *P. pictus*, *L. lepadogaster*, *L. candolii* e *B. boops*. O facto de *T. delaisi* ter explicado por si só 95,35% da similaridade entre amostras da superfície, comprova que esta espécie foi claramente dominante nas amostras superficiais. O mesmo se aplica

às espécies que mais contribuíram para a similaridade entre amostras do fundo. *G. xanthocephalus* e *P. pictus* estiveram claramente associadas ao fundo. Estes resultados estão em concordância com os obtidos por Borges *et al.* (2007a). Entre as amostras do fundo, estes verificaram que *G. xanthocephalus* e *P. pictus* contribuíram para similaridade entre amostras 56,58% e 17,11% respectivamente. Contudo, na superfície não foi *T. delaisi* que mais contribuiu para a similaridade entre amostras. As espécies pertencentes a famílias como Sparidae, Serranidae, Blennidae e Clupidae foram as que melhor explicaram as semelhanças entre amostras da superfície. Todas estas porém, foram escassas ou mesmo ausentes no presente estudo.

Neste estudo foi detectado um efeito significativo da fase de maré na estrutura das comunidades, com diferenças significativas entre a Vazante e as fases de Enchente e Baixa-mar. Apesar de não se terem encontrado diferenças significativas entre a estrutura larvar na Vazante e na Preia-mar, os valores de p foram baixos. Mais uma vez os resultados indicam existir uma influência maior da Vazante sobre a comunidade larvar. Todavia esta diferença foi independente da profundidade, o resultado do teste PERMANOVA revelou uma interacção não significativa, indicando que as fases de maré podem ser um factor influente na distribuição vertical de apenas algumas espécies. Ao analisarmos a estrutura larvar na sua globalidade verifica-se que este efeito não parece ser significativo sobre a comunidade larvar do PMLS. Contudo, através da análise SIMPER mais detalhada, verificou-se que *P. pictus* só contribui para semelhanças na Vazante e na Preia-mar mas, na Vazante chega a contribuir mais que *G. xanthocephalus*. Este resultado aponta para que esta espécie tenha contribuído para as diferenças encontradas na estrutura larvar entre a vazante e as outras fases de maré. Como veremos posteriormente, *P. pictus* sofreu um efeito de maré sobre a sua distribuição vertical.

Borges *et al.* (2007a) também encontraram uma diferença na estrutura da comunidade larvar entre o fundo e a superfície, embora com semelhanças inferiores dentro de cada profundidade, reflectindo provavelmente a maior diversidade taxonómica. Aceves-Medina *et al.* (2008) realizaram uma série de arrastos 1m abaixo da superfície e 2m acima do fundo, numa zona do Golfo da Califórnia com profundidades a rondar os 10m e os 12m. Estes autores mediram no perfil vertical factores como: temperatura, salinidade, densidade da água, velocidade e direcção das correntes. À superfície foi

também medida a radiação fotossintética disponível (PAR). Estes autores concluíram que as fases de maré foram o terceiro factor mais importante para explicar a abundância relativa e a composição larvar amostradas. A maior parte das espécies que pareceram ser influenciadas pelas marés foram predominantemente influenciadas por outros factores como: a profundidade, temperatura, e/ou PAR.

A medição de outros factores como a temperatura, PAR, velocidade e direcção das correntes, é fundamental para uma melhor percepção da globalidade dos factores influentes na distribuição vertical da comunidade larvar do PMLS. A análise da abundância do restante plâncton e da clorofila a presentes nas amostras recolhidas poderão também, providenciar resultados interessantes sobre a relação entre a disponibilidade de alimento e a distribuição do ictioplâncton. Para melhor explicar a relação entre o suplemento e o assentamento larvar são necessários mais estudos no PMLS sobre a ecologia reprodutora dos adultos, duração larvar pelágica e capacidades natatórias e sensoriais das larvas.

4.2.4- Distribuição e ontogenia das espécies mais abundantes

Tripterygion delaisi teve uma densidade significativamente maior na superfície do que no fundo. Não foi encontrado um efeito de maré nem uma interacção entre profundidades e marés na distribuição das larvas desta espécie. Estes resultados indicam uma provável exposição destes indivíduos a velocidades de correntes mais elevadas. Esta espécie no presente trabalho (densidade média total = 9,954 larvas/m³) foi bem mais abundante do que nos trabalhos realizados por Borges *et al.* (2007a) (densidade média total = 0,66 larvas/m³) e Beldade *et al.* (2006) (densidade média total = 0,119 larvas/m³), apontando para claras variações inter-anuais na abundância das larvas desta espécie. Na comparação superfície / fundo feita por Borges *et al.* (2007a), *T. delaisi* teve maiores densidades junto ao fundo. Contudo, as amostragens da superfície foram feitas em anos diferentes das efectuadas no fundo (excepto no ano 2003). Como neste estudo (Borges *et al.*, 2007a) as flutuações inter-anuais foram evidentes, a afinidade encontrada pode ter sido mascarada por maior densidade desta espécie nos anos em que apenas o fundo foi amostrado. No entanto, no ano 2003 ambas as profundidades foram amostradas e mesmo assim verificou-se uma maior densidade destas larvas junto ao fundo. As diferentes metodologias usadas por Borges *et al.* (2007a) na superfície e no fundo também podem ter influenciado o resultado, favorecendo de alguma forma as

capturas desta espécie com os arrastos de submergível, apenas efectuados junto ao fundo. Beldade *et al.* (2006), apesar de não ter amostrado na superfície, encontrou na zona menos profunda dos recifes a maior abundância de *T. delaisi*.

Outros estudos indicaram para larvas de alguns tripterygídeos preferências maioritárias por estratos mais profundos da coluna de água (Leis, 1986 e Aceves-Medina *et al.* 2008). Contudo, diferenças entre espécies da mesma família e mesmo entre larvas e adultos da mesma espécie são frequentes (Hickford e Schiel, 2003). La Mesa *et al.* (2006) na área marinha protegida de Ustica no Mediterrâneo Sudoeste verificou, através de censos visuais preferências de adultos da espécie *T. delaisi* pelas camadas mais profundas (7m a 10m).

Apesar da distribuição desta espécie sugerir que esta, como mais exposta a condições favoráveis à dispersão, pode estar de facto a dispersar para fora dos recifes costeiros, no único estudo sobre a distribuição horizontal larvar realizado no PMLS (Borges *et al.* 2007b) não foram encontradas larvas de tripterygídeos a duas milhas da costa. Isto indica que a maioria destas larvas tem uma distribuição restrita à zona costeira do PMLS. Outra pesquisa, desenvolvida por Carreras-Carbonell (2007), revela que várias populações da espécie *T. delaisi* (Costa Brava, Columbretes, Formentera, Cabo de Palos, Cabo de Gata e Tarifa) tiveram uma taxa de auto-recrutamento de $66.4 \pm 1.4\%$ indicando retenção destas larvas junto aos recifes de origem. As larvas de tripterygídeos têm sido descritas como tendo distribuições costeiras (e.g. Leis e Miller 1976 e Gray 1993 *in* Hickford e Schiel, 2003). Outros autores porém, encontraram abundâncias de outros tripterygídeos iguais ou mesmo superiores fora da costa (Kingsfort & Choat 1989 e Tricklebank *et al.*, 1992 *in* Hickford e Schiel, 2003). Estes resultados contraditórios evidenciam que espécies pertencentes á mesma família não possuem obrigatoriamente padrões de distribuição idênticos (Hickford e Schiel, 2003).

No presente estudo apenas uma larva de *T. delaisi* foi capturada no estado de pós-torção, todas as outras se encontravam em pré ou durante a torção do uróstilo. As larvas de maiores dimensões e mais desenvolvidas foram encontradas mais próximas da superfície. Borges *et al.* (2007a) verificou a mesma tendência para esta espécie. Beldade *et al.* (2006) amostrou junto ao fundo três intervalos de profundidade dos recifes costeiros do PMLS, contudo não verificou diferenças nos tamanhos larvares entre os diferentes intervalos amostrados.

A escassez de larvas de *T. delaisi* na fase de pós-torção nas amostragens realizadas no presente estudo pode ter sido fruto da capacidade destas larvas mais desenvolvidas para evitar a rede, dadas as baixas velocidades de arrasto. Outra hipótese é as larvas mais desenvolvidas terem já começado a explorar eficientemente o ambiente bentónico, não podendo assim ser capturadas pelos arrastos efectuados. Todavia, algumas larvas em pós-torção foram capturadas no trabalho de Beldade *et al.* (2006), possivelmente reflectindo as poucas larvas de *T. delaisi* em fase de pós-torção que ainda não transitaram para ambiente bentónico. Outra hipótese menos provável, pode ser a dispersão da fase mais desenvolvida desta espécie, para fora dos recifes. Só através da condução de arrastos com submergível junto à superfície fora da costa do PMLS seria elucidativa quanto a esta última hipótese.

O facto de não se terem verificado larvas de *T. delaisi* fora da costa do PMLS aponta para a retenção desta espécie (Borges *et al.*, 2007b). Em conjunto com a aparente indiferença destes indivíduos para com os regimes de correntes de maré, sugere que esta espécie pode ser dotada de capacidades natatórias suficientes para contrariar as velocidades de correntes que vigoram no local de estudo. Outra observação que pode suportar esta hipótese é a razão comprimento \ fase de desenvolvimento que é superior nesta espécie relativamente à maioria das outras espécies capturadas no presente trabalho (dados pessoais), conferindo possivelmente um maior poder de natação. Actualmente não existem descrições da fase larvar desta espécie. Devido à escassa informação e falta de resultados elucidativos, é necessária a condução de mais estudos incidentes nos possíveis mecanismos que podem actuar na retenção destas larvas.

Relativamente ao fundo, as espécies mais abundantes foram o *Gobius xanthocephalus* e *Pomatoschistus pictus*, resultado idêntico ao de Borges *et al.* (2007a). No entanto *G. xanthocephalus* (no presente estudo) foi mais abundante e *P. pictus* menos abundante que nos trabalhos realizados por Beldade *et al.* (2006) e Borges *et al.* (2007a). Novamente as diferenças encontradas nos valores de abundância de larvas apontam para variações inter-anuais nas épocas de reprodução das espécies de peixes do PMLS. As larvas destas espécies (*P. pictus* e *G. xanthocephalus*) foram também, maiores e mais desenvolvidas junto ao fundo. Borges *et al.* (2007a) verificaram a mesma tendência.

A ocorrência de larvas de gobídeos junto ao fundo também foi descrita por outros autores. Leis (1986) descreve a ocorrência preferencial de larvas desta família, durante

as horas de luz, pelas camadas mais fundas da coluna de água. Aceves-Medina *et al.* (2008) apesar de não terem identificado até ao género ou espécie, encontraram vários tipos de gobiídeos, na Bahía de La Paz (México), com maior abundância junto ao fundo. No mesmo estudo porém, um outro gobiídeo foi associado à camada sub-superficial da coluna de água, contudo este foi mais abundante durante fases de Enchente, sugerindo o uso desta corrente como transporte para o interior da enseada amostrada. Os adultos desta família têm fortes afinidades pelo fundo marinho e águas pouco profundas (Watson, 1996a,b *in* Aceves-Medina *et al.* 2008). Contudo são poucos os benefícios em atribuir padrões de distribuição a famílias inteiras. Vários autores encontraram inconsistências nos padrões de distribuição dentro da mesma família (Hickford e Schiel, 2003). Apesar das larvas da família Gobiidae serem normalmente descritas como tendo distribuições costeiras, Brogan (1994) identificou dois grupos possíveis: larvas concentradas sobre os recifes e larvas mais abundantes fora da costa (Hickford e Schiel, 2003).

Na avaliação da abundância das larvas de *G. xanthocephalus* em cada fase de maré (presente estudo), não se encontraram diferenças significativas apesar de serem mais abundantes junto ao fundo durante as duas fases de maré caracterizadas por correntes (Vazante e Enchente). Apesar de ser necessário um estudo detalhado da direcção, velocidade e estratificação vertical das correntes de maré no PMLS, sabe-se que durante a Enchente a água ao fluir do Oceano invade a costa Portuguesa culminando na Preiamar, e que durante a Vazante a água escoava novamente para o Oceano até atingir o nível da Baixa-mar. É devido a este ciclo que, durante a Vazante e a Enchente, se dá um aumento da velocidade das correntes ao longo da costa. Estas correntes são determinantes na dispersão do ictioplacton e, segundo os resultados obtidos no presente estudo, parece ser a Vazante a corrente com maior influência sobre a comunidade larvar, provavelmente indicando que esta corrente possui uma forte componente para fora dos recifes do PMLS.

P. pictus revelou uma abundância significativamente superior junto ao fundo na Vazante. Segundo Leis (2006), em zonas dominadas por regimes de correntes circatidais, existe uma camada de água mais funda caracterizada por fluxos menos intensos. O pressuposto anterior em conjunto com os resultados obtidos aponta claramente para um mecanismo de retenção. A selecção vertical de regimes de correntes menos intensas resulta, evidentemente, numa retenção activa por parte destas espécies

junto aos recifes costeiros do PMLS. O facto das larvas desta espécie que se encontram mais próximas do fundo terem tamanhos superiores e estarem na sua maioria em fases de pós-flexão, sugere que as larvas com capacidades natatórias e sensoriais mais desenvolvidas, são as que mais facilmente conseguem recorrer a comportamentos que podem permitir a sua retenção. Por outro lado, no estudo de Borges *et al.* (2007b) através de arrastos realizados com a ajuda de uma embarcação, estados prematuros desta espécie foram encontrados à superfície, embora em densidades inferiores às encontradas perto da costa, a duas milhas fora dos recifes costeiros do PMLS, indicando também para uma dispersão das fases menos desenvolvidas. Autores como Gibson e Hesthagen (1981) mostraram que adultos da espécie *Pomatoschistus minutus*, recolhidos numa praia com uma larga amplitude de maré na Escócia sob condições laboratoriais constantes, evidenciaram um pico de actividade coincidente com as horas de Vazante no ambiente natural. Breitburg *et al.* (1995) efectuaram um estudo sobre larvas da família Gobiidae (*Gobiosoma bosc*) no qual verificaram maiores agregações desta espécie em áreas de menor intensidade de correntes, normalmente abrigadas atrás de rochas onde existe um menor fluxo de água durante correntes de Enchente e Vazante resultando numa menor advecção para fora do recife. Para espécies costeiras poderá ser vantajoso, no fim do período larvar, permanecerem junto à costa de modo a facilitar o encontro de habitats de assentamento apropriados (Hickford and Schiel, 2003). Laprise e Dodson (1989) reanalisaram os dados de Roger's (1940) e concluíram que, em sistemas estuarinos, as larvas deveriam permanecer junto à superfície durante a fase de Enchente e junto ao fundo durante a fase de Vazante de modo a que o transporte para fora do estuário fosse o menor possível (*in* Neilson e Perry, 1990). Outros autores como: Leis, (1986), Jager Z (1999), Schultz *et al.* (2003), Paris e Cowen (2004), Lo-Yat *et al.* (2006), Islam e Tanaka (2007), Aceves-Medina *et al.* (2008), Yamaguchi e Kume (2008) também mostraram evidências de que a combinação dos regimes de correntes locais com a distribuição vertical tem consequências directas sobre a retenção larvar.

4.3- Unidades de monitorização do recrutamento de peixes (UMRP)

A metodologia empregue neste trabalho para a monitorização do assentamento larvar nunca foi conduzida anteriormente no Parque Marinho. Este método permitiu amostrar algumas das espécies de peixes presentes nos recifes do PMLS. Duas das espécies mais abundantes na amostragem da comunidade larvar, *Gobius xanthocephalus* e *Pomatoschistus pictus*, foram das que registaram maiores números de recrutas nas

UMRP. A excepção foi a ausência total da espécie mais abundante na comunidade larvar, *Tripterygion delaisi*. Uma possível explicação para esta ausência pode estar na escolha de habitats menos profundos do que os amostrados com os UMRP e \ ou pela preferência de substratos específicos diferentes dos simulados com as UMRP. La Mesa *et al.* (2004) verificaram que os indivíduos desta espécie preferem não só superfícies planas protegidas do oceano aberto mas também paredes rochosas mais expostas. Verificaram ainda uma correlação positiva com o declive do fundo rochoso.

As primeiras capturas com este método foram a partir da 3ª semana de amostragem (7 a 13 de Maio) foram registadas para a espécie *P. pictus* e só a partir da 5ª semana (20 a 26 de Maio) para *G. xanthocephalus*. Quanto ao pico de recrutamento *G. xanthocephalus* obteve o maior número de indivíduos por dia amostrado durante a 5ª semana (20 a 26 de Maio). Enquanto *P. pictus* registou o seu pico de recrutamento durante a 10ª semana (22 a 30 de Julho). No que respeita ao tipo de substrato usado para amostrar junto aos recifes, a simulação rochosa foi, para estas duas espécies a mais procurada.

Um evento pouco frequente no local de estudo de ondulação e ventos fortes vindos do quadrante sudoeste durante a terceira semana de Abril, teve um impacto significativo sobre a costa do PMLS, levando inclusive à perda de dados referentes a alguns UMRP que foram arrastados do local de amostragem. Este evento em conjunto com a pouca diversidade larvar amostrada e um assentamento tardio da maioria das espécies, ao contrário do esperado durante o pico da época de reprodução, sugere que algumas espécies de peixes costeiros do PMLS possam ter sofrido uma alteração na sua actividade reprodutiva normal de reprodução. Porém, novos estudos devem tentar estreitar a relação entre os padrões de desova, suplemento larvar e recrutamento, de forma a perceber-se de uma forma mais conclusiva como interagem estas variáveis e se repercutem na população adulta.

5- Conclusões

Este estudo aponta para um mecanismo de retenção junto aos recifes costeiros por parte das fases larvares mais desenvolvidas de algumas das espécies mais abundantes. Este mecanismo foi particularmente evidente para espécie *Pomatoschistus pictus* que, através da utilização de zonas de menor intensidade de fluxo, durante as correntes de Vazante, ficaram sujeitas a uma menor advecção, resultando numa retenção activa por parte

destas larvas. Contudo, nem todas as espécies encontradas evidenciaram este tipo de comportamento. *Tripterygion delaisi* mesmo durante fases de maré, caracterizadas por formarem correntes potencialmente dispersivas, como a Vazante e a Enchente foi sempre mais abundante à superfície, indicando a presença de outros mecanismos de retenção.

Estes resultados, ao contrário do anteriormente previsto, apontam para uma população com algum grau de isolamento já que algumas larvas parecem permanecer perto dos recifes de origem. No entanto, mais estudos são necessários para estimar até que ponto a retenção verificada afecta o grau a que estas populações estão de facto a auto-recrutar na zona de protecção integral e no parque marinho em geral. Só assim será possível saber até que ponto a população tem capacidade para recolonizar as áreas adjacentes e, por conseguinte, saber qual a melhor dimensão para as áreas marinhas protegidas e espaçamento necessário entre elas para que possa haver uma troca eficaz destes indivíduos.

Apesar de no ano do presente estudo a diversidade ter sido inferior à encontrada em anos anteriores, outro motivo que não o efeito de protecção foi sugerido. A variação na época de desova consequente de eventos meteorológicos foi invocada para explicar a variação na densidade e diversidade observadas ao longo dos anos. Certamente que trabalhos futuros de ecologia das primeiras fases de vida dos peixes na área de protecção integral e nas áreas adjacentes são necessários para melhor entendermos de que forma o efeito de protecção está a influenciar as primeiras fases de vida dos peixes do PMLS. Só através de trabalhos como o presentemente descrito será possível entender até que ponto a retenção larvar pode ou não, influenciar a relação entre o suplemento larvar e o recrutamento. Assim será possível perceber quais os factores que actuam sobre as primeiras fases de vida dos peixes no PMLS e qual a melhor forma de arquitectar uma gestão adequada às espécies piscícolas costeiras do Parque Marinho Luíz Saldanha.

6- Referências

Aceves-Medina, G., R. Saldierna-Martínez, A. Hinojosa-Medina, S. P. A. Jiménez-Rosenberg, M. E. Hernández-Rivas, R. Morales-Ávila (2008). Vertical structure of larval fish assemblages during diel cycles in summer and winter in the southern

- part of Bahía de La Paz, México. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **76**: 889-901
- Almany, G. R., M. L. Berumen, S. R. Thorrold, S. Planes, G. P. Jones (2007). Local Replenishment of Coral Reef Fish populations in a marine reserve. *Science* **316**: 742-744
- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral ecology* **26**, 32-46
- Anderson, M. J. (2006). Distance based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics* **62**: 245-253
- Beldade, R., R. Borges e E. J. Gonçalves (2006). Depth distribution of nearshore temperate fish larval assemblages near rocky substrates. *Journal of Plankton Research* **28(11)**: 1003-1013
- Borges, R. A. D. (2006). Composition, temporal and spatial patterns of very-nearshore larval fish assemblages at the Arrábida Marine Park. Tese de doutoramento. Universidade do Algarve.343
- Borges, R., R. Beldade, E. J. Gonçalves (2007a). Vertical structure of very nearshore larval fish assemblages in a temperate rocky coast. *Marine Biology* **151(4)**: 1349-1363
- Borges, R., R. Ben-Hamadou, M. A. Chicharo, P. Ré, E. J. Gonçalves (2007b). Horizontal spatial and temporal distribution patterns of nearshore larval fish assemblages at a temperate rocky shore. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **71**: 412-428
- Borges, R., J. Vaz, E. A. Serrão, E. J. Gonçalves (2009). Short-term temporal fluctuation of very-nearshore larval fish assemblages at the Arrábida Marine Park (Portugal). *Journal of Coastal Research*, special issue 56.
- Breitburg, D. L., A. P. Margaret, T. Loher (1995). Larval distributions and the spatial patterns of settlement of an oyster reef fish: responses to flow and structure. *Marine Ecology Progress Series* **125**: 45-60

- Carreras-Carbonell, J., E. Macpherson, M. Pascual (2007). High self-recruitment levels in a Mediterranean littoral fish population revealed by microsatellite markers. *Marine Biology* **151**: 719–727
- Caselle, J. E., S. L. Hamilton, R. R. Warner (2003). The interaction of retention, recruitment, and density-dependent mortality in the spatial placement of marine reserves. *Gulf and Caribbean Research* **14(2)**: 107-118.
- Clark, D.L., J. M. Leis, A. C. Hay, T. Trnski (2005). Swimming ontogeny of larvae of four temperate marine fishes. *Marine Ecology Progress Series* **292**: 287-300
- Clarke, K. R. e R. M. Warwick (2001). Change in Marine Communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition, PRIMER-E Ltd., Plymouth, 144
- Cowen, R. K. (2002). Larval dispersal and retention consequences for population Connectivity. In: Sale, P. L., *Coral Reef Fishes*, Elsevier Science, USA, 149-170.
- Fisher, R., J. M. Leis, D. L. Clark, S. K. Wilson (2005). Critical swimming speeds of late-stage coral reef fish larvae: variation within species, among species and between locations. *Marine Biology* **147(5)**: 1201- 1212
- Gerlach, G., J. Atema, M. J. Kingsford, K. P. Black, V. Miller-Sims (2007). Smelling home can prevent dispersal of reef fish larvae. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **104(3)**: 858-863
- Gonçalves, E. J., M. Henriques, V. C. Almada (2003). Use of a temperate reef-fish community to identify priorities in the establishment of a Marine Protected Área. In: *Aquatic Protected Areas: What works best and how do we know? Proceedings of the World Congress on Aquatic Protected Area*, J. P. Beumer, A. Grant and D. C. Smith, Cairns, Australia, 261-272
- Gunderson, D. R. e R. D. Vetter, (2006). Temperate Rocky Reef Fishes. In: Kritzer, J. P., Sale, P. F., *Marine Metapopulations*, Elsevier science, USA, 69-117.
- Hamer, P. A. e G. P. Jenkins (1996). Larval supply and short-term recruitment of a temperate zone demersal fish, the King George whiting, *Sillaginodes punctata* Cuvier and Valenciennés, to an embayment in south-eastern Australia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **208**: 197-214.

- Healy, D. e K. A. Hovel (2004). Seagrass bed patchiness: effects on epifaunal communities. *Journal of Marine Biology and Ecology* **313**: 155-174
- Henriques, M., E. J. Gonçalves, V. C. Almada (1999). The conservation of littoral fish communities: a case study at Arrábida coast (Portugal). In: *Behaviour and Conservation of Littoral Fishes*. V. C. Almada, R. F. Oliveira, E. J. Gonçalves, ISPA, Lisboa, 473-519.
- Henriques, M., E. J. Gonçalves, V. C. Almada (2007). Rapid shifts in a marine fish assemblage follow fluctuations in winter sea conditions. *Marine Ecology Progress Series* **340**: 259-270.
- Hickford M. J. H. e D. R. Schiel (2003) Comparative dispersal of larvae from demersal versus pelagic spawning fishes. *Marine Ecology Progress Series* **252**: 255-271
- Hill, A. E. (1995). The kinematical principles governing horizontal transport induced by vertical migration in tidal flows. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **75**: 3-13.
- Hurrell, J. W., Deser, C., North Atlantic climate variability: The role of North Atlantic Oscillation. *J. Mar. Sys.* (2009), doi:10.1016/j.jmarsys.2008.11.026
- Islam, Md. S. e M. H. M. Tanaka (2007). Tidal and diurnal variations in larval fish abundance in an estuarine inlet in Ariake Bay, Japan: implication for selective tidal stream transport. *Ecol Res* **22**: 165-171.
- Jager Z. (1999) Selective tidal stream transport of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary). *Estuarine Coastal and Shelf Science* **49**: 347-362.
- Jenkins, G. P., M. J. Keough, P. A. Hamer (1998). The contributions of habitat structure and larval supply to broad-scale recruitment variability in a temperate zone, seagrass-associated fish. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **226**: 259-278.
- Joyeux, J. C. (2001). The retention of fish larvae in estuaries: among-tide variability at Beaufort Inlet, North Carolina, USA. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **81**: 857-868.

- Laprise, R. e J. J. Dodson (1989). Ontogeny and importance of tidal vertical migrations in the retention of larval smelt *Osmerus mordax* in a well-mixed estuary. *Marine Ecology Progress Series* **55**: 101-111
- Lecchini, D., J. Shima, B. Banaigs, R. Galzin (2005). Larval sensory abilities and mechanisms of habitat selection of a coral reef fish during settlement. *Oecologia* **143**:326-334
- Leis, J. M. (1986). Vertical and horizontal distribution of fish larvae near coral reefs at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Marine Biology* **90**: 505-516
- Leis, J. M. (2002). What does larval fish biology tell us about the design and efficacy of marine protected areas?. In: *Aquatic Protected Areas: What works best and how do we know? Proceedings of the World Congress on Aquatic Protected Area*, J. P. Beumer, A. Grant and D. C. Smith, Australian Society for Fish Biology, North Beach, W. A., 170-180.
- Leis, J. M. (2006). Are larvae of demersal fishes plankton or nekton?. *Advances in Marine Biology* **51**: 59-141.
- Leis, J. M. e B. M. Carson- Ewart (2000). The larvae of Indo-Pacific coastal fishes. An identification guide to marine fish larvae. Brill, 850
- Levin, P. S. (1996). Recruitment in a temperate demersal fish: Does larval supply matter?. *Limnology and Oceanography* **41(4)**: 672-679.
- Lorenzen, K. (2008). Fish population regulation beyond “stock and recruitment”: the role of density-dependent growth in the recruited stock. *Bulletin of Marine Science*, **83(1)**: 181-196
- Lo-Yat, A., M. G. Meekan, J. H. Carleton, R. Galzin (2006). Large-scale dispersal of the larvae of nearshore and pelagic fishes in the tropical oceanic waters of french Polynesia. *Marine Ecology Progress Series* **325**: 195-203
- McIlwain, J. L. (2003). Fine-scale temporal and spatial patterns of larval supply to a fringing reef in Western Australia. *Marine Ecology Progress Series* **252**: 207-222.
- La Mesa G., M. Micalizzi, G. Giaccone, M. Vacchi (2004). Cryptobenthic fishes of the “Ciclopi Islands” marine reserve (central Mediterranean Sea): assemblage

- composition, structure and relations with habitat features. *Marine Biology* **145**: 233-242.
- Milicich, M. J., M. G. Meekan, P. J. Doherty (1992). Larval supply: a good predictor of recruitment of three species of reef fish (Pomacentridae). *Marine Ecology Progress Series* **86**: 153-166.
- Neilson, J. D. e R. I. Perry (1990). Diel vertical migrations of marine fishes: an obligate or facultative process? *Advances in Marine Biology* **26**: 115-168.
- Nichol D. G. e D. A. Somerton (2009). Evidence of the selection of tidal streams by northern rock sole (*Lepidopsetta polyxystra*) for transport in the eastern Bering Sea. *Fish. Bull.* **107**: 221-234.
- Paris, C. B. e R. K. Cowen (2004). Direct evidence of a biophysical retention mechanism for coral reef fish larvae. *Limnology and Oceanography* **49**: 1964-1979.
- Patrick, P. e N. A. Strydom (2008). Composition, abundance, distribution and seasonality of larval fishes in the shallow nearshore of the proposed Greater Addo Marine Reserve, Algoa Bay, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **79**: 251-262.
- Planes, S., R. Galzin, A. Garcia Rubies, R. Goñi, J.-G. Harmelin, L. Le Diréach, P. Lenfant, A. Quetglas (2000). Effects of marine protected areas on recruitment processes with special reference to Mediterranean littoral ecosystems. *Environmental Conservation* **27(2)**: 126-143.
- Planes, S., G. P. Jones, S. R. Thorrold (2009). Larval dispersal connects fish populations in a network of marine protected areas. *PNAS* **196(14)**: 5693-5697.
- Rodwell, M. J., D. P. Rodwell, C. K. Folland, (1999). Oceanic forcing wintertime North Atlantic Oscillation and European climate. *Nature* **398**: 320-323.
- Sabatés, A., M. Zabala, A. García-Rubies (2003). Larval fish communities in the Medes Islands Marine Reserve (North-west Mediterranean). *Journal of Plankton Research* **25(9)**: 1035-1046.

- Schultz E. T., K. M. M. Lwiza, M. C. Fencil, J. M. Martin (2003). Mechanisms promoting upriver transport of larvae of two fish species in the Hudson River estuary. *Marine Ecology Progress Series* **251**: 263-277.
- Sponaugle, S., R. K. Cowen, A. Shanks, S. G. Morgan, J. M. Leis, J. Pineda, G. W. Boehlert, M. J. Kingsford, K. C. Lindeman, C. Grimes, J. L. Munro (2002). Predicting self-recruitment in marine populations: Biophysical correlates and mechanisms. *Bulletin of Marine Science* **70(1)**: 341–375.
- Stentchev, A. e K. Korotenko (2004). Stratification and Tidal Current Effects on Larvae Transport in the Eastern English Channel: Observations and 3D Modeling. *Environmental Fluid Mechanics* **4**: 305-331.
- Tripel, E. A. e R. C. Chambers (1997). Introduction: the early life history of fishes and its role in recruitment processes. In: *Early life history and recruitment in fish populations*. R. C. chambers e E. A. Trippel, xxi-xxx.
- Valles, H., D. L. Kramer , W. Hunte (2006). A standard unit for monitoring recruitment of fishes to coral reef rubble. *Journal of Experimental Biology and Ecology* **336**: 171- 183.
- Yamaguchi, A. e G. Kume (2008). Evidence for up-estuary transport of puffer Takifugu larvae (Tetraodontidae) in Ariake Bay, Japan. *Journal of Applied Ecology* **24**: 60-62.

¹ Ver NAO Station Based (DJFM), Microsoft index file em <http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/indices.html>66