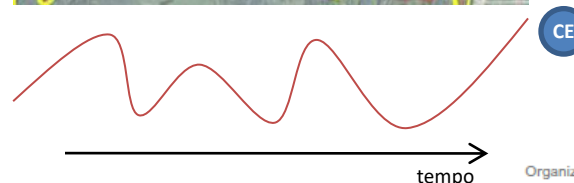




# Benchmarking

Avaliação da qualidade da água subterrânea em caso de contaminação antrópica de origem pontual – enquadramento europeu (legislação e exemplos).

Teresa Melo, Nuno Barreiras, Ana Oliveira e João Nascimento  
CERIS, Instituto Superior Técnico



Organização:

**Apetro**

**Brownfield  
Engineering**

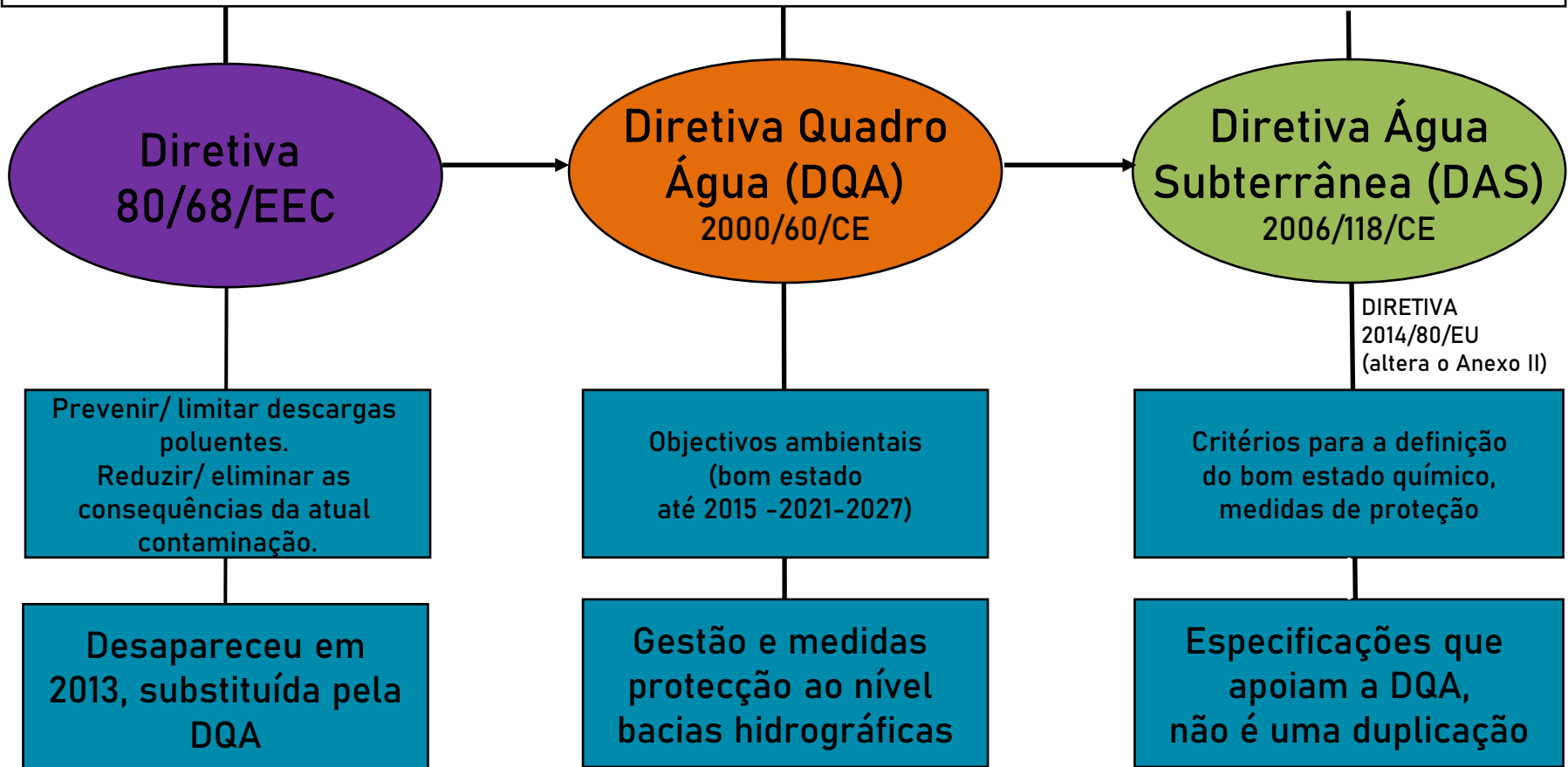
**CERIS**

**RAM  
GROUP**

**waterways**



## PROTECÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA CONTRA A POLUIÇÃO





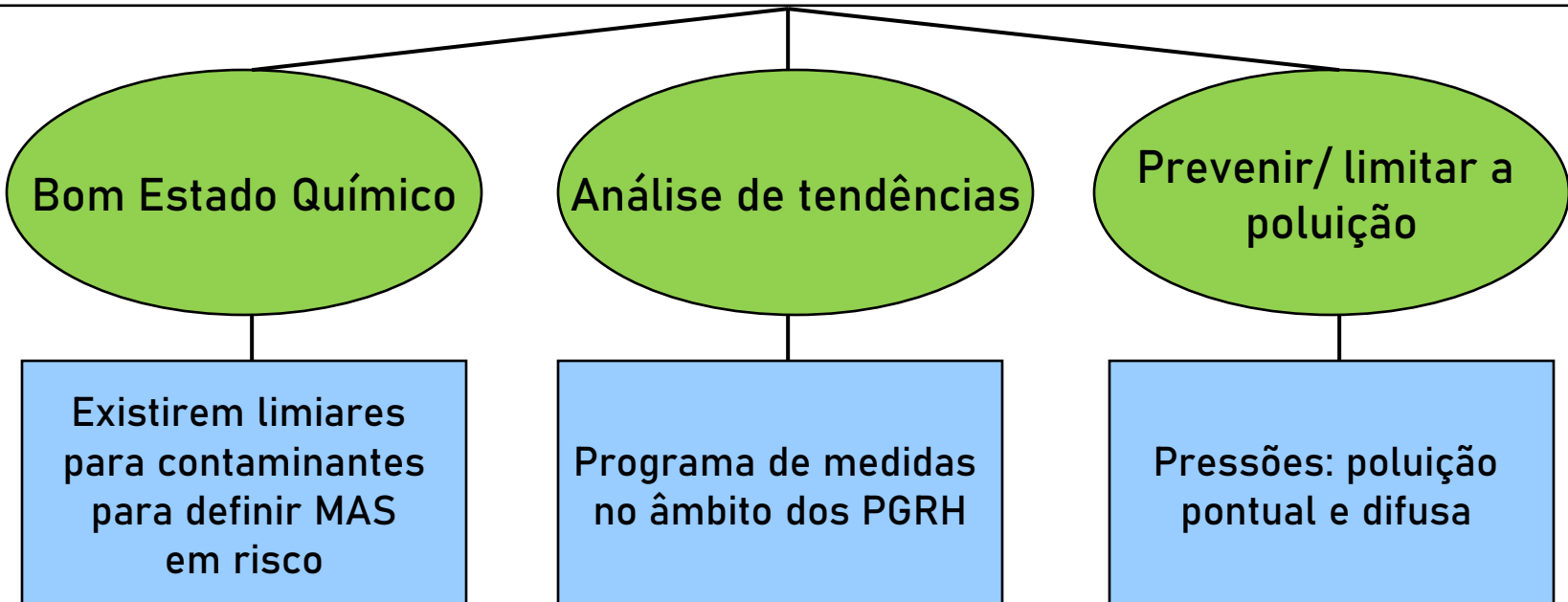
## Diretiva-Quadro da Água (DQA)

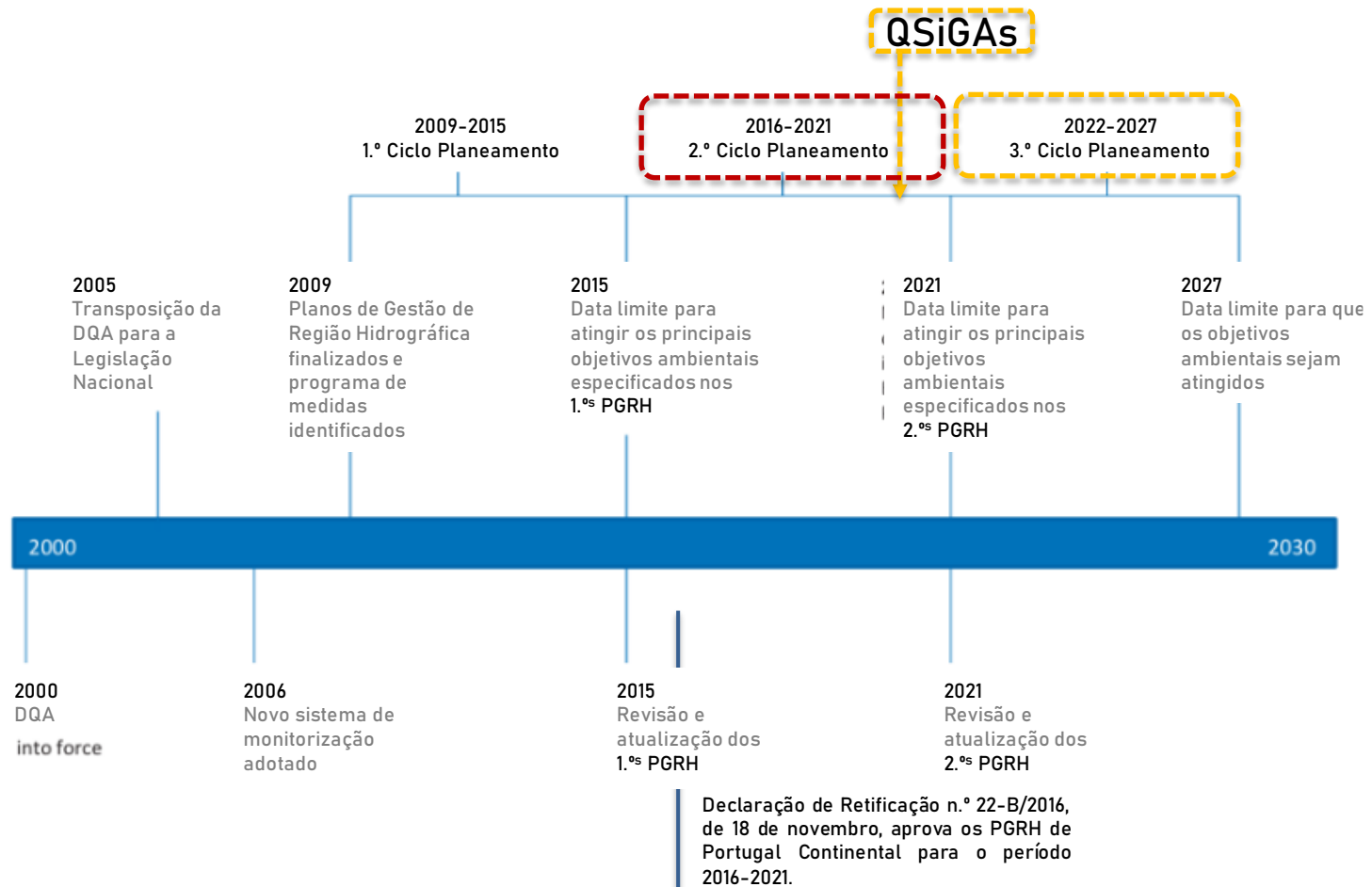
Diretiva n.º 2000/60/EC e do Conselho, de 23 de Outubro, transposta para ordem jurídica nacional pela Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, Lei da Água (LA).

- A DQA reconhece a água subterrânea como um recurso com múltiplos usos e estabelece, pela primeira vez, a necessidade da ser protegida pelo seu valor ambiental.
- A DQA propõe um novo quadro legislativo que é um desafio, ao estabelecer objetivos ambientais para todas as tipologias de águas – interiores (superficiais e subterrâneas), de transição e costeiras.
- A DQA estabelece objetivos claros, mas permite aos Estados-Membros flexibilidade na forma como serão alcançados.
- A DQA baseia-se em pilares como a avaliação de risco de pressões antropogénicas e impactes, programas de monitorização, desenvolvimento de planos de gestão de região hidrográfica (PGRH), conceção e execução de programas de medidas.



## DIRETIVA ÁGUA SUBTERRÂNEA (DAS) (Art. 17 DQA)







## Planos Gestão Região Hidrográfica (PGRH)

Os PGRH atualmente em vigor para o período 2016-2021, referentes ao 2.º ciclo de planeamento, começaram a ser revistos três anos antes do início do período a que se refere o 3.º ciclo (2022-2027).

A revisão dos PGRH inclui nesta fase:

- Calendarização
- Programa de Trabalhos para a sua elaboração
- Consulta pública
- **Questões Significativas da Gestão da Água (QSiGA)** são fundamentais uma vez que, sendo anteriores à elaboração do plano, permitem antecipar questões e temas que serão necessariamente integrados no mesmo, tendo por base, a caracterização da região hidrográfica, a análise das pressões e dos seus impactes sobre as massas de água e a avaliação do seu estado.



## QSiGAs

### Questões Significativas da Gestão da Água

Podem ser identificadas como QSiGA, as pressões decorrentes das ações antrópicas sobre as massas de água, os impactos resultantes dessas ações e os aspetos de ordem normativa, organizacional, económica, ou outros, que dificultem ou coloquem em causa o cumprimento dos objetivos da DQA/LA.

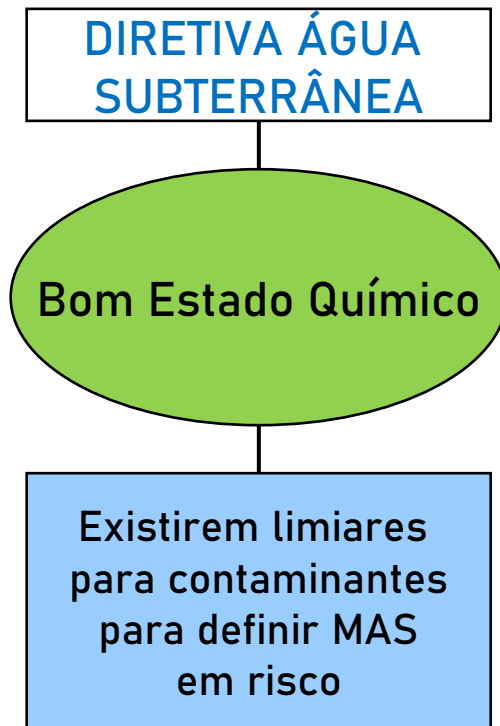


**Proposta de metodologia de avaliação da qualidade da água subterrânea em caso de contaminação antrópica pontual**



## Objetivos

Revisão e síntese das principais metodologias de avaliação da qualidade da água subterrânea em caso de contaminação antrópica de origem pontual utilizadas pelos diversos países europeus.



Saliente-se que:

- as normas de qualidade estabelecidas no âmbito da definição do bom estado químico de uma massa de águas subterrâneas podem ser excedidas devido a pressões locais (ex. fontes de poluição pontuais) que não colocam em perigo o estado geral da massa de águas subterrâneas.

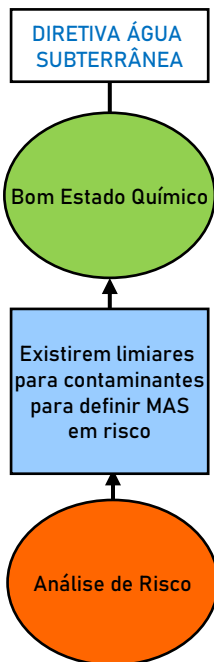




## Diretiva Água Subterrânea (DAS)

### Normas de qualidade e análise de risco de contaminação

Abre a possibilidade de investigar as razões pelas quais:



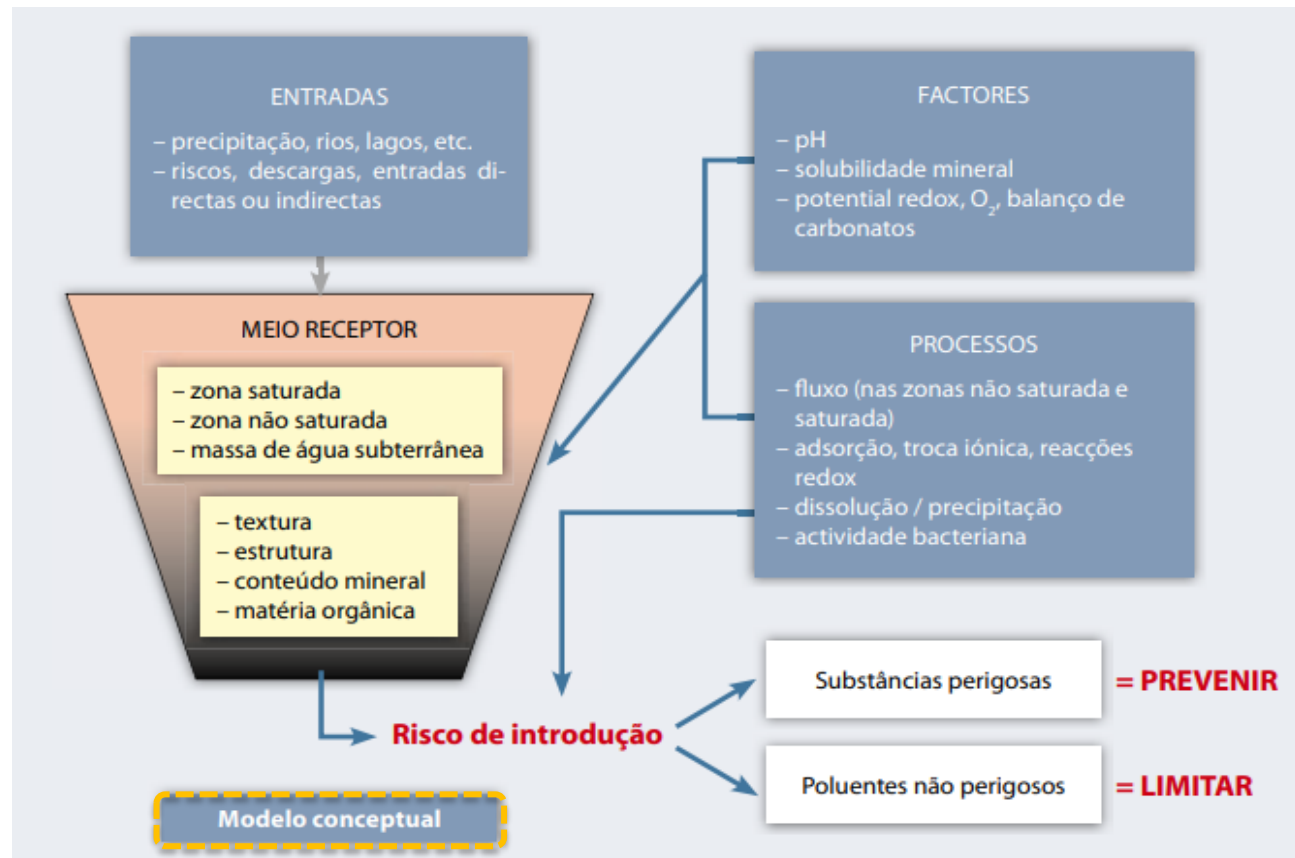
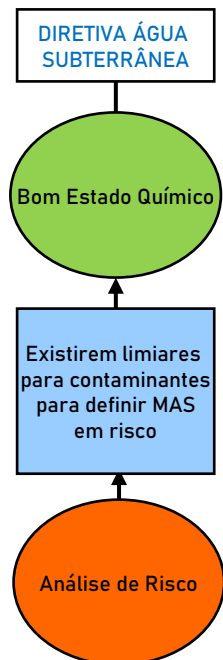
- as normas são excedidas e decidir a classificação do estado químico com base no risco efetivo para a massa de águas subterrâneas em geral (i.e. riscos para a saúde humana, ecossistemas aquáticos associados ou ecossistemas terrestres relacionados e legitimar usos e funções da água subterrânea).
- Isto significa que podem ocorrer situações onde as normas tenham sido excedidas, que corresponderão a pressões locais que é necessário controlar e possivelmente remediar sem classificar a massa de águas subterrâneas como em “estado medíocre”.
- E, outras situações, que poderão representar uma séria ameaça para a massa de águas subterrâneas e conduzir à classificação de “estado medíocre”.
- As decisões deverão ser tomadas caso a caso, no âmbito do plano de gestão de região hidrográfica da DQA e tendo por base uma análise de risco

Comissão Europeia, 2008



# Diretiva Água Subterrânea (DAS)

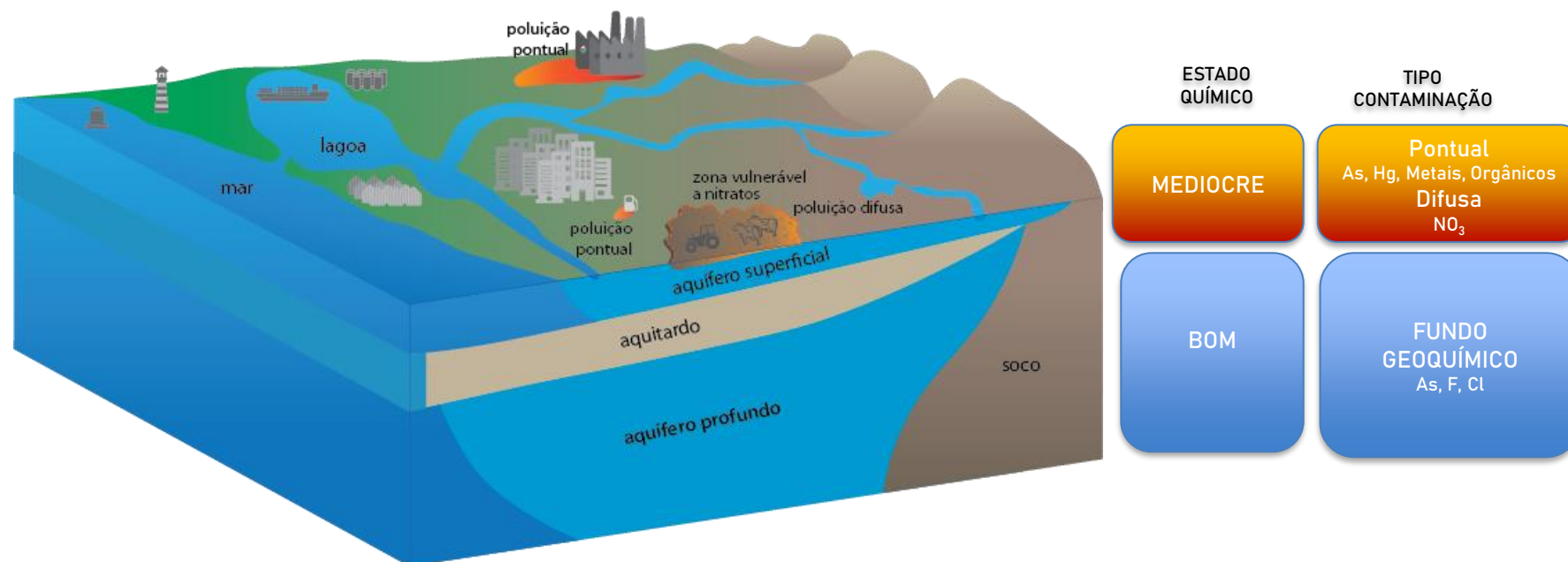
## Normas de qualidade e análise de risco de contaminação





## Modelo conceptual

Modelo conceptual sobre as diferentes origens de contaminação das águas subterrâneas e do seu potencial impacto na avaliação do estado químico das massas de águas subterrâneas





## Descargas poluentes nas águas subterrâneas

### Enquadramento no âmbito da DAS para operacionalizar o objetivo da DQA de prevenir ou limitar as descargas de poluentes

Assim, a DAS clarifica quais as substâncias que se deve prevenir ou limitar a sua entrada na água subterrânea e indicando quais são as exceções que podem ser consideradas.

O Guia n.º 17 "Guidance on preventing or limiting direct and indirect inputs in the context of the Groundwater Directive 2006/118/EC" (Comissão Europeia, 2007) completa esta informação fornecendo orientações metodológicas e explicando a relação entre os objetivos de prevenir ou limitar as descargas de poluentes e outros objetivos da DQA/ DAS, esclarecendo em concreto os requisitos referentes a entradas diretas e indiretas nas águas subterrâneas.

O objetivo de "prevenir ou limitar" a entrada de poluentes no âmbito DQA/ DAS protege todas as massas de águas subterrâneas da entrada de poluentes. Protege uma ampla gama de recetores e protege as águas subterrâneas da poluição à escala local ou pontual.

Isto contrasta, uma vez que a avaliação do estado químico é realizada em toda a massa de claramente com os requisitos para um bom estado químico de uma massa de águas subterrâneas. Na maioria dos casos, esta será uma grande extensão (escala regional).



## Critérios e classificação do estado químico

Anexo I e II do Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro.

### Anexo I Normas de qualidade

#### Normas de qualidade para a água subterrânea

1 — Para efeitos da avaliação do estado químico da água subterrânea em conformidade com o artigo 4.º, as normas de qualidade da água subterrânea que se seguem serão as constantes do quadro n.º 2.3.2, da secção II do anexo V do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de Março, e estabelecidas em conformidade com o artigo 47.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro:

Poluente	Normas de qualidade
Nitratos. . . . . Substâncias activas dos pesticidas, incluindo os respectivos metabolitos e produtos de degradação e de reacção <sup>(1)</sup> .	50 mg/l 0,1 µg/l 0,5 µg/l (total) <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Entende-se por «pesticidas» os produtos fitofarmacêuticos e os biocidas tal como definidos nos artigos 2.º das Directivas n.ºs 91/414/CEE e 98/8/CE, respectivamente, na alínea a) do n.º 2 do artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 94/98, de 15 de Abril, com a redacção que lhe foi dada pelo Decreto-Lei n.º 22/2001, de 30 de Janeiro, e no artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 121/2002, de 3 de Maio.

<sup>(2)</sup> Entende-se por «total» a soma de todos os pesticidas individuais detectados e quantificados durante o processo de monitorização, incluindo os respectivos metabolitos e produtos de degradação e de reacção.



## Critérios e classificação do estado químico

Anexo I e II do Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro.

### Anexo II Limiares para os poluentes e indicadores de poluição da água subterrânea

#### Parte B

Listas mínimas de poluentes e dos respectivos indicadores para os quais têm de ser fixados limiares nos termos do artigo 3.º

1 — Substâncias ou iões, ou indicadores, que podem ocorrer naturalmente ou como resultado de actividades humanas:

Arsénio;  
Cádmio;  
Chumbo;  
Mercúrio;  
Azoto amoniacal;  
Cloreto;  
Sulfato.

2 — Substâncias sintéticas artificiais:

Tricloroetileno;  
Tetracloroetileno.

3 — Parâmetro indicativo de intrusões salinas ou outras:

Condutividade.



# Portugal

## Massas de água em estado químico medíocre

Em Portugal, os limiares de qualidade aplicáveis ao bom estado químico da água subterrânea baseiam-se na proteção da massa de água, em conformidade com os pontos 1, 2 e 3 da parte A do anexo II, concedendo particular atenção às suas repercussões e inter-relação com as águas de superfície e ecossistemas terrestres associados e as zonas húmidas diretamente dependentes, devendo ter sido tidos em conta, nomeadamente, conhecimentos de toxicologia e de ecotoxicologia.

Os limiares podem ser estabelecidos a nível nacional, a nível da região hidrográfica ou a nível da parte da região hidrográfica internacional situada no território nacional ou ainda a nível da massa ou grupo de massas de águas subterrâneas.

No procedimento de avaliação do estado químico neste ciclo de planeamento foram utilizados os dados de monitorização disponíveis para o período 2010-2013.

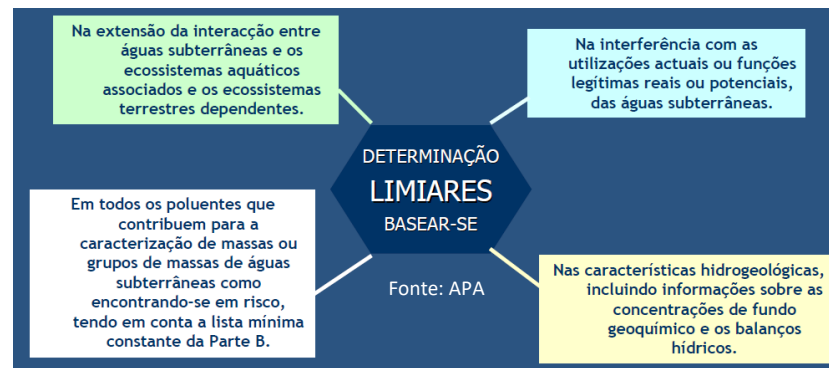


# Portugal

## Massas de água em estado químico medíocre

De acordo com a APA (2016) neste 2.º ciclo de planeamento foram estabelecidos valores limiares para 32 substâncias, das quais 11 decorrem das obrigações da DQA, resultando as restantes 21 parâmetros da avaliação de risco do 1º ciclo de planeamento (Tabela 1). Estes valores limiares estabelecidos para a avaliação do estado químico das massas de águas subterrâneas foram definidos à escala nacional.

Desta lista constam valores limiares estabelecidos para hidrocarbonetos que foram identificados numa determinada massa de água no país, os quais de acordo com a APA (2016) podem ser utilizados noutras regiões que venham a ter uma pressão significativa com estes poluentes e independentemente de qualquer análise de risco.



Organização:





# Portugal

## Massas de água em estado químico medíocre

Parâmetro	Número de registo	Limiar	Norma de qualidade
Azoto Amoniacal (mg/L)	CAS_7664-41-7	0,5	
Condutividade (µS/cm)	EEA_3142-01-6	2500	
pH	EEA_3152-01-0	5,5-9	
Arsénio (mg/L)	CAS_7440-38-2	0,01	
Cádmio (mg/L)	CAS_7440-43-9	0,005	
Chumbo (mg/L)	CAS_7439-92-1	0,01	
Mercurio (mg/L)	CAS_7439-97-6	0,001	
Cloreto (mg/L)	CAS_16887-00-6	250	
Sulfato (mg/L)	CAS_151-21-3	250	
Tricloroetileno (µg/L)	CAS_79-01-6	Σ=10	
Tetracloroetileno (µg/L)	CAS_127-18-4		
Nitrato (mg/L)	CAS_14797-55-8		50
Pesticidas (substância individual) (µg/L)	EEA_34-01-5		0,1
Pesticidas (total) <sup>1)</sup> (µg/L)	EEA_32-02-0		0,5
Naftaleno (µg/L)	CAS_91-20-3	2,4	
Acenafteno (µg/L)	CAS_83-32-9	0,0065	
Acenaftileno (µg/L)	CAS_208-96-8	0,013	
Antraceno (µg/L)	CAS_120-12-7	0,1	
Fenantreno (µg/L)	CAS_85-01-8	0,0065	
Fluoreno (µg/L)	CAS_86-73-7	0,0065	
Pireno (µg/L)	CAS_129-00-0	0,0065	
Fluoranteno (µg/L)	CAS_206-44-0	0,1	
Benzo[a]antraceno (µg/L)	CAS_56-55-3	0,0065	
Criseno (µg/L)	CAS_218-01-9	0,0065	
Benzo[a]pireno (µg/L)	CAS_50-32-8	0,01	
Benzo[b]fluoranteno (µg/L)	CAS_205-99-2	Σ=0,1	
Benzo[k]fluoranteno (µg/L)	CAS_207-08-9		
Benzo[g,h,i]perileno (µg/L)	CAS_191-24-2		
Indeno[1,2,3-cd]pireno (µg/L)	CAS_193-39-5		
Dibenzo[a,h]antraceno (µg/L)	CAS_53-70-3	0,0065	
Benzeno (µg/L)	CAS_71-43-2	1,0	
Etilbenzeno (µg/L)	CAS_100-41-4	1,3	
Tolueno (µg/L)	CAS_108-88-3	1,3	
Xileno (µg/L)	CAS_1330-20-7	1,3	
MTBE (µg/L)	CAS_1634-04-4	0,65	

### Limiares estabelecidos para avaliação do estado químico das massas de água subterrânea

Para a avaliação do estado químico das MA subterrâneas no 2º ciclo de planeamento, consideram-se os limiares que foram estabelecidos para 32 substâncias, das quais 11 decorrem das obrigações da DQA, resultando os restantes 21 parâmetros da avaliação de risco do 1º ciclo de planeamento.



# Portugal

## Exceções aos valores limiares das águas subterrâneas tendo por base os valores de fundo geoquímico

Parâmetro	Massa de água	Limiar
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Mexilhoeira Grande - Portimão	3424
pH	Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Minho	5,4
	Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Cávado	5,3
	Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Leça	4,7
	Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Vouga	5,3
	Luso	5,0
	Torres Vedras	4,0
Chumbo (mg/L)	Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Minho	0,019
	Veiga de Chaves	0,02
	Bacia de Alvalade	0,03
Arsénio (mg/L)	Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Douro	0,013
	Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Mondego	0,014
	Cretácico de Aveiro	0,015
	Vieira de Leiria – Marinha Grande	0,04
	Louriçal	0,02
	Viso-Queridas	0,02
Sulfato (mg/L)	Paço	542
	Peral - Moncarapacho	334
Cloreto (mg/L)	Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste	293
	Bacia de Alvalade	589
	Zona Sul Portuguesa da Bacia do Guadiana	274
	Monte Gordo	308
	Covões	310
	Mexilhoeira Grande - Portimão	940
	Ferragudo - Albufeira	425
	Albufeira – Ribeira de Quarteira	425
	Quarteira	478
	São João da Venda - Quelfes	262
	Campina de Faro (subsistemas de Vale de Lobo e Faro)	257
	Luz-Tavira	299
	São Bartolomeu	337

### Exceções para os limiares

Exceções aos limiares a nível nacional a serem considerados nalgumas massas de água, uma vez que há substâncias que ocorrem naturalmente sendo a concentração de fundo geoquímico superior ao limiar estabelecido a nível nacional.

Nestes casos estabeleceu-se um limiar específico para essas massas de água, tendo em conta a concentração de fundo.



# Portugal

## Massas de água em estado químico medíocre

Região Hidrográfica	Massas de água subterrânea com estado químico medíocre	Pressões pontuais devido a passivos ambientais
Minho e Lima (RH1)	Não foram identificadas massas de águas subterrâneas com estado químico medíocre.	Sem passivos ambientais
Cávado, Ave e Leça (RH2)	Foi identificada uma massa de águas subterrâneas com estado químico medíocre. Esta massa de água, identificada como Maciço Antigo Indiferenciado do Baixo Cávado/Ave, apresenta como elementos responsáveis pelo seu estado químico medíocre os nitratos resultantes de atividades agrícolas.	Sem passivos ambientais
Douro (RH3)	Não foram identificadas massas de águas subterrâneas estado químico medíocre.	Escombreyas das antigas minas de São Pedro da Cova
Vouga, Mondego e Lis (RH4A)	Foram identificadas duas massas de águas subterrâneas com estado químico medíocre. Estas massas de água, designadas por Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia Vouga e por Quaternário de Aveiro, apresentam como elementos responsáveis pelo seu estado químico medíocre os nitratos resultantes de atividades agrícolas.	Complexo Químico de Estarreja
Tejo e Ribeiras do Oeste (RH5A)	Foram identificadas duas massas de águas subterrâneas com estado químico medíocre. Estas massas de água, designadas por Estremoz/Cano e Paço, apresentam como elementos responsáveis pelo seu estado químico medíocre os nitratos resultantes de atividades agrícolas.	Siderurgia Nacional Passivo ambiental do Seixal Quimiparque Aterro de lamas da ETAR de Alcanena Estaleiro da Margueira
Sado e Mira (RH6)	Na região hidrográfica do Sado e Mira foi identificada uma massa de águas subterrâneas com estado químico medíocre. Esta massa de água, identificada por Sines – Zona Sul, apresenta como elementos responsáveis pelo seu estado químico medíocre os hidrocarbonetos resultantes de atividades industriais (passivo ambiental).	Bacias de lamas industriais confinadas no Aterro de Resíduos Industriais de Santo André.

Região Hidrográfica	Massas de água subterrânea com estado químico medíocre	Pressões pontuais devido a passivos ambientais
Guadiana (RH7)	Na região hidrográfica do Guadiana foram identificadas duas massas de águas subterrâneas com estado químico medíocre. Estas massas de água, designadas por Gabros de Beja e Elvas – Campo Maior, apresentam como elementos responsáveis pelo seu estado químico medíocre os nitratos resultantes de atividades agrícolas.	Sem passivos ambientais
Ribeiras do Algarve (RH8)	Na região hidrográfica das Ribeiras do Algarve foram identificadas três massas de águas subterrâneas com estado químico medíocre. Estas massas de água, designadas por Mexilhoeira Grande – Portimão, Almansil – Medronhal e Campina de Faro – Subsistema Faro, apresentam como elementos responsáveis pelo seu estado químico medíocre os nitratos resultantes de atividades agrícolas.	Sem passivos ambientais



# Portugal

## Massas de água em estado químico medíocre

Identificação	Região Hidrográfica (RH)	Área Total do Passivo Ambiental (ha)	Tipo de <u>Actividade</u>	Município
Escombreiras das antigas minas de São Pedro da Cova	RH3	1,55	Deposição de resíduos da indústria transformadora	Gondomar
Complexo Químico de Estarreja	RH4A	8,00	Indústria transformadora	Estarreja
Siderurgia Nacional	RH5A	121	Indústria transformadora	Seixal
Passivo ambiental do Seixal (Fábrica de explosivos da SPEL, areeiro de J. Caetano, areeiro de Fernando Branco, Poço da Quinta do Talaminho)		140,9	Indústria transformadora/ deposição de resíduos da indústria transformadora e de reparação naval	Seixal
<u>Quimiparque</u>		80	Indústria transformadora	Barreiro
Aterro de lamas da ETAR de Alcanena		1,00	Deposição de resíduos da indústria transformadora	Alcanena
Estaleiro da Margueira		7,50	Reparação naval	Almada
Bacias de lamas industriais confinadas no Aterro de Resíduos Industriais de Santo André	RH6	8,50	Deposição de resíduos da indústria transformadora	Aterro de Resíduos Industriais de Santo André - RESIM



# Portugal

## Responsabilidade ambiental (Decreto-Lei n.º 147/2008, de 29 de julho, Diploma RA).

No caso dos solos e das águas subterrâneas são assim abrangidos os seguintes danos:

- Qualquer contaminação do solo que crie um risco significativo para a saúde humana devido à introdução, direta ou indireta, no solo ou à sua superfície, de substâncias, preparações, organismos ou microrganismos;
- Quaisquer danos que afetem adversa e significativamente, nos termos da legislação aplicável, o estado quantitativo ou o estado químico das águas subterrâneas.

No tocante ao recurso natural água, o Diploma RA não se aplica exclusivamente à proteção do seu estado e das suas funções ecológicas, abrangendo igualmente os serviços por ele prestados (zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano ou para a proteção de espécies aquáticas de interesse económico; zonas designadas para a proteção de habitats e da fauna e da flora selvagens)



## Europa

### Qual a abordagem estabelecida por outros países europeus?

País	Contacto	Entidade
Áustria	Dietmar Müller-Grabherr	Environment Agency <u>Austria</u> , Contaminated Sites Department. AUSTRIA
Bélgica (Flandres)	Jan Bronders	Flemish Institute for Technological Research (VITO). BELGIUM.
Dinamarca	Christian Andersen	Danish Regions – Environment and Resources <u>Danske Regioner</u> , DENMARK
Espanha	Jorge Hornero	IGME, Madrid, ESPAÑA
	Emilio Orejudo e Mireia Iglesias	ACA - Agencia Catalana del Agua, Barcelona, ESPAÑA
França	<u>Valerie Guerin</u> <u>Corinne Merly</u>	BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), FRANCE
Holanda	Linda Maring	<u>Deltares</u> , Urban water and soil management, THE NETHERLANDS.
	<u>Matthijs Bonte</u>	Shell Global Solutions. Soil and Groundwater. THE NETHERLANDS.
Itália	<u>Marco Falconi</u>	ISPRA, Contaminated Sites, ITALIA.
Reino Unido	Robert S. Ward	British Geological Survey. Groundwater Science and Science Policy. (anteriormente da <u>Environment Agency</u> )
Roménia	<u>Daniela Podoleanu</u>	<u>Ramboll</u>



# ÁUSTRIA

## Metodologia: Categorização dos diferentes níveis de contaminação de água subterrânea

(adaptado de Müller & Weihs, 2010)

Organização:

**Apetro**

 **Brownfield  
Engineering**

**CERIS**

**RAM  
GROUP**

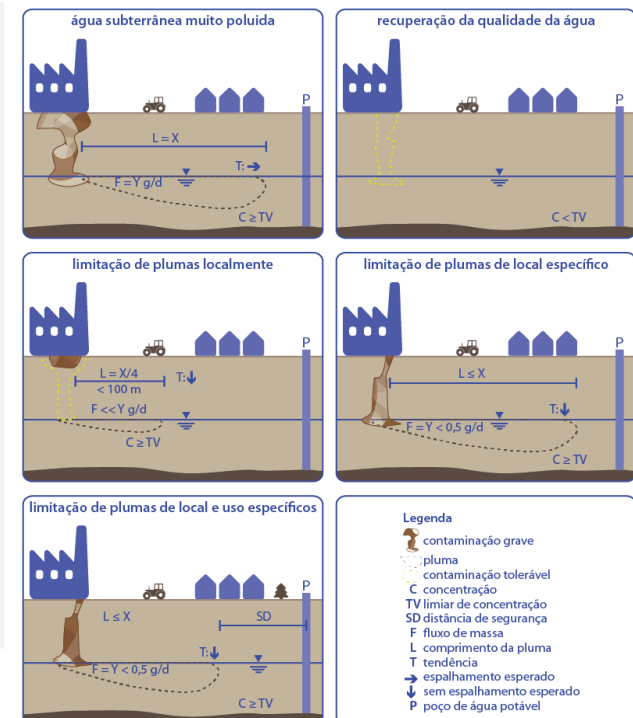
**waterways**



# ÁUSTRIA

## Metodologia: Objetivos de remediação da água subterrânea em locais com contaminações históricas

boa qualidade da água subterrânea		qualidade aceitável (local e uso específico)	qualidade medíocre (local)
← possíveis objetivos de remediação →			
natural	contaminação insignificante	contaminação	contaminação severa
<b>critérios de caracterização</b> BC concentração de fundo geoquímico ('background') TV limiar de qualidade água subterrânea ('threshold')		<b>critérios de caracterização</b> BC concentração de fundo geoquímico ('background') TV limiar de qualidade água subterrânea ('threshold') F fluxo de massa do contaminante L comprimento pluma de contaminação T tendência, dinâmica de espalhamento do contaminante no futuro	
sem necessidade de medidas de remediação		<b>medidas de gestão e remediação necessárias</b> . adequadas e proporcionais . eficientes . efetivas a médio e longo prazo	







# ÁUSTRIA

## Metodologia

### Pontos importantes:

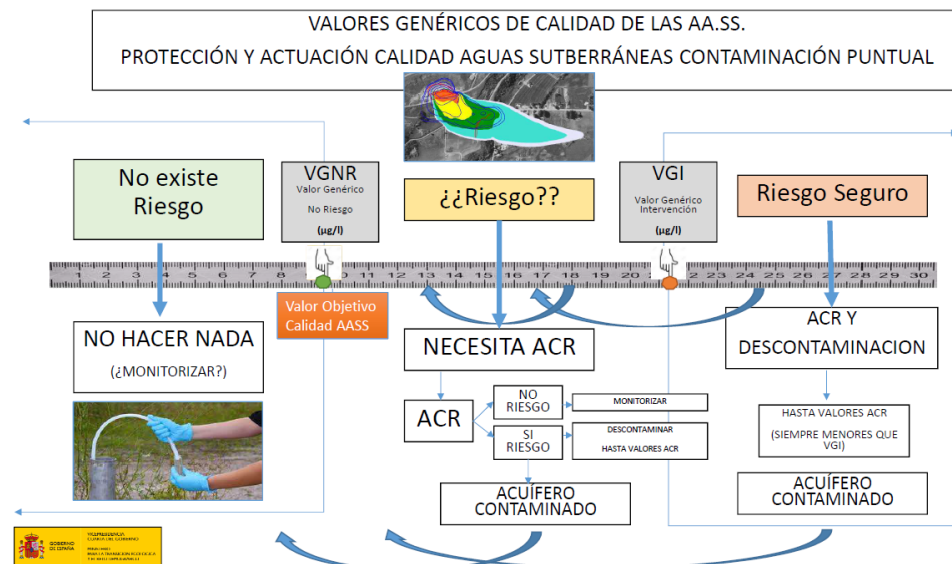
- A quando da avaliação da viabilidade de um projeto de remediação, as tecnologias de remediação disponíveis são examinadas para verificar a sua adequabilidade para atingir os objetivos preliminares de remediação no curto e no médio prazo (5 a 20 anos).
- Onde os estudos de viabilidade indicarem que não há tecnologia adequada ou alternativa proporcional de remediação, os objetivos preliminares da remediação terão que ser adaptados.
- Na fase de planeamento, os objetivos de remediação específicos do local são estabelecidos e especificados através dos valores objetivo da remediação.
- Estes valores objetivo precisam de ser definidos para qualquer contaminante relevante. Os seguintes critérios são aplicáveis na Áustria:
  - recuperação da boa qualidade das águas subterrâneas: valores-limiare (TV);
  - plumas contaminantes e contaminação tolerável: valores de intervenção.
- Para discutir cenários relacionados com o termo do projeto de remediação, os seguintes aspetos precisam ser examinados:
  - qualquer adaptação e otimização viáveis das medidas;
  - rever objetivos de remediação específico do local, bem como da necessidade, adequação e proporcionalidade.



## ESPAÑA

### Metodologia (~Agência Catalã da Água)

- Fase 1. Caracterização da área contaminada (preliminar e detalhada)
- Fase 2. Recuperação ambiental da área contaminada
- Fase 3. Medidas de acompanhamento da evolução do processo de descontaminação
- Fase 4. Finalização do processo de remediação ambiental





## ESPAÑA

### Metodologia

#### Pontos importantes:

- Metodologia baseada numa análise de risco
- Determinação dos valores genéricos de gestão:
  - Valor genérico de não risco (VGNR): concentração de poluente que não se espera causar riscos aos usuários de águas subterrâneas. Geralmente é definido como o valor da concentração objetivo para reabilitação.
  - Valor genérico de intervenção (VGI): responde à concentração de poluente que se espera causar algum risco aos usuários atuais ou potenciais em certos usos da água. Como tal, torna-se a concentração do poluente a partir do qual é considerada necessária uma ação para restaurar a qualidade do meio ambiente, a menos que:
    - (1) a atenuação dos compostos ocorra naturalmente;
    - (2) a pluma de contaminação é perfeitamente delimitada e controlada; e,
    - (3) na análise da evolução das concentrações nas águas subterrâneas, verifica-se uma tendência significativa de diminuição das concentrações.

O aumento rápido do número de locais contaminados e da lista de contaminantes obrigou a uma revisão da lista inicial.



# HOLANDA

## Metodologia

A legislação holandesa foca-se essencialmente:

- na prevenção de novos casos de contaminação do solo e de águas subterrâneas;
- no tratamento de terrenos com historial de contaminação.

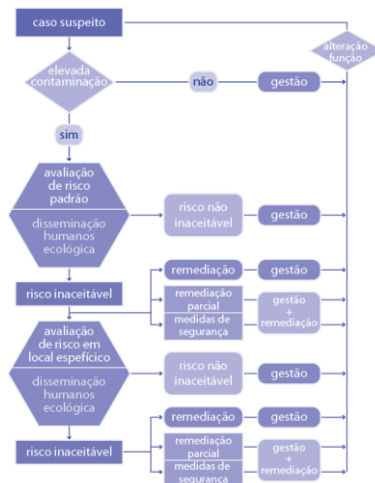
As entidades reguladoras têm poderes relativamente amplos no que diz respeito à descontaminação ou obrigação à adoção de medidas de proteção por meio da aplicação de mecanismos administrativos. Sob a Lei de Proteção do Solo, podem ser necessárias as medidas listadas abaixo relativamente à contaminação do solo e das águas subterrâneas:

- Medidas de limpeza e recuperação para eliminar ou reduzir a contaminação;
- Medidas de proteção para prevenir ou minimizar a propagação de contaminação;
- Medidas de proteção e restrição para evitar ou minimizar os efeitos adversos da contaminação.



# HOLANDA

## Metodologia



Pontos importantes:

Os valores objetivo das águas subterrâneas fornecem uma indicação da referência para a qualidade ambiental a longo prazo, assumindo que exista um risco negligenciável (NR) para o ecossistema.

Estes valores objetivo são sempre que possível sustentados por uma análise de risco e aplicam-se a substâncias individuais.

Para os metais, é feita uma distinção entre águas subterrâneas profundas e superficiais, devido às suas diferentes concentrações naturais. Foi adotado um limite arbitrário de 10 metros para distinguir entre águas subterrâneas superficiais e profundas. Um limite diferente pode ser adotado se houver informação disponível que indique que outro limite é mais plausível para o local a ser avaliado.

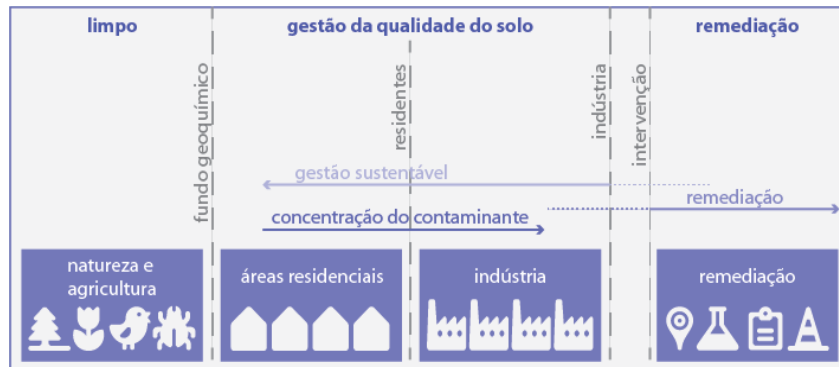
Os valores de intervenção para remediação do solo/ água subterrânea são o indicador de quando as propriedades funcionais do solo para a saúde humana, plantas e animais estão seriamente comprometidas. Representam o nível de contaminação acima do qual um caso de contaminação do solo é considerado grave.

Há valores de intervenção do solo para várias substâncias que foram ajustados recentemente também tendo com base em considerações políticas (!)



## HOLANDA

### Metodologia: Ilustração gráfica dos padrões de qualidade dos solos da Holanda



### Pontos importantes:

Em casos específicos, existe a possibilidade de que, apesar das concentrações no solo estarem abaixo dos valores de intervenção, as suas propriedades funcionais para os seres humanos, plantas ou vida animal estão gravemente prejudicadas ou existe um risco de serem prejudicadas e assim estamos na presença de caso grave de contaminação.

Se houver suspeita de uma situação deste tipo é aconselhável realizar uma investigação adicional nas condições reais de exposição para verificar o desvio em relação à exposição padrão e quais as respetivas repercussões para a saúde humana e ecotoxicologia.



## ITÁLIA (e, também ROMÉLIA)

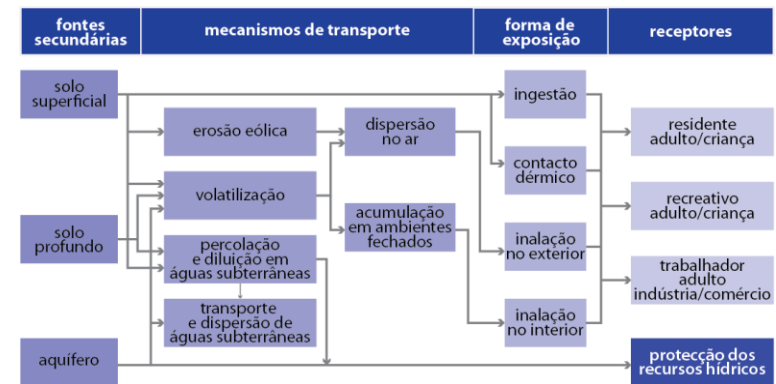
### Metodologia: RBCA

A metodologia proposta baseia-se no modelo de análise de risco RBCA da ASTM e pode ser dividida em três fases principais:

– Fase 1. Desenvolvimento do modelo conceptual. Inclui a definição da: (1) origem de contaminação; (2) mecanismos de migração dos contaminantes – critérios relativos ao meio ambiente; (3) mecanismos de migração dos contaminantes – critérios relativos aos fatores de transporte no meio ambiente; e, (4) Exposição e objetivos – critérios de estimativa relativos ao fator de exposição humana.

– Fase 2. Cálculo do risco e dos objetivos de remediação da zona afetada. Inclui: (1) cálculo do risco individual e cumulativo; (2) critério do cálculo de risco devido à exposição de mais do que uma via de exposição; (3) riscos para os recursos hídricos subterrâneos; (4) critérios de tolerabilidade do risco; e, (5) Cálculo dos valores objetivo de remediação específicos do local contaminado.

– Fase 3. Análise crítica do software e critérios de avaliação. Inclui: (1) análise crítica do software; e, (2) critérios de avaliação do software.





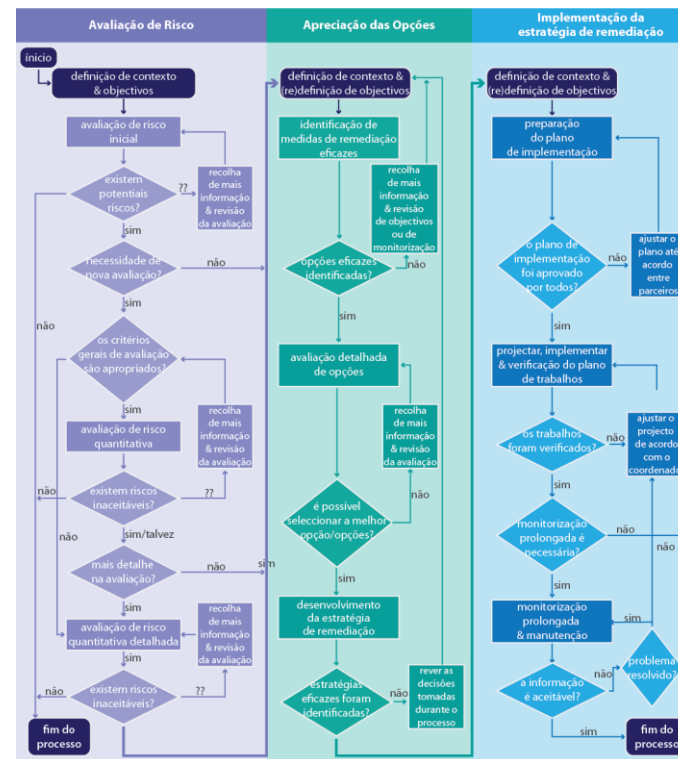
# INGLATERRA

## Metodologia

Os principais objetivos da metodologia inglesa é determinar quais das seguintes opções são necessárias:

- Nenhuma ação de remediação;
- Ação de remediação para proteger um recetor de água subterrânea ou de água de superfície identificado;
- Recolha e análise de dados adicionais para avaliar melhor o grau de risco para o recetor.

Esta metodologia baseia-se numa abordagem faseada (por níveis) para a determinação dos valores objetivos, tendo em conta o risco para o solo e para as águas subterrâneas.







## INGLATERRA

### Metodologia

Pontos importantes:

Um valor objetivo é derivado em cada Nível, mas é provável que esse valor seja menos rigoroso no próximo nível, à medida que processos adicionais (por exemplo, diluição e atenuação), que afetam as concentrações de contaminantes ao longo do caminho percorrido pelo contaminante entre a fonte e o recetor, são tidos em consideração.

Os requisitos de dados e a sofisticação da análise aumentam com os Níveis à medida que se sucedem, mas a confiança no impacto previsto também aumenta. Isso poderá levar a um certo alívio dos requisitos de remediação, no caso em que a avaliação de risco é aceitável.

Essa abordagem permite:

- uma rápida avaliação de locais de baixo risco;
- focar a atenção nos locais onde os riscos e as necessidades de informação são maiores.



## CONCLUSÕES

### Análise diversas metodologias

- No âmbito da implementação da DQA, as normas de qualidade estabelecidas na definição do bom estado químico de uma massa de águas subterrâneas podem ser excedidas devido a pressões locais (ex. fontes de poluição pontuais) não colocando necessariamente em perigo o estado geral de uma massa de águas subterrâneas.
- A DQA abre a possibilidade de investigar as razões pelas quais as normas são excedidas e decidir a classificação do estado químico com base no risco efetivo para a massa de águas subterrâneas em geral (i.e. riscos para a saúde humana, ecossistemas aquáticos associados ou ecossistemas terrestres relacionados e legitimar usos e funções da água subterrânea). Isto significa que, podem ocorrer situações onde as normas tenham sido excedidas, que corresponderão a pressões locais que é necessário controlar e possivelmente remediar sem classificar a massa de águas subterrâneas como em “mau estado”. E, outras situações, que poderão representar uma séria ameaça para a massa de águas subterrâneas e conduzir à classificação de “mau estado”. As decisões deverão ser tomadas caso a caso, no âmbito do plano de gestão de região hidrográfica da DQA e tendo por base uma análise de risco (Comissão Europeia, 2008).



## CONCLUSÕES

### Análise diversas metodologias

- As metodologias de avaliação da qualidade da água subterrânea em caso de contaminação antrópica de origem pontual utilizada pelos diversos países europeus têm por base atualmente uma avaliação de risco das pressões antropogénicas sobre as massas de águas subterrâneas e dos impactos resultantes dessas ações. A maioria dos países estabeleceu limiares de concentração tendo em conta os recetores finais (água consumo humano ou ecossistemas) e considera essencial o desenvolvimento detalhado de um modelo conceptual da zona afetada que tenha em conta o tipo de solo, topografia, clima, geologia, hidrologia e hidrogeologia.
- Considerações económicas têm que ser consideradas face ao futuro uso do solo/ água;
- Limiares de remediação que podem ser reanalisados em fases posteriores do projeto;
- Metodologias que permitam a inclusão de modelos simples que permitam simular o transporte de contaminantes.
- Não existir uma metodologia definida permite que cada entidade/ utilizador final resulta numa complexa ambiguidade de processos de análise e estabelecimento de metas de remediação.

**CERIS** : Civil Engineering Research  
and Innovation for  
Sustainability



**DECIVIL**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
CIVIL, ARQUITECTURA E GEORRECURSOS

Department of Civil Engineering, Architecture and Georesources  
Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa

Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa - Portugal | Tel.: (+351) 218 418 238  
[ceris@tecnico.ulisboa.pt](mailto:ceris@tecnico.ulisboa.pt) | [www.ceris.pt](http://www.ceris.pt)