



RELATÓRIOS CIENTÍFICOS E TÉCNICOS

SÉRIE DIGITAL

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ZONA COSTEIRA
ADJACENTE AOS ESTUÁRIOS DO TEJO E SADO**

**Graça Cabeçadas, M. T. Monteiro, M. José Brogueira,
Myriam Guerra, M. José Gaudêncio, Maria dos Passos,
M. Helena Cavaco, Célia Gonçalves, Hortense Ferronha,
Marta Nogueira, Paula Cabeçadas e Ana Paula Oliveira**



2004

20



Os **RELATÓRIOS CIENTÍFICOS E TÉCNICOS DO IPIMAR** destinam-se a uma divulgação rápida de resultados preliminares de carácter científico e técnico, resultantes de actividades de investigação e de desenvolvimento e inovação tecnológica. Esta publicação é aberta à comunidade científica e aos utentes do sector, podendo os trabalhos serem escritos em português, em francês ou em inglês.

A **SÉRIE COOPERAÇÃO** destina-se, primordialmente, à divulgação de trabalhos realizados com países terceiros no âmbito de programas de cooperação.

A **SÉRIE DIGITAL** destina-se a promover uma consulta mais diversificada e expedita dos trabalhos na área da investigação das pescas e do mar.

Edição

IPIMAR
Avenida de Brasília
1449-006 LISBOA
Portugal

Corpo Editorial

Francisco Ruano - Coordenador
Fátima Cardador
Irineu Batista
Manuela Falcão
Teresa Monteiro

Edição Digital

Anabela Farinha/Irineu Batista

As instruções para os autores estão disponíveis no “site” do IPIMAR www.wipimar.pt ou podem ser solicitadas aos membros do Corpo Editorial desta publicação.

Capa

Lúís Catalan

ISSN

1645-863X

Todos os direitos reservados.

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ZONA COSTEIRA ADJACENTE AOS ESTUÁRIOS DO TEJO E SADO

Graça Cabeçadas, M. T. Monteiro, M. José Brogueira, Myriam Guerra, M. José Gaudêncio,
Maria dos Passos, M. Helena Cavaco, Célia Gonçalves, Hortense Ferronha, Marta Nogueira,
Paula Cabeçadas e Ana Paula Oliveira

Departamento de ambiente Aquático – IPIMAR - Av. Brasília, 1449-006 Lisboa

Recebido em 2004-09-04

Aceite em 2004-10-14

RESUMO

O projecto de colaboração desenvolvido entre o IPIMAR e a Direcção Geral do Ambiente, ao longo do período de 2001-2004, teve como objectivo contribuir para a caracterização ecológica da área costeira adjacente aos estuários do Tejo e Sado e, em particular, avaliar a produtividade biológica e o impacte dos estuários nessa zona, numa perspectiva de compreender os efeitos de alterações ambientais no funcionamento do ecossistema. Neste trabalho apresentam-se os resultados referentes à caracterização ambiental da zona costeira adjacente aos estuários do Tejo e Sado obtidos nos cruzeiros de Setembro de 1999, Maio de 2000 e Março de 2001. As componentes avaliadas foram a hidrologia, a física e química, os pigmentos fitoplanctónicos, o zooplâncton, a fauna bentónica e as macroalgas. Os resultados obtidos salientam a importância do caudal do rio Tejo, responsável pelo transporte de cargas consideráveis de azoto e fósforo, tendo, por isso, um impacte significativo no estímulo da produtividade biológica daquela área, avaliado ao nível de produtores primários e secundários, nomeadamente nas comunidades fito e zooplanctónicas e no bentos.

ABSTRACT

Title: Ecological characterization of the Tagus and Sado estuaries adjacent coastal zone

The objective of the project developed by IPIMAR and Direcção Geral do Ambiente, for the period of 2001-2004, was the ecological characterization of the zone adjacent to the Tagus and Sado estuaries, the evaluation of the biological productivity and the estuaries impact on this zone, in order to understand the effects of environmental changes on the ecosystem functioning. This study presents the results from sampling cruises carried out in September 1999 and March 2001. The components studied included the physical and chemical hydrology and chlorophyll pigments, the zooplankton, the benthos and the macroalgae. The results revealed the importance of Tagus flow on the transport of nitrogen and phosphorus loads to the coastal area, responsible for a significant impact on the biological productivity, namely on the phytoplankton, zooplankton and benthos of this zone.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CABEÇADAS, GRAÇA; MONTEIRO, M. TERESA; BROGUEIRA, M. JOSÉ; GUERRA, MIRIAM; GAUDÊNCIO, M. JOSÉ; PASSOS, MARIA DOS; CAVACO, M. HELENA; GONÇALVES, CÉLIA; FERRONHA, HORTENSE; NOGUEIRA, MARTA; CABEÇADAS, PAULA; RIBEIRO, ANA PAULA, 2004. – Caracterização ambiental da zona costeira adjacente aos estuários do Tejo e Sado. *Relat. Cient. Téc. IPIMAR, Série digital* (<http://ipimar-iniap.ipimar.pt>) n° 20, 40pp.

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ZONA COSTEIRA ADJACENTE AOS ESTUÁRIOS DO TEJO E SADO

Este Projecto resultou do Protocolo estabelecido entre o IPIMAR e a Direcção Geral do Ambiente e visa contribuir para a caracterização ecológica da área costeira adjacente aos estuários do Tejo e Sado, em particular avaliar a produtividade biológica e o impacte dos estuários nessa zona, numa perspectiva de compreender efeitos de alterações ambientais no funcionamento do ecossistema costeiro.

Coordenadores: Graça Cabeçadas e Maria Teresa Monteiro

Equipa Técnica

- 1. Hidrologia, física e química – Graça Cabeçadas, Maria José Brogueira, Maria Helena Cavaco, Célia Gonçalves, Hortense Ferronha, Marta Nogueira, Paula Cabeçadas e Ana Paula Oliveira**
- 2. Zooplâncton – Maria Teresa Monteiro**
- 3. Fauna bentónica – Miriam Guerra e Maria José Gaudêncio**
- 4. Flora Marinha – Maria dos Passos**

Colaboraram ainda no trabalho de amostragem e de laboratório, Conceição Araújo, Luís Palma de Oliveira, António Pereira e António Manuel Correia.

1. HIDROLOGIA, FÍSICA, QUÍMICA E PIGMENTOS FITOPLANCTÓNICOS

1.1 Objectivo

Esta componente foca essencialmente o estudo dos efeitos dos estuários do Tejo e Sado na biogeoquímica da zona costeira adjacente e a identificação e caracterização das diversas massas de água oceânica aí presentes.

1.2 Estratégia e condições de amostragem

Foram realizadas amostragens na zona costeira adjacente aos estuários do Tejo e Sado nas estações indicadas na figura 1.1, em Setembro de 1999, Maio de 2000 e Março de 2001 utilizando, respectivamente, os navios de investigação “Capricórnio”, “Noruega” e “Mestre Costeiro” do IPIMAR. Com base na prospeccção realizada em Setembro de 1999 foi estabelecida a grelha de estações a que obedeceu o plano da amostragem efectuada em 2000 e 2001.

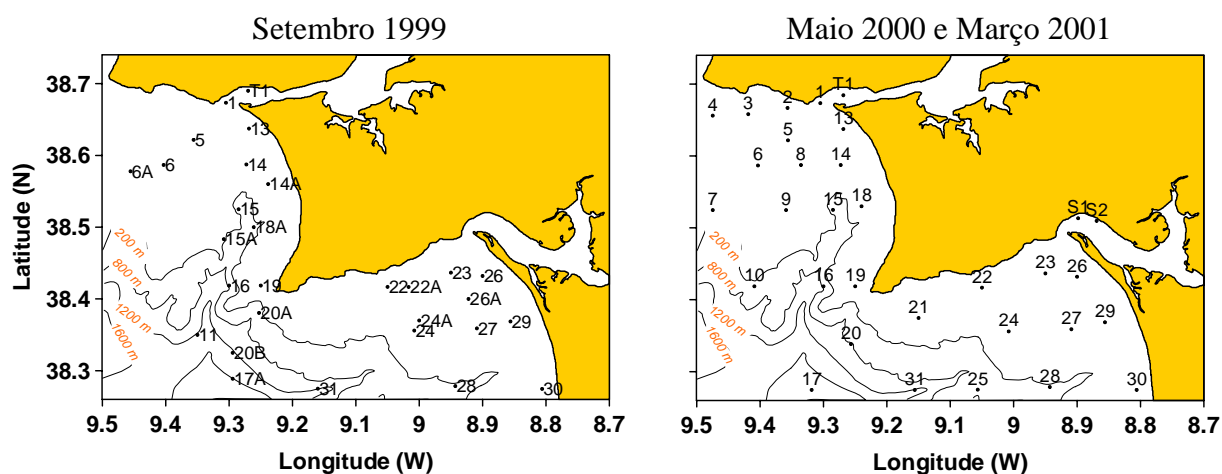


Figura 1.1 – Mapa das estações de amostragem realizada em Setembro de 1999, Maio de 2000 e Março de 2001.

Os resultados obtidos são representativos do período produtivo (Setembro 1999 e Maio 2000) e não produtivo (Março 2001, condições atmosféricas e oceanográficas de Inverno) e corresponderam a situações de diferente caudal dos rios Tejo e Sado.

Nas estações mais próximas das embocaduras dos estuários a amostragem da coluna de água foi realizada em situação de maré vazante, embora em Maio de 2000 tenha decorrido no final de vazante e em Março de 2001 no início de vazante.

Em Março de 2001, após o trabalho realizado na área do Sado e devido a condições de tempo extremamente adversas, a amostragem foi interrompida por cerca de 12 dias, tendo sido posteriormente completada na área adjacente ao Tejo.

Em Maio de 2000, o equipamento utilizado na determinação de salinidade (sonda CTD) sofreu danificações que impediram o registo integral desse parâmetro.

1.3 Parâmetros determinados e metodologias

Os perfis verticais de temperatura e salinidade foram obtidos com uma sonda Sea Bird CTD, acoplada a uma rosette General Oceanics, com 12 garrafas Niskin. Foram colhidas amostras de água para determinação dos seguintes parâmetros: pH, oxigénio dissolvido-OD; nitrato+nitrito-NO₃; fosfato-PO₄; silicato-Si(OH)₄; amónia-NH₄; matéria em suspensão-MS; carbono orgânico particulado-POC, carbono inorgânico particulado-PIC; azoto particulado-PN; azoto inorgânico particulado-PIN; carbono orgânico dissolvido-DOC; carbono inorgânico dissolvido-DIC; alcalinidade total-TA e pigmentos (clorofila *C₁* e feopigmentos Feop).

O oxigénio dissolvido foi analisado imediatamente após a colheita de acordo com o método de Winkler. As amostras para a determinação de nutrientes dissolvidos foram filtradas (filtros MSI), congeladas e posteriormente analisadas, usando um autoanalisador TRAACS. A matéria em suspensão (filtração através de filtros GF/F) foi determinada por gravimetria após secagem 70 °C, 24 h. Os parâmetros POC, PIC, PN e PIN foram determinados, após filtração (filtros GF/F) num analisador CHN (FISONS NA 1500). O DOC foi analisado por oxidação catalítica a alta temperatura (HTCO, Shimadzu TOC-5000A) após filtração (filtros GF/F). A alcalinidade total foi determinada em amostras filtradas (filtros GF/F) por titulação potenciométrica em vasos fechados.

1.4 Resultados e Discussão

1.4.1 Índices de afloramento e hidrologia

Com base em dados meteorológicos (intensidade e direção do vento) foram estimados os índices de afloramento (índice de Bakun) relativos aos períodos que antecederam e em que decorreram as amostragens (Fig. 1.2).

Examinando a distribuição dos respectivos índices, verifica-se que, enquanto em Setembro de 1999, a amostragem decorreu após um período de afloramento (índices de afloramento negativo) as amostragens de Maio 2000 e de Março 2001 realizaram-se após períodos de ausência de condições de afloramento na costa portuguesa.

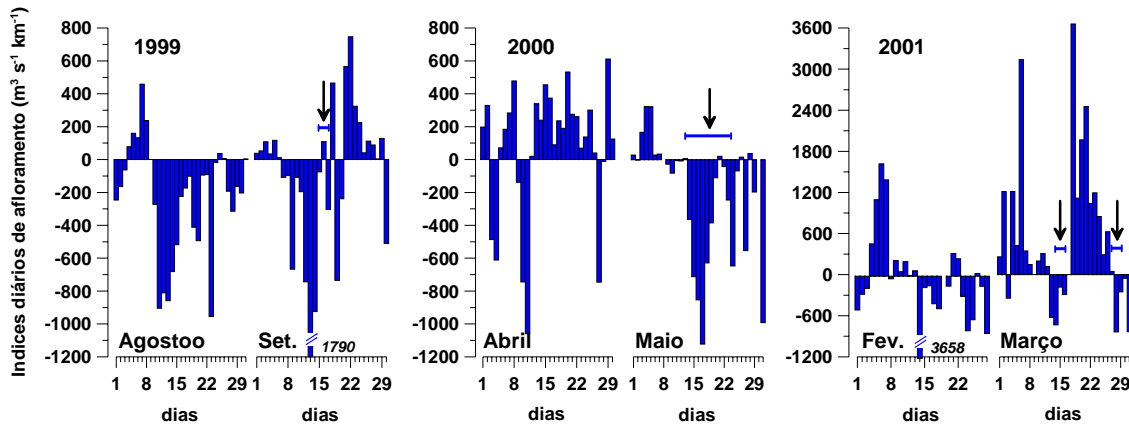


Figura 1.2 – Distribuição dos índices de afloramento nas épocas de amostragem (estação meteorológica de Cabo Carvoeiro, IM).

As setas indicam o período de amostragem.

Apresentam-se na tabela 1.1 os caudais dos rios Tejo e Sado relativos aos períodos de amostragem de Setembro de 1999 e Maio de 2000. Quanto aos dados de caudal dos rios correspondentes ao ano 2001, estes não se encontram ainda disponíveis. No entanto, na estação hidrométrica de Torrão do Alentejo (rio Xarrama afluente do rio Sado), única estação cujos caudais foram fornecidos para 2001, verificou-se que em Fevereiro os caudais foram cerca de 30 vezes superiores aos registados em Fevereiro 2000.

Tabela 1.1 - Caudal médio (m^3/s) dos rios Tejo e Sado no mês que antecedeu a amostragem de Setembro de 1999 e de Maio de 2000.

Período de Amostragem	Rio Tejo	Rio Sado
15 Agosto-15 Setembro 1999	34	0.5
13 Abril – 13 Maio 2000	600	20

Observa-se na tabela 1.1 que em Agosto-Setembro de 1999 os caudais dos rios foram muito reduzidos. Em ambos os períodos de amostragem os caudais do rio Tejo foram muito superiores aos do rio Sado, verificando-se que o seu impacto na respectiva zona costeira se reflecte, nomeadamente, na distribuição de salinidade à superfície. Pode observar-se na figura 1.3 que a pluma do estuário do Tejo se estende por uma extensa área, em particular em Maio 2000 e Março 2001, enquanto que a influência do estuário do Sado se restringe a uma zona muito limitada.

1.4.2 Variabilidade espacial e sazonal de salinidade, nutrientes e clorofila a

Os resultados apresentados em anexo nas tabelas 1.2, 1.3 e 1.4 a) e b) revelam que o estuário do Tejo constitui a fonte mais importante de nutrientes para a zona costeira. Este facto é ilustrado através da distribuição superficial de nitrato nas três épocas do ano apresentada na figura 1.3. Para além disso, a mesma figura evidencia ainda o seguinte:

Em Setembro 1999, final do período produtivo, os níveis de nitrato à superfície (como aliás dos outros nutrientes) apresentam-se baixos em toda a zona estudada e, de um modo geral, inferiores aos considerados limitativos para o desenvolvimento do fitoplancton ($1-2 \mu\text{mol/l}$), o que justifica as baixas concentrações de clorofila a medidas nessa época.

Em Maio de 2000, a biomassa fitoplanctónica atingiu valores relativamente elevados na zona adjacente ao estuário do Tejo, tendo sido detectadas concentrações de clorofila a de cerca de 10 mg/m^3 à superfície (Est.3, Est.15 e Est.18), enquanto que na zona adjacente ao estuário do Sado as concentrações não ultrapassaram valores de 1 mg/m^3 .

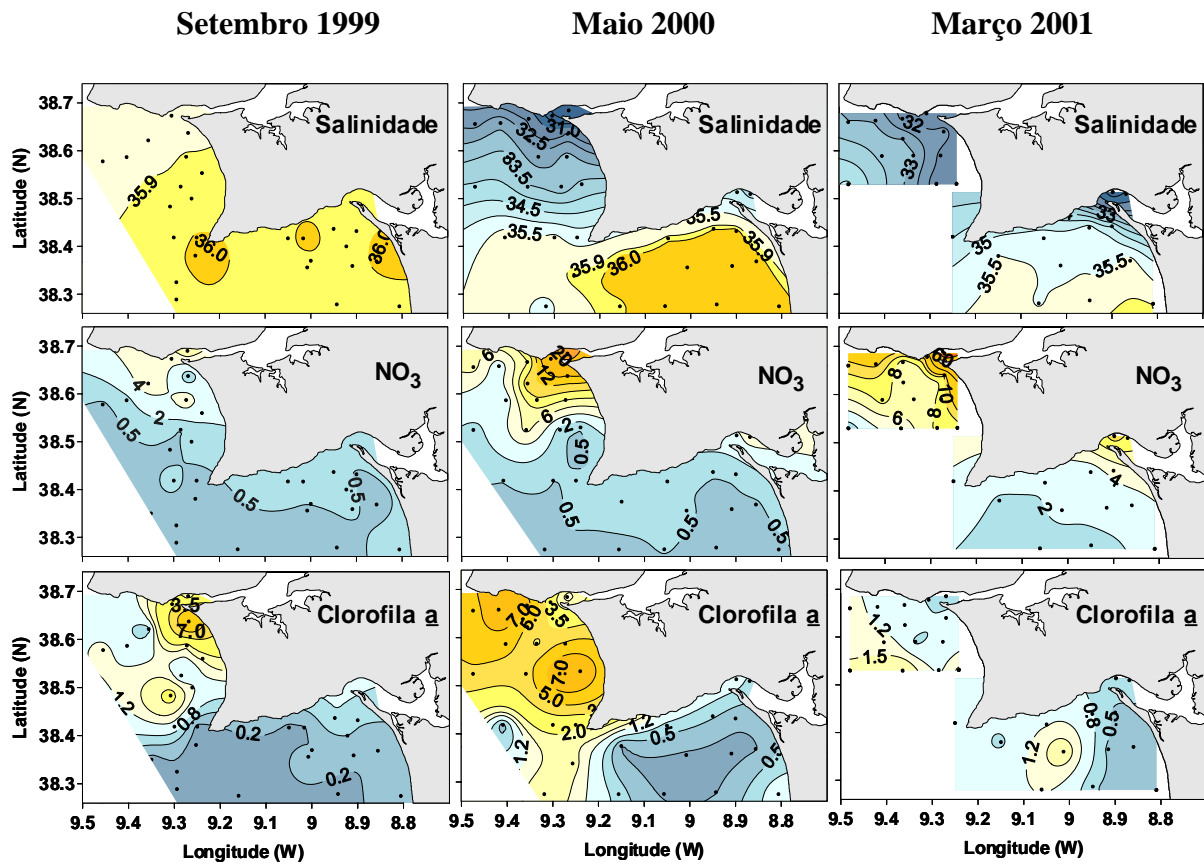


Figura 1.3 – Distribuição superficial de salinidade, nitrato ($\mu\text{mol/l}$) e clorofila a (mg/m^3) em Setembro 1999, Maio 2000 e Março 2001.

Em Março de 2001, quando a pluviosidade foi excepcionalmente intensa, foram introduzidas na zona costeira quantidades elevadas de azoto, atingindo o NO_3 concentrações da ordem de $60 \mu\text{mol/l}$ na embocadura do estuário do Tejo e de cerca de $10\text{-}20 \mu\text{mol/l}$ na embocadura do estuário do Sado.

A distribuição à superfície dos parâmetros MS, POC e PN em Maio 2000 (Fig. 1.4), indica que o material particulado lançado pelo Tejo, e cujas concentrações atingem cerca de $10\text{-}12 \text{ mg/l}$ na respectiva pluma, se apresenta empobrecido em carbono e azoto (4% POC; 1% PN) e que não se trata de material predominantemente fitoplanctónico ($\text{Cl } a$ $3,5 - 5,0 \text{ mg/m}^3$) (Fig. 1.3).

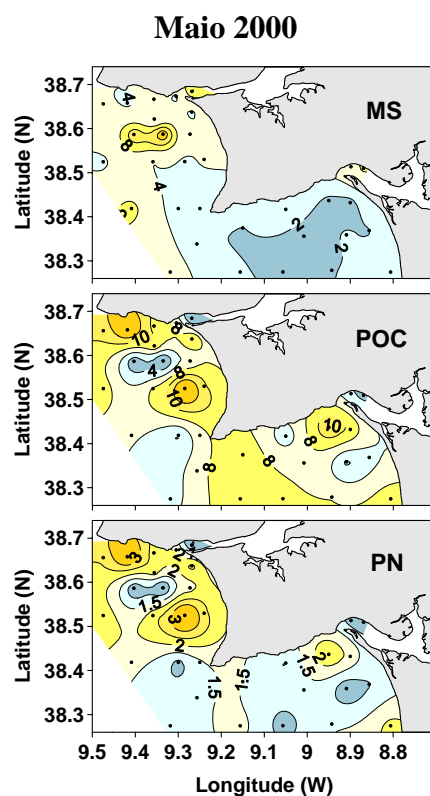


Figura 1.4 – Distribuição à superfície de matéria em suspensão (mg/l), carbono orgânico particulado (%) e azoto particulado (%) em Maio de 2000.

1.4.3 Distribuição vertical de salinidade, temperatura, nutrientes e clorofila a

Ao longo do transecto entre a estação T1 e a estação 4, em Maio 2000, verifica-se através da distribuição vertical da salinidade e dos nutrientes que, em geral, a pluma do estuário do Tejo atinge 20 m de profundidade. Este facto é ilustrado na figura 1.5 em particular com o silicato. No limite da pluma e associado à maior estabilidade da coluna de água foi detectado, nessa época, o desenvolvimento de um máximo de clorofila a (17 mg/m^3) a cerca de 10 m de profundidade. Em Março 2001, após descargas fluviais muito intensas, produziu-se um gradiente vertical de salinidade mais acentuado, tendo sido observado a introdução de água estuarina mais enriquecida em N, P e Si na forma dissolvida, na zona costeira adjacente.

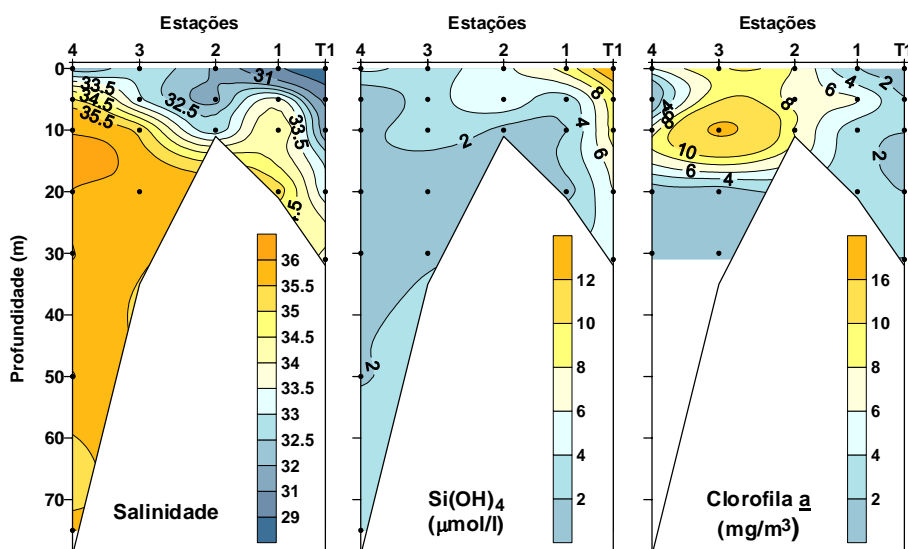


Figura 1.5 – Distribuição vertical de salinidade, silicato e clorofila a ao longo do transecto Est.T1 - Est.4 em Maio de 2000.

A análise da variação dos parâmetros físicos e químicos na área de estudo, mais ao largo da costa, permite identificar as massas de água presentes na respectiva zona costeira. Assim, em Maio de 2000 observou-se ao longo do transecto entre a estação 13 e a estação 17 (Fig.1.6): a pluma do Tejo que se estende até ao canhão de Lisboa, uma camada de mistura mais salina até cerca de 150 m de profundidade, a Água Central do Atlântico Norte (NACW) com salinidades que atingiram um mínimo de 35,5 e que se estende até cerca de 500 m e, abaixo desta camada, a influência da água de origem mediterrânica (AM) originando um aumento de salinidade ($> 36,3$) que atinge praticamente 850 m de profundidade.

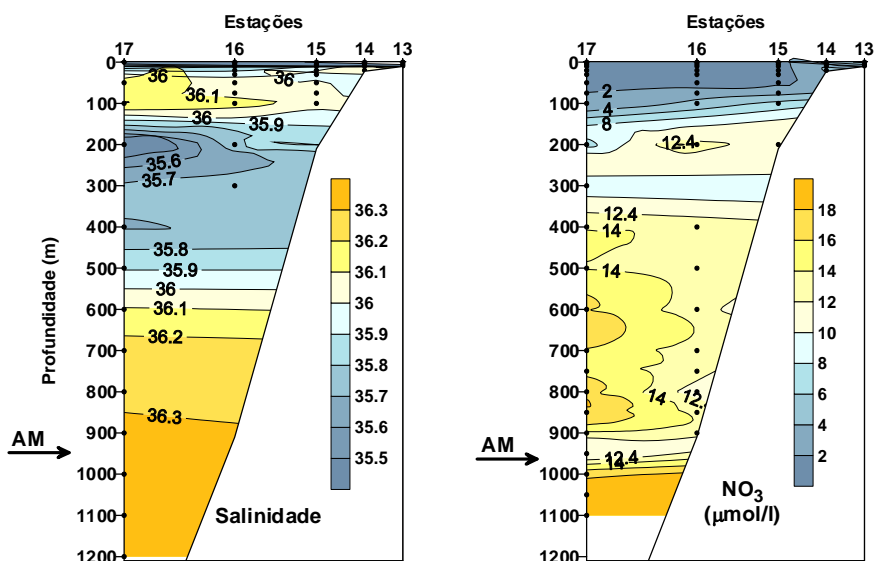


Figura 1.6 – Distribuição vertical de salinidade e nitrato ao longo do transecto Est. 13 – Est. 17, em Maio de 2000.

Ainda em termos de individualização das diversas massas de água, e com base na distribuição vertical de nutrientes, especificamente de nitrato (Fig. 1.6), sobressai: a camada superficial que apresenta depleção em nutrientes ($\text{NO}_3 < 2 \mu\text{mol/l}$), a NACW a que corresponde um aumento de concentração dos mesmos (NO_3 até $16 \mu\text{mol/l}$) e a assinatura da AM através dos níveis mais baixos de NO_3 , que atingem valores inferiores a $12 \mu\text{mol/l}$, a 950 m de profundidade. Na zona mais profunda são ainda detectados efeitos da presença da Água Profunda do Atlântico Norte (NADW) através de um aumento de concentração de nutrientes ($\text{NO}_3 > 18 \mu\text{mol/l}$).

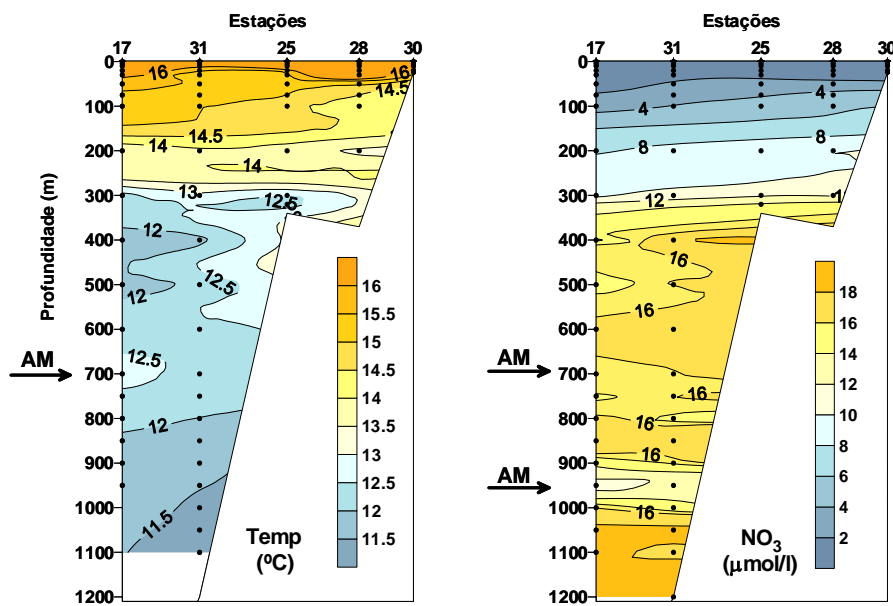


Fig. 1.7 - Distribuição vertical de temperatura e nitrato ao longo do transecto Est. 30 – Est. 17, em Maio de 2000.

Examinando a distribuição dos parâmetros temperatura e NO_3 ao longo do canhão de Setúbal (Est.30 - Est.17), em Maio 2000 (Fig. 1.7), pode distinguir-se a presença das massas de água já mencionadas. No entanto, neste transecto é ainda possível detectar os dois núcleos da AM: o núcleo superior localizado a cerca de 700 m de profundidade, com temperaturas superiores a $12,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (Est. 17) e concentrações de NO_3 inferiores a $16 \mu\text{mol/l}$ (Est. 17 e 31) e o núcleo inferior cuja assinatura se encontra reflectida nas concentrações de NO_3 inferiores a $11 \mu\text{mol/l}$ observadas a cerca de 950 m de profundidade (Est. 17 e 31).

2. ZOOPLÂNCTON

2.1 Objectivo

O estudo do zooplâncton teve como objectivo o reconhecimento da estrutura e diversidade das comunidades das zonas costeiras adjacentes aos estuários do Tejo e Sado e a avaliação do contributo da componente estuarina para a produtividade destas áreas.

2.2 Estratégia de amostragem e metodologia

Neste trabalho seguiu-se um método de recolha de zooplâncton idêntico ao utilizado no estudo das comunidades dos estuários do Tejo e do Sado, também realizado no âmbito deste Projecto. As estações de colheita coincidiram, sempre que possível, com as de medições hidrológicas. No entanto, em Setembro de 1999, foram efectuadas colheitas também nas estações 2 (38,67 °N/9,36 °W), 3 (38,66 °N/9,42 °W), 3A (38,68 °N/9,40 °W) e 4 (38,66 °N/9,47 °W) (Fig.1.1) A importância da fracção microplanctónica do zooplâncton nestes sistemas, levou à necessidade de a amostragem contemplar a recolha desta fracção. Tendo em conta este objectivo, utilizou-se na colheita de zooplâncton uma rede de 30 cm de diâmetro, com uma malha de 63 micra, o que permitiu a amostragem de uma parte significativa da fracção microplanctónica (20-200 micra) e, simultaneamente, do mesoplâncton (> 200 micra). Os arrastos fizeram-se na vertical, puxando a rede do fundo à superfície. Nas estações com profundidades superiores a 50 m, os arrastos realizaram-se dos 50 m até à superfície. Os resultados quantitativos referem-se ao número de ind./m³.

O estudo da diversidade fez-se pela aplicação do índice H' e suas componentes, nomeadamente a equitabilidade e a riqueza específica (Pielou, 1975).

2.3 Resultados

2.3.1 Composição específica

A composição taxonómica do zooplâncton nas campanhas de amostragem de Setembro de 1999, Maio de 2000 e Março de 2001 permitiu a identificação de um total de 97 taxa. Os grupos representados por um maior número de espécies foram os Copepoda (42 espécies), os Tintinnida (18 espécies), os Tunicata (9 espécies) e os Cladocera (6 espécies). O fim do Verão

foi o período de maior riqueza específica de todos os grupos e em especial dos Tintinnida, Cladocera e Tunicata. Neste estudo, a riqueza específica dos Copepoda foi pouco variável no que diz respeito ao número de espécies presentes em cada campanha (26 a 27 espécies).

2.3.2 Abundância

Na campanha de Setembro, a abundância de zooplâncton teve um valor médio de 8027 ind./m³ e variou de um mínimo de 795 ind./m³ a um máximo de 35792 ind./m³. As densidades mais altas foram atingidas na estação 1, situada frente à entrada do estuário do Tejo, e nas estações 13 e 14, ambas situadas frente à Costa da Caparica. Na zona adjacente ao estuário do Tejo, a abundância do zooplâncton foi superior, mas mais variável, do que a da zona adjacente ao estuário do Sado.

Em Maio de 2000, o desenvolvimento de zooplâncton foi superior ao verificado na campanha de Setembro de 1999. A abundância teve um valor médio de 11806 ind./m³ e variou entre um mínimo de 2355 ind./m³ e um máximo de 43427 ind./m³ (Fig. 2.1). Os valores mais altos ocorreram a sul da entrada do estuário do Tejo, tendo sido máximos, novamente, na estação 13, e também muito elevados nas estações 8, 9 e 14. O grande desenvolvimento de zooplâncton nas estações próximas da embocadura do estuário do Tejo reflectiu a intensa proliferação de zooplâncton no interior do estuário também verificada neste período, onde o valor médio da abundância atingiu 68064 ind./m³.

Na campanha de Março de 2001, a abundância de zooplâncton foi muito mais baixa do que a das campanhas anteriores, apresentando um valor médio de 3493 ind./m³ e uma variação entre um mínimo de 473 ind./m³ e um máximo de 14944 ind./m³. Os valores mais altos verificaram-se na zona adjacente ao estuário do Tejo em locais afastados da entrada do estuário, ao contrário do que foi observado nos cruzeiros anteriores. A abundância máxima verificou-se na estação 4, situada próximo do Cabo Raso e foi, também, mais elevada nas estações 7 e 18. Na zona adjacente ao estuário do Sado, o desenvolvimento do zooplâncton foi, ainda, mais pobre. Nesta área, os valores mais altos verificaram-se, também, nas estações mais afastadas da entrada do estuário (Est. 28 - 4712 ind./m³).

2.3.3 Grupos e espécies mais importantes na comunidade

Na campanha de Setembro (fim de Verão) o zooplâncton caracterizou-se pelo predomínio de Copepoda e Tintinnida. A abundância de Tintinnida foi particularmente importante na zona frente à entrada do estuário do Tejo, onde nas estações 1 e 2 representou 70 % e 94 % da abundância total, mantendo valores superiores a 50 % nas estações 13 e 14. Este predomínio foi provocado pela proliferação de *Stenosemella nivalis*, também verificada, neste período, no interior do estuário. O predomínio de Copepoda estendeu-se a todas as outras estações da zona costeira e foi devido à abundância de nauplios (23 % abundância média do zooplâncton) e de espécies de Cyclopoida, nomeadamente *Oithona nana*, e *Oncaea venusta*. O desenvolvimento atingido por *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi* e *Euterpina acutifrons* foi superior ao das campanhas posteriores. Os Tunicata, em particular *Oikopleura dioica*, tiveram uma maior contribuição (4 a 10 %) nas estações da zona adjacente ao estuário do Sado. Os Cladocera foram também mais abundantes, ocorrendo o seu maior desenvolvimento na zona costeira adjacente ao Sado, devido à proliferação de *Podon intermedius* e de *Penilia avirostris*.

Na campanha de Maio, os Copepoda e Tintinnida continuaram a ser os grupos mais abundantes, constituindo neste período, respectivamente, 63 % e 25 % da abundância média do zooplâncton. O predomínio de Copepoda abrangeu toda a área estudada, à excepção da estações 10 e 13, e representou 54 a 95 % da abundância total de zooplâncton. O maior desenvolvimento deste grupo ocorreu na zona costeira adjacente ao Estuário do Tejo e, em particular nas estações 2, 9, 13, e 16 (Fig. 2.1). Os náuplios constituíram 33 % da abundância do zooplâncton. O predomínio de Cyclopoida e de Calanoida foi equivalente. As espécies mais abundantes foram *Oithona nana* e também *Oncaea venusta*, *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi* e *Clausocalanus furcatus*. Os Tintinnida representaram 72 %, 58 % e 48 % da abundância do zooplâncton, respectivamente nas estações 10, 13 e 1, devido à proliferação em toda esta área de *Dictyocysta elegans*, *D. lepidia* e de *Stenosemella nivalis*. O desenvolvimento de larvas de Bivalvia foi mais elevado na estação 2 e 9 onde contribuiu, respectivamente com 26 % e 22 % do total.

Na campanha de Março, houve um aumento do predomínio de Copepoda em toda a área estudada, que resultou do decréscimo da abundância de outros grupos, em particular dos Tintinnida, Cladocera, Tunicata e Bivalvia. A dominância de Copepoda representou neste período 80 a 99 % do zooplâncton total devido à contribuição de náuplios e de copepoditos de

Calanoida, nomeadamente de *Paracalanus parvus* e de *Acartia tonsa*, associada à abundância de *Oithona nana* (Cyclopoida).

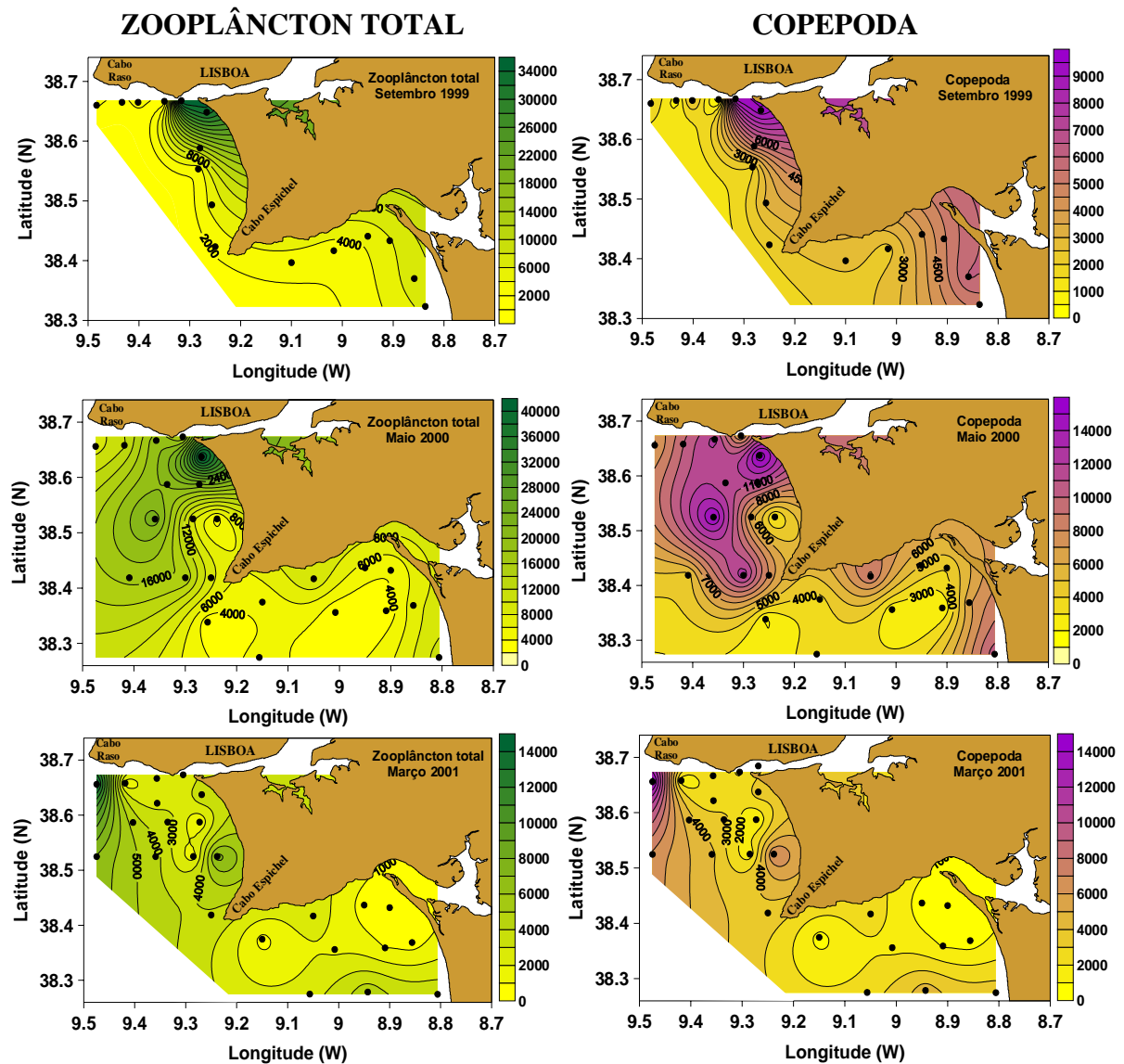


Figura 2.1 - Distribuição da abundância de zooplâncton total e de Copepoda na zona costeira nas campanhas de Setembro de 1999, Maio de 2000 e Março de 2001.

2.3.4 Diversidade

A análise da diversidade específica foi avaliada nos Copepoda, visto constituírem o principal grupo zooplancónico e também porque a sua identificação se realizou ao nível específico.

Na campanha de Setembro, a riqueza específica deste grupo manteve um valor médio de 11 espécies por amostra e variou de um mínimo de 6 a um máximo de 17 espécies por amostra. A maior riqueza específica ocorreu na zona adjacente ao estuário do Sado, nomeadamente nas estações 22, 23 e 22A, situadas na costa da Arrábida. O índice de diversidade H' teve um valor médio de 2,2 bits/ind. e variou de um mínimo de 1,0 a um máximo de 3,2 bits/ind. Os valores mais altos deste índice verificaram-se nas colheitas das estações 22, 23 e 22A. A equitabilidade teve um valor médio de 0,63. O valor mais baixo deste índice (0,30) ocorreu na estação 13, onde a comunidade se caracterizou por um forte predomínio de *Stenosemella nivalis*. A equitabilidade atingiu um máximo de 0,77, na estação 22, onde a riqueza específica foi máxima. Estes resultados indicam que neste período a diversidade da comunidade foi fortemente condicionada pela riqueza específica.

Em Maio, a riqueza específica manteve um valor médio de 11 espécies por amostra e variou de um mínimo de 9 a um máximo de 14 espécies por amostra, ocorrendo os valores mais altos nas estações 9 e 15, ambas situadas na zona adjacente ao Tejo. O índice de diversidade H' teve um valor médio de 2,3 bits/ind. Os valores máximos deste índice verificaram-se, neste período, nas estações junto à entrada do estuário do Tejo (Est. 1 - H' 2,8 bits/ind.; Est. 2 - H' 2,8 bits/ind.). A equitabilidade teve um valor médio de 0,67. Este índice variou de um mínimo de 0,55, na estação 16, a máximos de 0,84 e 0,80, respectivamente nas estações 2 e 1. Estes resultados indicam que em Maio a diversidade esteve controlada pela distribuição da abundância pelas espécies da comunidade.

Na campanha de Março, a diversidade foi inferior à verificada no fim de Setembro e em Maio, dado que valor médio de H' diminuiu para 1,86 bits/ind. Esta quebra foi particularmente evidente na zona costeira adjacente ao Estuário do Tejo. Neste período, o valor mais baixo de H' , 1,06 bits/ind., ocorreu na estação 18 e o mais elevado, 2,48 bits/ind., na estação 26. A riqueza específica diminuiu, também, neste período e teve um valor médio de 9 espécies por amostra. O número de espécies variou de um mínimo de 6 a um máximo de 12 espécies por amostra, nas estações 7 e 22. Os valores da equitabilidade apresentaram um mínimo de 0,33 na estação 18 e alcançaram máximos de 0,88 na estação 26. Estes resultados mostram que a diversidade do zooplâncton da zona costeira, em Março, foi mais controlada pela distribuição da abundância pelas espécies da comunidade do que pela riqueza específica.

Os resultados obtidos indicam que a diversidade do zooplâncton permaneceu estável na zona costeira nas campanhas de Primavera e Verão. O decréscimo em Março fez-se sentir na quebra do valor médio do índice H' , no menor número de espécies presentes em cada amostra

e na maior concentração da abundância de algumas das espécies da comunidade, sendo estes efeitos mais circunscritos à zona adjacente ao Tejo.

2.4 Discussão dos resultados

A comparação dos resultados obtidos nas zonas costeiras adjacentes aos estuários do Tejo e Sado (Tabela 2.5) permite verificar que o desenvolvimento de zooplâncton na zona adjacente ao Tejo foi superior ao da zona costeira adjacente ao estuário do Sado. Este padrão de distribuição da abundância do zooplâncton manteve-se nos três cruzeiros analisados. As diferenças de abundâncias entre estas áreas foram particularmente evidentes no cruzeiro de Maio, quando o desenvolvimento do zooplâncton foi máximo. A amplitude das variações sazonais da abundância foram, também, mais acentuadas na zona do Tejo do que no Sado.

Tabela 2.5 - Comparação da abundância, estrutura e diversidade do zooplâncton nas zonas costeiras adjacentes ao Tejo e Sado.

	Setembro 1999		Maio 2000		Março 2001	
	Z. adj. Tejo	Z. adj. Sado	Z.adj. Tejo	Z. adj. Sado	Z. adj. Tejo	Z. adj. Sado
Abundância(ind./m³)						
Zooplâncton total	9833	5020	16680	5460	4394	1883
Copepoda %	37,3	82,9	57,2	90,5	95,5	96,2
Tintinnida %	57,6	0,6	30,9	3,8	< 0,1	0,3
Cladocera %	< 0,1	1,5	< 0,1	0,1	< 0,1	0
Bivalvia %	1,5	4,9	8,7	3,5	0,1	0,1
Tunicata %	1,2	6,9	1,8	0,7	2,9	1,3
Diversidade						
Índice H'(bits/ind.)	2,01	2,43	2,36	2,22	1,71	2,17
Riqueza específica	9,6	14,3	11,2	10,5	8,5	9,2
Equitabilidade	0,63	0,63	0,68	0,66	0,56	0,68

A estrutura do zooplâncton, nas duas áreas analisadas, caracterizou-se, em geral, pelo predomínio de Copepoda. Verificaram-se, contudo, diferenças na contribuição das formas microzooplânctónicas, nomeadamente de Tintinnida. Este grupo teve uma maior contribuição na zona costeira adjacente ao Tejo, chegando a ser o grupo zooplânctónico mais abundante na campanha de Setembro. Na zona costeira adjacente ao Sado, verificou-se, por sua vez, um

maior desenvolvimento de Cladocera e de Tunicata, em particular nas colheitas da Costa da Arrábida.

A diversidade do zooplâncton foi muito semelhante em Setembro e Maio. No entanto, os valores máximos do índice de diversidade específica ocorreram em diferentes períodos no Tejo (Primavera) e no Sado (Verão). As quebras da diversidade verificadas no Inverno foram mais evidentes na zona adjacente ao Tejo do que na zona do Sado, esta quebra reflectiu-se no valor médio do índice H' , no menor número de espécies presentes em cada amostra e na maior abundância em algumas das espécies da comunidade.

Estes resultados sugerem que os elevados caudais do Tejo têm um efeito perturbador na estrutura e diversidade da comunidade zooplanctónica durante o Inverno, ficando, no entanto, a sua acção circunscrita à zona costeira adjacente ao estuário. Dado que os caudais do Sado são muito mais baixos, o seu impacto no zooplâncton da sua zona costeira adjacente aparentou ser pouco significativo.

A distribuição dos máximos de abundância de zooplâncton nas campanhas de Primavera e Verão permite considerar que a contribuição do zooplâncton proveniente do estuário do Tejo é importante como factor de enriquecimento da zona costeira adjacente durante a Primavera e o Verão, independentemente do eventual aumento de produção resultante de condições de afloramento na zona costeira.

3. MACROFAUNA BENTÓNICA

3.1 Objectivo

O objectivo desta componente foi a caracterização, na zona costeira adjacente aos estuários do Tejo e Sado, da macrofauna bentónica e dos sedimentos em termos dos parâmetros físico-químicos que influenciam a estrutura da fauna.

3.2 Estratégia e condições de amostragem

Durante a campanha realizada no navio de investigação “Noruega”, de 17 a 19 de Maio de 2000, foram efectuadas colheitas de sedimento em 35 estações cuja localização se pode observar na figura 3.1. Sempre que possível as estações foram marcadas entre os 20 metros de profundidade e o limite da plataforma continental. Quando tal não foi possível, as colheitas foram feitas em pontos coincidentes com os de amostragem dos parâmetros químicos da água. Próximo do Cabo Espichel, na Reserva Marinha Luís Saldanha, foi realizada uma amostragem de alta resolução, prevendo-se no próximo ano a continuação deste tipo de amostragem detalhada na respectiva Reserva.

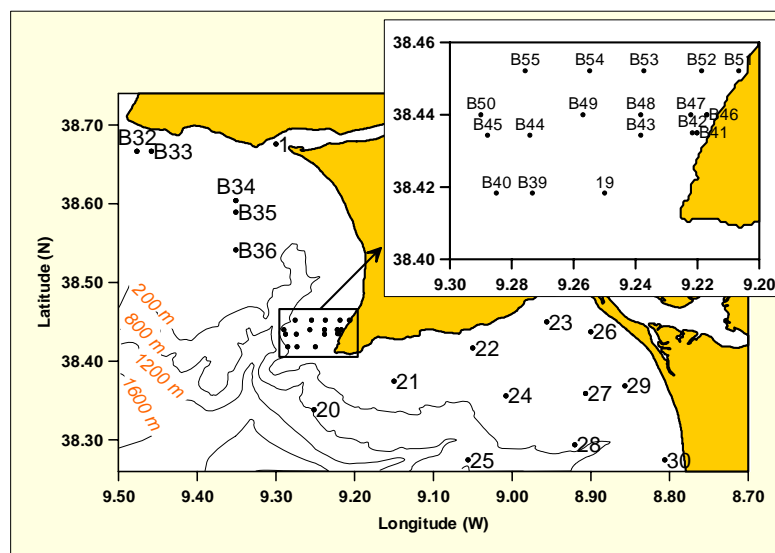


Figura 3.1 – Locais prospectados e estações de colheita na plataforma continental adjacente aos estuários do Tejo e Sado.

A localização geográfica e profundidade de cada uma das estações de colheita são apresentadas nas Tabelas 3.1 e 3.2.

Tabela 3.1 – Data de amostragem, localização geográfica e profundidade das estações de colheita de sedimentos na plataforma adjacente ao estuário do Tejo.

Estação	Data	Latitude (°N)	Longitude (°W)	Profundidade (m)
1	19/05/20	38,68	9,30	29
B32	19/05/20	38,67	9,48	18
B33	19/05/20	38,67	9,46	42
B34	19/05/20	38,60	9,35	27
B35	19/05/20	38,59	9,35	38
B36	19/05/20	38,54	9,35	108
19	18/05/20	38,42	9,25	35
B39	18/05/20	38,42	9,27	115
B40	18/05/20	38,42	9,29	157
B41	19/05/20	38,44	9,22	19
B42	19/05/20	38,44	9,22	16
B43	19/05/20	38,43	9,24	35
B44	19/05/20	38,43	9,27	66
B45	19/05/20	38,43	9,29	121
B46	19/05/20	38,44	9,22	16
B47	19/05/20	38,44	9,22	25
B48	19/05/20	38,44	9,24	38
B49	19/05/20	38,44	9,26	83
B50	19/05/20	38,44	9,29	134
B51	19/05/20	38,45	9,21	16
B52	19/05/20	38,45	9,22	28
B53	19/05/20	38,45	9,24	49
B54	19/05/20	38,45	9,25	99
B55	19/05/20	38,45	9,28	129

Tabela 3.2 – Data de amostragem, localização geográfica e profundidade das estações de colheita de sedimentos na plataforma adjacente ao estuário do Sado.

Estação	Data	Latitude (°N)	Longitude (°W)	Profundidade (m)
20	18/05/20	38,34	9,25	176
21	18/05/20	38,37	9,15	129
22	18/05/20	38,42	9,05	103
23	17/05/20	38,45	8,96	50
24	18/05/20	38,36	9,01	117
25	18/05/20	38,27	9,06	355
26	18/05/20	38,44	8,90	31
27	18/05/20	38,36	8,91	71
28	18/05/20	38,29	8,92	120
29	17/05/20	38,37	8,86	36
30	18/05/20	38,27	8,81	26

3.3 Parâmetros determinados e metodologias

Os sedimentos foram colhidos com uma draga Smith McIntyre de 0,1 m². Cada amostra de 100 g de sedimento foi seca a 60 °C, lavada em água doce e passada através de um crivo de 0,063 mm de malha para determinação da fracção correspondente às partículas finas (silt+argila). O restante sedimento (areia e cascalho) foi novamente seco a 60 °C e passado através de uma coluna de 14 crivos (0,063 a 16 mm) da série “AFNOR”. A classificação das fracções componentes do sedimento foi feita de acordo com Buchanan (1984).

Para a determinação do teor em água e da matéria orgânica total (MOT) dos sedimentos, as amostras de sedimento foram congeladas imediatamente após a colheita. Depois de descongeladas no laboratório, o teor em água foi obtido por diferença entre o peso das amostras de sedimento húmido e após secagem a 60 °C, e a percentagem de MOT obteve-se a partir da diferença entre o peso das amostras secas a 60 °C e secas a 450 °C (2h).

Em cada estação de amostragem foi retirado um “core” de sedimento (3 cm de diâmetro e 4-5 cm de profundidade) e congelado de imediato. Posteriormente e após descongelação, mediu-se o pH e o Eh, centímetro a centímetro, utilizando um medidor “Jenway” e eléctrodos específicos.

Para o estudo da macrofauna bentónica foi analisado o conteúdo de uma draga em cada estação de amostragem. O sedimento foi lavado através de um crivo de 0,5 mm de malha e os organismos retidos fixados de imediato em formol neutralizado a 6 %, com excepção dos crustáceos que se guardaram em álcool a 70°. O sedimento retido no crivo foi também fixado em formol, lavado em água corrente, triado à lupa binocular e os organismos guardados em álcool a 70°. Os organismos fixados a bordo foram também lavados em água corrente e guardados em álcool a 70°. Seguidamente, procedeu-se à análise detalhada da fauna à lupa binocular para identificação das espécies e determinação de abundância (número de indivíduos), riqueza específica (número de espécies) e biomassa, (mg de peso húmido). Os parâmetros referidos reportam-se sempre à área abrangida pela draga de 0,1 m².

Foram determinadas a diversidade e a equitabilidade da macrofauna bentónica, utilizando o índice de Shannon-Wiener (Zar, 1984) e o índice de Pielou (Legendre e Legendre, 1979), respectivamente.

3.4 Resultados

3.4.1 Caracterização granulométrica dos sedimentos

Foram identificados seis tipos sedimentares: (i) areia muito fina com medianas compreendidas entre 92 e 110 µm e uma percentagem de lodo até 13 %, (ii) areia média com medianas entre 380 e 570 µm e sem lodo, (iii) areia grossa com medianas entre 660 e 1000 µm e uma percentagem de cascalho até 27 %, (iv) areia fina lodosa cuja percentagem de lodo variou entre 16 e 28 %, (v) areia heterogénea lodosa com uma mediana de 290 µm, uma percentagem de lodo de 16 % e 8 % de cascalho (vi) lodo, que se subdivide em lodo arenoso com 37 a 54 % de partículas finas e lodo franco cuja percentagem de partículas finas é de 96 %.

Em ambas as áreas costeiras amostradas observou-se, em geral, uma mudança dos sedimentos sensivelmente ao nível dos 100 metros de profundidade, de arenosos para lodosos. O sedimento das estações situadas a profundidades inferiores a 100 metros é constituído por areia muito fina, areia média e areia grossa. O primeiro tipo sedimentar aparece nas estações mais próximas das embocaduras dos dois estuários e situadas sensivelmente segundo uma paralela à costa. O

segundo e o terceiro tipo sedimentar aparecem nas estações mais distanciadas das embocaduras dos estuários.

Nas tabelas 3.3 e 3.4 podem observar-se as características das fracções componentes dos sedimentos nas estações amostradas.

Tabela 3.3 - Fracções componentes dos sedimentos (%), medianas (μm) e classificação dos tipos sedimentares na plataforma adjacente ao estuário do Sado.

Estação	Cascalho	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Silt+ argila	Mediana	Tipo de sedimento
20	5	9	11	16	43	16	-	Areia fina lodosa
21	4	9	20	9	31	27	-	Areia fina lodosa
22	0	1	2	4	43	50	-	Lodo arenoso
23	2	1	2	16	60	19	-	Areia fina lodosa
24	8	15	23	17	22	16	290	Areia heterogénea lodosa
25	0	3	7	10	39	41	-	Lodo arenoso
26	1	1	2	11	76	9	92	Areia muito fina
27	58	28	11	2	1	0	1200	Areia grossa
28	2	5	10	18	54	11	110	Areia muito fina
29	27	44	26	3	0	0	900	Areia grossa
30	10	23	48	15	4	0	940	Areia grossa

Tabela 3.4 - Fracções componentes dos sedimentos (%), medianas (μm) e classificação dos tipos sedimentares na plataforma adjacente ao estuário do Tejo.

Estação	Cascalho	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Silt+ argila	Mediana	Tipo de sedimento
1	-	-	-	-	-	-	-	Rochoso
B32	2	2	2	27	67	0	110	Areia muito fina
B33	0	1	1	1	89	8	96	Areia muito fina
B34	0	0	1	3	79	17	-	Areia fina lodosa
B35	1	0	0	34	52	13	105	Areia muito fina
B36	0	0	0	1	3	96	-	Lodo
19	-	-	-	-	-	-	-	Rochoso
B39	1	2	4	16	55	22	-	Areia fina lodosa

Tabela 3.4 – continuação.

Estação	Cascalho	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Silt+argila	Mediana	Tipo de sedimento
B40	2	12	13	14	31	28	-	Areia fina lodosa
B41	-	-	-	-	-	-	-	Rochoso
B42	-	-	-	-	-	-	-	Rochoso
B43	1	64	35	0	0	0	1000	Areia grossa
B44	-	-	-	-	-	-	-	Rochoso
B45	2	6	5	4	46	37	-	Lodo arenoso
B46	-	-	-	-	-	-	-	Rochoso
B47	-	-	-	-	-	-	-	Rochoso
B48	0	11	86	3	0	0	570	Areia média
B49	17	27	44	11	0	0	660	Areia grossa
B50	1	2	3	6	46	42	-	Lodo arenoso
B51	3	8	52	35	2	0	380	Areia média
B52	4	7	70	17	2	0	400	Areia média
B53	4	11	74	11	0	0	420	Areia média
B54	1	1	2	1	41	54	-	Lodo arenoso
B55	0	3	3	4	50	40	-	Lodo arenoso

3.4.2 Teor em água dos sedimentos

As tabelas 3.5 e 3.6 apresentam a percentagem de água nos sedimentos amostrados.

Tabela 3.5 - Teor de água dos sedimentos amostrados na plataforma adjacente ao estuário do Tejo.

Estações	B32	B33	B34	B35	B36	B39	B40	B43	B45	B49	B50	B51	B52	B53	B54	B55
% H ₂ O	22	25	37	21	48	38	37	26	40	25	43	25	24	21	39	37

Tabela 3.6 - Teor de água dos sedimentos amostrados na plataforma adjacente ao estuário do Sado.

Estações	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
% H ₂ O	28	35	44	39	29	44	32	19	34	21	22

Verifica-se que os sedimentos com maior teor de partículas finas apresentam o teor mais elevado de água. A regressão linear entre as duas variáveis mostrou que 74 % e 86 % do teor de água dos sedimentos adjacentes respectivamente ao estuário do Tejo e ao estuário do Sado estão directamente relacionados com a presença de partículas finas.

3.4.3 Matéria orgânica total dos sedimentos

Nas tabelas 3.7 e 3.8 apresentam-se os valores de matéria orgânica total dos sedimentos superficiais.

Tabela 3.7 - Percentagem de matéria orgânica total (MOT) nos sedimentos da plataforma adjacente ao estuário do Tejo.

Estações	B32	B33	B34	B35	B36	B39	B40	B43	B45	B49	B50	B51	B52	B53	B54	B55
% MOT	2,0	2,5	5,5	3,0	4,5	2,5	4,5	2,0	6,5	2,0	2,0	2,5	1,5	2,0	6,0	5,5

Tabela 3.8 - Percentagem de matéria orgânica total (MOT) nos sedimentos da plataforma adjacente ao estuário do Sado.

Estações	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
% MOT	5,0	4,5	5,9	6,0	4,0	2,0	2,5	1,5	2,0	1,5	1,5

Verificou-se a existência de uma grande variabilidade nos teores da matéria orgânica total relativamente ao teor de partículas finas dos sedimentos, reflectido no baixo coeficiente de

correlação encontrado ($r = 0,512$). Tal variabilidade é consequência de valores muito altos de MOT nas estações 20, 23 e B34 e muito baixos nas estações 25, B36 e B50.

3.4.4 Eh e pH dos sedimentos

Na tabela 3.9 e 3.10 podem observar-se os valores de potencial redox medidos no sedimento.

Tabela 3.9 - Potencial redox (mV) medido em sedimentos da plataforma adjacente ao estuário do Tejo.

Est. Prof. (cm)	B32	B33	B34	B35	B36	B39	B40	B43	B45	B48	B49	B50	B51	B52	B53	B54	B55
0	25	33	-231	7	-120	-121	-39	15	-54	-22	17	-45	46	-88	25	-27	-15
-1	35	4	-130	-43	-186	-168	-148	3	-238	18	-143	-108	42	-37	27	-103	-163
-2	22	-54	-227	-90	-175	-204	-145	1	-249	20	-122	-170	37	-35	30	-24	-176
-3			-235	-129	-210	-227	-106	22	-237	-9		-247	32			-201	
-4					-220				-223			-248					

Tabela 3.10 - Potencial redox (mV) medido em sedimentos da plataforma adjacente ao estuário do Sado.

Est. Prof. (cm)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	62	36	35	-51	-20	22	-2	-26	-31	6	8
-1	-2	-118	48	-186	-41	-124	-137	-134	-43	41	8
-2	19	-95	-165	-168	-45	-105	-154	-117	-31	52	36
-3		-145			-15		-128	-160	-106		
-4							-171				

A distribuição dos valores de Eh no sedimento da zona adjacente ao estuário do Tejo foi a seguinte: i) sedimentos arenosos sem contaminação por lodo apresentaram valores positivos ii) sedimentos arenosos com contaminação por lodo, apresentaram valores negativos abaixo de 2-3 cm de profundidade e iii) sedimentos vasosos apresentaram Eh negativo desde a camada

superficial, diminuindo os valores, de um modo geral, à medida que o teor em lodo aumentou. Na zona adjacente ao estuário do Sado, os valores de Eh apresentaram oscilações relativamente grandes, tanto em relação à profundidade do sedimento, como ao teor em lodo.

O pH do sedimento apresentou valores característicos de águas marinhas, isto é, da ordem de 7-8.

3.4.5 Macrofauna bentónica

Riqueza específica, abundância e biomassa

Nas tabelas 3.11 e 3.12 apresentam-se os parâmetros biológicos básicos referentes às estações de colheita nas áreas adjacentes aos estuários do Tejo e do Sado. Os grupos faunísticos mais importantes (frequência de captura > 10 %) na plataforma adjacente ao Tejo foram, por ordem decrescente de frequência de captura, os anelídeos poliquetas, moluscos bivalves, equinodermes, anfípodes, nemertíneos, braquiuros e cumáceos e na plataforma adjacente ao Sado, os anelídeos poliquetas, moluscos bivalves, anfípodes, equinodermes, sipunculídeos, isópodes e nemertíneos.

Tabela 3.11 - Riqueza específica, abundância e biomassa da macrofauna bentónica na plataforma adjacente ao estuário do Tejo

Estação	Nº de espécies	Nº de indivíduos/ 0,1 m ²	Peso húmido (mg)
1	24	51	4917
B32	10	40	9069
B33	23	44	12397
B34	6	15	8637
B35	21	62	13668
B36	13	15	1037
B39	12	16	2573
B40	3	3	423
B43	1	1	13
B45	9	9	20375
B49	1	2	917
B50	13	16	2314
B51	1	2	282
B52	7	195	3248
B53	1	1	477
B54	8	9	101
B55	10	21	3298

Tabela 3.12 - Riqueza específica, abundância e biomassa da macrofauna bentônica na plataforma adjacente ao estuário do Sado.

Estação	Nº de espécies	Nº de indivíduos/ 0,1 m ²	Peso húmido (mg)
20	2	2	442
21	5	5	1473
22	14	38	4467
23	21	61	33964
24	1	7	1759
25	2	2	80
26	31	104	22055
27	2	2	1646
28	3	4	297
30	7	19	130

A distribuição relativa da riqueza específica, da abundância e da biomassa dos grupos mencionados pode ser observada na figura 3.2.

Relativamente à riqueza específica, quer na zona do Tejo quer na zona do Sado, os anelídeos poliquetas representam cerca de 50 %, seguidos dos moluscos bivalves que representam cerca de 25 %, enquanto que os pequenos crustáceos, os equinodermes, os sipunculídeos e os nemertíneos se repartem pelos outros 25 %. Quanto à abundância relativa, os poliquetas trocam de posição com os bivalves, representando estes últimos pouco mais de 50 % do total, enquanto os poliquetas representam cerca de 30 % e 40 % no Sado e no Tejo, respectivamente. Os pequenos crustáceos, os equinodermes, os sipunculídeos e os nemertíneos preenchem os restantes 20 % e 10 %, respectivamente.

Em relação à biomassa, no Sado os bivalves representam cerca de 60 %, os poliquetas cerca de 30 %, os equinodermes 5 %, os sipunculídeos 4 % e os restantes 1 % são ocupados por pequenos crustáceos, nemertíneos e cefalocordados. Já no Tejo a biomassa é dominada pelos equinodermes que representam 45 % da biomassa total, devido à presença de alguns exemplares de Echinoidea (ouriços) de grande porte, seguindo-se os bivalves com 37 % e os poliquetas com 17 %. Os restantes 1 % são ocupados por pequenos crustáceos e nemertíneos.

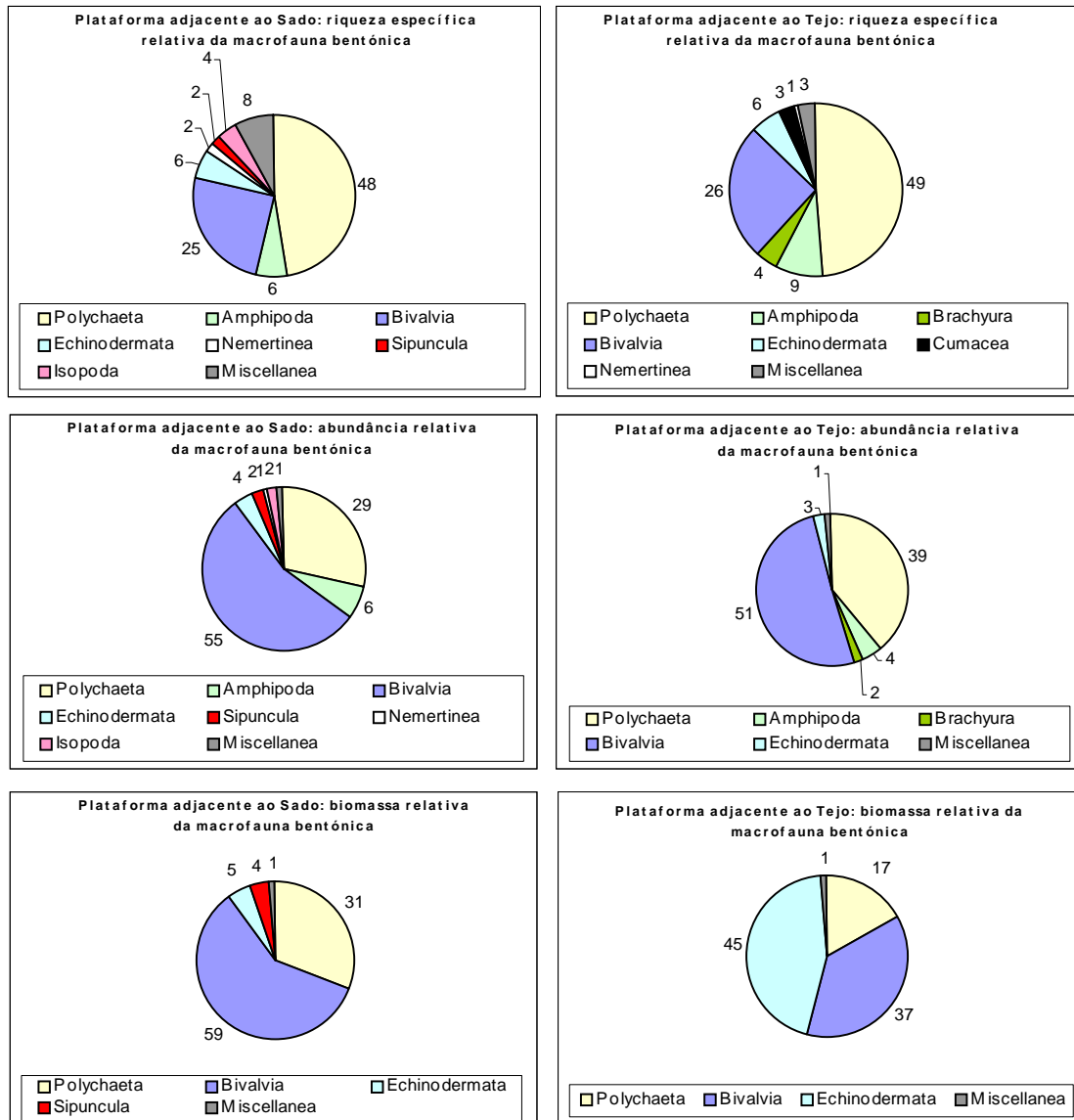


Figura 3.2 - Proporção (%) dos diferentes grupos faunísticos presentes nos sedimentos amostrados nas zonas da plataforma continental adjacentes aos estuários do Sado e do Tejo.

Diversidade

De um modo geral, a diversidade e a equitabilidade são elevadas nas zonas estudadas, como se pode verificar pela distribuição dos índices de Shannon-Wiener e de Pielou (Fig. 3.3). Na zona adjacente ao Tejo 64 % das estações de colheita têm uma diversidade superior a 3, enquanto que

na zona adjacente ao Sado apenas 50 % das estações estão neste caso. A totalidade das estações de colheita na zona adjacente ao Sado tem uma equitabilidade igual ou muito próxima de 1, enquanto que na zona adjacente ao Tejo apenas 86 % das estações estão nestas condições.

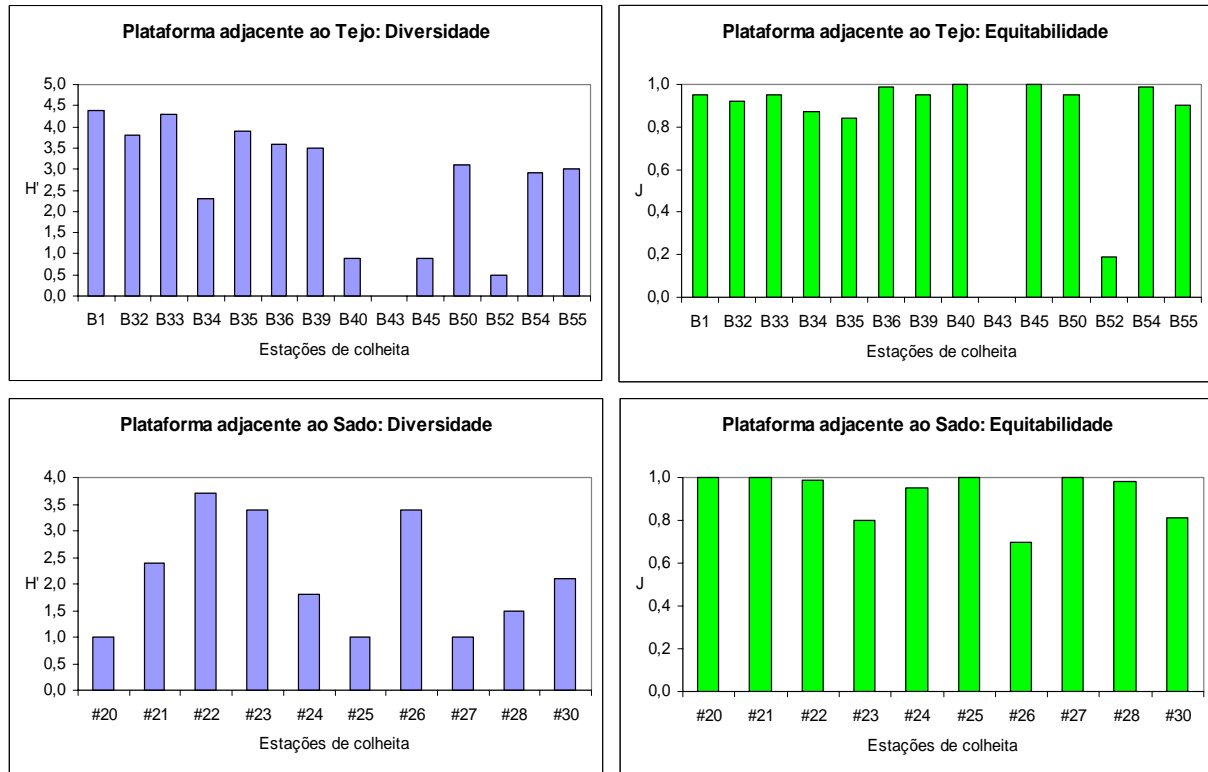


Figura 3.3 - Índice de Shannon-Wiener e índice de Pielou nas zonas da plataforma continental adjacentes aos estuários do Tejo e do Sado.

3.5 Discussão dos Resultados

Os sedimentos da área da plataforma continental adjacente ao estuário do Sado são mais grosseiros que os da área adjacente ao estuário do Tejo. O teor de água dos sedimentos apresentou uma estreita relação com a sua granulometria como ficou demonstrado pela significativa correlação existente entre o teor em água e o teor de partículas finas dos sedimentos, quer na área adjacente ao Tejo quer na área adjacente ao Sado.

Quanto ao teor em matéria orgânica dos sedimentos este não parece estar particularmente associada à quantidade de partículas finas dos sedimentos, como indica o baixo coeficiente de correlação entre as duas variáveis.

Nos sedimentos da plataforma adjacente ao Tejo, o potencial redox diminui, de uma forma geral, da superfície para o fundo, sendo positivo nos sedimentos arenosos e negativo a partir de 2 - 3 cm de profundidade nos sedimentos lodosos, ou mesmo a partir da superfície nas vasas, evidenciando assim, deficiência em oxigénio. Na plataforma adjacente ao Sado, o potencial redox não evidencia a mesma dependência do teor em lodo dos sedimentos e apresenta oscilações consideráveis da superfície para o fundo.

Os grupos faunísticos mais importantes da zona considerada são os anelídeos poliquetas, em termos de número de espécies e os moluscos bivalves em termos de abundância. Relativamente à biomassa, os moluscos bivalves dominam na zona adjacente ao Sado, enquanto que, na zona adjacente ao Tejo, os equinodermes surgem como grupo principal.

A riqueza específica e a abundância registaram valores mais elevados nas estações mais próximas das embocaduras dos estuários e valores menos elevados entre 100 e 200 m de profundidade, isto é, cerca do limite da plataforma continental.

4. FLORA MARINHA

4.1 Objectivo

Esta componente teve como objectivo o reconhecimento da composição taxonómica da flora marinha das zonas costeiras adjacentes aos estuários do Tejo e Sado.

4.2 Metodologia

Na zona costeira adjacente ao estuário do Tejo, as amostras de flora marinha foram recolhidas por raspagem integral do substrato na zona intertidal e na zona infralitoral realizaram-se mergulhos com escafandro autónomo. As colheitas foram realizadas nos dias 30 e 31 de Julho de 2001, em 4 estações, cuja localização se apresenta na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Localização das estações de colheita de material e tipo de fundo na zona costeira adjacente ao estuário do Tejo.

Estação	Latitude (°N)	Longitude (°W)	Tipo de fundo
1 Forte da Gibalta	38,71	9,28	Vasa
2 Farol Boa Viagem	38,71	9,28	Areia grossa
3 Praia das Avencas	38,69	9,37	Recolha intertidal
4 Cabo Raso	38,70	9,46	Rocha

Na zona costeira adjacente ao estuário do Sado, as amostras foram, também, recolhidas por raspagem integral do substrato na zona intertidal (estações 1 a 4) e na zona infralitoral realizaram-se mergulhos com escanfandro autónomo (estações 5 e 6). Entre os dias 2 e 4 de Setembro de 2001 realizaram-se colheitas em 6 estações, cuja localização se apresenta na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Localização das estações de colheita de material na zona adjacente ao estuário do Sado .

Estação	Latitude (°N)	Longitude (°W)
1 Praia Albarquel I	38,52	8,92
2 Praia Albarquel II	38,52	8,92
3 Parque campismo	38,50	8,94
4 Sanatório do Outão	38,49	8,93
5 Pedra da Anixa	38,49	8,98
6 Segredos (Cabo Espichel)	38,42	9,23

Apresentam-se na tabela 4.3 os valores de salinidade e temperatura da água sobrenadante ao substrato de fixação, nas estações de 1 a 5.

Tabela 4.3 - Valores de temperatura, salinidade e substrato de fixação por estação de recolha na zona costeira adjacente ao estuário do Sado.

Estação	Temperatura (°C)	Salinidade	Substrato fixação
1	19,9	35,8	rocha
2	20,3	35,9	rocha
3	20,9	35,9	rocha
4	20,4	35,9	rocha
5	19,1	35,6	rocha

4.3 Resultados

4.3.1 Zona costeira adjacente ao Tejo

Na zona costeira adjacente ao estuário do Tejo foram observadas, em 2001, 15 espécies repartidas da seguinte maneira: 7 Rodophyta, 4 Phaeophyta e 4 Clorophyta (Tabela 4.4). Comparam-se também nesta tabela os resultados obtidos nos mesmos locais em 1999, seguindo idêntica metodologia.

Tabela 4.4 - Composição específica das macroalgas nas estações de amostragem da zona costeira adjacente ao estuário do Tejo (C-Clorophyta; P-Phaeophyta; R-Rodophyta)

Estação	Espécies (1999)	Espécies (2001)
1 Forte da Gibalta	<i>Cladophora laetvirens</i> (C) <i>Codium tomentosum</i> (C) <i>Ulva lactuca</i> (C) <i>Cladostephus verticillatus</i> (P) <i>Fucus vesiculosus</i> (P) <i>Corallina mediterranea</i> (R) <i>Gelidium latifolium</i> (R) <i>Gelidium pusillum</i> (R) <i>Gigartina acicularis</i> (R) <i>Gracilaria multipartita</i> (R) <i>Gymnogongrus norvegicus</i> (R) <i>Polyneura hilliae</i> (R)	<i>Codium tomentosum</i> (C) <i>Dictyopteris membranaceae</i> (P) <i>Ceramium rubrum</i> (R) <i>Polysiphonia</i> sp. (R)
2 Farol Boa Viagem	<i>Ulva lactuca</i> (C) <i>Dictyota dichotoma</i> (P) <i>Ahnfeltia plicata</i> (R) <i>Ceramium rubrum</i> (R) <i>Corallina mditerranea</i> (R) <i>Gelidium pusillum</i> (R) <i>Gigartina acicularis</i> (R) <i>Gracilaria multipartita</i> (R) <i>Phyllophora pseudoceranoiodes</i> (R)	<i>Codium tomentosum</i> (C) <i>Ulva lactuca</i> (C) <i>Dictyopteris membranaceae</i> (P) <i>Halopteris filicina</i> (P)
3 Praia das Avencas	<i>Cladophora laetvirens</i> (C) <i>Codium tomentosum</i> (C) <i>Ulva rigida</i> (C) <i>Dictyota dichotoma</i> (P) <i>Halopteris filicina</i> (P) <i>Leathesia difformis</i> (P) <i>Bifurcaria bifurcata</i> (P) <i>Asparagopsis armata</i> (R) <i>Chondria coerulescens</i> (R) <i>Corallina mediterranea</i> (R) <i>Cryptoleura ramosa</i> (R) <i>Gelidium latifolium</i> (R) <i>Gelidium pusillum</i> (R) <i>Gigartina acicularis</i> (R) <i>Gracilaria multipartita</i> (R) <i>Gymnogongrus patens</i> (R) <i>Plocamium cartilagineum</i> (R)	<i>Cladophora laetvirens</i> (C) <i>Codium tomentosum</i> (C) <i>Ulva lactuca</i> (C) <i>Ulva rigida</i> (C) <i>Dictyota dichotoma</i> (P) <i>Leathesia difformis</i> (P) <i>Chondrus crispus</i> (R) <i>Corallina mediterranea</i> (R) <i>Corallina officinalis</i> (R) <i>Porphyra linearis</i> (R)
4 Cabo Raso	*	<i>Gelidium sesquipedale</i> (R)

(*): Em 1999 não se efectuou recolha nesta estação.

Próximo da embocadura do estuário do Tejo, junto ao Forte da Gibalta (Est. 1), encontraram-se 12 espécies em 1999, a maioria Rodophytas, e apenas 4 em 2001, uma Clorophyta, uma Phaeophyta e duas Rodophytas. Na estação 2 mantém-se a tendência da estação anterior, havendo uma maior diversidade em 1999 do que em 2001. A Praia das Avencas (Est. 3) constitui a estação que apresenta maior número de espécies, quer em 1999 quer em 2001 surgindo as Rodophytas, - *Porphyra linearis*, *Chondrus crispus* e *Corallina officinalis*, - e a Clorophyta *Ulva lactuca* pela primeira vez em 2001. Na estação 4, a Rodophyta *Gelidium sesquipedale* predominava significativamente, constituindo tapetes densos e extensos.

4.3.2 Zona costeira adjacente ao Sado

Na zona costeira adjacente ao Sado foram observadas 24 espécies, repartidas em 9 Rodophyta, 13 Phaeophyta e 2 Clorophyta (Tabela 4.5).

Na zona adjacente ao estuário do Sado, a prospeção realizou-se em toda a costa que vai da praia de Albarquel até à Pedra da Anixa em frente à praia do Portinho da Arrábida (Est. 1 a 5) e terminando no Cabo Espichel (Est. 6). A recolha realizou-se no intertidal (com exceção das estações 5 e 6) e o material algológico encontrou-se, sem exceção, fixo à rocha.

Na primeira estação da praia de Albarquel (Est. 1) aparece a Rodophyta perene *Gelidium latifolium*, acompanhada de duas Clorophytas. Na estação 2 verificou-se a presença de 5 novas espécies. Na estação do Portinho da Arrábida (Est. 5) ocorreu uma mudança radical na composição específica com o aparecimento de 7 novas espécies. Esta mudança da composição específica acentua-se no Cabo Espichel (Est. 6) onde a comunidade conta com a presença de 9 espécies, totalmente diferentes das observadas nas estações anteriores.

Tabela 4.5 - Composição específica das macroalgas nas estações de amostragem da zona costeira adjacente ao estuário do Sado (C-Clorophyta; P-Phaeophyta; R-Rodophyta).

Estação	Espécies
1 Praia Albarquel I	<i>Ulva rigida</i> (C) <i>Codium decorticatum</i> (C) <i>Gelidium latifolium</i> (R)

Tabela 4.5 – (continuação).

<p style="text-align: center;">2 Praia Albarquel II</p>	<p><i>Ulva rigida</i> (C) <i>Codium tomentosum</i> (C) <i>Fucus spiralis</i> (P) <i>Padina pavonia</i> (P) <i>Leathesia difformis</i> (P) <i>Gelidium latifolium</i> (R) <i>Chondrus crispus</i> (R)</p>
<p style="text-align: center;">3 Parque Campismo</p>	<p>_____</p>
<p style="text-align: center;">4 Sanatório do Outão</p>	<p><i>Codium decorticatum</i> (C) <i>Gelidium latifolium</i> (R)</p>
<p style="text-align: center;">5 Pedra da Anixa</p>	<p><i>Codium decorticatum</i> (C) <i>Ulva rigida</i> (C) <i>Cystoseira tamariscifolia</i> (P) <i>Leathesia difformis</i> (P) <i>Dictyopteris membranacea</i> (P) <i>Dictyota dichotoma</i> (P) <i>Padina pavonia</i> (P) <i>Asparagopsis armata</i> (R) <i>Corallina mediterranea</i> (R) <i>Gracilaria multipartita</i> (R) <i>Porphyra leucosticta</i> (R)</p>
<p style="text-align: center;">6 Segredos (Cabo Espichel)</p>	<p><i>Cladostephus verticillatus</i> (P) <i>Colpomenia sinuosa</i> (P) <i>Desmarestia ligulata</i> (P) <i>Halopteris filicina</i> (P) <i>Laminaria</i> sp. (P) <i>Saccorhiza polyschides</i> (P) <i>Peyssonelia</i> sp. (R) <i>Plocamium cartilagineum</i> (R) <i>Sphaerococcus coronopifolius</i> (R)</p>

4.4 Discussão dos resultados

A flora marinha das zonas costeiras adjacentes aos estuários do Tejo e Sado apresentou, em geral, um aumento da diversidade desde as estações mais próximas da embocadura dos estuários até às mais afastadas, em direcção ao mar. Este aumento da diversidade para o largo da costa é o que seria de esperar, na medida em que os estuários representam ambientes altamente perturbadores para a maioria das espécies de macroalgas. De salientar que as espécies marinhas apresentam intolerância a baixas salinidades, na medida em que níveis de

salinidade reduzidos afectam as taxas fotossintéticas e respiratórias, a sobrevivência dos esporos, a resistência à desidratação, as respostas à intensidade luminosa, a capacidade competitiva, as taxas de divisão celular e a capacidade reprodutora. Nas zonas costeiras a presença de substrato rígido e condições de menores flutuações de temperatura, menos turbidez e reduzida poluição são factores que favorecem o aumento do número de espécies. Contudo, verifica-se que algumas espécies representantes da flora do estuário do Tejo, *Fucus vesiculosus*, *Ulva lactuca* e diversas espécies de Rodophytas, nomeadamente *Gracilaria* spp., *Polysiphonia* sp. e *Ceramium rubrum*, desaparecem gradualmente com o afastamento ao estuário. No Sado, a composição específica da flora marinha muda radicalmente nas estações mais exteriores em relação à observada nas estações próximas da embocadura deste estuário.

É notória a mais baixa diversidade de macroalgas na zona costeira adjacente ao estuário do Tejo em 2001, comparativamente à verificada em 1999, o que pode resultar de diversos factores, nomeadamente flutuações de temperatura e turbulência que, como se sabe, podem contribuir para reduzir o número de espécies.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização ecológica da zona costeira adjacente aos estuários do Tejo e do Sado baseou-se em resultados obtidos em três campanhas de amostragem, Setembro de 1999, Maio de 2000 e Março de 2001, correspondendo a épocas sazonais diferentes e a períodos de caudal dos rios variável.

Os resultados obtidos relativos aos parâmetros físicos e químicos permitem definir claramente a pluma do rio Tejo, verificando-se que cobre grande parte da sua área costeira adjacente e atinge aproximadamente 20 m de profundidade, sendo a sua extensão condicionada pelo caudal do rio. Já o efeito do estuário do Sado na zona costeira adjacente se restringe sempre a uma zona muito limitada. Também foi evidenciado que os caudais consideráveis do Tejo transportam elevada quantidade de material, quer na forma dissolvida quer particulada. Contudo, apesar de os níveis de nutrientes dissolvidos serem elevados na pluma do rio, as partículas transportadas apresentam-se empobrecidas em carbono e azoto relativamente às partículas de origem marinha. Verifica-se que o impacto das descargas de azoto e fósforo provenientes do Tejo se reflecte na produtividade biológica da zona costeira adjacente, apresentando-se a biomassa de fitoplâncton e de zooplâncton mais elevada nessa zona do que na zona de influência do estuário do Sado. No entanto, no fim do Verão (Setembro 1999), quando o caudal dos rios foi mais reduzido, a depleção de azoto em, praticamente, toda a área de estudo, parece ter limitado o desenvolvimento do fitoplâncton. No Inverno (Março de 2001), a biomassa de fitoplâncton e de zooplâncton foi baixa e o seu desenvolvimento ocorreu sobretudo mais ao largo da área costeira, contrastando com o que se passou nas outras épocas do ano, em que a biomassa planctónica mais elevada foi determinada nas proximidades das embocaduras dos estuários. Quanto à estrutura do zooplâncton, embora esta se tenha caracterizado, em geral, pela predominância do grupo Copepoda, a contribuição de microzooplâncton representada pelo grupo dos Tintinida foi muito importante na zona costeira adjacente ao Tejo, durante o período produtivo.

No que diz respeito à macrofauna bentónica, os resultados obtidos na única campanha de amostragem realizada em 2000 mostram que a área mais produtiva, em termos de riqueza específica e abundância, se localizava também nas proximidades das embocaduras dos estuários e a menos produtiva se situava mais ao largo da costa, no limite da plataforma continental. Contudo, em termos de estrutura do sedimento, nomeadamente de condições de

oxigenação e conteúdo em matéria orgânica, registaram-se diferenças significativas entre as áreas adjacentes ao Tejo e ao Sado, sendo o sedimento da zona adjacente ao Tejo mais orgânico e deficiente em oxigénio. Estas características estiveram associadas à dominância de biomassa de equinodermes na zona do Tejo e de bivalves na zona do Sado.

A prospecção das macroalgas na zona costeira adjacente aos estuários do Tejo e Sado revelou um aumento gradual da diversidade da comunidade a partir das estações mais próximas dos estuários em direcção ao mar. Esta mudança é mais evidente na zona costeira adjacente ao Sado, dado que nas estações mais exteriores a composição específica difere radicalmente da observada nas estações próximas da embocadura. A ocorrência de maior diversidade na praia das Avencas e na costa da Arrábida indica a sua importância como zonas a preservar.

Numa tentativa de compreender o funcionamento ecológico da zona costeira do troço considerado, abordou-se o estudo das massas de água aí presentes, que são em grande parte canalizadas para a proximidade da costa através dos canhões de Setúbal e Lisboa. Assim, em alturas de não ocorrência de afloramento na costa portuguesa, e com base nas características físicas e químicas, foi possível individualizar: a camada superficial de mistura até 150 m, a Água Central do Atlântico Norte, NACW, até cerca de 500 m e dois núcleos da Água Mediterrânica, respectivamente, a 700 m e 950 m de profundidade.

Conclui-se, pois, que, independentemente de eventuais efeitos de ocorrência de afloramento na produção biológica da zona costeira portuguesa, o caudal do rio Tejo, transportando cargas consideráveis de azoto e fósforo, tem um impacte significativo no estímulo da produtividade da área. Consequentemente, a qualidade da água nesta zona costeira e em particular as consequências em termos de eutrofização são susceptíveis de ser controladas através da aplicação de medidas de gestão adequadas. Assim, a informação resultante do presente projecto pode contribuir para a simulação de possíveis cenários que permitam não só delinear programas de monitorização e medidas apropriadas de controlo das condições ambientais do ecossistema, bem como fornecer elementos para o estabelecimento de opções e estratégias de uma gestão integrada da zona costeira.

REFERÊNCIAS – Chave

- BUCHANAN, J. B., 1984. Methods for the study of marine benthos. 3. Sediment analysis. IBP Hand Book, 16: 41-65.
- LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P., 1979. Ecologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques. Collection d'Ecologie, 12. Masson (Ed.), Les Presses de l'Université du Québec, 197p.
- PIELOU, E.C., 1975. Ecological diversity. Wiley-Interscience, New York, 165p.
- ZAR, J. H., 1984. Biostatistical analysis. Prentice-Hall International, 718p.