



Relatório técnico sobre o Programa de Monitorização dos Ecossistemas Terrestre e Estuarino na Envolvente à CTRSU de S. João da Talha

Março de 2016

Brotas V., M. Sim-Sim, L. S. Gordo, C. Bloisé, C. Garcia, A. Martins, A. M. Neves e A. Tracana



CTRSU, 16-1-2016, C.A Garcia

1. Introdução

A poluição atmosférica é considerada um grave problema de saúde pública e admite-se que um terço dos moradores de cidades Europeias esteja exposto a concentrações excessivas de matérias poluentes. A monitorização ambiental desempenha assim um

papel fundamental para o acompanhamento e detecção de possíveis alterações ambientais em complemento com os métodos convencionais.

Embora muitos países tenham realizado progressos para reduzir a poluição, em muitas regiões as concentrações ainda estão acima dos limites legais e recomendados para proteger a saúde dos cidadãos europeus sendo de extrema importância que se efetue a caracterização e monitorização ambiental, nomeadamente em locais com forte pressão humana e industrial.

Na região envolvente à CTRSU de São João da Talha estabeleceu-se desde 1998 um programa de monitorização, pouco habitual a nível nacional e mesmo internacional, que permitiu avaliar os efeitos da poluição sobre os ecossistemas, usando diferentes grupos de organismos terrestres e aquáticos. O primeiro ano de monitorização teve como principal objetivo a criação de valores de referência, correspondendo ao ano anterior à construção da CTRSU; todos os dados obtidos posteriormente foram comparados com os valores de referência. Tem-se hoje em dia uma série temporal de dados desde 1998, que constitui um valioso património sobre o conhecimento dos ecossistemas terrestre e estuarino na área circundante à CTRSU e a sua relação com uma zona fortemente industrializada onde habitam milhares de cidadãos. Estas bases de dados (registo fotográfico, espécies, habitats, poluentes) são de grande importância técnica e científica sendo fundamental dar continuidade a estudos como o “Programa de Monitorização dos Ecossistemas Terrestre e Estuarino na Envolvente à CTRSU de S. João da Talha”.

2. Flora epifítica

Em 2015 realizou-se tal como em anos anteriores o plano anual de monitorização dos ecossistemas terrestres e estuarinos na região envolvente à Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos (CTRSU) de São João da Talha. Foram efetuados 25 levantamentos nas estações de monitorização selecionadas para avaliação da flora epifítica de líquenes e briófitos, correspondendo este número inicialmente a 44 estações que foram selecionadas no primeiro ano de biomonitorização (1998), correspondente ao ano zero da CTRSU (Figura 1).

Todas as estações de amostragem da flora epifítica (briófitos e líquenes) foram georreferenciadas inicialmente para facilitar a sua correta localização em cada ano, bem como outras análises posteriores. As populações de algumas espécies mais sensíveis foram também georreferenciadas para um acompanhamento anual de cada talo.



Figura 1. ● Localização dos levantamentos de flora epifítica na área envolvente à CTRSU da Valorsul (a amarelo). Estações de monitorização biológica da flora epifítica. ● Estações não monitorizadas no presente ano.

A metodologia adotada no estudo das comunidades briofíticas e liquénicas epifíticas em 2015 seguiu na generalidade os procedimentos utilizados em anos anteriores. Em cada estação, a área de amostragem correspondeu, a um mínimo de 10 oliveiras, sempre que possível, onde foram estudados a composição, vitalidade e área de cobertura das diferentes espécies de briófitos (hepáticas e musgos) e líquenes. Na estação 20 utilizou-se o carvalho português (*Quercus faginea* Lam.) de modo a monitorizar uma área com vegetação natural. Em cada local de amostragem identificou-se e registou-se, numa ficha de campo, o total de *taxa* presentes, assim como, o valor de sociabilidade (Si), vitalidade (Vi) para cada *taxon*, de acordo com as escalas quantitativas propostas por Bento-Pereira & Sérgio (1983).

A superfície ocupada pelos briófitos ou líquenes, no forófito que foi previamente selecionado (em cada uma das estações de amostragem) tem sido anualmente representada numa folha de acetato, numa área retangular de 220 cm². Esta metodologia de modo a avaliar a dinâmica das populações destes organismos ao longo dos diversos anos de monitorização.

Com base em toda a informação da ficha de campo de cada estação de amostragem foi possível elaborar um inventário detalhado da biodiversidade de briófitos e líquenes, bem como relacionar os dados de biodiversidade com as diversas variáveis ambientais.

Determinou-se mais uma vez o valor da Riqueza Florística (RF) para cada estação de amostragem. Estes valores dizem respeito ao número de *taxa* que integram a biodiversidade total de cada local considerado. Tendo por base os valores de cobertura de cada *taxon* em cada estação de monitorização, foi calculado o Índice de Pureza Atmosférica (IPA) para cada local.

Efetua-se desde o ano zero (1998) a zonação dos valores de RF e IPA tendo como base a georreferenciação das estações, utilizando para esse efeito o programa SURFER, versão 9.0.

Tal como em anos anteriores a totalidade dos espécimes estudados foi incluída numa base de dados e posteriormente arquivados no herbário do Museu Nacional de História Natural e da Ciência da Universidade de Lisboa (acrónimo internacional LISU).

Nestas estações de amostragem (nas 25 das 42 inicialmente estudadas) foram encontrados 86 *taxa*, dos quais 60 *taxa* de líquenes e 26 *taxa* de briófitos (24 musgos, 2 hepáticas).

Por sua vez, os dados obtidos para estes espécimes foram tratados de modo a se obter os valores de Riqueza Florística (RF) e Pureza Atmosférica (IPA).

Análise da zonação de regiões isocontaminadas

A zonação das regiões isocontaminadas representadas nas figuras 2 e 3 foi realizada com base nos valores de Riqueza Florística e nos valores do Índice de Pureza Atmosférica do presente ano de monitorização. Foi utilizada a mesma metodologia dos anos anteriores e por conseguinte, os valores de RF e IPA mais elevados estão representados a verde, enquanto os valores mais baixos estão representados a castanho, segundo a escala apresentada nas figuras 2 e 3.

Na sua grande maioria, as oscilações observadas ao longo dos últimos anos devem-se sobretudo ao decréscimo do número de estações de amostragem e este decréscimo contribuiu para que as linhas de isocontaminação fossem ligeiramente alteradas, não significando por isso que tenha ocorrido um agravamento significativo da qualidade ambiental na área de estudo.

Tal como ocorreu anteriormente na zonação dos valores de RF parece existir uma predominância de regiões com valores mais elevados (verde) na zona NW da CTRSU, entre as regiões de Loures e Bucelas. Apesar dos valores de RF terem subido em 5 estações, as alterações referem-se no entanto, a um máximo de dois *taxa*, não sendo por isso relevantes.

A zonação do IPA é mais estável do que a zonação do RF, uma vez que se baseia não apenas na ocorrência de espécies mas pondera também as respetivas áreas de ocupação (cobertura/sociabilidade). Apesar dos valores de IPA (Figura 3) em 2015 terem revelado alterações em 20 estações, aumentando ligeiramente em 17 e diminuindo ligeiramente em 3, no mapeamento das diferentes classes não existem praticamente alterações relativamente a anteriores monitorizações. As pequenas alterações registadas devem-se principalmente à dinâmica natural das populações e ao decréscimo no número de estações de amostragem.

Como tem ocorrido em anos anteriores, as zonas a verde, que representam valores de RF e IPA mais elevados, predominam a NW da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos. Estas zonas encontram-se relativamente distantes dos grandes centros industriais, aglomerados urbanos e das principais vias de tráfego, onde ainda podem ser encontrados locais com vegetação semi-natural (bosques de *Quercus* spp.) e com espécies por vezes com elevado estatuto de conservação e bastante raras no país.

Na figura 2 apresenta-se a evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de RF para cada estação de amostragem entre 1999 e 2015.

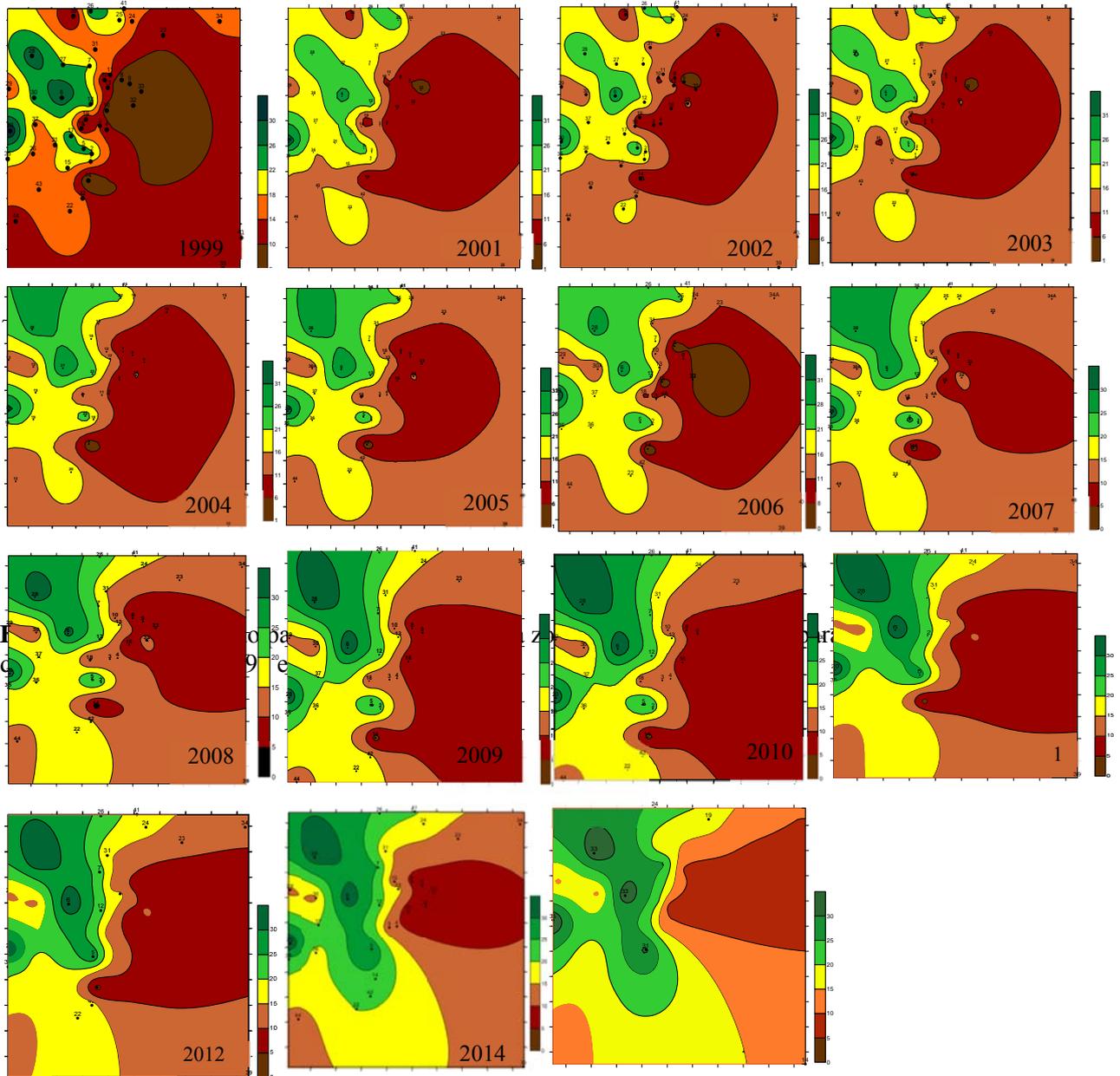


Figura. 2. Evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de RF para cada estação de amostragem entre 1999 e 2015.

Seguidamente, na figura 3 apresenta-se a evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de IPA para cada estação de amostragem entre 1999 e 2015.

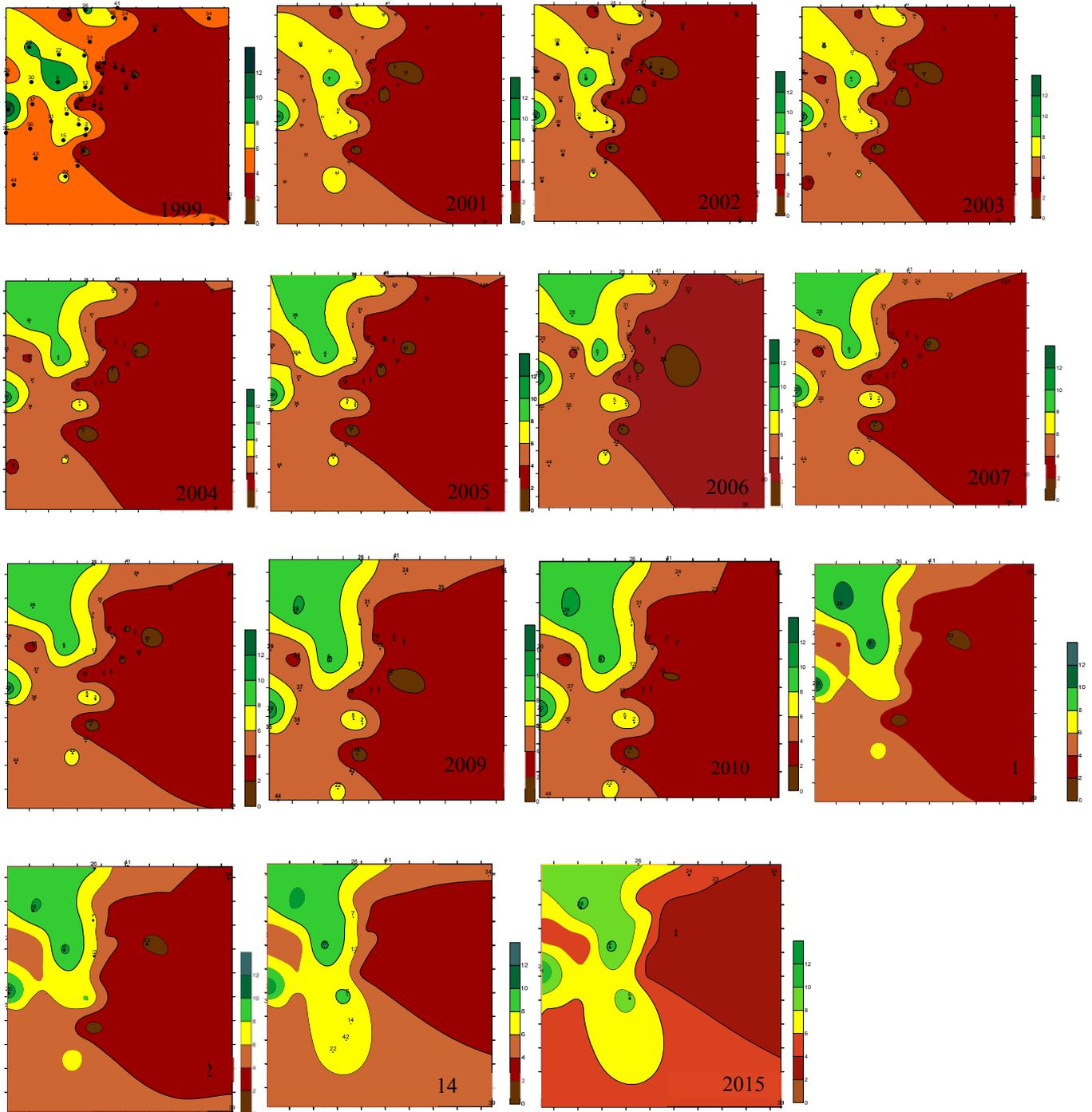


Figura. 3. Evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de IPA para cada estação de amostragem entre 1999 e 2015.

Análise da ocorrência de grupos funcionais ao longo dos anos de monitorização

As comunidades de briófitos e líquenes podem ser classificados em diferentes grupos funcionais, estando neste caso associadas às suas características ecológicas específicas.

Um grupo funcional é na sua generalidade um conjunto de organismos (sejam espécies, géneros, *taxa* com a mesma forma ou estratégia de vida, com as mesmas tendências corológicas, etc.) que respondem da mesma forma, ou de forma muito semelhante a determinadas variáveis ambientais. Os grupos funcionais podem fornecer informações para uma correta avaliação das respostas ecológicas das comunidades epifíticas a possíveis alterações ambientais (Baldwin & Bradfield, 2005). Consoante a sua forma de crescimento, os líquenes podem ser classificados em: líquenes que apresentam os talos fruticulosos, líquenes com os talos foliáceos e líquenes com os talos crustáceos. Os briófitos, por seu lado, na generalidade dividem-se em hepáticas e musgos de acordo com as suas principais características morfológicas.

Tal como em anos anteriores foi analisada a evolução da cobertura dos diversos grupos funcionais que ocorrem sobre os forófitos selecionados, nas estações de monitorização analisadas em 2015. Foram assim avaliados os líquenes fruticulosos, foliáceos, crustáceos, os musgos, e as hepáticas e também de algumas espécies em particular, por serem consideradas na área de estudo importantes bioindicadores de qualidade ambiental, eutrofização, entre outros aspetos importantes para os objetivos do trabalho de monitorização.

Líquenes fruticulosos

Como tem vindo a ser referido, os líquenes fruticulosos são considerados internacionalmente bastantes sensíveis a alterações ambientais. Segundo diversos autores, estes organismos são os primeiros a revelar os indícios de perturbação ambiental, nomeadamente na redução da sua cobertura, frequência e até mesmo fertilidade, podendo mesmo este grupo de organismos desaparecer quando as condições ambientais se degradam. A presença destes líquenes ocorre nas estações com maior número de espécies (RF) e com os valores elevados de IPA. Comparativamente com os anos anteriores verificou-se que a cobertura destes líquenes se manteve na generalidade constante nas estações em que ocorrem. A cobertura mais elevada deste grupo funcional ocorre nas estações 6 e 20.

Líquenes foliáceos

Os líquenes foliáceos foram igualmente monitorizado em 2015. Este grupo funcional é considerado medianamente sensível às condições ambientais, em especial diversas espécies dos gêneros *Parmelia* e *Nephroma*. Os líquenes foliáceos apresentam uma ocorrência relativamente elevada, estando presentes na maioria das estações analisadas. No presente ano observaram-se pequenas oscilações relativas à cobertura total em 3 estações de monitorização. Na grande maioria estas alterações correspondem a incrementos de cobertura. Na grande maioria das estações as coberturas destas espécies mantiveram-se constantes.

Tal como ocorre com os líquenes fruticulosos, as estações 6 e 20 são as que apresentam uma maior cobertura total destes líquenes foliáceos.

Líquenes crustáceos

O grupo funcional líquenes crustáceos foram mais uma vez monitorizados em 2015. Como tem sido referido em bibliografia especializada, estes líquenes representam um grupo funcional que domina regiões em que a ocupação do solo está fortemente modificada por ações antropogénicas, apresentando uma elevada capacidade de colonização de substratos, e uma dinâmica populacional elevada. Ocorrem assim com frequência em regiões onde é difícil o desenvolvimento de outras espécies mais sensíveis, por isso tendem a apresentar uma elevada cobertura e frequência nos locais mais perturbados e poluídos, por falta de competição com outras formas de vida menos resistentes. São organismos pioneiros pois, tal como o nome indica, são os primeiros a ocupar um dado habitat, neste caso, o ritidoma das árvores. Como são líquenes muito resistentes a alterações ambientais, podem ser observados em todas estações de monitorização.

Comparativamente a 2014, este grupo funcional apresenta ligeiras alterações, sendo mais evidentes na estação 3. No entanto, na grande maioria não ocorreram alterações de cobertura não apresentando as populações qualquer problema derivado de uma eventual oscilação da qualidade ambiental nessas estações.

Musgos

Em 2015, foi novamente analisada a cobertura do grupo funcional - musgos. Pela análise da cobertura dos diferentes *taxa* ao longo dos anos de monitorização, verifica-se e tal como ocorreu em 2014, é novamente um grupo funcional com alterações face ao ano anterior. No presente ano, verificou-se alterações na cobertura total dos musgos em 20 estações de monitorização, na sua grande maioria pequenos aumentos e decréscimos de cobertura destas espécies. Muitas espécies como *Dialytrichia mucronata*, *Homalothecium sericeum*, *Zygodon rupestris*, *Scorpiurium circinatum*, *Scorpiurium sendtneri*, *Leucodon sciuroides*, *Pterogonium gracile*, entre outros apresentam populações em muito bom estado, com uma dinâmica natural elevada, apresentando-se muitas vezes férteis.

Hepáticas

Nos briófitos, as hepáticas representam um grupo funcional que tem vindo a ser utilizado ao longo dos anos de monitorização. São considerados muito vulneráveis a alterações ambientais, como alterações de luminosidade, temperatura, humidade e também alterações da qualidade do ar. Com algumas exceções, ao mínimo de perturbação a maioria das espécies de hepáticas diminui drasticamente a sua cobertura podendo mesmo desaparecer. Em 2015 foi novamente analisada a dinâmica deste grupo funcional na zona envolvente à CTRSU de São João da Talha. Apenas se verificaram pequenas oscilações nomeadamente nas estações 3, 18, 24 e 31.

Zonas de qualidade ambiental da região envolvente à CTRSU

Análise da qualidade ambiental

Tal como tem vindo a ser elaborado em monitorizações anteriores, tem sido possível com a metodologia utilizada classificar as diferentes estações de acordo com a sua qualidade ambiental (Tabela 1). Apresenta-se uma classificação em três classes (fraca, intermédia e boa) com base no valor do Índice de Pureza Atmosférica de cada estação. Assim, as zonas com IPA inferior ou igual a 4 apresentam uma qualidade ambiental considerada fraca; entre 4 e 8, a qualidade ambiental é considerada intermédia; e, por fim, a qualidade ambiental pode ser considerada boa nas estações de monitorização em

que o IPA é igual ou superior a 8. No presente ano, não se verificaram alterações nesta classificação, comparativamente ao ano anterior. Salienta-se igualmente que no presente ano de monitorização e tal como ocorreu em 2014 só foram visitadas 25 estações de monitorização.

Tabela 1. Zonas de qualidade ambiental da área em estudo para 2015.

Zonas de qualidade do ar	Fraca IPA ≤4	Intermédia 4 < IPA < 8	Boa IPA ≥ 8
Estações de amostragem	3; 4B; 8; 9;16; 23A; 34A	7; 12; 13B; 22; 24; 29; 30A; 31; 35; 36; 37A; 39; 44	5; 6; 20; 26; 28
Espécies dominantes	- <i>Orthotrichum diaphanum</i> - <i>Syntrichia laevipila</i> (com gemas) - <i>Diploicia canescens</i> - <i>Lecanora</i> sp. - <i>Physcia tenella</i> - <i>Xanthoria parietina</i> - <i>Schismatomma decolorans</i>	- <i>Homalothecium sericeum</i> (estéril) - <i>Pterogonium gracile</i> (estéril) - <i>Zygodon rupestris</i> - <i>Frullania dilatata</i> - <i>Candelariella xanthostigma</i> - <i>Hyperphyscia adglutinata</i> - <i>Hypocnomyce stoechadiana</i> - <i>Flavoparmelia caperata</i> - <i>Parmotrema reticulatum</i> - <i>Pertusaria</i> sp. - <i>Physcia adscendens</i>	- <i>Cryphaea heteromalla</i> - <i>Homalothecium sericeum</i> (fértil) - <i>Leptodon smithii</i> - <i>Leucodon sciuroides</i> - <i>Pterogonium gracile</i> (fértil) - <i>Radula lindenbergiana</i> - <i>Parmelia</i> spp. - <i>Ramalina</i> spp.

Qualidade ambiental fraca

Na classe qualidade ambiental fraca, encontramos as estações com o menor número de espécies e com os valores mais baixos de cobertura, o que geralmente está associado a locais com elevada intervenção humana, como zonas residenciais com muito tráfego ou mesmo zonas industriais. Assim sendo, as estações de monitorização 3, 4B, 8, 9, 10, 16, 23 e 34B estão classificadas como apresentando uma qualidade ambiental fraca, pois apresentam os valores do Índice de Pureza Atmosférica inferiores ou iguais a 4. Comparativamente ao ano anterior, esta classe apresenta-se estável. Nas estações com qualidade ambiental fraca apenas foram identificadas espécies resistentes à poluição, como é o caso da maioria dos líquenes crustáceos *Diploicia canescens* e *Lecanora* sp, e *Schismatomma decolorans* e de alguns líquenes fruticulosos *Physcia tenella*, *Xanthoria parietina*. Relativamente aos musgos, maioritariamente podem ser observadas espécies

tais como *Orthotrichum diaphanum* e *Syntrichia laevipila* (com gemas). Ambas as espécies são tolerantes a níveis de SO₂ elevados.

Qualidade ambiental intermédia

Na qualidade ambiental intermédia encontramos na grande maioria as espécies consideradas moderadamente resistentes a poluição ambiental, pelo que é a classe com um número mais elevado de estações. As estações 7, 12, 13B, 22, 24, 29, 30A, 31, 35, 36, 37A, 39 e 44 foram classificadas como apresentando uma qualidade ambiental intermédia devido aos valores que apresentam de Índice de Pureza Atmosférica entre 4 e 8. Comparativamente ao ano de monitorização anterior não ocorreu oscilações no interior desta classe. Nesta classe encontram-se a maioria dos líquenes crustáceos como *Candelariella xanthostigma*, *Hypocenomyce stoechadiana* e *Parmotrema reticulatum*, líquenes foliáceos como *Hyperphyscia adglutinata*, *Flavoparmelia caperata*, *Parmotrema reticulatum* e *Physcia adscendens* e ainda líquenes fruticulosos como espécies do género *Ramalina*, no entanto, sem apresentarem frutificações. São ainda representativos nesta classe musgos como *Homalothecium sericeum*, *Pterogonium gracile* e *Zygodon rupestris* que na sua maioria se encontram estéreis, isto é sem sedas e cápsulas, indicando que a reprodução é assexuada.

Qualidade ambiental boa

Na classe qualidade ambiental boa incluem-se todas as estações com elevado Índice de Pureza Atmosférica a que se associam, em geral as espécies mais sensíveis à poluição atmosférica e a outras alterações da qualidade ambiental. Trata-se de espécies que apresentam habitualmente uma elevada cobertura (em locais de excelência) e diferenciam estruturas reprodutivas. As estações 5, 6, 20, 26 e 28 apresentam IPA igual ou superior a 8, pelo que foram classificadas no interior desta classe. Podem ocorrer maioritariamente musgos como: *Cryphaea heteromalla* (taxon do início da sucessão ecológica), *Homalothecium sericeum*, *Leptodon smithii*, *Leucodon sciuroides* e *Pterogonium gracile*, na sua maioria normalmente férteis. A hepática *Radula lindenberghiana* pode ser considerada a mais representativa nestes locais. Nos líquenes podemos observar diversas espécies de *Parmelia* sp. e de *Ramalina* sp., que apresentam

formas de vida do tipo foliáceo e fruticuloso, respetivamente e em bom estado vegetativo.

Em resumo, em 2015 realizou-se o acompanhamento anual das comunidades epifíticas de briófitos e líquenes na envolvente à CTRSU de São João da Talha. Os briófitos e líquenes apresentam características que permitem que a nível global sejam considerados “sensores da natureza”, devido ao facto de reagirem ao mínimo de perturbação. Estes organismos embora sejam distintos a nível fisiológico e morfológico respondem normalmente da mesma forma a alterações do meio ambiente podendo ser mais ou menos resistentes, ou mais ou menos sensíveis à poluição atmosférica ou a outros fatores como é o exemplo das alterações climáticas, pois há espécies muito sensíveis e outras tolerantes. As alterações ambientais são assim facilmente detetadas pelas comunidades epifíticas pois estes organismos estão constantemente ativos 24 sobre 24 horas todos os dias do ano.

Como tem ocorrido em anos anteriores foram detetadas oscilações nos valores de RF (Riqueza Florística) e de IPA (Índice de Pureza Atmosférica) em 2015. A RF manteve-se constante em 17 estações, subindo em 5 e reduzindo em 3. Em relação ao IPA, manteve-se constante em 5 estações, aumentou em 17 e desceu em 3 estações. Estas alterações deveram-se sobretudo a ligeiras alterações de frequência e cobertura de algumas espécies de briófitos e líquenes sobre o ritidoma de *Olea europaea*, ou à descoberta de novas espécies numa determinada estação, o que não revela por si só uma melhor ou pior qualidade do ar na área de estudo. As 3 classes de qualidade ambiental (Frac, $IPA \leq 4$; Intermédia, $4 < IPA < 8$; ou Boa, $IPA \geq 8$) que têm sido utilizadas na monitorização não revelaram alterações o que indica uma estabilização das condições ambientais. As espécies mais sensíveis de briófitos e líquenes que estão a ser monitorizadas espécime a espécime *in situ*, não revelaram sinais de degradação, estando os seus talos na sua maioria em boas condições vegetativas.

Tal como em 2014, no presente ano foram apenas utilizadas 25 estações das 42 iniciais no início do projeto, este fator é bastante visível no mapeamento (figuras 2 e 3) das diferentes zonas onde as áreas a verde representam regiões de RF e IPA mais elevados, predominando mais uma vez a NW da CTRSU, entre as regiões de Loures e Bucelas, distante de indústrias, aglomerados urbanos e das principais vias de tráfego, onde ainda podem ser encontrados locais com vegetação semi-natural como é o exemplo da estação 20, onde ocorrem espécies não muito vulgares na região. A estação 20, tal como a 5, 6,

26 e 28 apresentam comunidades criptogâmicas em muito bom estado de conservação o que é raro noutros locais da Europa com densidade populacional e industrial análoga. Nestes locais podemos encontrar os briófitos *Radula lindenbergiana* (hepática), *Homalothecium sericeum* (musgo), *Leucodon sciuroides* (musgo), *Cryphaea heteromalla* (musgo) e muitos líquenes dos géneros *Parmelia* spp. e *Ramalina* spp. e outras espécies onde a presença não é frequente em ambientes urbanos. Encontramos igualmente muitas vezes estas espécies a realizarem reprodução sexuada (cápsulas nos briófitos e apotécios nos líquenes) o que é um excelente indicador de estabilidade ambiental.

Para concluir, em 2015 registaram-se pequenas alterações na flora epifítica na área de estudo, sendo visíveis nos valores da RF e de IPA, no entanto, estas variações não se podem associar a uma degradação ambiental na área envolvente à CTRSU. Estes sensores são assim importantes para juntamente com os métodos convencionais, monitorizarem uma determinada região, alertando para possíveis problemas de saúde pública.

3. Fitoplâncton

O fitoplâncton é considerado uma comunidade chave nos ecossistemas estuarinos, dado que responde rapidamente a alterações ambientais e está na base das cadeias tróficas, influenciando os elos tróficos seguintes. O seu crescimento depende da luz, dos nutrientes e da estabilidade da coluna de água. No estuário do Tejo, os nutrientes como os nitratos e silicatos chegam ao estuário principalmente por via fluvial, enquanto os fosfatos são renovados através da ressuspensão dos sedimentos.

A recolha de amostras para o estudo da comunidade de Fitoplâncton foi efetuada em situação de maré morta, em preia-mar, no início da vazante, nas 4 estações situadas na área envolvente à CTRSU. Nos primeiros anos do programa de monitorização as colheitas eram mensais, nos anos mais recentes foram reduzidas para um total entre 6 a 10 colheitas por ano.

No presente relatório apresenta-se a série de dados, desde 1999 até ao final de 2015. A figura 4 ilustra os valores mensais de Clorofila a obtidos em todas as estações (gráfico de topo) e o desvio em relação à média total dos valores médios anuais (gráfico inferior). Registou-se um decréscimo da clorofila a, índice de biomassa do Fitoplâncton, de 2007 a 2011. Este decréscimo pode estar relacionado com a introdução da amêijoia-japonesa (*Ruditapes philippinarum*) no estuário do Tejo, que teve recentemente uma

explosão demográfica. Com efeito, sendo um bivalve filtrador, a amêijoia pode ser responsável pela diminuição de biomassa fitoplanctónica observada durante este período. A amêijoia-japonesa é uma espécie exótica, cuja apanha é ilegal; deste modo, não temos meios de testar esta hipótese, dado que não existem dados temporais de abundância ou de esforço de pesca. No entanto, através de informações de questionários, a abundância da amêijoia no Tejo estabilizou. Verifica-se, a partir de 2012, que a biomassa fitoplanctónica apresenta flutuações inter-anuais semelhantes ao período antes de 2005.

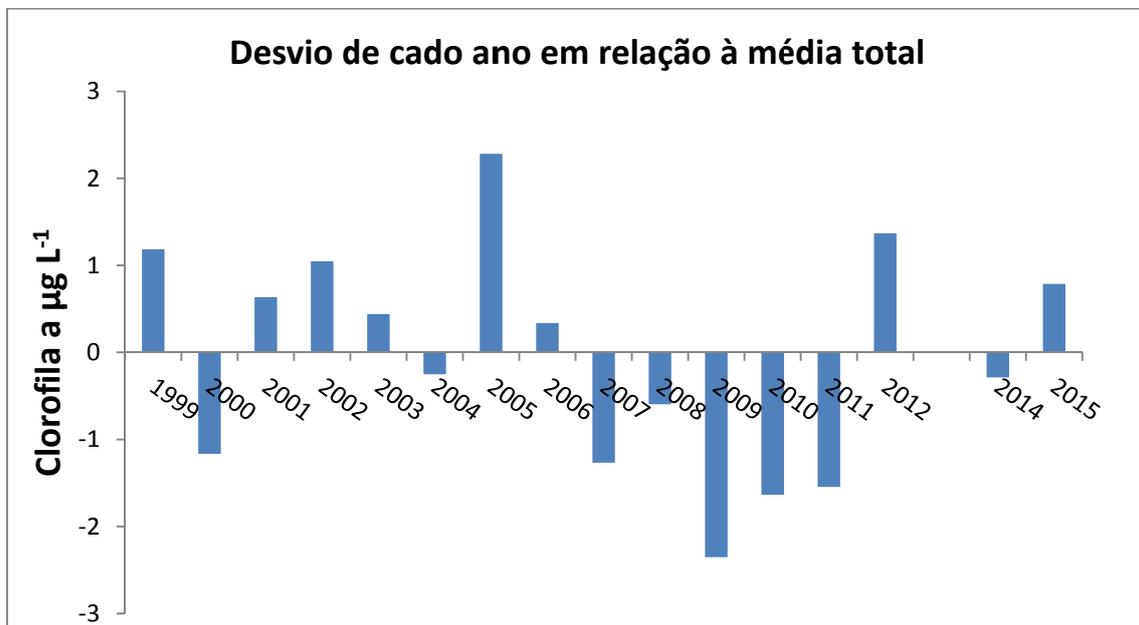
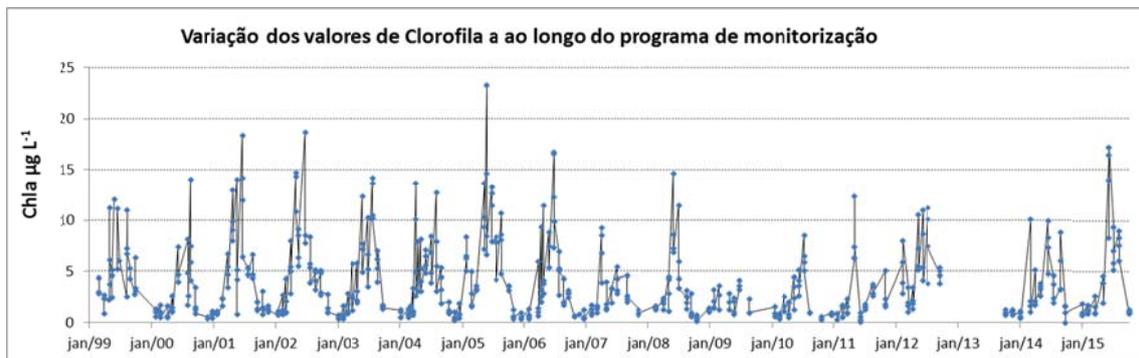


Figura 4. Série total de resultados dos valores de clorofila a (índice de biomassa para o Fitoplâncton), para as estações estudadas (gráfico de cima). Desvio de cada valor da média anual em relação á média dos valores dos anos todos (gráfico de baixo).

Em termos dos grupos constituintes da comunidade, notou-se, ao longo da série temporal, um decréscimo nas diatomáceas, embora continuem a ser o grupo taxonómico

dominante. Os grupos taxonómicos potencialmente causadores de fenómenos de “blooms” nocivos, isto é, os dinoflagelados e as cianobactérias, mantêm-se em concentrações reduzidas. Deste modo, pode-se concluir que a elaboração da Central não está a ter efeitos negativos na comunidade de Fitoplâncton do Estuário do Tejo.

4. Macroinvertebrados e ictiofauna

A comunidade epifaunística tem sido dominada por duas espécies de crustáceos decápodes: o camarão-mouro, *Crangon crangon* e o caranguejo-verde *Carcinus maenas*. As figuras 5 e 6 apresentam os desvios da densidade média anual (número de indivíduos m^{-2}) em relação à média do período monitorizado (1999-2015), respetivamente do camarão-mouro e do caranguejo-verde. Em ambas as figuras se nota um período de maior densidade correspondente aos anos de 2004 a 2007 (2006 no caso do caranguejo-verde) contrastando com dois períodos de menor densidade, 1999-2003 e 2008-2015. Este aumento de densidade resulta muito provavelmente de excelentes condições ambientais que proporcionaram um aumento do fitoplâncton e zooplâncton, aumento esse que se veio a refletir na teia trófica do estuário do Tejo. Com efeito, o Zooplâncton constitui um dos itens alimentares preferenciais do camarão-mouro que, por sua vez, pode ser uma presa para o caranguejo-verde.

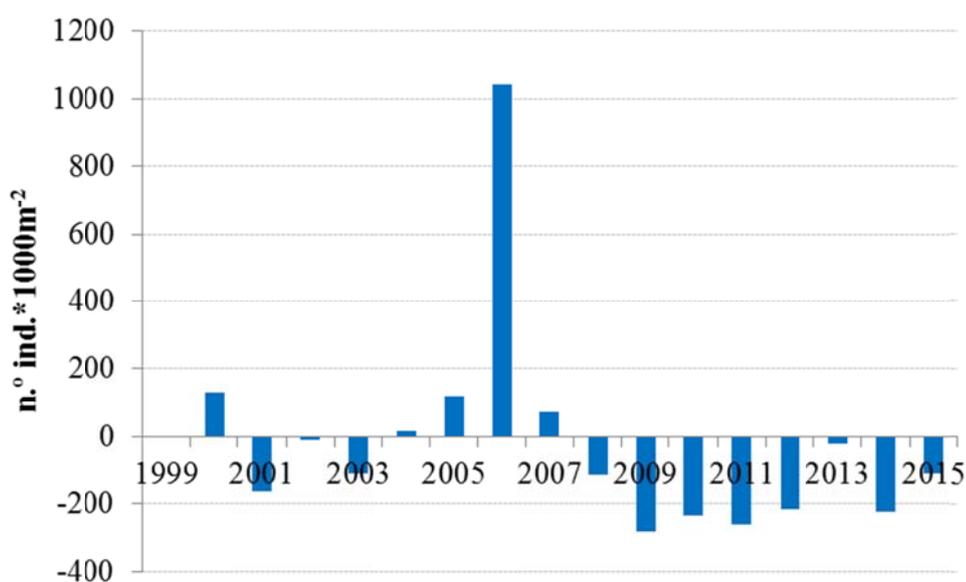


Figura 5. Desvio da densidade média anual (número de indivíduos m^{-2}) do camarão-mouro, *Crangon crangon* em relação à média do período monitorizado (1999-2015).

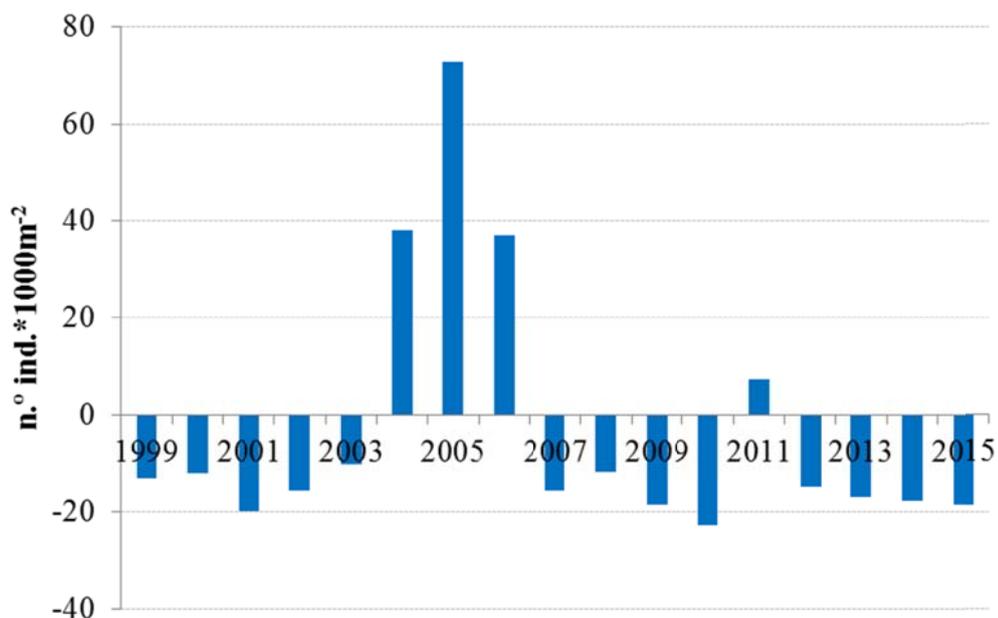


Figura 6. Desvio da densidade média anual (número de indivíduos m^{-2}) do caranguejo-verde *Carcinus maenas* em relação à média do período monitorizado (1999-2015).

A comunidade ictíca tem sido dominada por uma espécie, o caboz-da-areia, *Pomatoschistus minutus*, cuja densidade tem vindo a apresentar uma tendência decrescente desde o ano de 2002 (Figura 7). Tal facto pode dever-se a uma competição com outra espécie *P. microps*, eventualmente melhor adaptado a flutuações ambientais, especialmente a menores valores de salinidade.

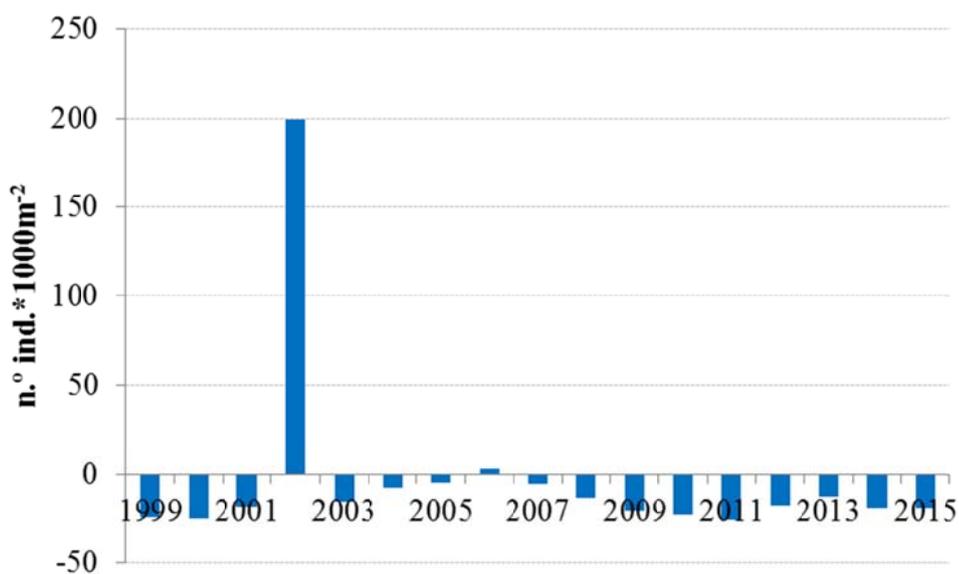


Figura 7. Desvio da densidade média anual (número de indivíduos m^{-2}) do caboz-da-areia, *Pomatoschistus minutus* em relação à média do período monitorizado (1999-2015).

5. Contaminantes

Metais

As tabelas 2 e 3 apresentam a evolução temporal das concentrações de cádmio (Cd), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg), presentes no músculo de camarão-mouro, *Crangon crangon* e caboz-da-areia, *Pomatoschistus minutus*. Esta série de dados mostra valores anormalmente elevados, em especial para o Cd e Pb, no ano de 2014. Para se observar melhor a variação temporal dos teores destes contaminantes naqueles seres vivos, elaboraram-se as figuras 8 a 10 que mostram o desvio de cada ano face ao teor médio (o ano de 2014, pelas razões acima referidas, não foi considerado nesta análise).

Tabela 2. Comparação dos valores médios e desvio-padrão dos teores de metais (Cd, Pb e Hg, $\mu\text{g g}^{-1}$) no músculo do camarão-mouro *Crangon crangon* capturado entre 1999 e 2015.

	Pb		Cd		Hg	
	Média	desv padrão	Média	desv padrão	Média	desv padrão
1999	2.52	0.00	0.07	0.00		
2000	4.10	0.14	0.07	0.06	0.09	0.01
2001	4.50	0.00	0.07	0.00	0.29	0.00
2002	2.79	0.75	0.17	0.09	0.21	0.10
2003	1.10	0.00	0.08	0.00	0.23	0.00
2004	3.25	1.35	0.15	0.08	0.17	0.03
2005	5.44	0.95	0.14	0.02	0.23	0.03
2006	2.35	1.35	0.09	0.02	0.23	0.02
2007	4.00	1.54	0.10	0.02	0.19	0.02
2008	3.51	2.21	0.12	0.01	0.21	0.01
2009	5.97	0.00	0.14	0.00	0.24	0.00
2010	2.42	1.09	0.07	0.03	0.17	0.03
2011	3.71	0.00	0.11	0.00	0.24	0.00
2012	4.72	1.57	0.18	0.07	0.20	0.16
2014	50.57	11.00	4.20	4.10	0.39	0.10
2015	0.20	0.03	0.04	0.01	0.15	0.01

Tabela 3. Comparação dos valores médios e desvio-padrão dos teores de metais (Cd, Pb e Hg, $\mu\text{g g}^{-1}$) no músculo do caboz-da-areia *Pomatoschistus minutus* capturado entre 1999 e 2015.

	Pb		Cd		Hg	
	Média	desv padrão	Média	desv padrão	Média	desv padrão
1999	0.71	0.34	0.04	0.06	0.03	0.00
2000	0.51	0.08	0.01	0.00	0.30	0.01
2001	5.60	0.00	0.02	0.00	0.24	0.00
2002	1.49	0.98	0.02	0.01	0.18	0.05
2003	2.20	0.00	0.03	0.00	0.31	0.00
2006	0.93	0.00	0.02	0.00	0.25	0.00
2007	1.27	0.51	0.03	0.01	0.20	0.01
2008	0.81	0.13	0.02	0.00	0.23	0.02
2009	1.00	0.00	0.03	0.00	0.27	0.00
2010	0.38	0.04	0.02	0.01	0.22	0.06
2012	1.91	1.18	0.04	0.01	0.14	0.09
2014	57.32	21.18	1.92	3.73	0.17	0.07
2015	0.29	0.06	0.02	0.00	0.25	0.01

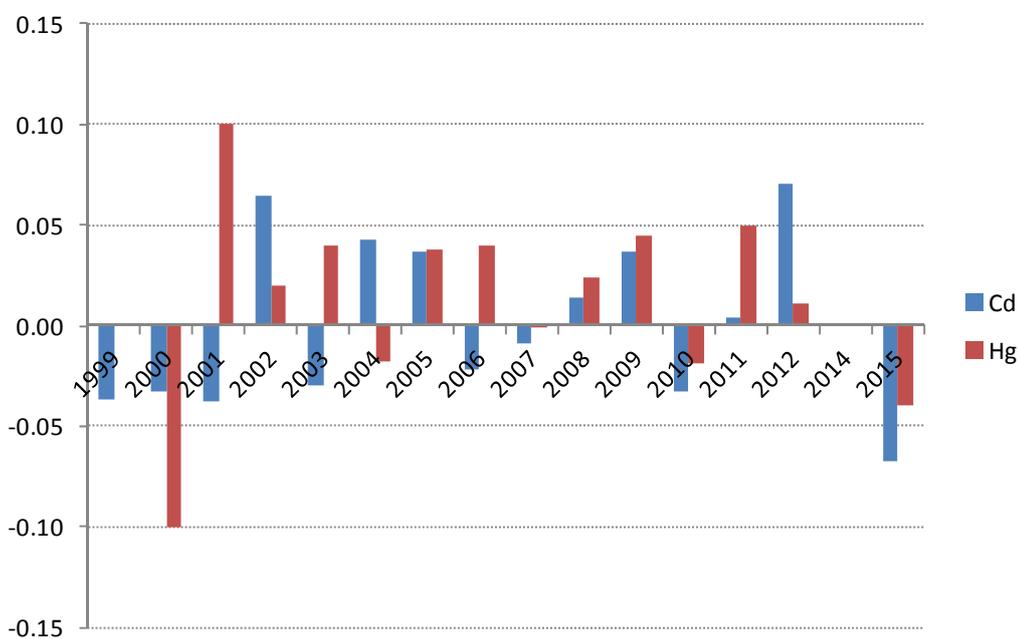


Figura 8. Desvio do teor médio anual do Cd e Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$) no camarão-mouro, *Crangon crangon*, em relação à média do período monitorizado (1999-2015).

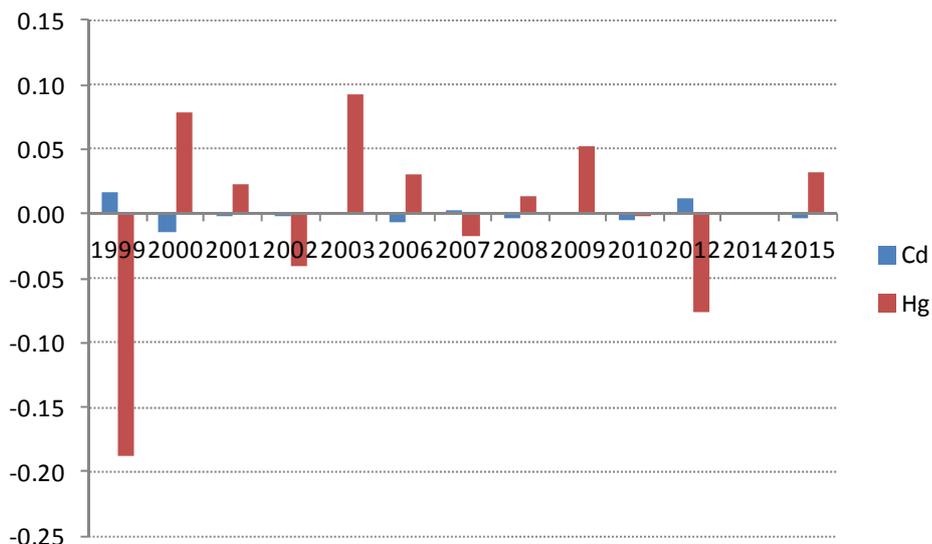


Figura 9. Desvio do teor médio anual do Cd e Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$) no caboz-da-areia, *Pomatoschistus minutus* em relação à média do período monitorizado (1999-2015).

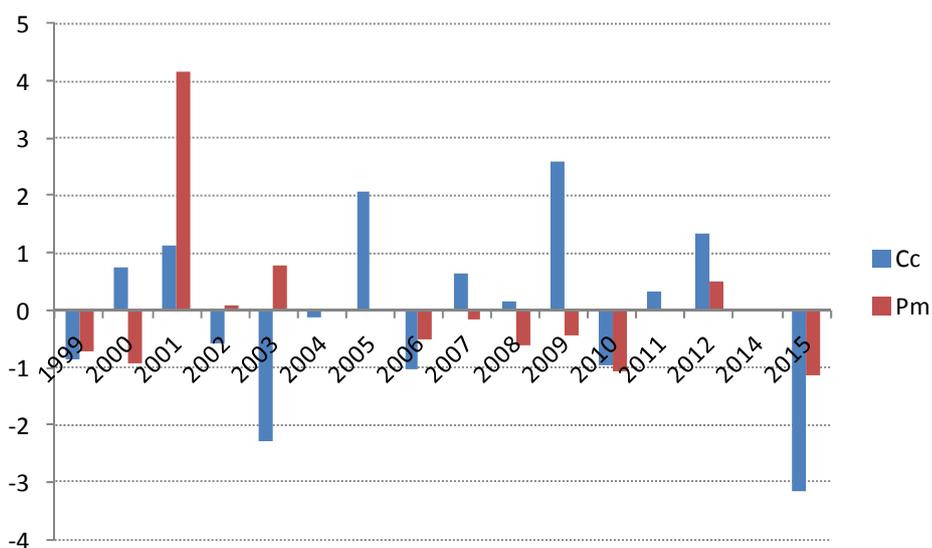


Figura 10. Desvio do teor médio anual do Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$) no camarão-mouro, *Crangon crangon* e no caboz-da-areia, *Pomatoschistus minutus* em relação à média do período monitorizado (1999-2015).

A figura 8 apresenta os desvios dos teores de Cd e Hg no músculo do camarão-mouro, *Crangon crangon*, para o período de 1999 a 2015. De um modo global, verifica-se uma tendência para valores acima da média nos anos de 2001 a 2012, com particular relevo para o ano de 2001 para Hg e 2012 para o Cd. No caso do caboz-da-areia, *Pomatoschistus minutus*, e para os mesmos elementos (Figura 9), não há uma tendência clara de evolução positiva ou negativa ao longo do período analisado mas há um maior

número de anos (sete) acima da média no caso do Hg e um maior número de anos abaixo da média para o Cd. De referir que os teores encontrados para este metal são muito mais baixos comparativamente aos detetados no camarão-mouro e esse facto deve-se à forte afinidade dos crustáceos em geral para incorporarem o Cd nos seus tecidos, em especial os tecidos moles. No caso do Pb, e para o camarão-mouro *Crangon crangon*, há também uma alternância entre anos acima e abaixo da média, sendo de referir os anos de 2009 e 2015 pela expressividade dos valores acima e abaixo da média, respetivamente (Figura 10). O caboz-da-areia, *Pomatoschistus minutus* apresenta relativamente a este metal uma tendência abaixo da média desde o não de 2006.

Dioxinas e furanos

A análise dos teores de dioxinas e furanos foi efetuada por um laboratório independente certificado pela Comissão Europeia. As figuras 11 a 13 apresentam a evolução dos teores de dioxinas e furanos (WHO-TEQ (1998), ng kg⁻¹) respetivamente no camarão-mouro (*Crangon crangon*), no caranguejo-verde (*Carcinus maenas*) e no caboz-da-areia (*Pomatoschistus minutus*). Os dados referentes a 2005 foram estimados na base lípidos (para permitir a comparação com os anos anteriores), considerando que a percentagem aproximada de lípidos nas amostras é de cerca de 1%.

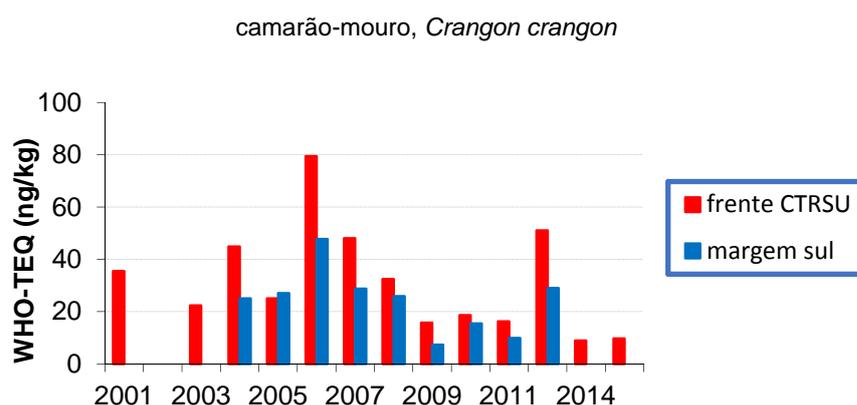


Figura 11. Teores de dioxinas (WHO-TEQ; ng kg⁻¹) em *Crangon crangon* (camarão-mouro) de 2001 a 2015.

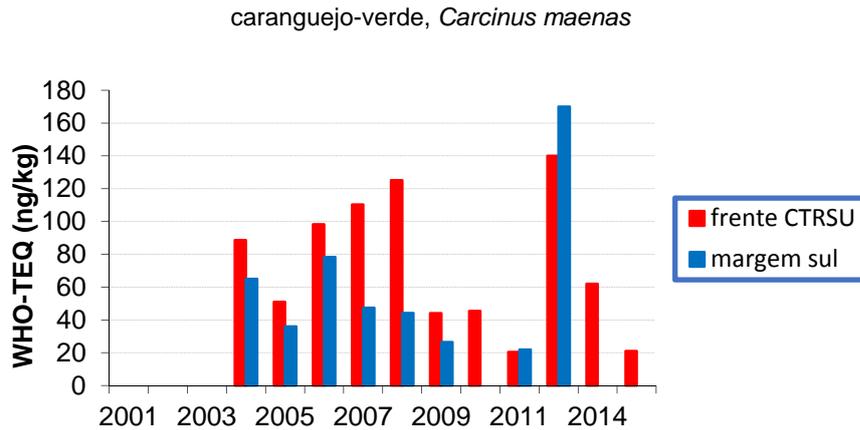


Figura 12. Teores de dioxinas (WHO-TEQ; ng kg⁻¹) em *Carcinus maenas* (caranguejo-verde) de 2004 e 2015.

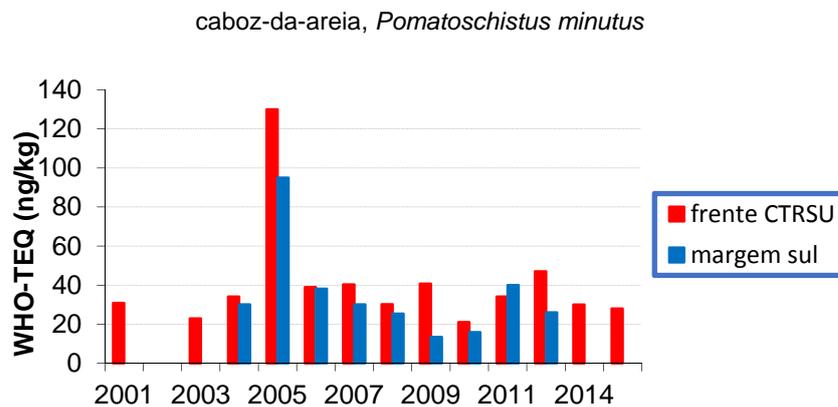


Figura 13. Teores de dioxinas (WHO-TEQ; ng kg⁻¹) em *Pomatoschistus minutus* (caboz-da-areia) de 2001 a 2015.

Analisando a figura 11 constata-se que, de 2003 a 2006, há uma tendência crescente nos teores de dioxinas encontrados no camarão-mouro mas, a partir de 2006, essa tendência é decrescente, apresentando o ano de 2009 os teores mais baixos até então. De 2009 a 2012, observa-se nova tendência crescente nos teores de dioxinas, após o que se verifica nova tendência decrescente. Esta mesma tendência foi encontrada na população da margem sul evidenciando que todo o ambiente estuarino tem estado sob uma crescente influência de fatores antropogênicos mas em menor quantidade nesta região.

Relativamente ao caranguejo-verde (*Carcinus maenas*), os teores de dioxinas e furanos determinados entre 2005 e 2008 revelam uma tendência crescente (Figura 12). Entre

2009 e 2011 os valores determinados foram muito mais baixos, variando entre 20 e 45 ng kg⁻¹ mas, em 2012, os valores foram os mais elevados de todo o período analisado (cerca de 140 ng kg⁻¹). A partir desse ano, nota-se novo decréscimo dos valores, situando-se os teores de 2015 próximos dos de 2011. Os teores observados nos indivíduos capturados na margem sul, sendo proporcionalmente menores, não evidenciam o padrão da população da cala norte, mostrando uma tendência decrescente entre 2006 e 2011. Em 2012, os teores observados foram também os mais elevados da série de dados e surpreendentemente superiores aos determinados para a estação frente à CTRSU.

O caboz-da-areia (*Pomatoschistus minutus*) foi a única espécie piscícola analisada. Esta espécie contraria a tendência decrescente verificada nas duas espécies de crustáceos analisados. Com efeito, a partir do ano de 2005 em que se registaram teores de dioxinas e furanos extremamente elevados, a série de anos entre 2006 e 2015 indicia uma tendência para alguma estabilidade à volta de um valor médio de 35 ng kg⁻¹ (figura 13), embora com valores mais elevados num ano ou outro. Por exemplo, é de referir que, em 2012, os teores encontrados nesta espécie situaram-se nos 47 ng kg⁻¹, tendo descido para valores de 28 ng kg⁻¹ em 2015. Pelo contrário, na margem sul, assiste-se a uma tendência decrescente desde 2005, tendo os teores de 2009 sido os mais baixos de sempre para esta espécie. Em 2011 e 2012, registou-se um aumento substancial para níveis semelhantes aos de 2006.

A análise dos teores de dioxinas e furanos nestas três espécies estuarinas revela-se de particular importância porque são espécies residentes, ou seja, passam todo o seu ciclo de vida no estuário, refletindo assim as pressões antropogénicas exercidas sobre esse ambiente. Acrescente-se ainda que as espécies de crustáceos (camarão-mouro e caranguejo-verde), ao serem objeto de consumo humano direto ou indireto (ao fazerem parte da dieta de importantes espécies piscícolas de interesse comercial como a corvina e o robalo), revelam grande preocupação pelos valores registados nos últimos anos uma vez que têm estado acima dos valores de referência enquadrados na legislação comunitária para peixes e produtos da pesca (4 ng WHO-PCDD/F-TEQ/ kg peso fresco), sendo particularmente preocupantes os observados no caranguejo-verde.

6. Referências bibliográficas

- Bento-Pereira F. & C. Sérgio 1983. Líquenes e briófitos como bioindicadores da poluição atmosférica - II Utilização de uma escala quantitativa para Lisboa. *Revista de Biologia* 12: 297-312.
- Baldwin, L. K. & Bradfield, G. E. (2005). Bryophyte community differences between edge and interior environments in temperate rain-forest fragments of coastal British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 580-592.