



ECOTOXICOLOGIA
Faculdade de Ciências,
UNIVERSIDADE de LISBOA
2018/2019
Isabel Caçador
(micacador@fc.ul.pt)

A ecotoxicologia e o problema dos testes

Vulgarmente a toxicidade avalia-se através de testes

Agudos ou letais /letalidade a curto prazo

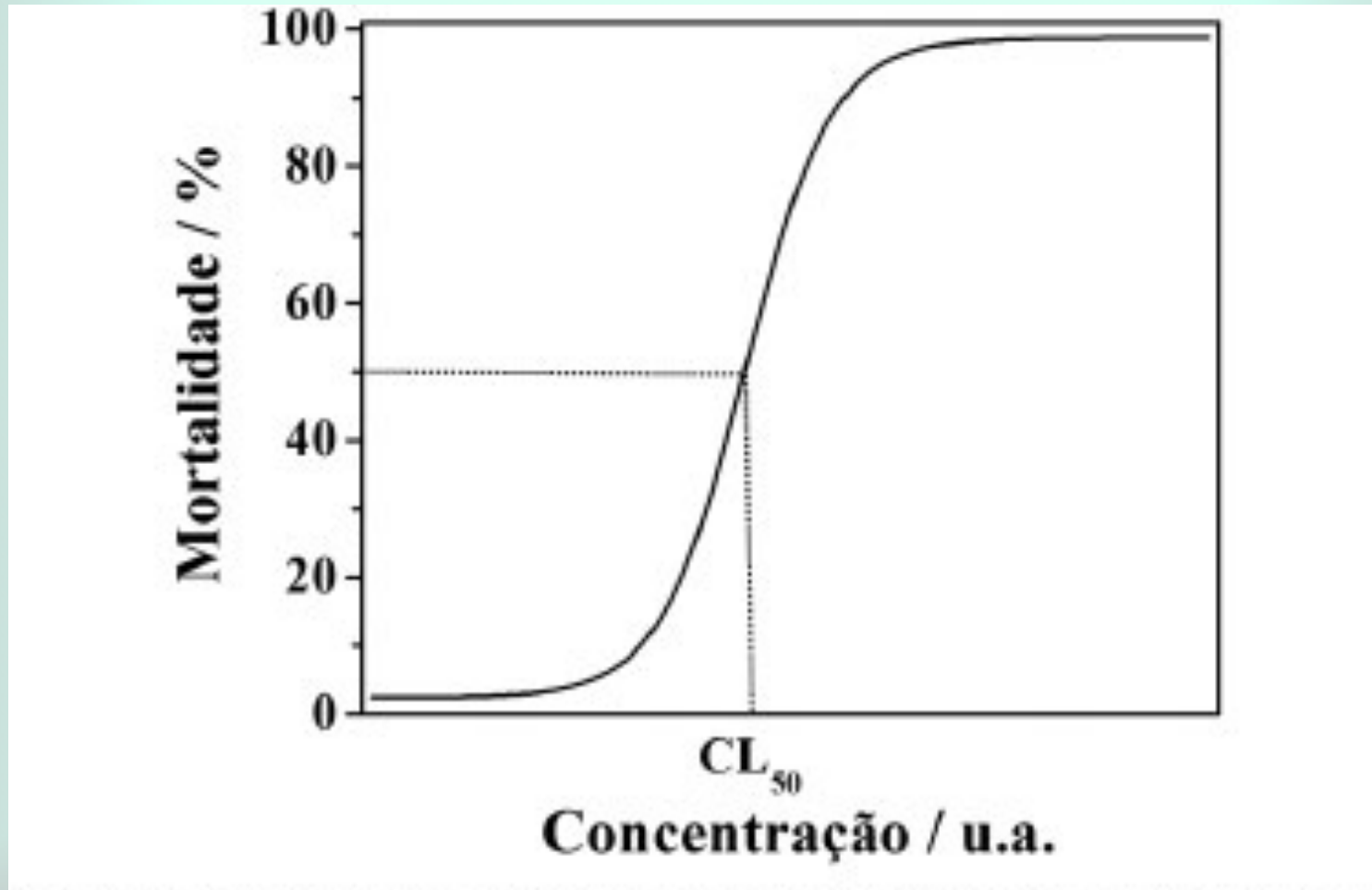
Crónicos /letalidade a longo prazo



EFEITO



Curva dose-resposta obtida em testes de toxicidade



Vulgarmente mede-se a letalidade a curto prazo para avaliar a toxicidade

48 LD 50, 48 LC 50 ou 98 LC50, pode ainda determinar-se o EC

As unidades utilizadas mg/kg ou l ou moles/kg ou l,

Tendo estas últimas uma base química mais uniforme

MLD ~ LD1, dose mínima que mata pelo menos 1 indivíduo

MDNF - dose máxima nunca letal

MDAF - dose mínima sempre letal

Pt- Log de base 10 da concentração

Ex. $0,001\text{mol kg}^{-1} = 10^{-3}$

PT=3

2014/2015

VALORES ORIENTADORES DE METAIS PESADOS

Para Qualidade de Solos (CETESB, 2001)			Presentes em LEs (CONAMA, 2006)
Poluentes	Referência de qualidade (mg/kg)	Prevenção (mg/kg)	Limite crítico em base seca (mg/kg)
Cobre (Cu)	35	60	1500
Chumbo (Pb)	17	72	300
Mercúrio (Hg)	0,05	0,5	17
Zinco (Zn)	60	300	2800

Fonte: Adaptado de CETESB (2001) e CONAMA (2006).

Elementos Essenciais

Na sua constituição, entre 90 a 95% do seu peso seco das plantas é formado por C, H, O. Esses elementos orgânicos, são retirados do ar e da água, abundantes em nosso sistema.

Existem ainda os micro e os macronutrientes

Os poluentes: os plásticos

BAQUELITE LIS.

BAQUELITE LIS. S.A.
QUE PROCURA ACOMPANHAR
SEMPRE A EVOLUÇÃO TÉCNICA
ECONOMIZANDO ASSIM PARA
O INTERESSE DA INDÚSTRIA NACIONAL
E O BEM-ESTAR DO CONSUMIDOR.
PLÁSTICOS, CUMPRIMENTA

ISTILENO
APROVADO OFICIALMENTE PELO
L. N. E. C.



O Primeiro plástico torna-se conhecido num concurso nos **Estados Unidos em 1860**

Nesse concurso ofereciam-se 10 000 dolares a quem produzisse uma matéria prima que pudesse substituir o marfim, cujas reservas começavam a esgotar, para o fabrico de bolas de bilhar.

Concurso foi ganho por *John Hyatt* e criou um tipo de plástico que se *chamou celuloide*

÷

Davos 2016
More plastic than fish in the sea by
2050, says Ellen MacArthur



Oceanos em 2050 vão ter mais plástico do que peixes

Davos

20 DE JANEIRO DE 2016

18:54

Lusa







Já se encontraram microplásticos nos gelos do Oceano Ártico

<http://www.globalgarbage.org.br/portal/tag/microplasticos/>

Plásticos: O maior problema ambiental do sec XXI?



Fonte: BBC News – 15 de fevereiro de 2015

“A recent claim that there will be more plastic than fish in the sea by 2050 was intended to highlight a pollution crisis in the oceans”.

As micropartículas resultantes da degradação dos plásticos que usamos são uma fonte crescente de poluição nos ambientes marinhos.

Os metais pesados são contaminantes clássicos, nestes ambientes.

A interação entre estes dois tipos de poluentes é ainda mal conhecida

Por outro lado

A capacidade dos microplásticos poderem viajar passivamente atravessando diferentes salinidades, amplitudes térmicas e variações de pH influenciam a especiação química dos metais e têm um papel relevante na sua adsorção aos microplásticos

Deste modo a interação plástico/metal, tem um papel fundamental na retenção/disponibilidade destes contaminantes em ambientes estuarinos e marinhos.

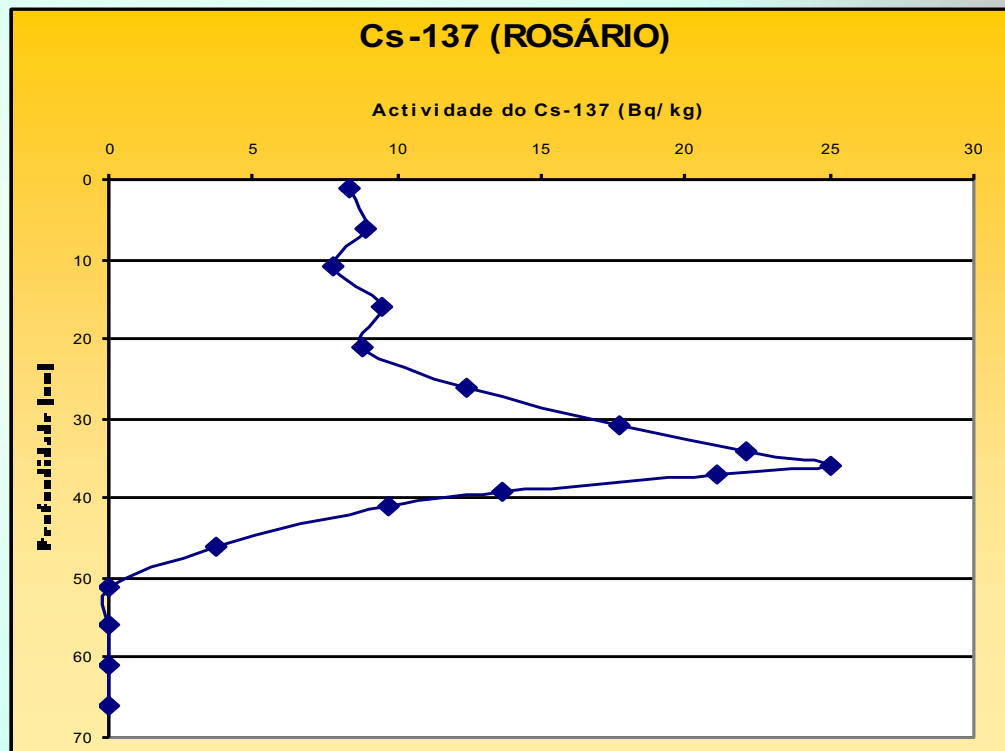
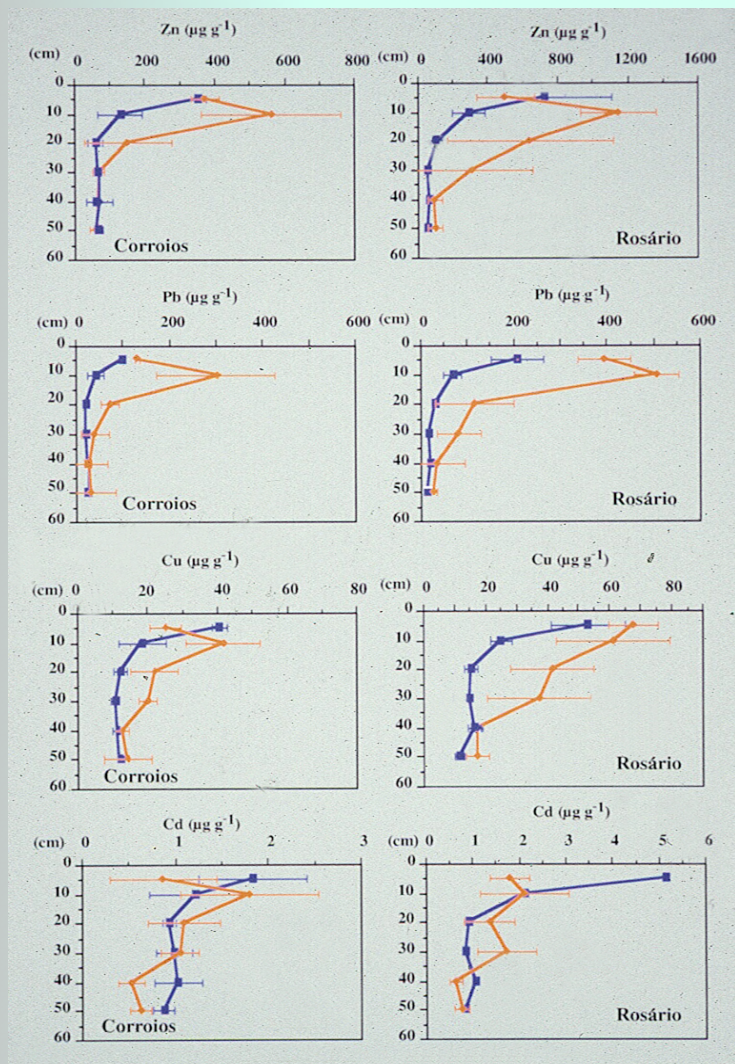
Por outro lado, porque são:
Persistentes e facilmente confundidos com alimento, funcionando como vectores importantes de poluentes nas teias tróficas

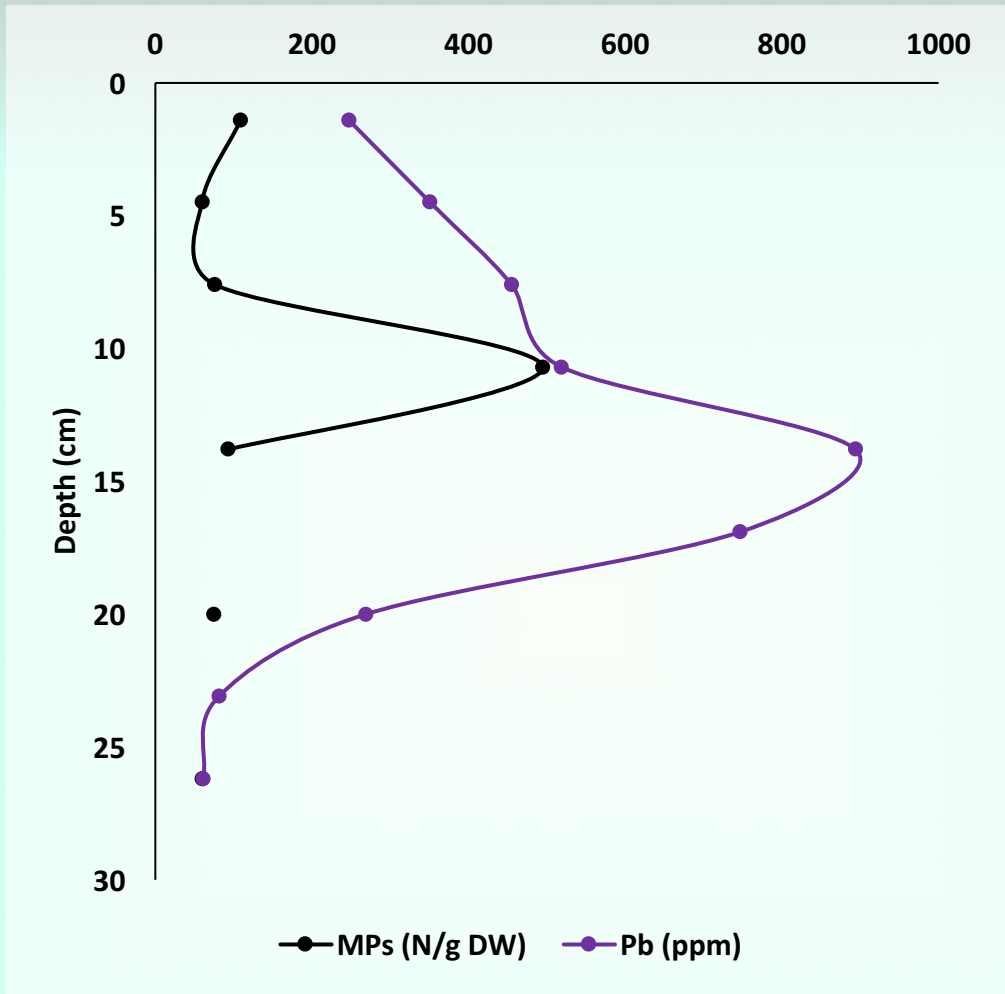
Objectivos

Retenção de microplásticos nos sapais.
Sim ou não?

Papel dos Microplásticos como vectores
de metais pesados

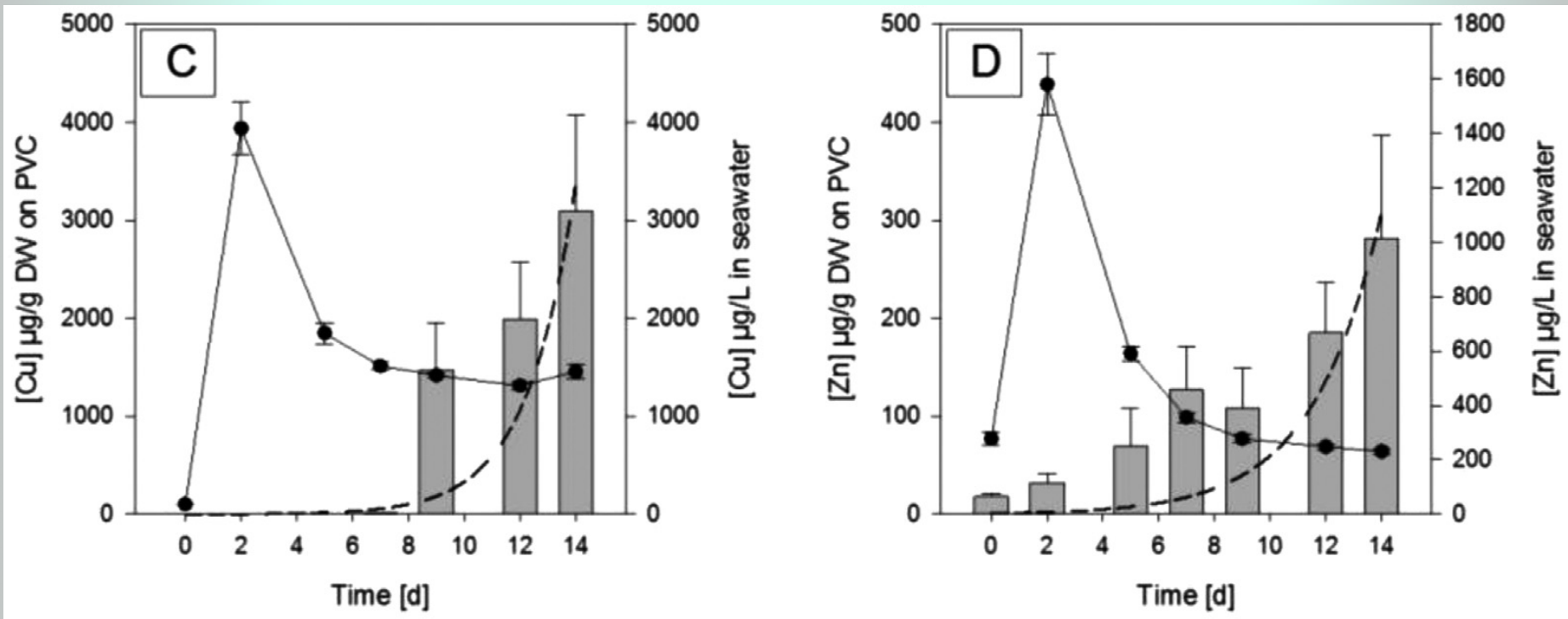
Distribuição vertical de metais em sedimentos datados, do estuário do Tejo



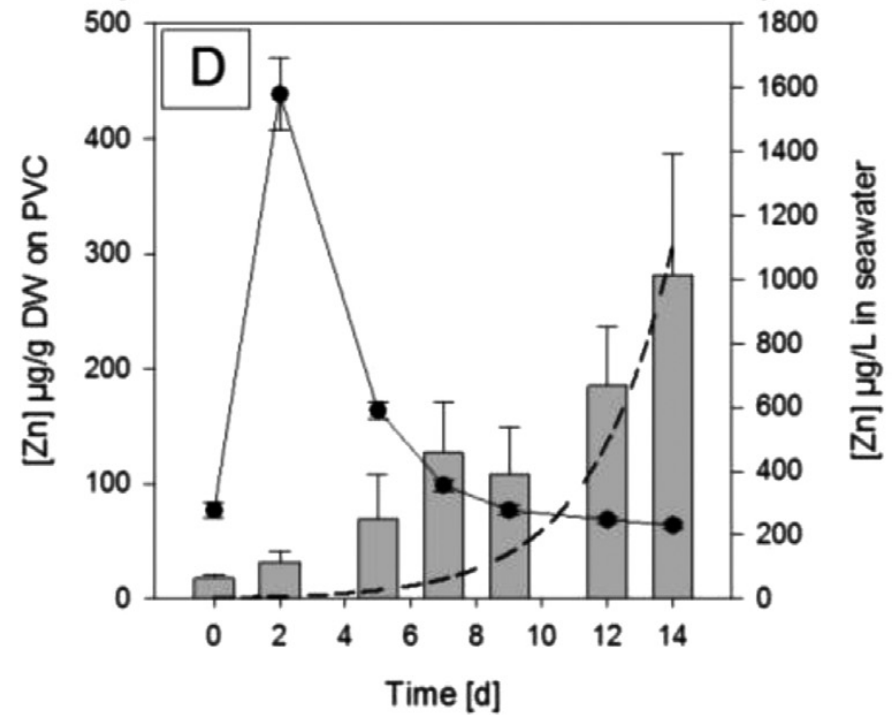
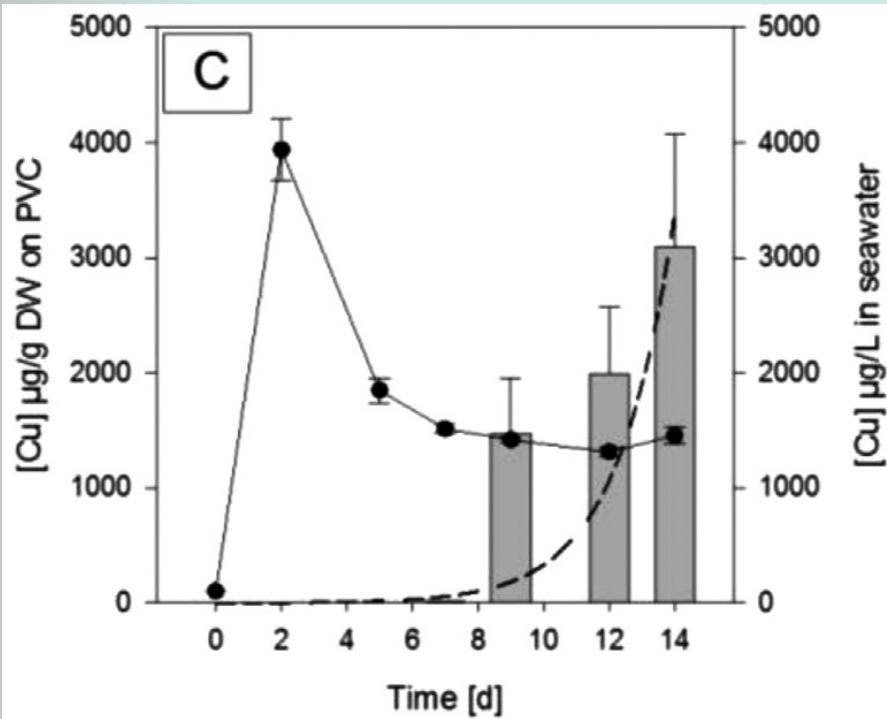


Distribuição vertical das concentrações de Pb (ppm) e de (numero de particulas Microplasticos (ps) num sapal do Mira

Podem ser vectores?

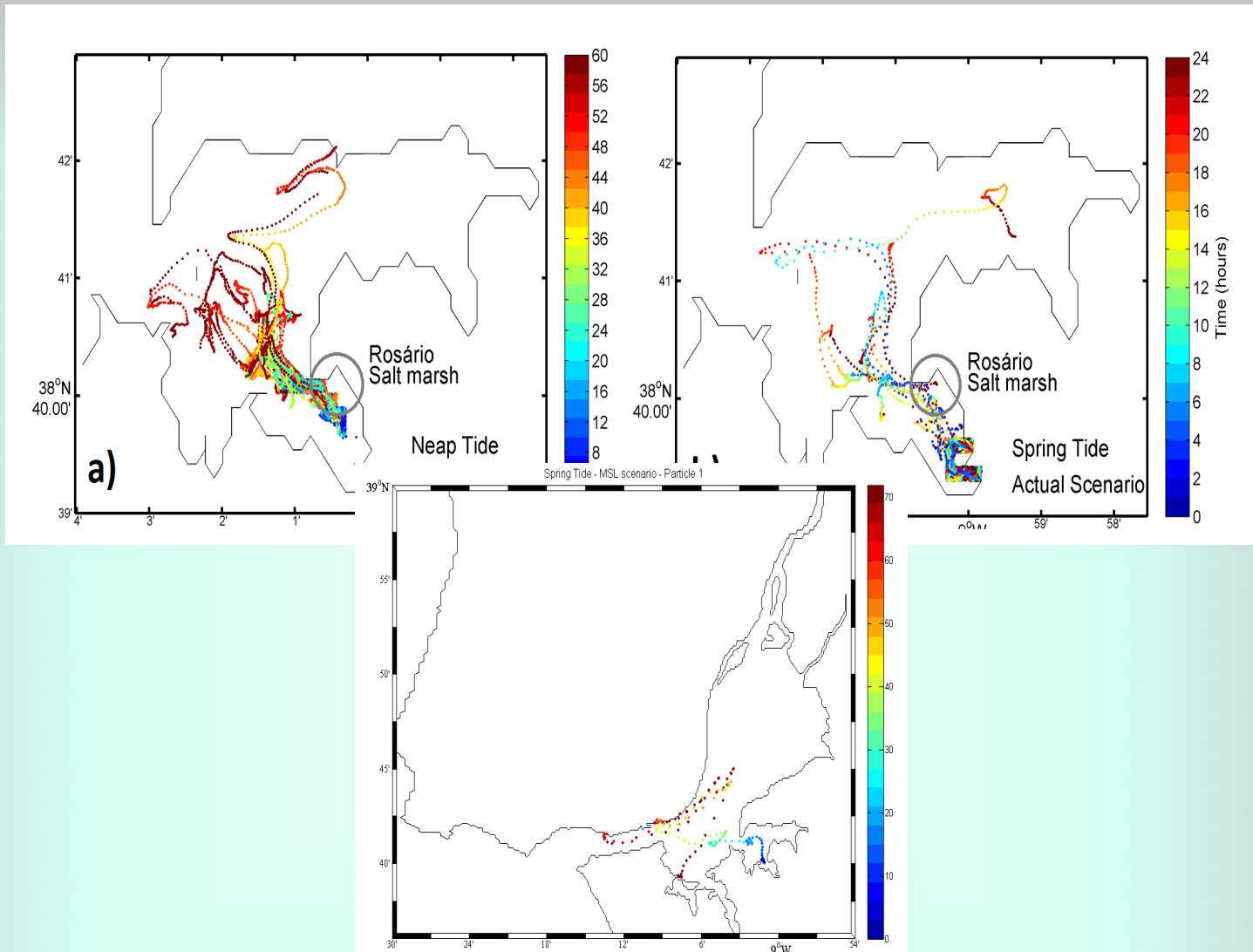


Concentration of Cu and Zn over time. (A) Adsorption of Cu to PS, (B) Adsorption of Zn to PS, (C) Adsorption of Cu to PVC, (D) Adsorption of Zn to PVC. Bars represent the concentration of Zn and Cu on the pellet (mg/g DW of pellets). Solid lines represent concentration of Zn and Cu in the surrounding seawater (mg/L DW of seawater). Dotted lines indicate the growth functions calculated in Table 3. Error bars denote the standard error.



Concentration of Cu and Zn over time. (C) Adsorption of Cu to PVC, (D) Adsorption of Zn to PVC. Bars represent the concentration of Zn and Cu on the pellet (mg/g DW of pellets). Solid lines represent concentration of Zn and Cu in the surrounding seawater (mg/L DW of seawater). Dotted lines indicate the growth functions

Figure 2. Heavy metal release from PS (top) and PVC (bottom) coated with two different antifouling paints at 30 PSU



During this drifting these MPs particles take 48-72 hours to reach the mouth of the estuary releasing high amounts of metals (peak after 48 hours) within the system.

O Futuro.....

Saber qual a contribuição das microplásticos para o papel de sink/source do sapal

Os organismos vivos interferem com o seu próprio meio, alterando a disponibilidade dos poluentes.

Deste modo, são os organismos vivos que melhor registam os efeitos dos poluentes e que apontam os efeitos sinérgicos e antagonísticos dos poluentes nos organismos.

A monitorização feita através da utilização de plantas é ainda retrospectiva e de baixo custo.

O uso das plantas como indicadores da qualidade do ambiente é muito antigo. No Neolítico as plantas eram usadas como indicadoras da fertilidade dos campos. Contudo, foi apenas no século XX e a partir da década de 80 que o termo bioindicador se tornou de uso corrente nos países de expressão não-inglesa. Segundo o dicionário de Oxford, devemos distinguir "bioindicador" e "biomonitor".

Conhecimentos fundamentais:

Interacção química dos metais no ambiente ou especiação química

Mobilidade e adsorção dos metais no solo

Mecanismo de tomada e bioacumulação

Mecanismos que controlam a disponibilidade e a tomada dos metais pelas plantas

Biomonitorização

Bioindicação consiste no uso de um organismo (ou de uma parte de um organismo, ou de um grupo de organismos) para obter informações sobre a qualidade do seu ambiente (ou de uma parte dele). Os organismos capazes de dar informação sobre a qualidade do seu ambiente (ou de uma parte dele) são "bioindicadores".

Biomonitorização consiste na observação contínua de uma área com a ajuda de organismos bioindicadores, os quais neste caso devem ser considerados de "biomonitores". Normalmente estes estudos conduzem a resultados de natureza semi-quantitativa.

BIOMONITOR(S) BIOMONITORING BIOLOGICAL MONITORING

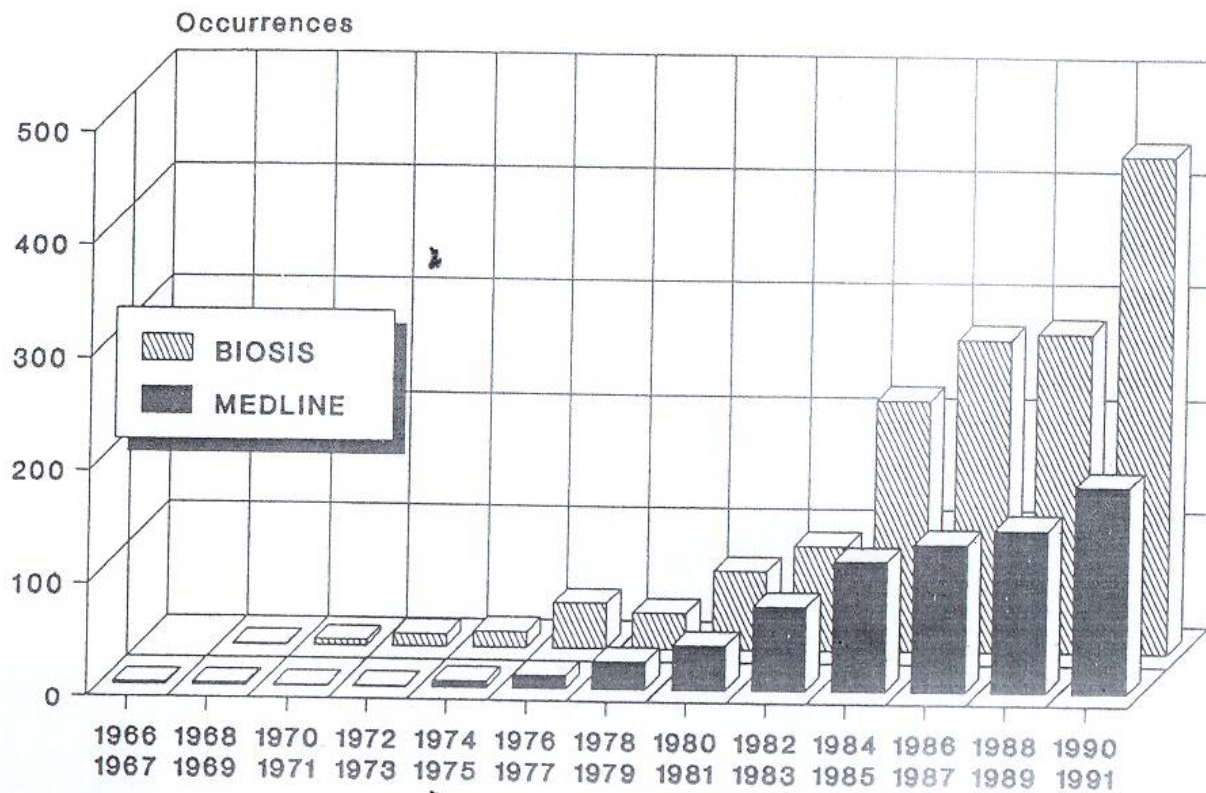
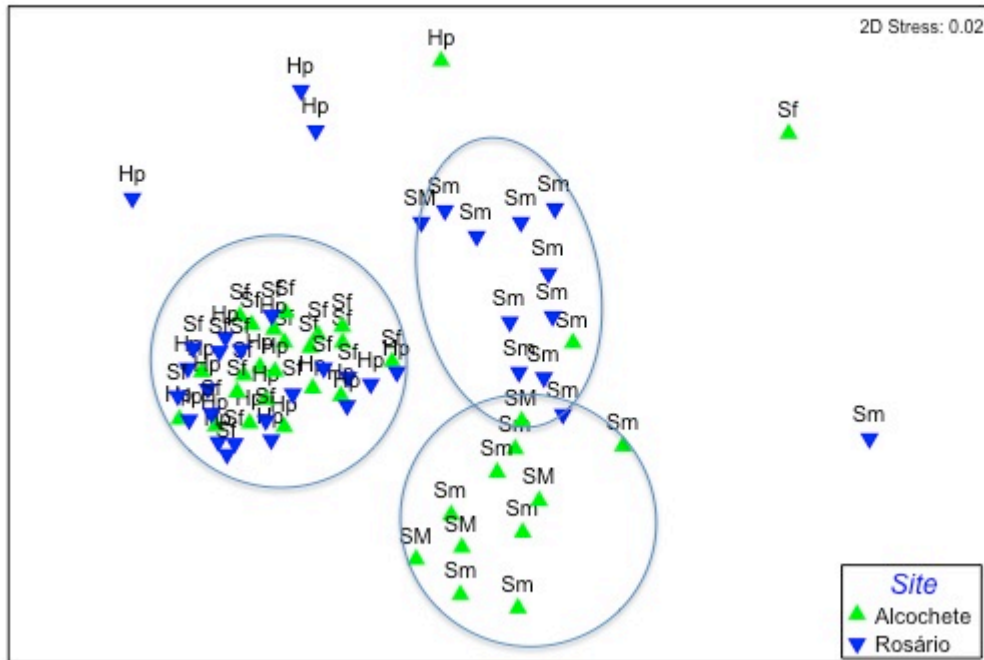


Fig. 1. Records of the terms biomonitor(s), biomonitoring and biological monitoring in the data banks MEDLINE and BIOSIS.

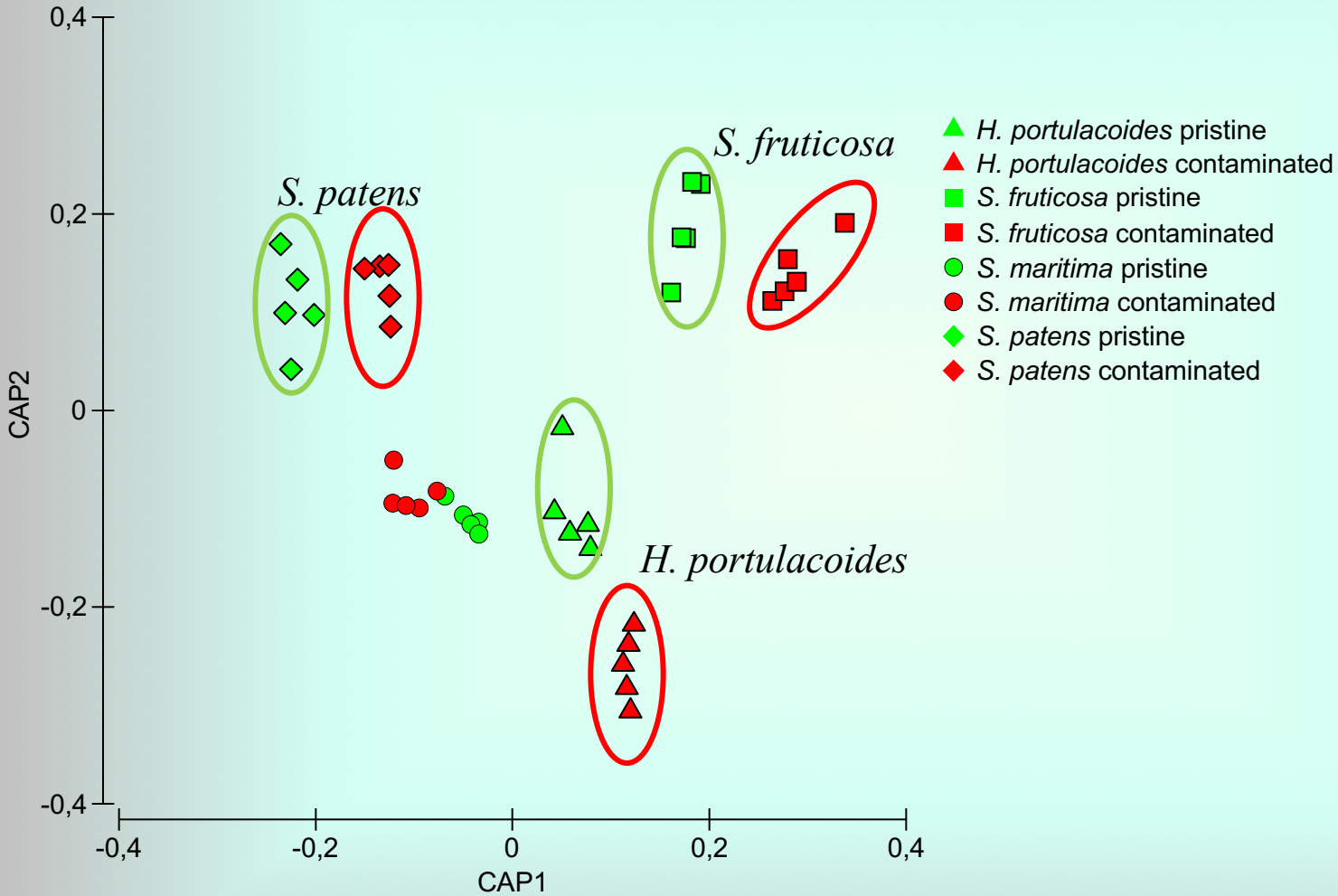
Biomarcadores, definidos como: Uma variação induzida xenobioticamente nos componentes ou processos celulares ou bioquímicos, estruturais ou funcionais mensuráveis num sistema biológico ou numa amostra, são dois conceitos fundamentais cada vez mais importantes na avaliação ecotoxicológica moderna.

Muitos cientistas consideram os biomarcadores meramente como respostas a nível molecular, bioquímico ou fisiológico. Outros numa perspectiva mais alargada, consideram a acumulação de químicos nos tecidos dos organismos vivos, e respostas que ocorrem a nível individual, da população, da comunidade ou do ecossistema.

Halophyte anti-oxidante response as biomarkers

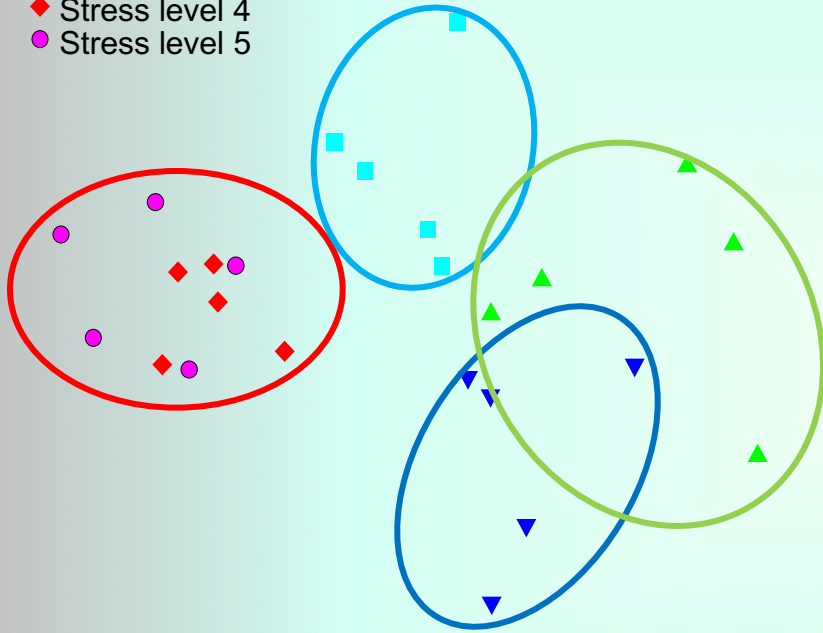


Halophyte fatty acids as biomarkers



Photochemical stress indexes

- ▲ Stress level 1
- ▼ Stress level 2
- Stress level 3
- ◆ Stress level 4
- Stress level 5



Em resumo...

Bioindicação é o uso de um organismo para obter informação sobre a qualidade do ambiente (fotografia)

Biomonitorização é a observação continuada de uma área com a ajuda de biomonitores (filme). Normalmente conduz a uma observação semi-quantitativa dos resultados

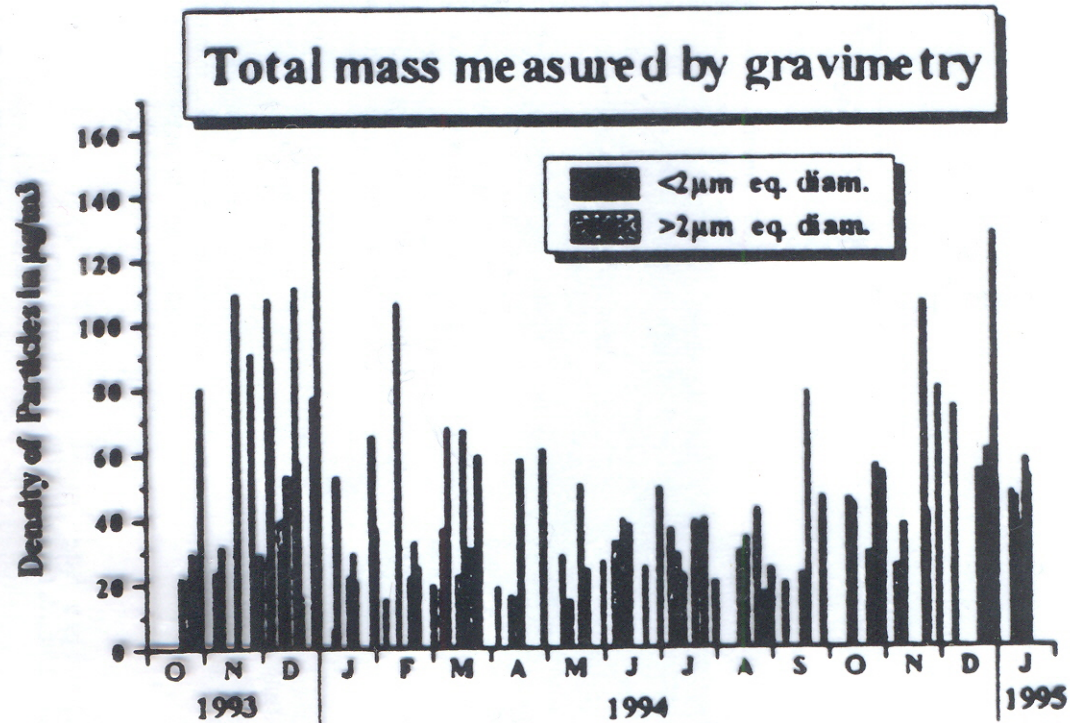
A **biomonitorização** de acordo com a forma como os poluentes entram no ambiente e subsequentemente afectam os organismos pode ocorrer a diferentes níveis de organização:

- 1) a medida de resíduos químicos nos tecidos dos organismos vivos;
- 2) os efeitos que possam causar nas células, tecidos e organismos (incluindo efeitos genéticos);
- 3) os efeitos a níveis superiores de organização, tais como populações e comunidades.

Vários tipos de registos: Através de aparelhos, animais, plantas, gelo, sedimentos e turfeiras

Monitorização Instrumental

Fig. 1 Total mass of particles, determined by gravimetry, for the collected filters



Tab. 3. Comparison of Instrumental and Biological Monitoring (Especially by Plants)

Criteria	instrumental monitoring	biological monitoring
interception included		+
retrospective		+*
low costs		+
great availability		+
no servicing		+*
independent of power source		+
not attracting vandalism		+*
biological relevance		+
synergistic (antagonistic) effects included		+
time-dependent effects	+	+
response independent of other factors (e.g. climate, other pollutants)	+	
standardization	+	*
reproducibility	+	
exact readings	+	
specific reaction	+	
differentiation between airborne and soilborne substances	+	*
+ better than the system compared		
* Advantage or disadvantage of biological systems only in case of passive monitoring		

Comparação entre a monitorização Biológica e Instrumental

A utilização de plantas

Retrospectiva

Baixo custo

Grande disponibilidade

Não atrai vandalismo

Relevância biológica

Sinergismos/antagonismos

A utilização de instrumentos

Respostas independentes de outros factores (clima, outros poluentes)

Standardização

Leituras exactas

Reações específicas

Diferenciação entre a origem dos poluentes (atmosférica, terrestre)

Tab. 4. Comparison of Plants and Animals as Accumulative Monitors of Heavy Metal Pollution in Terrestrial Ecosystems

Criteria	plants	animals
Ecosystem input and fluxes monitorable	x	
site-related results	x	
easy to sample	x	
standardized exposure methods*	x	
genetic uniformity*	x	
area-related results		x
comparability to man		x

x = advantage

* = only relevant for active monitoring

Comparação entre animais e plantas como bioindicadores

As plantas são melhores bioindicadoras que os animais, porque funcionam como "sinks"

São imóveis

Existem mais conhecimentos relacionados com as plantas

Existem mais métodos standardizados

Existe uniformidade genética

Por outro lado os animais em consequência de serem móveis dão informações úteis sobre a área em que se movem

Líquenes, bons indicadores da qualidade do ar, especialmente sensíveis ao SO₂

Boa capacidade para acumular metais pesados

Larga distribuição geográfica

Crescimento lento, disponíveis ao longo do ano

Ausência de variações sazonais

Existência de muitos conhecimentos nesta área

Existência de métodos "standardizados"

Monitorização activa e passiva

Contudo,

Crescimento em estufa é difícil

Desconhecimento da idade do talo

Musgos

Monitorização activa e passiva de metais

Musgos e líquenes, muitas vezes tratado em conjunto, existindo factores de calibração entre eles

Larga distribuição geográfica

Ausência de variações sazonais de disponibilidade e morfologia

Sensibilidade de SO_2

Vida curta, de modo geral, aproximadamente 3 anos

Por vezes diferenciam-se períodos de 1 a 2 anos

Elevada taxa de acumulação

Ocorrem por vezes nos "desertos liquénicos" das áreas industriais

Facilidade de cultivo em estufa

Plantas superiores

Folhas retêm metais pesados e ligam-se à cutícula

Folhas pilosas e rugosas acumulam mais metais

Existem variações

Concentrações mais elevadas no final da época de crescimento

Transpiração é um factor determinante no transporte dos metais das raízes para as folhas

Folhas de sombra e de sol

Anatomia e peso relativo-importante quando se comparam diferentes folhas

As raízes, indicam o metal presente no solo, no entanto exploram vários horizontes

Registo através das concentrações de crescimento

Vantagens

A sua fisiologia, ecologia e morfologia são bem conhecidas

Determinação fácil (identificação)

Uniformidade genética, fácil de obter

Crescimento e reprodução fácil em estufa

Importantes receptores de metal nas florestas

Distribuição antropogénica nas regiões temperadas, tropicais e subtropicais

A maior parte é relativamente resistente a poluentes

Análise retrospectiva através dos anéis de crescimento

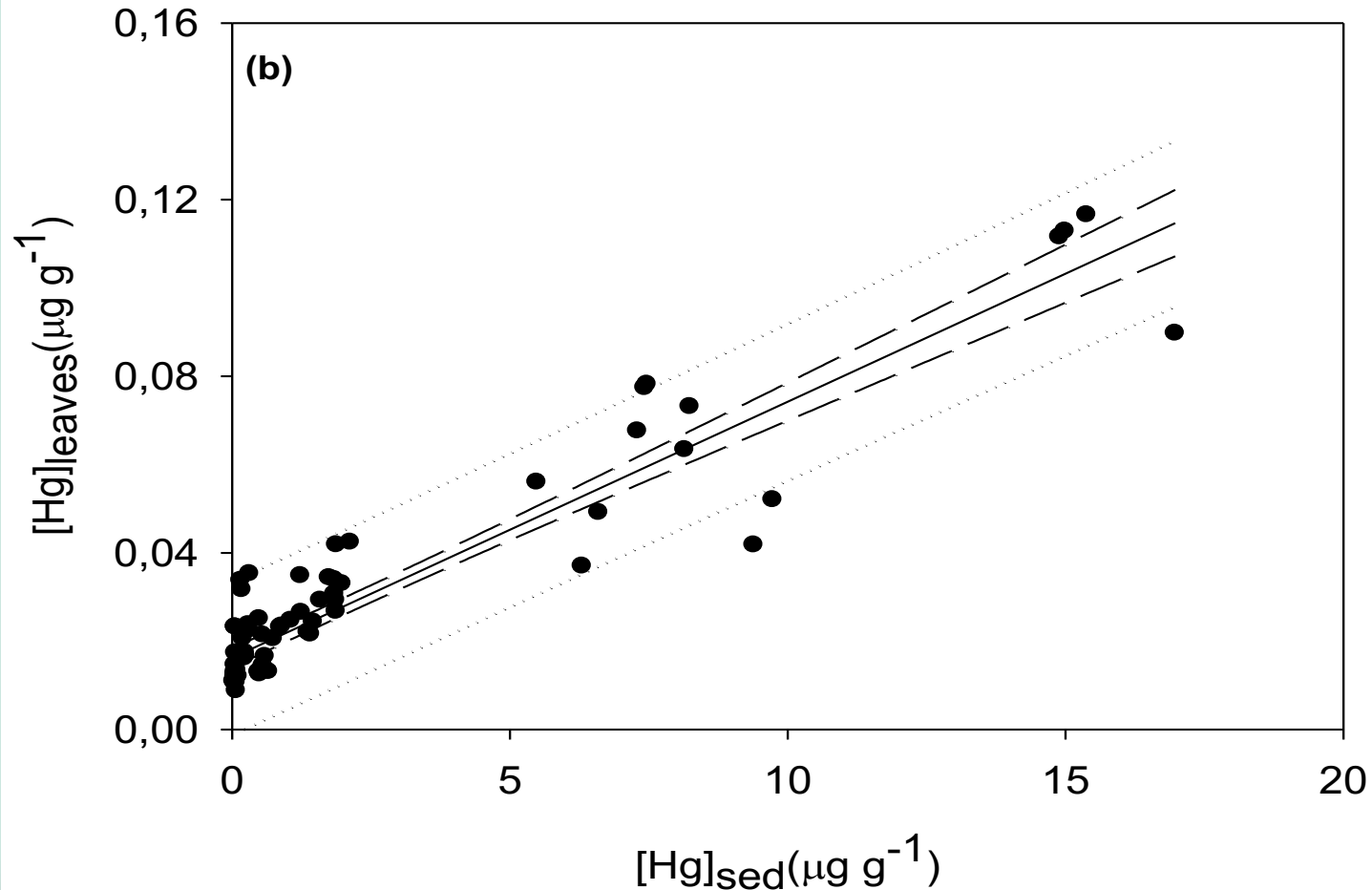
Existencia de métodos standardizados

Muitas são utilizadas na alimentação humana

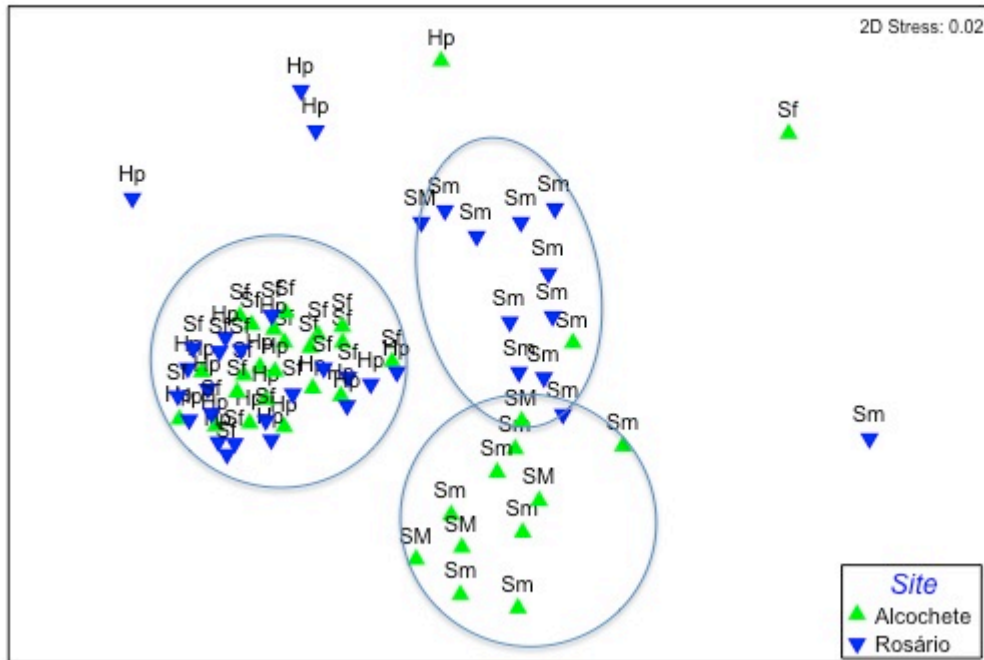
Parâmetros utilizados:

1. Ausência ou presença de certas espécies ou comunidades
2. Aspecto fisiológico-taxa de crescimento ou descoloração
3. Concentrações acumuladas

Correlação entre as concentrações de Hg nas folhas de *Halimione portulacoides* e nos sedimentos



Halophyte anti-oxidante response as biomarkers



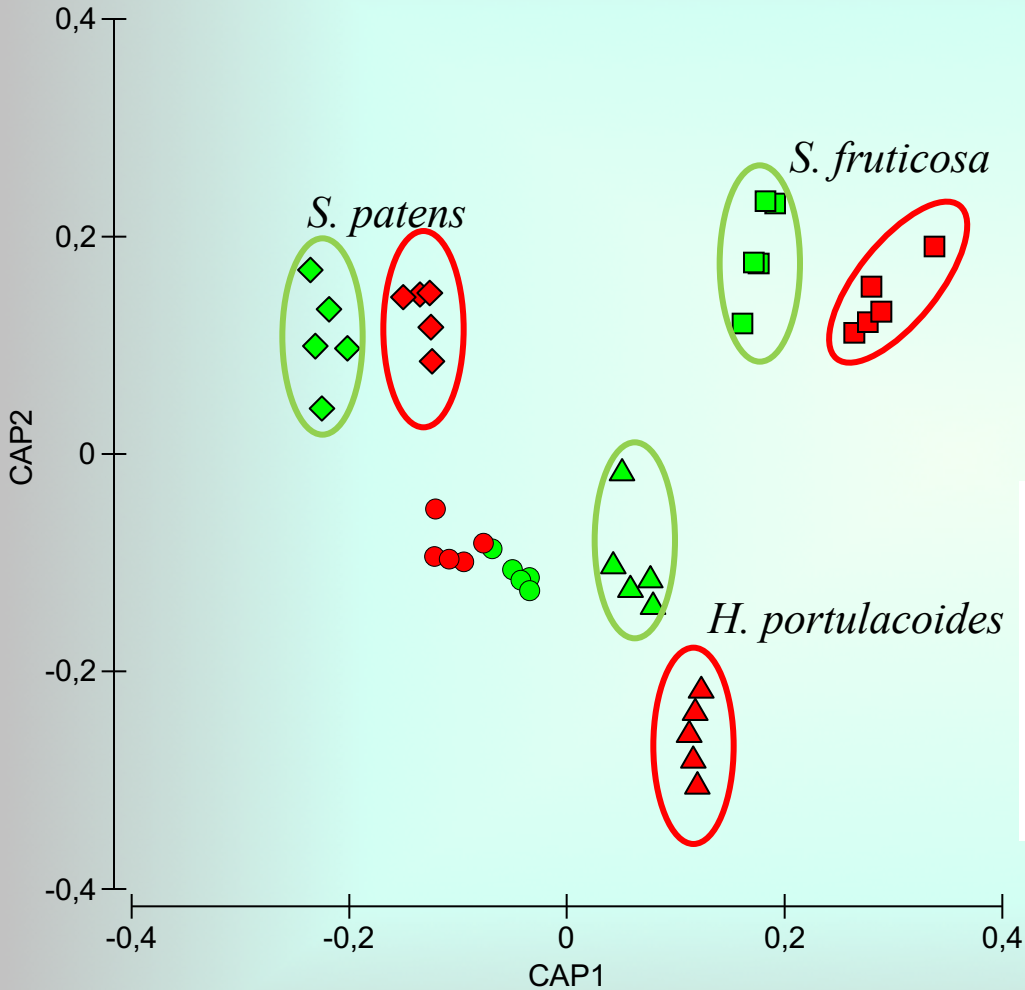
CSIRO PUBLISHING

Functional Plant Biology, 2013, 40, 922–930
<http://dx.doi.org/10.1071/FP12315>

Halophyte anti-oxidant feedback seasonality in two salt marshes with different degrees of metal contamination: search for an efficient biomarker

Bernardo Duarte^{A,B}, Dinis Santos^A and Isabel Caçador^A

Halophyte fatty acids as biomarkers



Ecological Indicators 87 (2018) 86–96

Contents lists available at ScienceDirect

ELSEVIER

Ecological Indicators

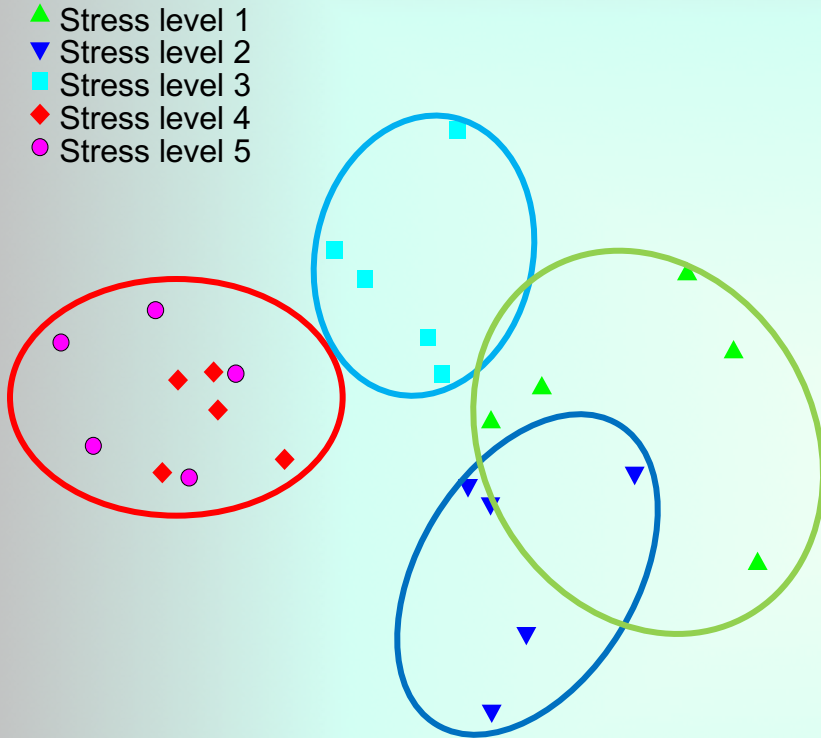
journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolind

Halophyte fatty acids as biomarkers of anthropogenic-driven contamination in Mediterranean marshes: Sentinel species survey and development of an integrated biomarker response (IBR) index

Bernardo Duarte^{a,*}, João Carreiras^a, Jesús Alberto Pérez-Romero^b, Enrique Mateos-Naranjo^b, Susana Redondo-Gómez^b, Ana Rita Matos^c, João Carlos Marques^d, Isabel Caçador^a

Check for updates

Photochemical stress indexes



Ecological Indicators 76 (2017) 219–229

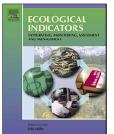


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Indicators

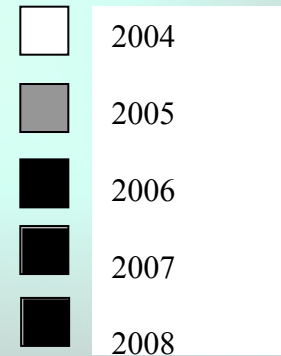
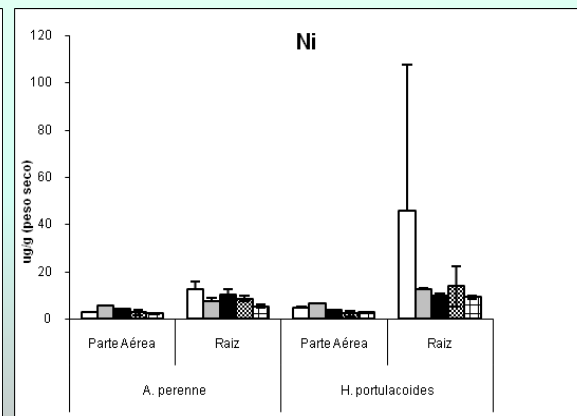
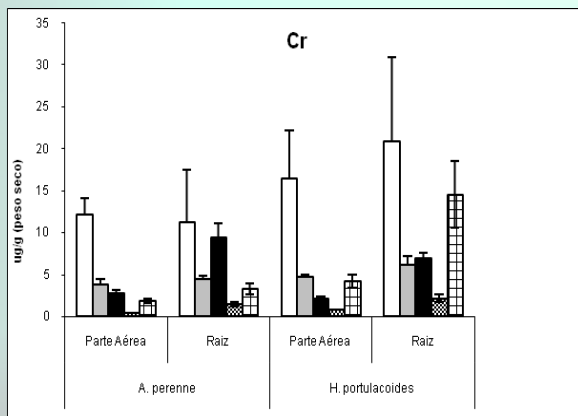
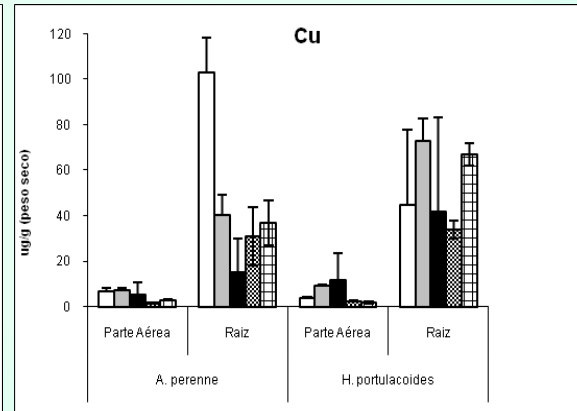
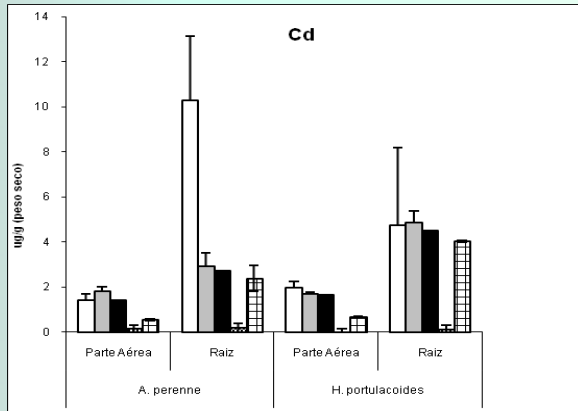
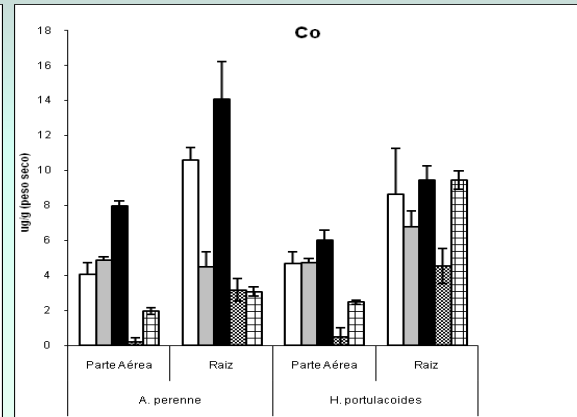
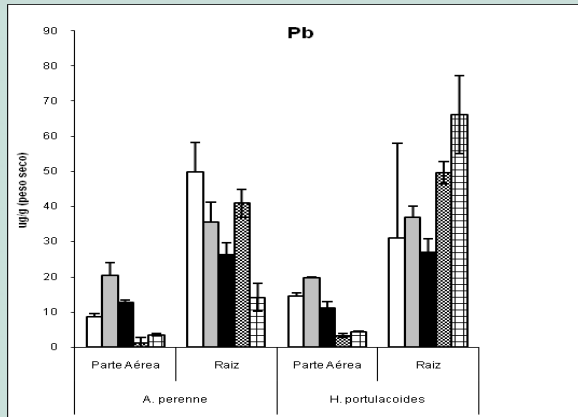
journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolind



Zostera noltii development probing using chlorophyll a transient analysis (JIP-test) under field conditions: Integrating physiological insights into a photochemical stress index

Bernardo Duarte^{a,*}, Sílvia Pedro^b, João Carlos Marques^c, Helena Adão^b, Isabel Caçador^a

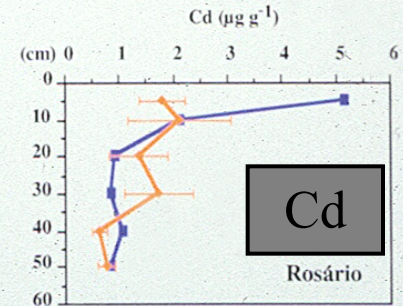
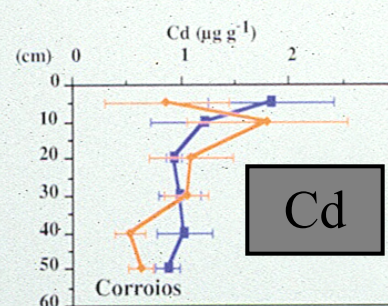
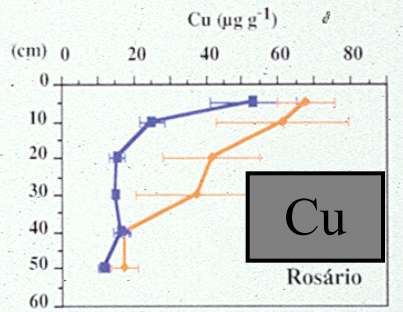
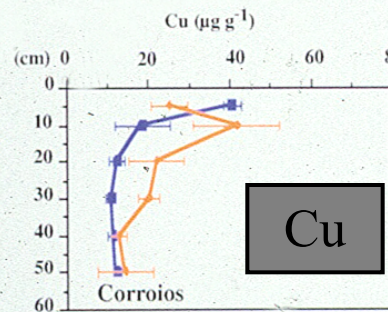
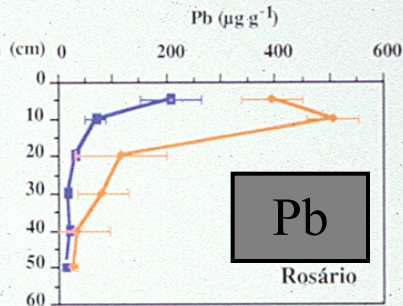
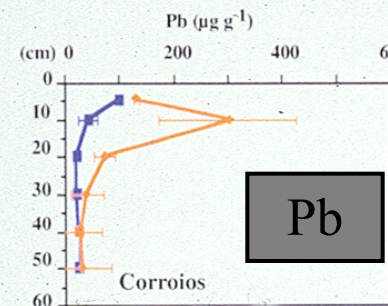
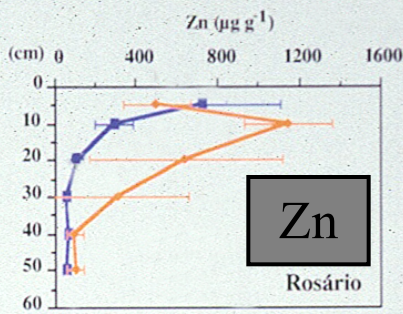
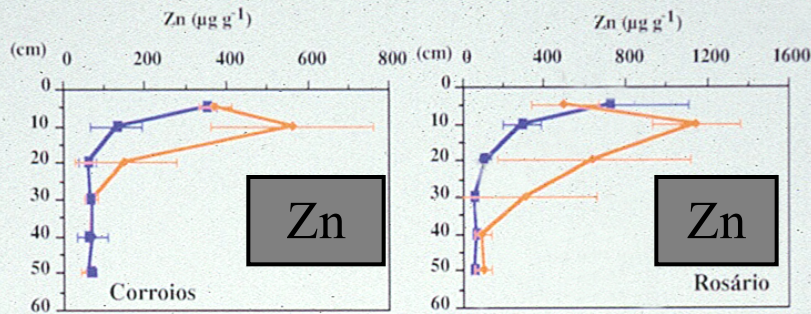




Corroios

Rosário

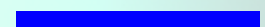
Metais pesados nos sedimentos dos sapais de Corroios e Rosário



planta

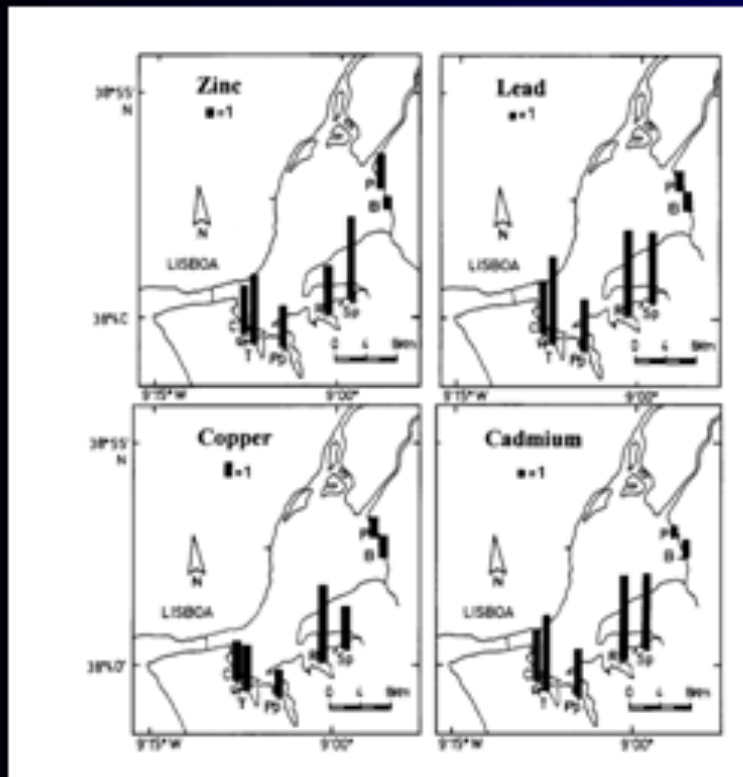


sedimento



Registo local da poluição metálica

Factores de Enriquecimento para o Zn, Pb, Cu e Cd nos sapais do estuário do Tejo



$$A=C/B$$

A factor de enriquecimento
B concentração "de base"
C concentração no sedimento

Caçador et al, 2001

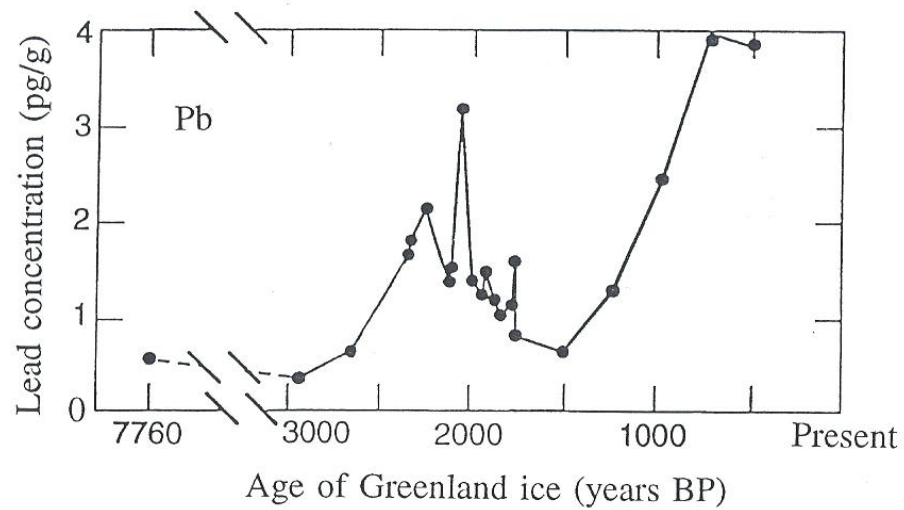


Fig. 1. Summit, central Greenland : changes in lead concentrations in ice from 3000 to 500 years before present (BP). Also represented is a data point for ice ~ 7760 years old which shows the pre-lead production natural concentration for interglacial conditions (early Holocene). From ref 5.

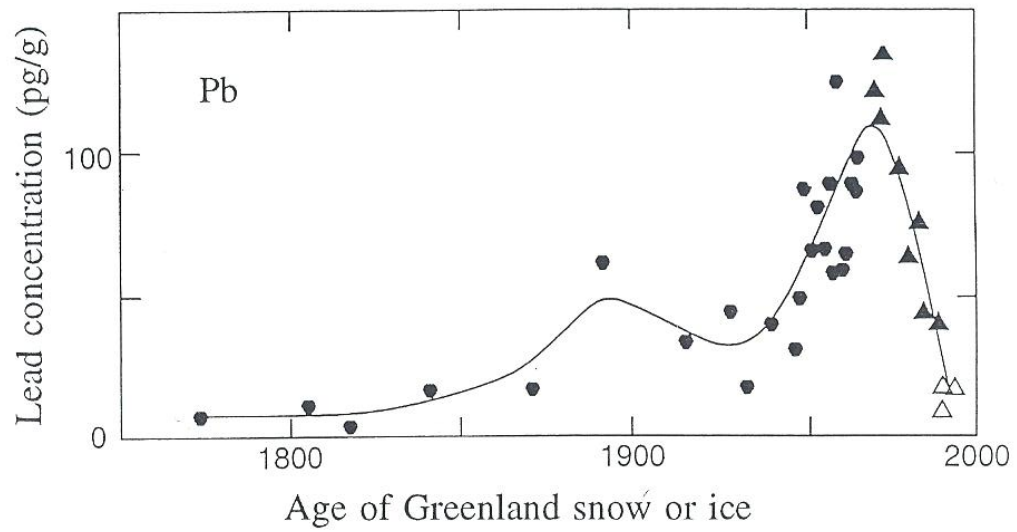


Fig. 2. Summit, central Greenland : changes in lead concentrations in ice and snow from the 1770s to present. From ref 3.

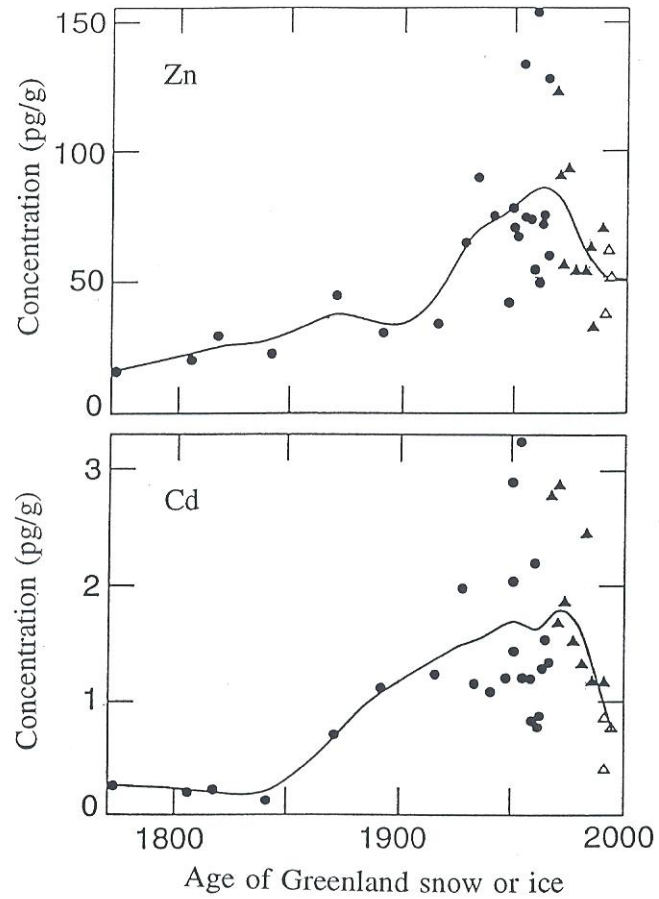


Fig. 3. Summit, central Greenland : changes in zinc and cadmium concentrations in ice and snow of the 1770s to present. From ref 3.