

ECOTOXICOLOGIA

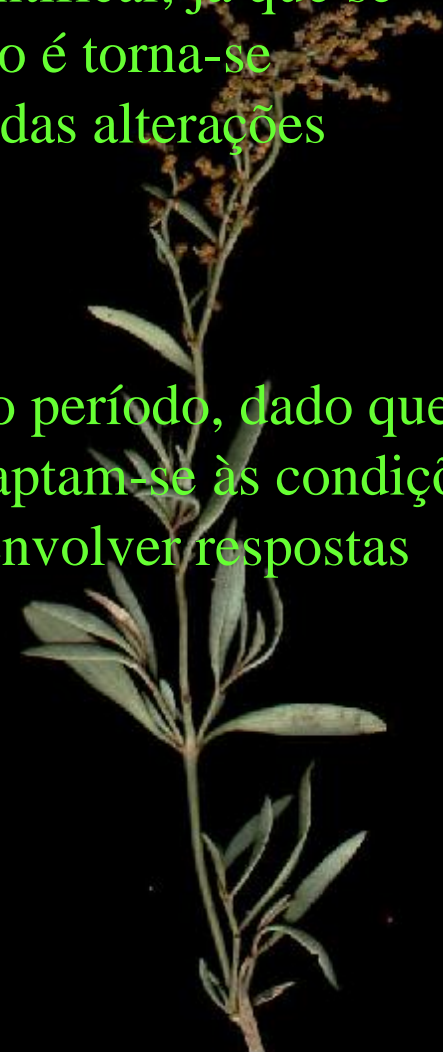
Isabel Caçador

Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa

**DIFERENTES MÉTODOS DE AVALIAR
OS EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DOS POLUENTES:**
Ecotoxicologia da Paisagem

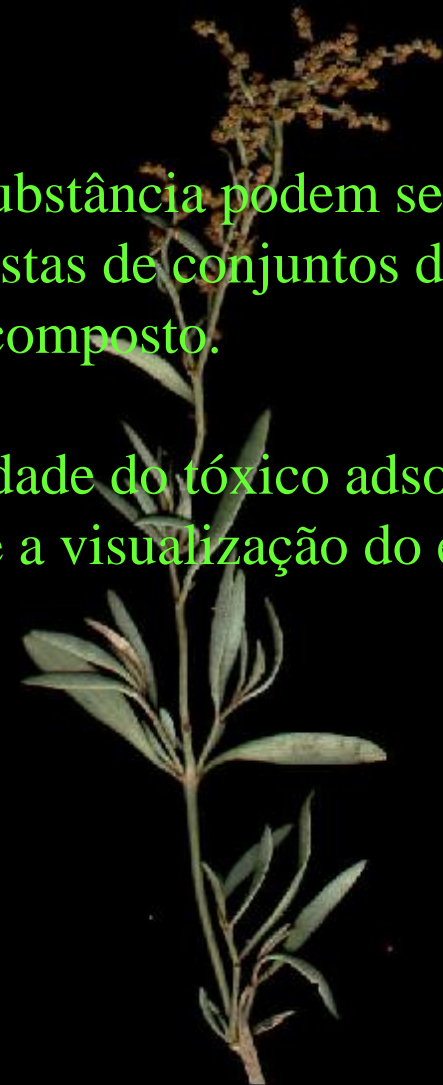
Os efeitos da poluição, por vezes, são difíceis de quantificar, já que se baseiam no conceito de "alterações significativas" isto é torna-se necessário reconhecer que as mudanças são distintas das alterações naturais que ocorrem nos ecossistemas.

As diferenças nem sempre se desenvolvem num curto período, dado que os organismos interagem fortemente com o meio, adaptam-se às condições ambientais menos favoráveis, ou levam tempo a desenvolver respostas às acções sub-letais.



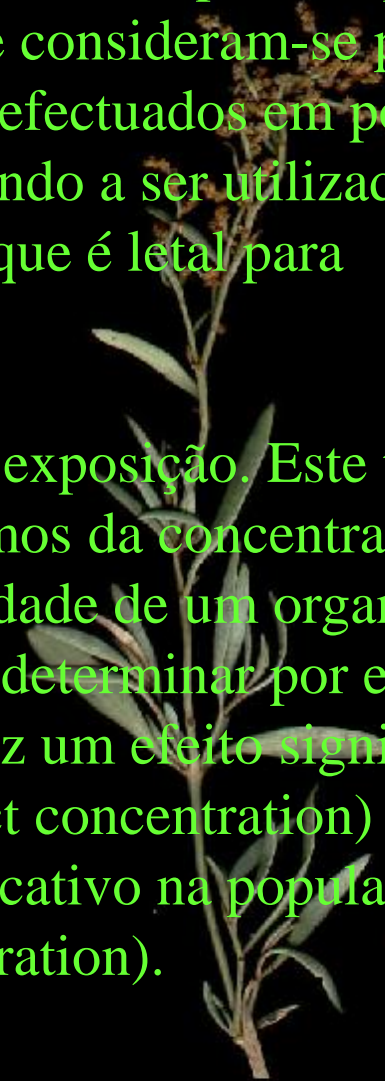
Em Ecotoxicologia, os efeitos prejudiciais de uma substância podem ser avaliados através de testes onde se registam as respostas de conjuntos de organismos expostos a diferentes concentrações do composto.

Os efeitos tóxicos diferem principalmente na quantidade do tóxico adsorvido e no tempo que decorre entre o início da exposição e a visualização do efeito.



Nos testes agudos ou letais os organismos são expostos a várias concentrações do tóxico e investiga-se a morte (ou imobilização) como resposta específica. Relativamente ao ciclo de vida dos organismos-teste consideram-se períodos de curta duração, sendo estes ensaios normalmente efectuados em poucos dias. Como medida de padrão de toxicidade aguda tem vindo a ser utilizado o valor de LC 50 (ou IC50) que representa a concentração que é letal para (ou que imobiliza) 50% da população teste.

Este valor vem sempre acompanhado do período de exposição. Este teste é usado principalmente para estabelecer limites máximos da concentração de poluentes em afluentes e para determinar a sensibilidade de um organismo ao poluente. Estes testes são ainda, muito úteis para determinar por exemplo a concentração máxima de um tóxico que não produz um efeito significativo na população (NOAEC, no observable adverse effect concentration) ou ainda a concentração mínima que produz um efeito significativo na população teste (LOAEC, lowest observable adverse effect concentration).



Como se mede ? Níveis de organização biológica

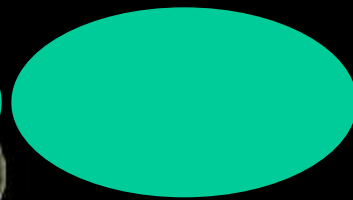
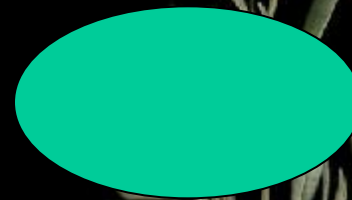
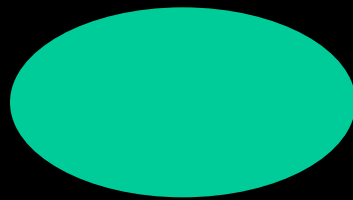
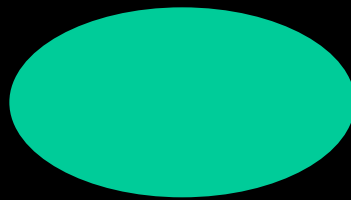
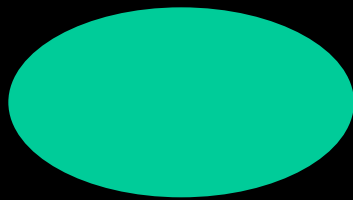
Fisiológico
Bioquímico

Tecidos

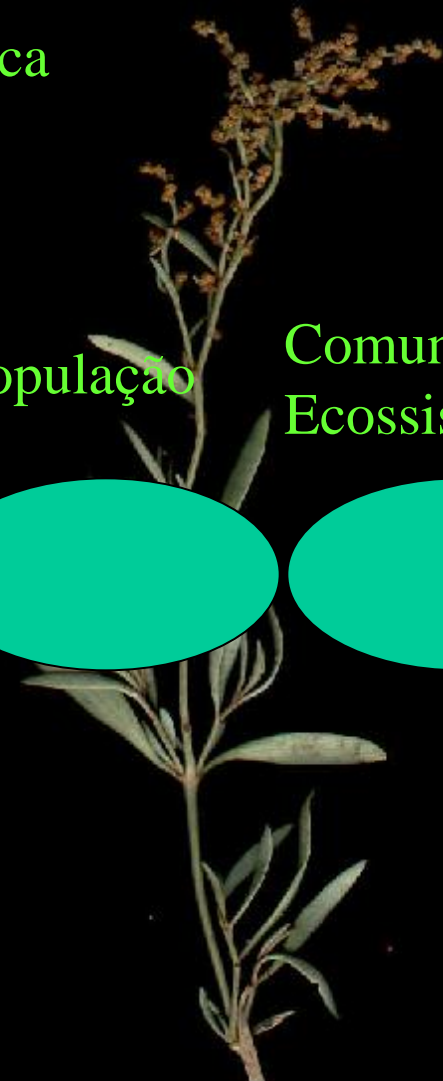
Indivíduo

População

Comunidade
Ecossistema



Aumento de relevância
Aumento de custos



Testes

Ecotoxicologia

Substância teste dispersa no meio
Via de assimilação não definida

Testes agudos e testes crônicos

Toxicologia

Substância administrada
Via de assimilação bem definida



Vulgarmente a toxicidade avalia-se através de testes

Agudos ou letais /letalidade a curto prazo

Crónicos /letalidade a longo prazo



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

48 LD₅₀, 48 LC₅₀ 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 \sim LD1, dose mínima que mata pelo menos 1 indivíduo

MDNF - dose máxima nunca letal

MDNF - dose mínima sempre letal

Pt- Log de base 10 da concentração

Ex. 0,001mol kg⁻¹ =10⁻³

PT=3

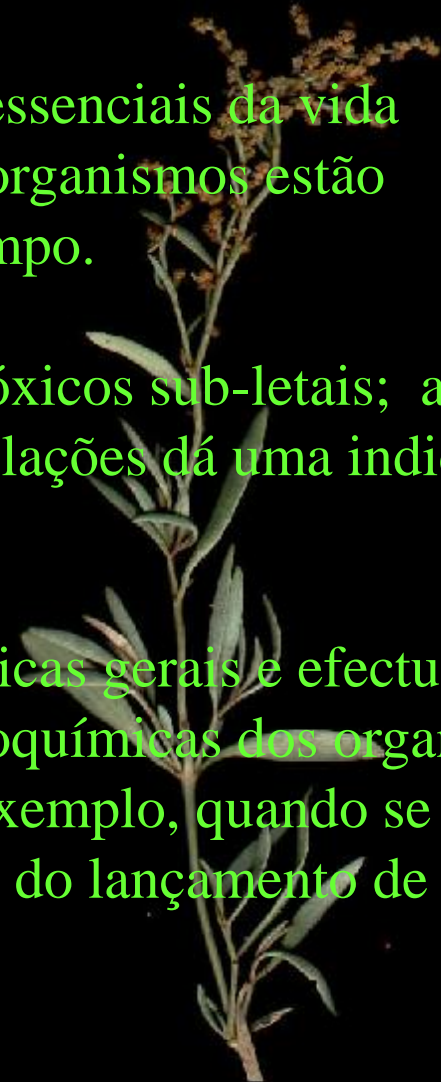


Testes crónicos ou sub-letais

Nestes testes examinam-se as respostas de processos essenciais da vida (crescimento e reprodução, por exemplo) quando os organismos estão expostos a um tóxico durante um longo período de tempo.

O objectivo destes testes é a investigação dos efeitos tóxicos sub-letais; a monitorização destas características ao nível do indivíduo e das populações dá uma indicação dos efeitos sub-letais dos poluentes.

Durante estes testes podem-se avaliar as condições físicas gerais e efectuar experiências regulares das condições fisiológicas e bioquímicas dos organismos. Estes testes mostram-se de extrema importância por exemplo, quando se pretende avaliar os efeitos ecotoxicológicos derivados do lançamento de um efluente no ambiente.



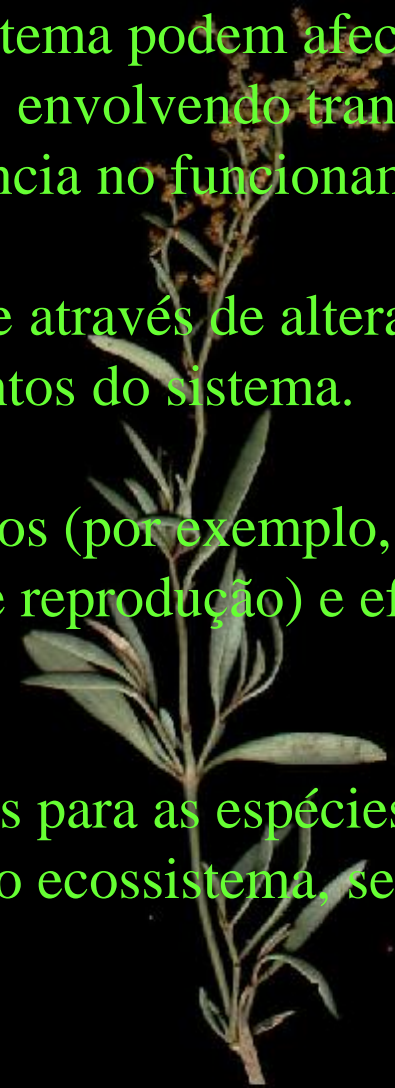
As perturbações nos ecossistemas podem envolver parâmetros físicos, químicos ou bióticos.

As perturbações na componente biótica de um ecossistema podem afectar quer a sua estrutura quer a sua função. As relações tróficas, envolvendo transferências de energia e de nutrientes, são de primordial importância no funcionamento dos ecossistemas.

As perturbações ambientais manifestam-se geralmente através de alterações nas frequências relativas e/ou na biomassa dos elementos do sistema.

Poderemos assim distinguir entre efeitos biodepressivos (por exemplo, aumento de mortalidade, redução das taxas de crescimento e de reprodução) e efeitos bioestimuladores (por exemplo, imigração).

Ainda que estes últimos não constituam efeitos tóxicos para as espécies favorecidas podem causar perturbações importantes no ecossistema, sendo por isso normalmente considerados como perniciosos.



O estudo e previsão dos efeitos adversos dos contaminantes nos ecossistemas, ou seja a avaliação do risco ecológico (ERA, ecological risk assessment), compreende três grandes fases: a formulação do problema, a análise e caracterização do risco, para em última análise conduzir a uma gestão adequada do risco ecológico resultante da exposição aos químicos.



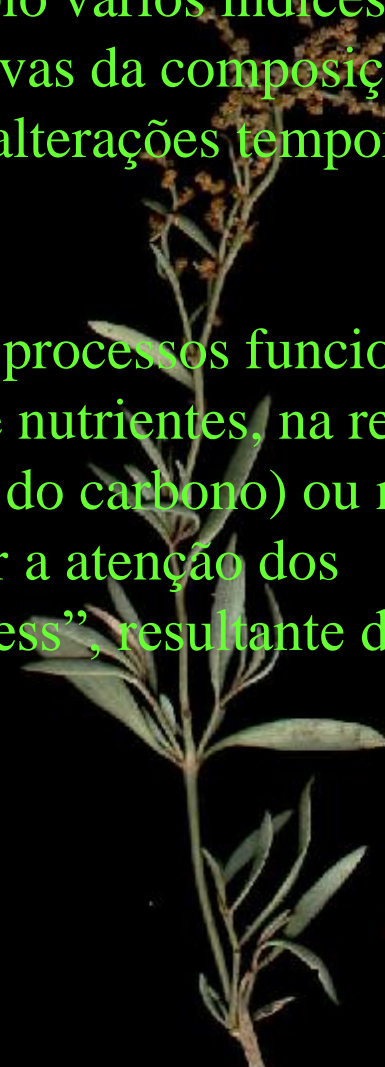
Diversos **índices de diversidade específica** têm sido desenvolvidos para numa base matemática descrever e comparar diferenças na diversidade de espécies entre habitats, e alterações temporárias num habitat.

Estes índices têm-se mostrado sensíveis a alterações no número de espécies, assim como na distribuição dos indivíduos como indicador de “stress” de uma comunidade. Em teoria um tóxico pode levar ao desaparecimento de uma dada espécie a ao possível aumento de outras consideradas “oportunistas”.



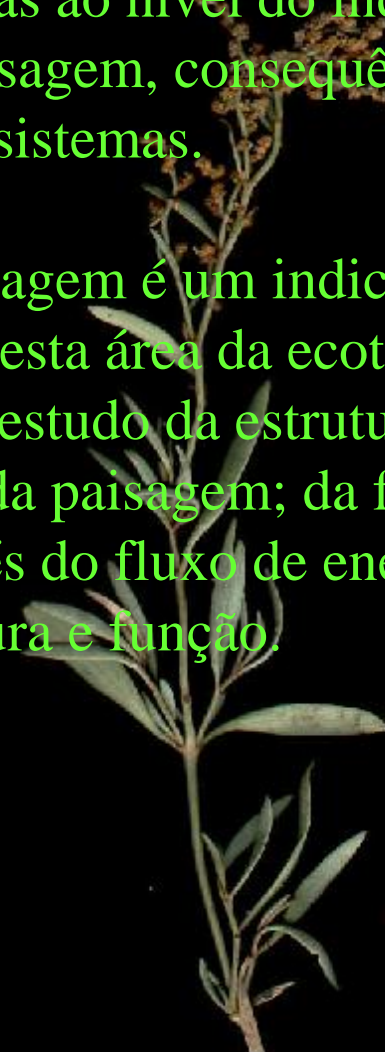
A abundância das espécies numa comunidade não perturbada (normal) tenderá a assumir uma distribuição normal, enquanto que espécies raras ocorrerão em número baixo. Baseados neste princípio vários índices foram desenvolvidos para permitir comparações quantitativas da composição e abundância de espécies entre comunidades ou de alterações temporais, dentro da mesma comunidade.

Menos utilizados são os estudos que se baseiam nos processos funcionais dos ecossistemas. No entanto alterações no fluxo de nutrientes, na reciclagem de nutrientes (ex. nitrificação, desnitrificação, ciclo do carbono) ou na razão produção/biomassa (P/B) começam agora a merecer a atenção dos investigadores, como potenciais indicadores de “stress”, resultante de uma eventual contaminação ambiental.



Os processos naturais ocorrem muitas vezes não apenas ao nível do indivíduo, da comunidade ou do ecossistema, mas da própria paisagem, consequência do movimento dos poluentes através dos diferentes ecossistemas.

A **ecotoxicologia da paisagem**, em que a própria paisagem é um indicador é uma área da ecotoxicologia em franco desenvolvimento. Nesta área da ecotoxicologia pretende-se analisar o efeito dos poluentes através do estudo da estrutura da paisagem - arranjo espacial dos ecossistemas dentro da paisagem; da função da paisagem - interacção entre os ecossistemas através do fluxo de energia, materiais e organismos e das alterações da sua estrutura e função.



Estrutura e função

Estrutura: Composição, diversidade de espécies, tamanho das populações

Função: Processos ecológicos que caracterizam um ecossistema: Produtividade primária, ciclo de nutrientes



Exemplo de uma métrica tendo por base a extensão do sapal

210

M. Best et al. / Marine Pollution Bulletin 55 (2007) 205–214

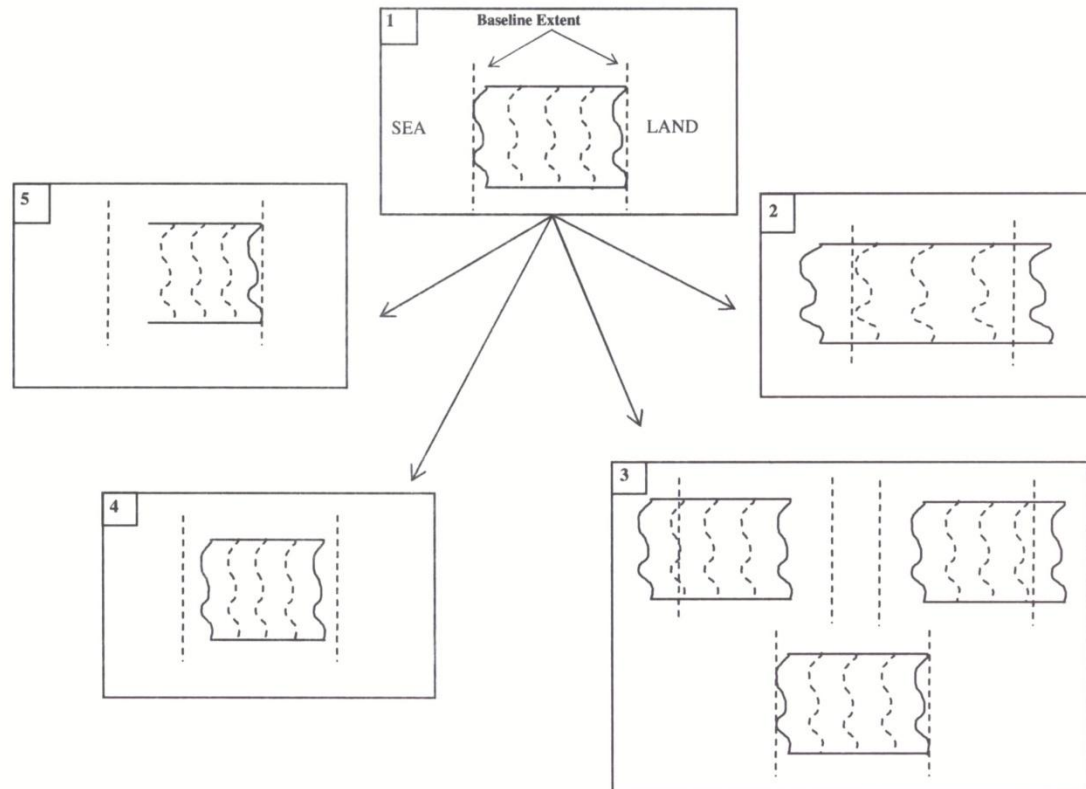
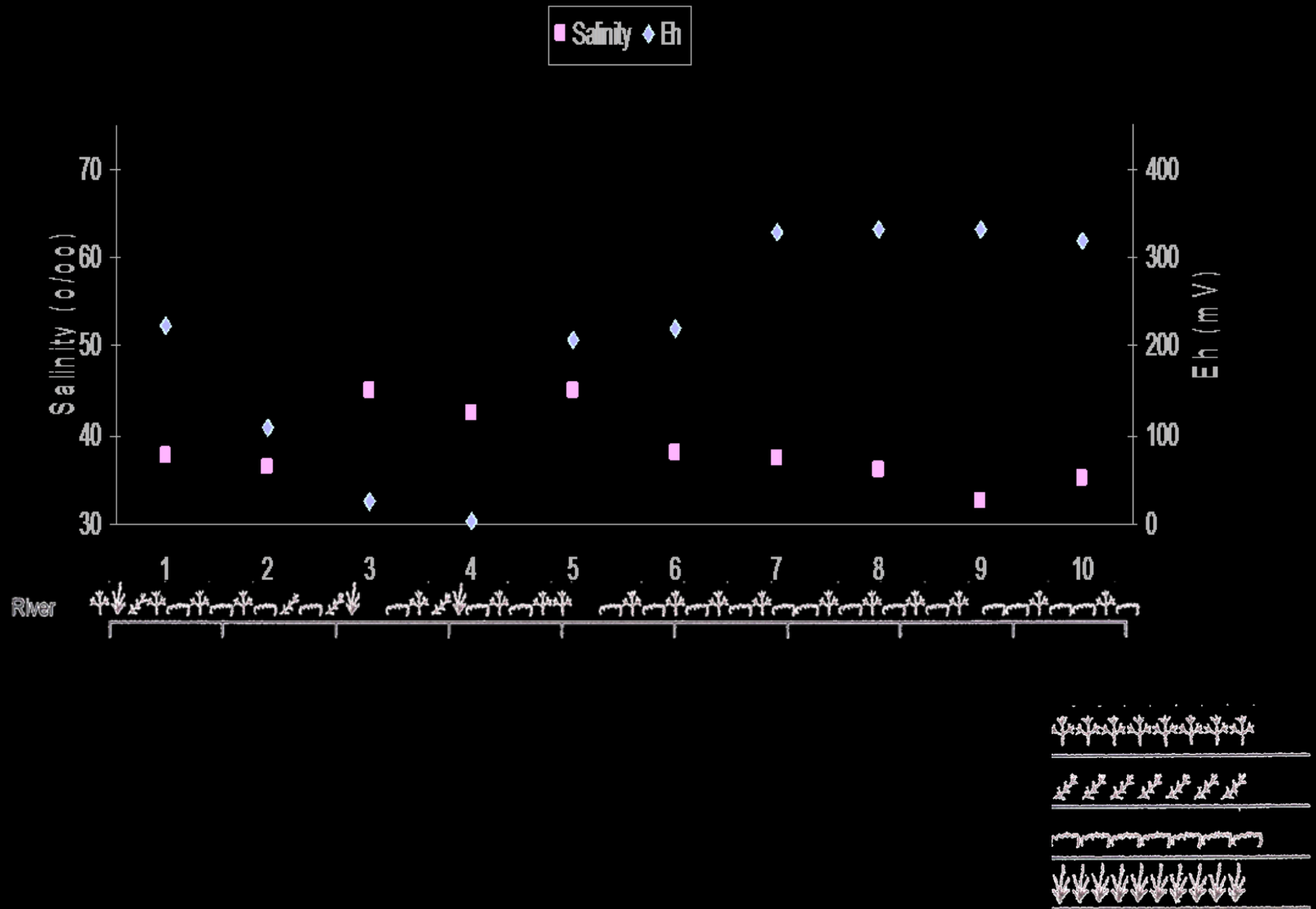
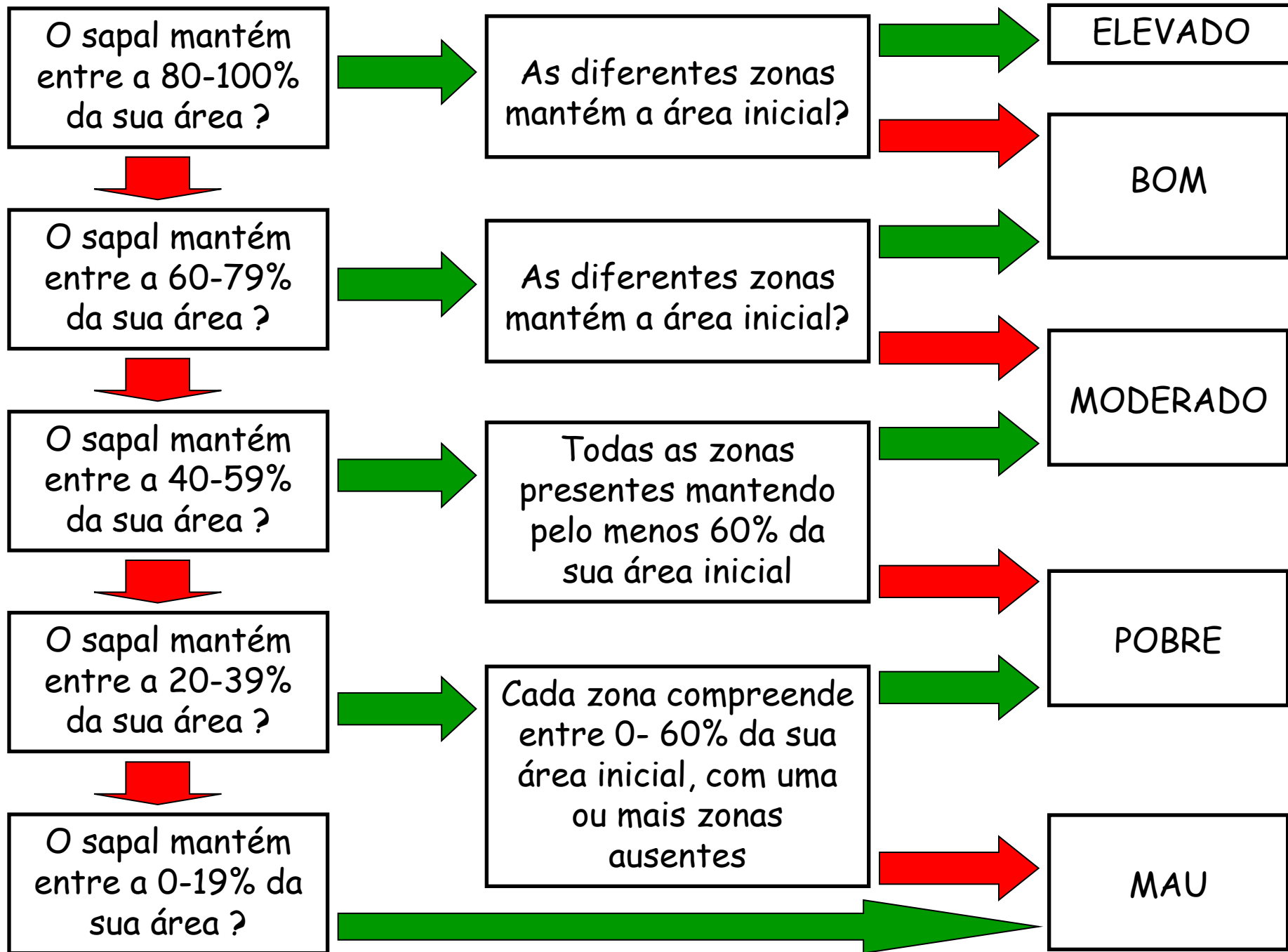


Fig. 2. (1) – Baseline marsh; (2) – Zones increasing landwards, seawards or both; (3) – Zones migrating and/or little/no change in size; (4) – Zones decreasing in size; (5) – One or more zone(s) missing. Diagrams (2) and (3) show natural patterns of saltmarsh development, whilst (4) and (5) show patterns of development expected on an impacted saltmarsh.

Transecto permanente no sapal de Corroios





Pioneer zone

Low-mid marsh

Mid-upper marsh

Salicornia spp.*Puccinellia
maritima**Festuca rubra**Juncus maritimus**Puccinellia
maritima**Triglochin
maritima**Juncus gerardii**Triglochin
maritima**Aster tripolium**Plantago maritima**Armeria maritima**Blysmus rufus**Atriplex
portulacoides**Agrostis stolonifera**Eleocharis
uniglumis**Aster tripolium**Limonium vulgare**Artemisia
maritima**Spergularia
maritima**Glaux maritima**Leontodon
autumnalis**Suaeda maritima**Seriphidium
maritimum**Carex flacca**Salicornia* spp.*Plantago maritima**Carex extensa**Aster tripolium*

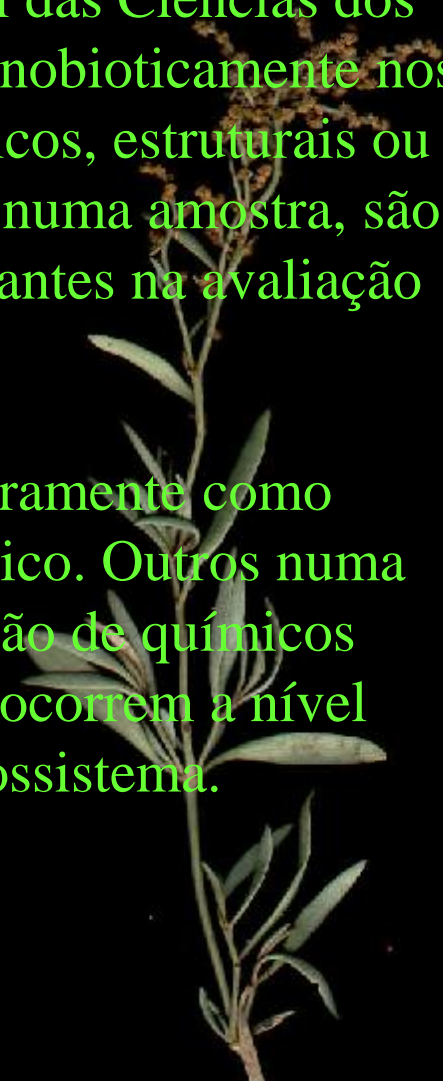
Uma das principais dificuldades em ecotoxicologia consiste na determinação de quando uma dada alteração é, ou não, ecologicamente significativa.

Este problema torna-se ainda mais crítico devido às capacidades de auto-reparação e de adaptação a condições adversas, características dos sistemas bióticos. Fenómenos como a resiliência e a redundância são aqui discutidos.



biomarcadores, definidos pela “Academia Nacional das Ciências dos Estados Unidos” 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.



Índice de conservação de macrófitas



COBERTURA (%)	PESO 1 lenhosas	PESO 2 emergentes	PESO 3 aquáticas	RIQUEZA (n°)	PESO 4	HABITATS (n°)	PESO 5	PROTECÇÃO (1)	PESO 6
100-80	0	1	1	<10	0	1-2	0	nenhuma	0
80-60	2	2	2	10-20	1	3-4	1	<3	1
40-20	3	3	4	20-30	2	5	2	3-9	2
20-10	4	4	3	30-40	3	6	3	9-12	3
0-10	1	1	1	>40	4	>6	4	>12	4

(1) número de espécies raras, endémicas ou protegidas por convenções

$$\text{ICM} = 0.5 (\text{P1} + \text{P2} + \text{P3} + \text{P4} + \text{P5} + \text{P6})$$

Quadro 1. Proposta de um Índice de Conservação Macrofítico (ICM) para locais dulciaquícolas portugueses.

LOCAIS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	ICM	FONTE
Rio Olo (Douro)	1	1	1	0	0	0	1.5	Ferreira e Cortes, 1986
Rio Corgo (Douro)	2	1	1	0	0	0	2	Ferreira e Cortes, 1986
Lagoa da Vela (Quiaios)	4	3	3	3	2	1	8.5	Figueiredo, 1993
Lagoa das Braças (Quiaios)	4	4	4	3	3	3	10.5	Figueiredo, 1993
Albufeira de Fratel	1	1	3	0	1	0	3	Ferreira, 1989
Rio Tejo (V.N.Barquinha)	4	4	4	3	1	0	8	Ferreira, 1989
Albufeira de Vale do Gaio	1	1	0	0	0	0	1	Ferreira, não publ.
Albufeira de Monte Novo	1	4	3	1	1	1	5.5	Ferreira, não publ.
Albufeira de Santa Clara	1	1	4	1	1	0	4	Ferreira, não publ.
Ribeira Divor (Arraiolos)	2	3	4	4	4	0	8.5	Ferreira, 1992
Ribeira Divor (Courelas)	2	1	1	4	2	0	5	Ferreira, 1992
Vala Real Sul (Rio Sorraia)	0	1	1	0	0	0	1	Ferreira e Moreira, 1990
Ribeira de Erra (curso médio)	2	4	1	4	4	4	9.5	Ferreira, 1993
Rio Guadiana (Juromenha)	1	4	1	2	2	1	5.5	Ferreira e Monteiro, 1988
Rio Guadiana (Moinho dos Doutores)	1	4	3	2	2	1	6.5	Ferreira e Monteiro, 1988

Quadro 2. Ensaio de aplicação do Índice de Conservação Macrofítico a alguns locais dulciaquícolas de diferentes tipos e origens.