

**Conteúdos programáticos do Modulo  
Macroinvertebrados bentónicos**

**Acção de formação  
Conservação e Sustentabilidade dos  
Ecosistemas Costeiros e Marinhos  
LABoratório Oceano**

**Janeiro 2011**



## Índice

1- Definição de bentos. Zonação da macroinvertebrados bentónicos em ecossistemas litorais. Supralitoral, mediolitoral, infralitoral.	<b>1</b>
2- Ecologia bentónica litoral. Factores ambientais condicionantes, comunidades de costas rochosas e comunidades de substrato móvel. Adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais dos macroinvertebrados marinhos em ambientes costeiros. Substrato duro e móvel.	<b>2</b>
3- Os macroinvertebrados bentónicos na zona litoral.	<b>6</b>
4- Os macroinvertebrados bentónicos e a Directiva Quadro da Água	<b>12</b>
5- Métodos de amostragem de bentos. Métricas para determinação da qualidade ecológica das massas de água de transição e costeiras: Índices de diversidade.	<b>15</b>
6- Alterações globais e acidificação. Consequências para os macroinvertebrados bentónicos	<b>17</b>
7- Referências	<b>18</b>

## 1. Definição de bentos. Zonação da macroinvertebrados bentónicos em ecossistemas litorais.

Os organismos bentónicos são aqueles cuja vida está directamente relacionada com o fundo, quer vivam fixos, quer sejam livres.

No domínio bentónico podem reconhecer-se diversas regiões ou **andares** com características próprias, que se baseiam na composição e modificação das comunidades bentónicas e não apenas em factores físicos ou químicos. Um andar é conjunto de organismos que correspondem a determinadas condições ecológicas, sensivelmente constantes em função da situação em relação ao nível das águas (SALDANHA, 1995).

Segundo HAWKINS & JONES (1962), a **região intermareal** pode ser subdividida em três zonas distintas: uma zona superior denominada zona **litoral**, uma zona intermédia denominada a zona **eulitoral** e uma zona inferior ou **sublitoral**.

A zona litoral é raramente submergida, excepto nas marés vivas de equinócio. A zona eulitoral é submetida a uma emersão e imersão periódicas e finalmente a zona sublitoral é unicamente exposta (emersa) por um curto período de tempo, nas marés vivas e em dias de baixa agitação das águas.

O **sistema litoral ou fital** engloba os andares em que ocorrem vegetais fotoautotróficos (**andares supralitoral, médiolitoral, infralitoral e circalitoral**) ao contrário do sistema profundo ou afital onde se incluem os restantes andares do domínio bentónico (andares batial, abissal e hadal) (Figura 1)

Os **povoamentos** individualizados a cuja composição qualitativa correspondem determinadas condições do meio denominam-se **biocenoses**. À noção de biocenose/comunidade associa-se sempre a de **biótopo**, que corresponde à área geográfica, de superfície ou de volume variável, a que corresponde um conjunto homogéneo de factores físicos.

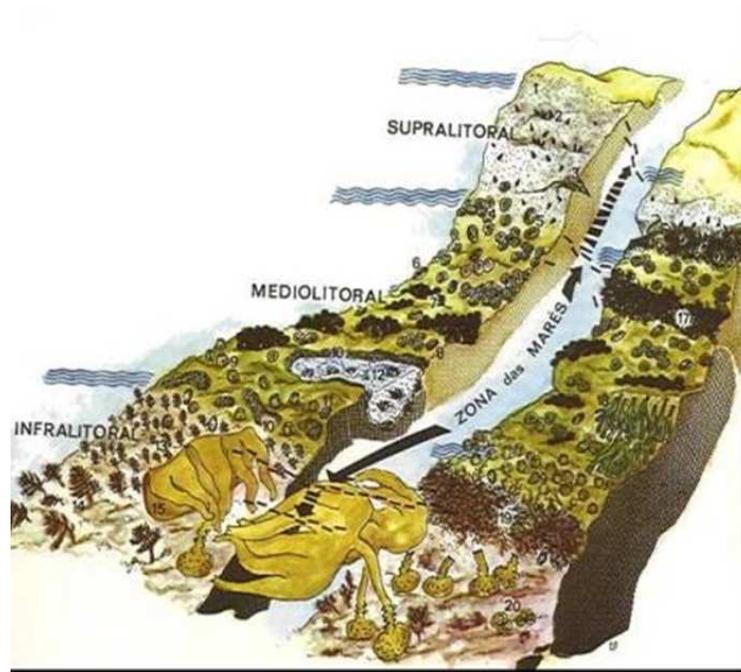


Figura 1- Representação do sistema litoral com indicação dos andares supralitoral, médiolitoral, infralitoral (SALDANHA, 1995)

## 2- Ecologia bentónica e adaptações

O **limite superior** das comunidades/povoamentos de macroinvertebrados bentónicos é estabelecido por **factores abióticos** (tolerância). O **limite inferior** é estabelecido por factores bióticos (predação, concorrência por espaço/alimento) (RAFAELLI & HAWKINS, 1996).

Os ecossistemas litorais podem apresentar variações na composição qualitativa e quantitativa dos povoamentos que as constituem devido fundamentalmente a uma dinâmica relacionada com a **estacionalidade** (variações estacionais). Os **estados iniciais** de uma comunidade/biocenose correspondem à instalação e progressão de uma série de espécies pioneiras da comunidade e que são geralmente espécies que exibem níveis de tolerância ambientais elevados. Os **estados finais** da sucessão ou degradação de uma comunidade correspondem à sobrevivência, mesmo que momentânea, de algumas espécies mais resistentes, habitualmente em concorrência pelo substrato com outras espécies pertencentes a uma comunidade distinta que tende a suplantar a primeira.

O **substrato** constitui o suporte dos povoamentos bentónicos. Pode ser **rochoso** (rocha consolidada) ou **móvel** (detrítico, arenoso, vasoso, etc.). O **hidrodinamismo** pode ser responsável pela substituição de uma comunidade por outra, por actuar sobre o material que constitui o substrato. Relação estreita entre as comunidades e a o tipo e a **granulometria** do substrato.

A **epifauna** é constituída pelo conjunto das espécies sésseis e vágeis que se encontram à superfície do substrato. Por **endofauna** designa-se a totalidade das espécies que se encontram nas cavidades, fissuras ou interstícios do substrato.

O factor ecológico de maior importância na distribuição dos organismos bentónicos no litoral é sem dúvida o hidrodinamismo, sendo este determinado pela ondulação e as correntes de maré. A estrutura dos povoamentos, a sua dinâmica e a proliferação ou desaparecimento de determinadas espécies bentónicas pode ser indiciadora das condições hidrodinâmicas. Outros factores podem condicionar a estrutura dos povoamentos bentónicos, são **a predação, a luz, a temperatura**.

As **adaptações dos macroinvertebrados bentónicos da zona costeira são particulares** e incluem a resistência à dissecação, variações de salinidade (precipitação e evaporação) e manutenção do balanço térmico, resistência à acção mecânica das águas, respiração e alimentação dificultada pelas emersão e imersão periódicas. Uma das particularidades mais evidentes da região das marés é a existência de uma zonação marcada dos organismos estabelecendo-se uma verdadeira transição entre os povoamentos terrestres e os povoamentos marinhos, que por vezes se traduz numa distribuição dos organismos de substrato rochoso em bandas ou faixas quando a agitação das águas é pouco intensa. Os primeiros povoamentos marinhos que surgem logo a seguir ao domínio terrestre constituem um biótopo particular e a zona litoral. Os organismos que aí encontramos estão sujeitos a uma emersão praticamente contínua apenas sendo imersos nas marés vivas equinociais. Estão deste modo particularmente bem adaptados para sobreviverem fora de água durante longos períodos. Apesar de exigirem e/ou suportarem emersões prolongadas estes organismos estão também sujeitos à aspersão por gotículas de água provenientes das ondas de tal modo que a humidade é mantida por vezes com um teor

elevado. A extensão vertical deste andar varia naturalmente em função da exposição da costa à intensidade hidrodinâmica e da amplitude da maré.

Relativamente à alimentação os macroinvertebrados bentónicos podem ser: **Suspensívoros**- alimentam-se de partículas em suspensão nas águas (esponjas, bivalves, crustáceos, ofiurídeos, holotúrias, briozoários, ascídeas); **detritívoros**- alimentam-se de partículas depositadas na superfície do substrato, modalidades de captura, mecânica e por intermédio de uma corrente de água (gastrópodes, poliquetas cumáceos, sipunculídeos); **herbívoros** raspam e ingerem macroalgas (ouriços, gastrópodes, quitons); **predadores** - alimentam-se de outros animais (caranguejos, estrelas do mar)

**Reprodução e desenvolvimento dos macroinvertebrados bentónicos.** Desenvolvimento directo e indirecto. Características das duas modalidades. Espécies com larvas planctónicas (ciclos de vida). Vantagens da existência de uma vida planctónica prolongada (larvas teleplanctónicas de alguns moluscos). Fixação e recrutamento. O recrutamento, ou seja a entrada de novos indivíduos para o meio bentónico é um processo muito importante na colonização de novas zonas litorais ou na manutenção da estrutura das comunidades existentes.

Entre os macroinvertebrados bentónicos existem representantes em quase todos os filos do reino animal, desde as esponjas às ascídeas e apresentam adaptações relacionadas com o tipo de mobilidade.

**Espécies sedentárias**- movimentos de pequena amplitude.

Mobilidade das forma vágéis (marcha, escorregamento, natação-marcha, etc).

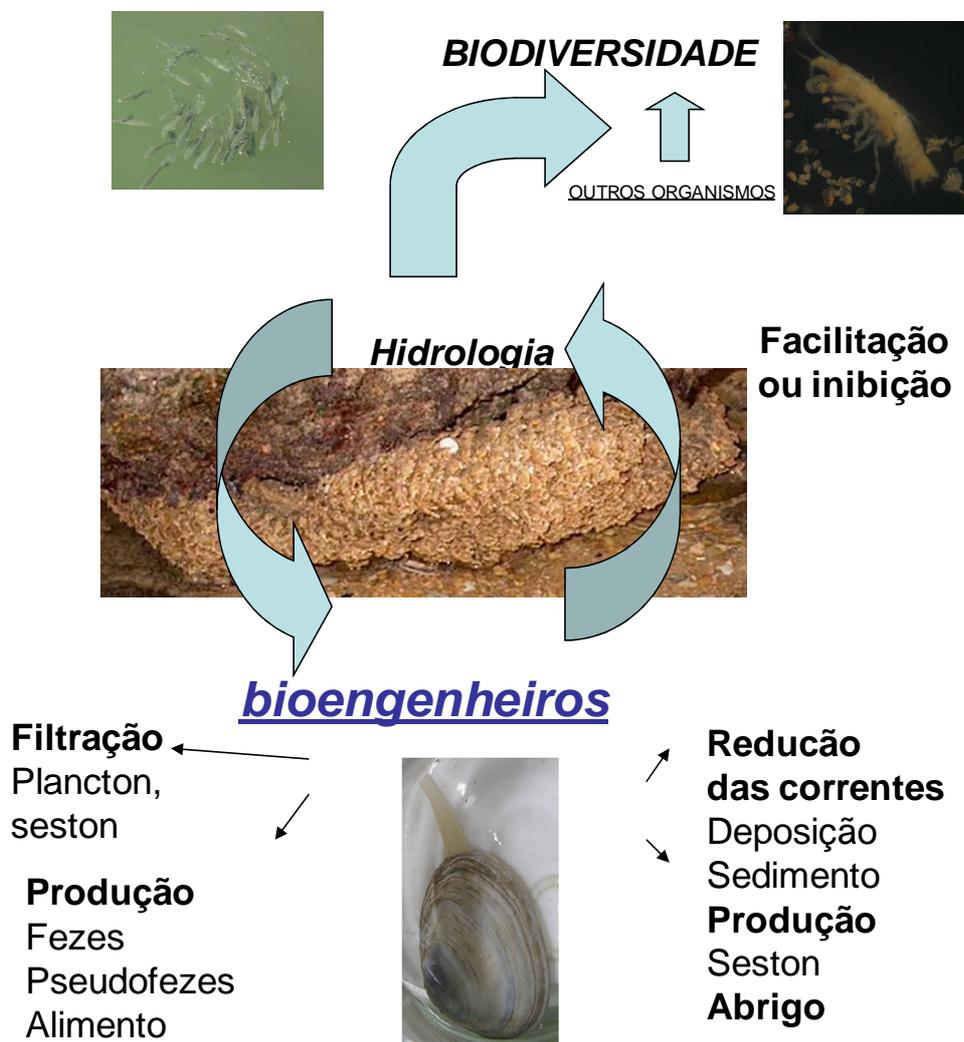
**Espécies sésseis**- fixas ao substrato.

Espécies enraizadas- móveis, uma parte do organismo penetra no sedimento para assegurar a fixação. Espécies vágéis- movem-se com facilidade.

Espécies escavadoras- escavam sedimentos.

Espécies perfuradoras- escavam substratos rígidos.

Algumas espécies de organismos bentónicos são denominados **Bioengenheiros**, tratam-se de espécies de macroinvertebrados que transformam o ambiente, não só físico-quimicamente mas também a nível biológico. Estes organismos aumentam a relação entre a superfície de fixação e a superfície total disponível para outros seres. Tem formas dimensões e consistências variadas. Formam das colónias enraizadas, existência de espículas (conferindo suporte à colónia) como as esponjas, agregação de materiais externos, como a poliqueta *Sabellaria* (Fig. 2). Apresentam por vezes mecanismos de perfuração (movimentos do corpo e processos químicos).



**Figura 2** Representação esquemática dos mecanismos através do qual um macroinvertebrado bentónico, funciona como bioengenheiro e altera a hidrologia e biodiversidade (BARBOSA & CHICHARO 2010)

### 3. Os macroinvertebrados bentónicos na zona costeira

#### Macroinvertebrados do Litoral Rochoso

Os povoamentos do andar **supralitoral** apresentam uma relativa uniformidade fisionómica a nível mundial. São espécies características da biocenose da rocha supralitoral um gastrópode *Littorina neritoides*, um crustáceo isópode *Ligia oceanica* e um líquene *Verrucaria maura*. Os povoamentos que constituem esta biocenose são sobretudo caracterizados pela presença de *Littorina neritoides*, que pode ser encontrado em quantidades apreciáveis sobretudo nas fissuras dos rochedos, e pela presença de algas azuis microscópicas (cianofíceas endófitas) que conferem uma coloração acinzentada à rocha. Esta coloração permite delimitar superiormente o andar supralitoral estabelecendo uma fronteira por vezes muito nítida entre o domínio terrestre e o domínio marinho. *Littorina neritoides* pode igualmente ser encontrado em menor densidade, na parte superior do andar médiolitoral e até nos níveis superiores do andar infralitoral, tendo a sua presença nestes andares um carácter transgressivo. Nos locais em que a agitação hidrodinâmica é intensa o povoamento deste andar apresenta uma extensão vertical de cerca de 1,5m e sobe, em relação ao limite inferior do médiolitoral, até cerca de 4m de altura. O seu limite inferior é indicado pelo aparecimento de povoamentos distintos, sobretudo representados pelo cirrípede *Chthamalus*, embora por vezes se assista a uma zona de sobreposição dos elementos correspondentes a cada um dos andares. Nos locais mais calmos observa-se o aparecimento do líquen *Verrucaria maura*, cujo aspecto lembra alcatrão derramado sobre a rocha e que forma uma cintura de cerca de 50cm de altura delimitando inferiormente o referido andar. Nestas zonas o andar supralitoral apresenta uma extensão não superior a 80cm de altura, podendo elevar-se acima do limite inferior do andar médiolitoral até cerca de 2,5m. Característico também deste andar é o crustáceo isópode *Ligia oceanica*, que pode ser encontrado por vezes em quantidades elevadas em fissuras das rochas, pequenas concavidades ou tectos de grutas, especialmente nos períodos em que a temperatura do ar é mais elevada (SALDANHA, 1995).

O andar **médiolitoral** é composto pelas comunidades que suportam ou exigem emergências e imersões periódicas. Constituem a maioria das comunidades intermareais e a biocenose da rocha médiolitoral. Os primeiros elementos pertencentes a este andar, e que se encontram logo abaixo do povoamento supralitoral, são constituídos por indivíduos do crustáceo cirrípede *Chthamalus*. Nos locais de maior agitação este cirrípede, que em situações favoráveis pode chegar a cobrir a superfície rochosa a 100%, ocupa praticamente toda a extensão do andar. Na parte superior do médiolitoral podem encontrar-se conjuntamente com a supracitada espécie os moluscos *Patella lusitanica* e *Patella vulgata*, *Siphonaria algesirae* e *Patella intermedia*.

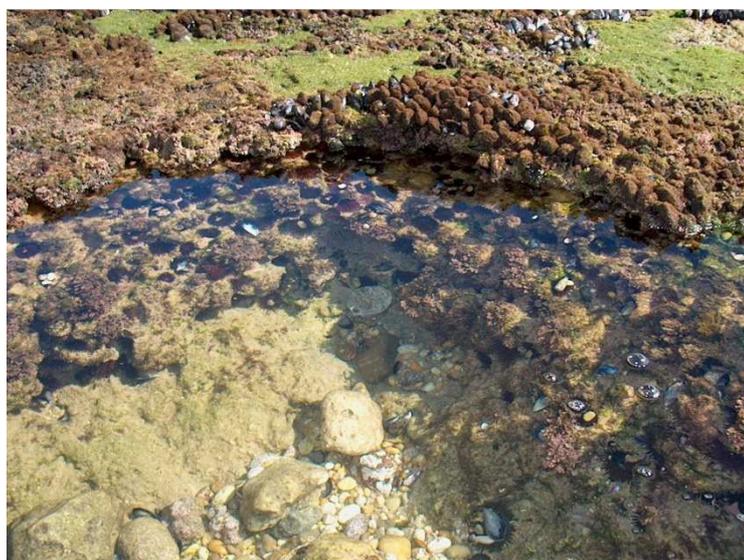
Na região mais baixa do médiolitoral existem povoamentos densos de mexilhões, *Mytilus galloprovincialis* (Fig 2), sendo o limite inferior do andar delimitado pela alga calcária, *Lithophylum tortuosum*. Ao nível desta alga pode encontrar-se um crustáceo cirrípede, *Balanus perforatus*, que estabelece a transição para os povoamentos infralitorais.



Figura 2- Transição entre o médiolitoral e o infralitoral na praia dos Olhos de água (Albufeira), onde se podem observar os povoamentos de mexilhão.

Ao nível das populações médiolitorais de *Mytilus galloprovincialis* podem também encontrar-se os moluscos *Oncidiella celtica* e *Thais lapillus* e a esponja *Hymenacion sanguinea*. Nos locais em que o hidrodinamismo é mais atenuado, pode observar-se perto do limite superior do andar uma cintura de cor negra, constituída pelo líquene

*Lichina pygmaea*, e na parte inferior uma outra cintura formada pela alga castanha *Fucus spiralis*. Nestes locais mais calmos a transição para os povoamentos infralitorais é detectada através da presença de *Balanus perforatus* uma vez que *Lythophyllum tortuosum* tende a desaparecer ou a formar placas muito pouco desenvolvidas. No espaço vertical ocupado pelo andar médiolitoral podemos por vezes encontrar numerosas poças permanentemente repletas de água onde as condições prevalentes são semelhantes às existentes no andar infralitoral. Constituem um enclave do andar infralitoral no médiolitoral. Estes encontram-se forrados por uma alga calcária, *Lithophyllum incrustans* e apresentam numerosos organismos com afinidades infralitorais, nomeadamente o ouriço *Paracentrotus lividus* (Fig.3).



**Figura 3 - Enclave do infralitoral no médiolitoral onde se podem observar numerosos ouriços**

O andar **infralitoral** é constituído pelos povoamentos sempre imersos ou raramente emersos (nível superior que fica a descoberto durante a baixa-mar). Estende-se desde o limite inferior do andar médiolitoral até à profundidade compatível com a existência de algas fotófilas (que exigem uma iluminação elevada), ou seja cerca de 24m na costa portuguesa. Este andar é essencialmente ocupado pela biocenose das algas fotófilas. Na zona mais superficial ocupada por este andar podem encontrar-se numerosos exemplares do cirrípede *Balanus perforatus*, habitualmente com uma distribuição esparsa. O ouriço *Paracentrotus lividus* que destrói toda a cobertura algal chegando a sua densidade a atingir um número muito elevado de indivíduos (SALDANHA, 1995)

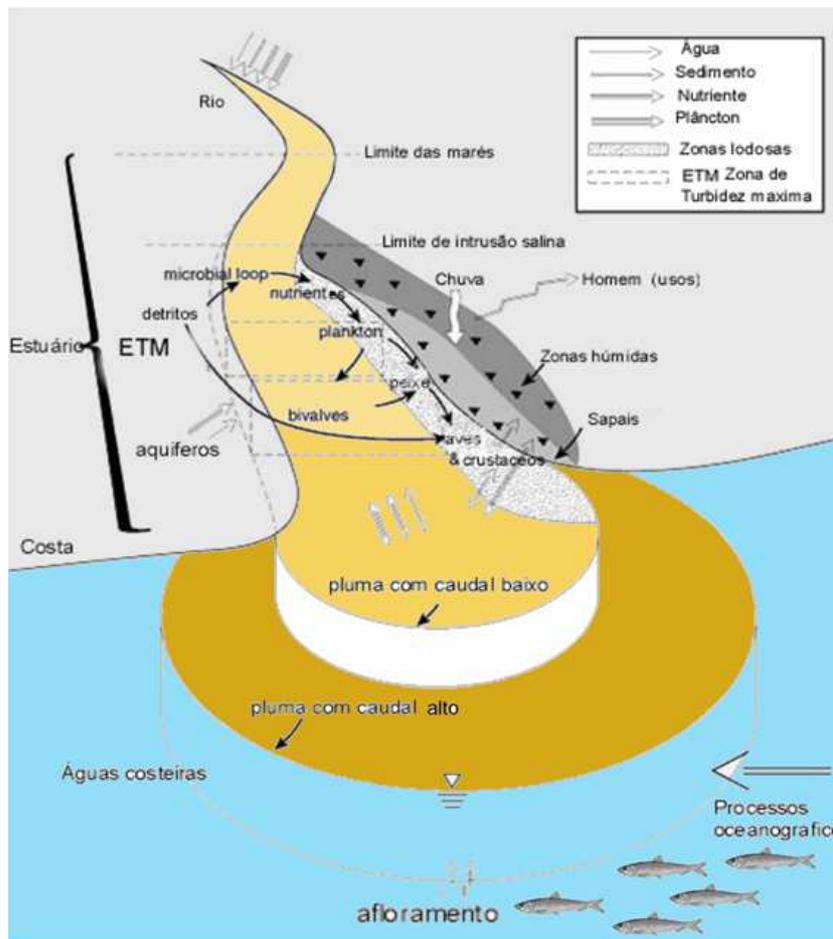
## **Os organismos macroinvertebrados bentónicos das comunidades litorais de substratos móveis**

O andar supralitoral no Mediterrâneo é caracterizado pela existência de duas biocenoses caracterizadas (entre outros elementos) pela existência de certas espécies de anfípodes: *Talitrus* e *Orchestia*. No andar médiolitoral reconhecem-se diversas comunidades de características detritica existente entre os calhaus médiolitorais na presença de detritos vegetais e areias do médiolitoral. No Andar infralitoral existem: a comunidade entre fragmentos de rochas com macro crustáceos, animais que se alimentam de detritos vegetais retidos nos interstícios, a comunidade das areias grossas sob a acção das vagas com bivalves, a comunidade das areias protegidas da rebentação das vagas. Em zonas de hidrodinamismo atenuado surge a comunidade das areias lodosas superficiais.

## **Os macroinvertebrados bentónicos das zonas estuarinas e lagunares costeiras**

O número de espécies de macroinvertebrados verdadeiramente estuarinas é reduzido devido fundamentalmente à variação de alguns parâmetros ambientais (sobretudo a salinidade) que se fazem sentir neste meio. As adaptações exibidas pelos organismos estuarinos são diversas: morfológicas (conchas); fisiológicas (osmorregulação); comportamentais (padrões e modalidades migratórias). Na maioria dos sistemas estuarinos a produção primária do fitoplâncton não desempenha um papel preponderante nas cadeias tróficas. Os **sapais** e ervas marinhas são responsáveis por grande parte da produtividade primária. As principais fontes de matéria orgânica são Detritos orgânicos e não orgânicos, são sistemas heterótrofos, como a maior parte dos troços dos rios (Fig. 4). Os macroinvertebrados bentónicos podem classificar de acordo com a zona do estuário que colonizam (i) organismos oligohalinos- constituem a maioria dos macroinvertebrados que ocorrem no alto estuário, não toleram salinidades superiores a 0,5., mas algumas espécies podem sobreviver em águas com uma salinidade não superior a 5, como por exemplo larvas de insectos; (ii) organismos verdadeiramente estuarinos- organismos geralmente com afinidades marinhas, mas ocorrendo na região intermédia do estuário, aparentemente excluídos do meio marinho devido a competição biológica ou fenómenos de natureza física (e.g. hidrodinamismo), ocorrem geralmente

em águas cujas salinidades variam entre 5 e 18.; por exemplo misidáceos *Mesodopodopsis* (iii) organismos marinhos eurihalinos- constituem a maioria dos organismos que ocorrem nos estuários, distribuem-se desde a embocadura até às regiões intermédias do estuário, subsistem em águas cujas salinidades não ultrapassam os 18., raramente penetram na secção superior do estuário onde as salinidades são da ordem dos 5; caranguejos *Carcinus maenas* (iv) organismos marinhos estenohalinos- organismos marinhos que ocorrem na embocadura dos estuários, só eventualmente penetram nas secções intermédias, subsistem até salinidades da ordem dos 25, como a maioria dos bivalves, por exemplo *Scrobicularia*, *Ruditapes* (v) organismos migradores- espécies que completam parte do seu ciclo vital nos estuários ou que os utilizam meramente como via de comunicação entre o rio e o mar ou entre o mar e o rio (exemplo algumas espécies de camarão, *Crangon crangon*).



**Figura 4- Principais relações entre água, matéria em suspensão, nutrientes e biota num estuário (WOLANSKI & CHICHARO, 2006)**

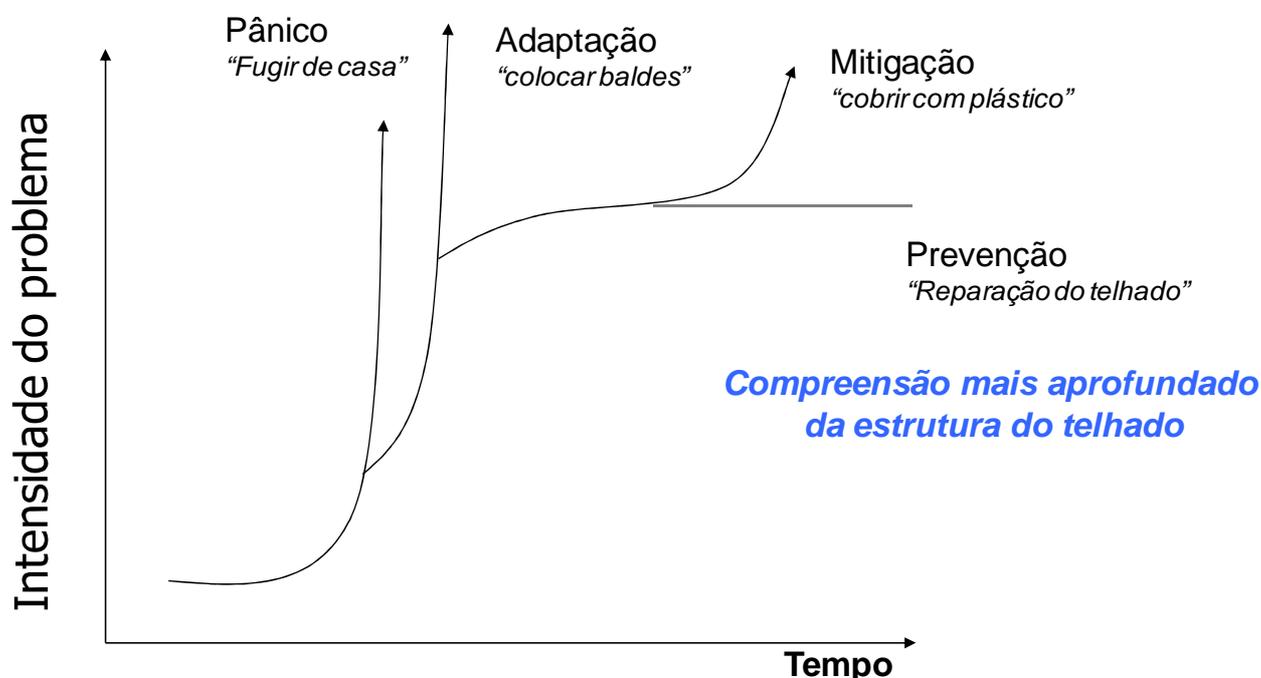
## Macroinvertebrados bentónicos de zonas tropicais

Os **recifes de coral** estabelecem geralmente os limites do ambiente litoral tropical. São constituídos essencialmente por madreporários, contribuindo também para a massa calcárea algas (calcáreas) bem como outros organismos que segregam carbobato de cálcio (e.g. foraminíferos, poliquetas serpulídeos, briozoários, moluscos, cirrípedes, etc.). A maioria dos recifes de coral encontra-se em águas com uma temperatura superficial igual ou superior a 20°C. O desenvolvimento óptimo dos recifes ocorre em águas cuja temperatura média anual é da ordem dos 23-25°C. Ausentes das zonas tropicais (costa oeste africana, América do sul e central) sujeitas à influência de afloramento costeiro. Distribuição batimétrica dos recifes (ausentes em profundidades superiores a 50-70m). Maior desenvolvimento profundidades inferiores a 25m. Factor limitante a luz essencial para o desenvolvimento das algas zooxantelas simbiotes dos corais. Outro factor limitante á a salinidade (os recifes apresentam um maior desenvolvimento em águas cuja salinidade varia entre 32 e 35.). Principais tipos de recifes de coral. Três categorias principais: (i) recifes em franja- junto às massas continentais; (ii) recifes em barreira- maior desenvolvimento, usualmente com uma lagoa interna e (iii) atóis- anel de coral com lagoa central. Modo de nutrição (pólipos carnívoros, alimentando-se fundamentalmente de meroplactontes exclusivos dos recifes). O papel desempenhado pelas algas simbiotes (zooxantelas), que servem indubitavelmente de alimento aos pólipos no crescimento do recife

Os **mangais** situados no médiolitoral, nas regiões tropicais (locais em que prevalece uma sedimentação fina e coloidal, vasas e argilas), têm uma estrutura baseada em árvores com raízes aéreas formando pilares com folhagem sempre emersa que apresentam zonas correspondentes aos andares supra- e médiolitoral. A parte inferior dos sedimentos pode ser considerada infralitoral. As condições necessárias para o desenvolvimento de um mangal : temperatura - superior a 20°C; salinidade- usualmente baixa; sedimentação fina e coloidal com um teor elevado em matéria orgânica. Característico um teor muito baixo em oxigénio e flutuações importantes do pH. Principais tipos de vegetais que constituem o mangal: *Rhizophora*, *Avicennia*, *Bruguiera*, *Sonneratia*. Os macroinvertebrados bentónicos dos mangais estão representados por muitas espécies de caranguejos, ostras, cracas, entre outras espécies.

#### 4- Os macroinvertebrados bentónicos na Directiva Quadro da Água.

A **Directiva Quadro da Água (DQA)** tem, entre vários objectivos definidos, estabelecer um enquadramento para a protecção das águas de transição e costeiras que evite a degradação e proteja e melhore o estado dos ecossistemas costeiros. Os objectivos ambientais estabelecidos na DQA, devem ser atingidos até 2015. A DQA procura que os objectivos ambientais sejam alcançados de forma equilibrada, atendendo, entre outros aspectos, à viabilidade das medidas que têm de ser aplicadas, ao trabalho técnico e científico a realizar, à eficácia dessas medidas e aos custos operacionais envolvidos. A DQA introduz o conceito de “estado ecológico” de um ecossistema, que inclui o estudo de um amplo leque de parâmetros e factores de um ecossistema aquático com vista à determinação da “saúde” ecológica das massas de água de transição e costeiras, e que permitam a obtenção de resultados o mais preciso possível e de fácil interpretação. O conceito de estado ecológico de um ecossistema é uma expressão global da qualidade, estrutura e funcionamento dos ecossistemas, sendo essencial a compreensão aprofundada do ecossistema e não apenas a avaliação de parâmetros abióticos (Fig. 5).



**Figura 5- Tipo de técnicas de intervenção nos ecossistemas costeiros. A compreensão do funcionamento do ecossistema. Problema: buraco no telhado; ameaça: chuva em casa**

De acordo com o Anexo V da DQA, o “estado ecológico” das águas superficiais é definido com base em diversos parâmetros agregados em três grupos de elementos: biológicos, hidromorfológicos e físico-químicos. Uma das ferramentas de análise da qualidade da água e estado ecológico dos habitats é o cálculo de índices de qualidade baseados nos diferentes componentes dos ecossistemas. De facto, os elementos biológicos constituem a base de avaliação da qualidade da água, sendo usados como indicadores da sua qualidade ecológica. A determinação destes elementos envolve a análise da composição e abundância da flora aquática, dos macroinvertebrados bentónicos, da ictiofauna e fitoplâncton.

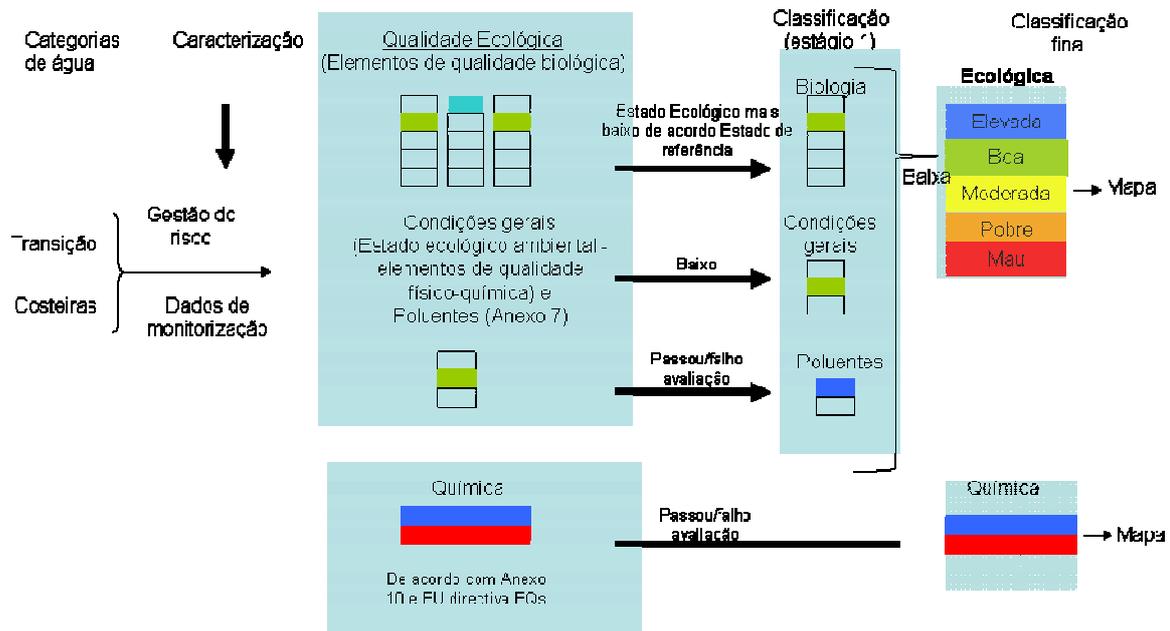
Os elementos hidromorfológicos e físico-químicos são os elementos de suporte dos elementos biológicos, já que englobam os factores abióticos que condicionam a comunidade biológica. Os elementos que condicionam as comunidades biológicas têm de ser relacionados com a análise das pressões das actividades humanas da bacia hidrográfica sobre as massas de água. A opção pela avaliação da qualidade da água baseada em métodos biológicos, reside no facto de o conhecimento das comunidades biológicas e da respectiva tolerância às alterações a que estão sujeitos os meios hídricos permitir obter a avaliação global da qualidade desses meios hídricos. Baseado na análise das comunidades aquáticas, o conceito de “estado ecológico” permite ultrapassar as limitações impostas pelas análises físico-químicas, já que as comunidades aquáticas traduzem as condições ambientais verificadas durante um período de tempo mais alargado, reflectindo as condições críticas que poderão ter ocorrido durante esse período.

Esta análise não é possível através do estudo dos factores físico-químicos já que estes que não permitem quantificar senão os efeitos instantâneos das pressões das actividades humanas sobre os meios hídricos. A análise de factores como a alteração da biodiversidade e da integridade biótica dos ecossistemas aquáticos, para além da qualidade físico-química das águas, permite detectar os impactes de acções antrópicas como focos de contaminação. Estas acções provocam, entre outros efeitos, modificações na concentração de nutrientes e poluentes e no transporte de sedimentos, o que se reflecte nos invertebrados bentónicos devido ao seu modo de vida mais sedentário ou fixo, e ao modo de alimentação.

De acordo com a metodologia Tícor ( Bettencourt et al 2004) um dos elementos biológicos a ser analisados nas zonas costeiras, no âmbito da DQA são os macroinvertebrados (Quadro 1).

**Quadro 1. Métodos (Índices biológicos) determinados para a caracterização das massas de água de transição (Adaptado de TICOR, Bettencourt et al., 2004).**

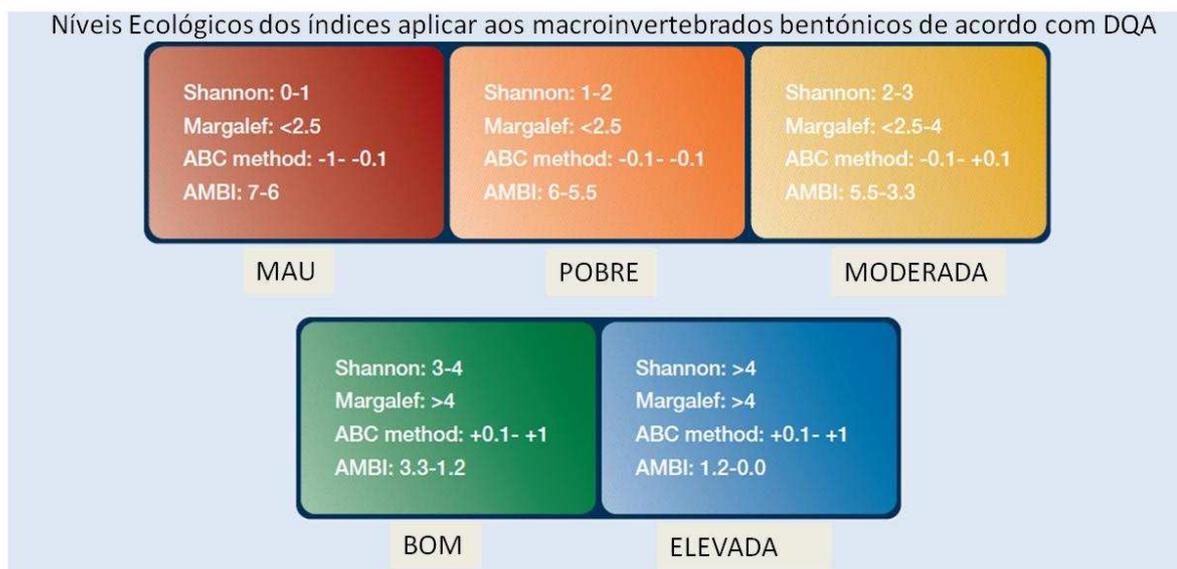
Elementos de suporte biológicos	Caracterização biótica	Métricas (índices)
Hidromorfológicos (Profundidade; Caudal de água doce; correntes; ventos)	Macroinvertebrados	Diversidade ecológica; AMBI (Marine Biotic Index); BENTIX; ABC (curvas abundância-Biomassa); Índice taxonómico distintivo
Físico-químicos (Transparência; temperatura; Oxigênio; salinidade; nutrientes); poluentes específicos	Fauna piscícola (Peixes)	Community Degradation Index (CDI); The Estuarine Biological Health Index (BHI); The Estuarine Fish



## 5 - Métodos de amostragem de bentos. Métricas para determinação da qualidade ecológica das massas de água de transição e costeiras: Índices de diversidade

Podem fundamentalmente distinguir-se três tipos de técnicas utilizadas no estudo dos macroinvertebrados bentónicos: (i) técnicas visuais; (ii) técnicas ópticas indirectas; (iii) técnicas não visuais. As técnicas guiadas pela visão, com possibilidade de colheita directa ou contagem directa são sobretudo utilizadas na zona das marés e em zonas subtidaes recorrendo ao uso do escafandro autónomo (HOLME & McINTYRE, 1984). A Noção de área mínima (substratos rochosos e substratos móveis) é muito útil para evitar amostrar mais do que o necessário. As Técnicas utilizadas no estudo dos povoamentos da zona das marés podem ser métodos destrutivos (raspagem, tubadas) e não destrutivos (contagem). Com possibilidade de colheita directa embora limitada: submersíveis que atingem profundidades variáveis. Nas técnicas ópticas indirectas englobam-se o uso de fotografia e videografia submarina, "ROV- Remote Operated Veicule". Nas técnicas não visuais inserem-se as dragagens e os arrastos.

### Quadro 2. Níveis ecológicos dos índices biológicos determinados em macroinvertebrados bentónicos para a caracterização das massas de água de transição (Adaptado de TICOR, Bettencourt et al., 2004).



Os Índices biológicos determinados em macroinvertebrados bentónico para a caracterização das massas de água de transição são os seguintes : Índices de diversidade de Shannon- Wiener, Margalef e AMBI (Quadros 2,3).

**Quadro 3 . Índices biológicos determinados em macroinvertebrados bentónicos para a caracterização das massas de água de transição e costeiras (Adaptado de TICOR, Bettencourt et al., 2004).**

SHANNON-WIENER	MARGALEF	ABC METHOD	AMBI
$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$	$D = (S-1)/\log_2 N$	$W = \sum (B_i - A_i)/50(S-1)$	$BI = \{(0)(\%GI) + (1,5)(\%GII) + (3)(\%GIII) + (4,5)(\%GIV) + (6)(\%GV)\}/100$
Where n is the number of species, and $p_i$ is the proportion of abundance of species i in a community were species proportions are $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ .	Where S is the number of species found and N is the total number of individuals	Where B <sub>i</sub> is the biomass of species i, A <sub>i</sub> the abundance of specie species i, and S is the number of species.	GI: Ecological group I GII: Ecological group II GIII: Ecological group III GIV: Ecological group IV GV: Ecological group V

Existe uma simplificação do índice AMBI, o Índice Bentix :

$$\text{Bentix} = [(6 \times \%GS + 2 \times \%GT)]/100$$

Grupo S (GS) – espécies sensíveis a perturbações, de estratégia K ( ex: muitos dos anfípodos) (*score 1* consultar tabela do ficheiro excel)

Grupo T (GT) – espécies tolerantes a stress ambiental e a perturbações. São espécies consideradas oportunistas, de estratégia r, inclui as espécies oportunistas, pioneiras na colonização, tolerantes a condições de hipoxia (baixo teor de oxigénio) (poliquetas: *Capitella capitata*, *Glymera*, *Chironomus*) (*score 2* consultar tabela do ficheiro excel).

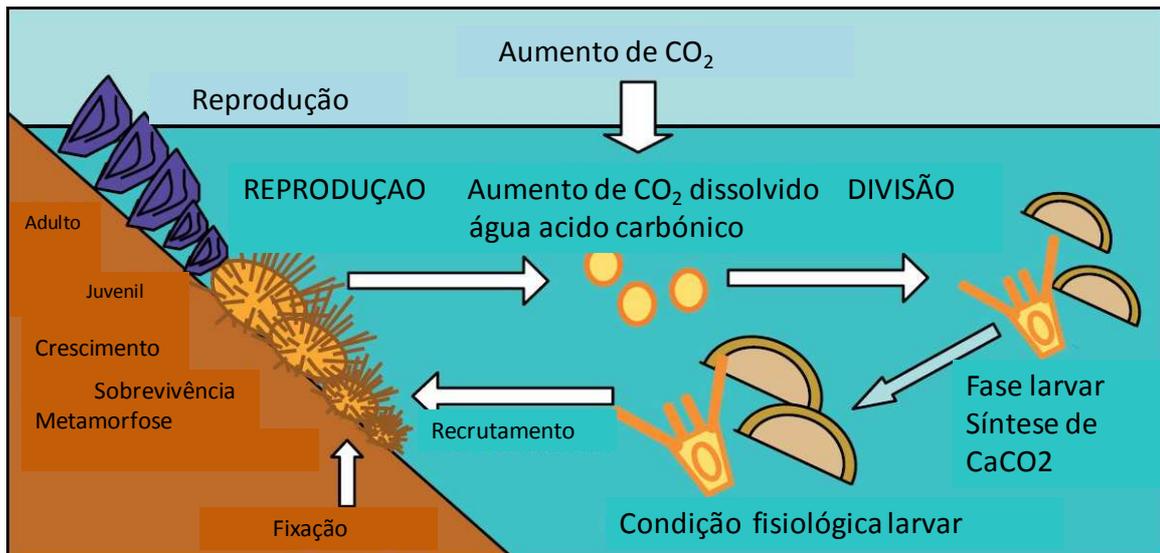
**Quadro 4. Intervalos de variação bentix e exemplos de scores.**

Estado ecológico	Variação Bentix	Grupo	TAXA	Score Bentix
<b>Excelente</b>	<b>4,5 &lt; Bentix &lt; 6</b>	Mol	Abra	2
		Pol	Cirratulidae	2
<b>Bom</b>	<b>3,5 &lt; Bentix &lt; 4,5</b>	Mol	Clausinella	1
		Ech	Ophiura	1
<b>Moderado</b>	<b>2,5 &lt; Bentix &lt; 3,5</b>	Mol	Spisula solida	1
		Ins	Chironomidae	2
<b>Pobre</b>	<b>2,0 &lt; Bentix &lt; 2,5</b>	Mol	Lucinella	2
		Cru	Diogenes	1
<b>Má</b>	<b>0 &lt; Bentix &lt; 2</b>			

## **6- Alterações globais e acidificação. Consequências para os macroinvertebrados bentónicos**

O meio marinho desempenha um papel fundamental no equilíbrio climático do planeta, já que absorve metade do CO<sub>2</sub> emitido pela queima de combustíveis fósseis, reduzindo assim o impacto dos gases com efeito de estufa no clima, associados ao aquecimento global e ao aparecimento mais frequente de tempestades. Ao absorver grandes quantidades de CO<sub>2</sub>, o meio marinho torna-se mais ácido, e estima-se que no fim deste século, as alterações no pH sejam 3 vezes maiores e 100 vezes mais rápidas do que durante as transições entre os períodos glaciares e interglaciares. A investigação existente sugere que acidificação dos oceanos, associada às alterações globais, pode afectar seriamente os organismos marinhos com estruturas calcárias, especialmente os macroinvertebrados marinhos, como espécies de corais, bivalves e crustáceos (RANGE et al 2010). No entanto, as fases larvares dos invertebrados e os unicelulares que têm carapaças mais frágeis e estão na base da produção marinha de alguns ecossistemas marinhos, apresentam maior susceptibilidade e as consequências serão maiores para estes organismos, e afectarão toda a teia alimentar associada (Fig.6).

Os ecossistemas marinhos costeiros também serão afectados por estas alterações globais. Alterações na produtividade, associadas em grande parte ao efeito do aumento de temperatura e diminuição do pH, terão consequências nas actividades tradicionais do litoral, como a pesca e o marisqueio, quer directamente porque a maioria dos invertebrados bentónicos tem conchas calcárias, quer indirectamente porque se alimentam de microalgas. Assim a consciencialização de todos, para os problemas das alterações climáticas globais, será uma mais valia na protecção efectiva deste valioso ecossistema marinho (MUZAVOR et al 2006).



**Figura 6. Potenciais efeitos das alterações globais associadas com a acidificação no meio marinho, nos macroinvertebrados bentônicos (o  $\Delta \Omega$  -ovos e larvas de invertebrados bentônicos).**

## 7- Bibliografia

- BARBOSA, A.B. , M.A. CHÍCHARO, in press. Hydrology and biota interactions as driving forces for coastal ecosystem functioning. In: Treatise on Estuarine and Coastal Science, Volume 10, Ecohydrology and Restoration, Chief Eds.: E. Wolanski and D.S. McLusky, Elsevier.
- BETTENCOURT, A., S. B. BRICKER, J. G. FERREIRA, A. FRANCO, J. C. MARQUES, J. J. MELO, A. NOBRE, L. RAMOS, C. S. REIS, F. SALAS, M. C. SILVA, T. SIMAS & W. WOLFF, 2004. Typology and Reference Conditions for Portuguese Transitional and Coastal Waters. Instituto da Água. Instituto do Mar, Lisbon.
- BROWN, A.C. & A. McLACHLAN (1988). Ecology of sandy shores. Elsevier, Amsterdam: 328pp.
- HAWKINS, S.J. & H.D. JONES (1992). Rocky shores. Immel Publishing, London: 144pp.
- HOLME N.A. & A.D. McINTYRE (1984). Methods for the study of marine benthos. Blackwell Scientific Publications, London: 387pp.
- LEWIS, J.R. (1964). The ecology of rocky shores. English University Press Ltd., London.
- MOORE, P.G. & R. SEED (eds.) (1985). The ecology of rocky coasts. Hodder and Stoughton, London: 460pp.

- MUZAVOR, S. DOMINGUES, R., CHÍCHARO, M.A., CHÍCHARO, L. (2006). Roteiro Ecológico da Ria Formosa, Vol. V, Unicelulares, Edição Universidade do Algarve/CIMA, 89 p.
- NYBAKKEN, J.W. (1988). Marine biology. An ecological approach. Harper & Row Publishers, New York: 514pp.
- PÉRÈS, J-M. (1961). Océanographie biologique et biologie marine. Volume 1- La vie benthique. Presses Universitaires de France, Paris: 541pp.
- PÉRÈS, J-M. (1976). Précis d'Océanographie biologique. Presses Universitaires de France, Paris: 239pp.
- PÉRÈS, J-M. & J. PICARD (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume, 31 (47): 5-137.
- PICARD, J. (1957). Note sommaire sur les équivalences entre la zonation marine de la côte atlantique du Portugal et des côtes de Méditerranée Occidentale. Rec. Trav. St. mar. Endoume, 12 (2): 22-27.
- RAFFAELI, D. & S. HAWKINS (1996). Intertidal ecology . Chapman and Hall, London, 1996. 356 p.
- RANGE, P. M.A. CHÍCHARO, R. BEN-HAMADOU, D. PILÓ, D. MATIAS, S. JOAQUIM, A.P. OLIVEIRA, L. CHÍCHARO (2010) Calcification, growth and mortality of juvenile clams *Ruditapes decussatus* under increased pCO<sub>2</sub> and reduced pH: Variable responses to ocean acidification at local scales? *Journal Experimental Marine Biology Ecology*. doi:10.1016/j.jembe.2010.10.02
- SALDANHA, L. (1995). Fauna submarina atlântica. Edição revista e aumentada. Publicações Europa América, Lisboa: 364pp.
- SOULE, D.F. & G.S. KLEPPEL (1988). Marine organisms as indicators. Springer-Verlag, New York: 342pp.
- WOLANSKI E., L. CHICHARO, M. A CHICHARO, P. MORAIS (2006) An ecohydrology model of the Guadiana Estuary (South Portugal). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 70,1-2: 85-97