

SEMINÁRIO DA CESA-APRH | ÉVORA, 23 DE OUTUBRO DE 2018 | ANF. 1 COL. LUÍS VERNEY (UÉVORA)

AVALIAÇÃO DOS RISCOS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

ORIGENS DE ÁGUA



## A metodologia de avaliação do risco usada pela EPAL – origens de água superficial

P.S. Coelho (\*), R.M. Rebelo (\*), R.N. Carneiro (\*\*), C.S. Damião (\*\*) e M.J. Benoliel (\*\*)

(\*) – FCT NOVA

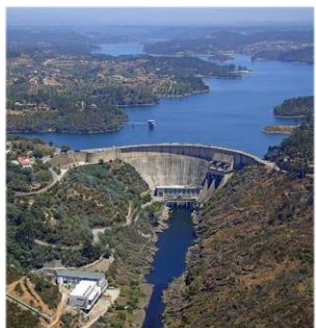
(\*\*) - EPAL

## **Agenda:**

- 1. Breve descrição da Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A. (EPAL) e respetivo Sistema de Abastecimento**
- 2. Os Planos de Segurança da Água (PSA) da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano:**
  - Metodologias;**
  - Resultados.**
- 3. Conclusões**

## 1. Breve descrição da EPAL e respetivo Sistema de Abastecimento

- É a maior empresa do setor da água em Portugal, com **151 anos de existência**.
- Produz cerca de  $220 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  e abastece cerca de **2,9 milhões de habitantes**.
- Abastece **34 municípios “em alta”** e a cerca de **355 000 consumidores diretos** na cidade de Lisboa.



- **2 origens superficiais** – rio Zêzere (albufeira de Castelo do Bode) e o rio Tejo (Valada do Ribatejo) + **44 origens subterrâneas**.

- **2 Estações de Tratamento de Água convencionais** – ETA da Asseiceira e ETA do Vale da Pedra – e **mais de 40 Postos de cloragem/reforço de cloragem**.

- O sistema de adução e distribuição engloba uma área de cerca **7 095 km<sup>2</sup>**, sendo constituído por cerca **1 040 km** de condutas adutoras e aproximadamente **1 450 km** de tubagens na rede de distribuição.



## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (1/14)

Em **2007**, a EPAL desenvolveu o seu primeiro PSA, seguindo as metodologias propostas pela OMS e IWA, considerando a totalidade do sistema de abastecimento, desde as origens de água bruta (e respetivas bacias hidrográficas) até às torneiras dos consumidores.

O PSA teve na sua base um **levantamento/avaliação detalhados** das diversas etapas do sistema e a **identificação de potenciais eventos perigosos (e respetivos perigos)** associados à operação/gestão do mesmo, bem como a **avaliação dos respetivos riscos** permitindo:

- **Identificar/hierarquizar as medidas de controlo/mitigação** a adotar para fazer face a cada evento perigoso e avaliar a sua eficácia;
- **Definir medidas adicionais** a implementar (curto, médio e longo prazo) .

A avaliação de risco foi concretizada com recurso a **matrizes 5x5 (probabilidade ocorrência x consequência)** qualitativas e/ou quantitativas desenvolvidas para o efeito sendo as classificações obtidas com base em **dados disponíveis (histórico)** e **experiência de peritos/profissionais da Empresa envolvidos na elaboração do PSA (conhecimento profundo do sistema e seus aspetos mais críticos)**.

## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (2/14)

### Perigos microbiológicos, biológicos e químicos

Probabilidade	Definição (até 2012)	Definição (aplicado a ocorrências a partir de 2013)	Definição * (aplicar a ocorrências a partir de 2015)	Valor	Consequencia	Definição	Valor
<b>Muito Improvável</b>	Não aconteceu no passado e é extremamente improvável de acontecer nos próximos 10 anos.	• <1 ocorrência por ano.	• Resultados inferiores ao Limite de Quantificação (LQ) do método de ensaio; • 5% de incumprimentos de valores normativos.	<b>1</b>	<b>Salubridade</b>	Possível presença de parâmetros de consequência 1	<b>1</b>
<b>Improvável</b>	Não aconteceu no passado mas não pode ser deixado de fora a hipótese de ocorrência nos próximos 5 anos.	• [1 - 12[ocorrências por ano ( ]1/mês a 1/ano] ).	• [5%-25%[ de incumprimentos de valores normativos	<b>2</b>	<b>Insalubridade</b>	Possível presença de parâmetros de consequência 2	<b>2</b>
<b>Provável</b>	A probabilidade de ocorrência é $\geq 1/(5 \text{ anos})$	• [12 - 52[ocorrências por ano ( ]1/semana a 1/mês ] ).	• [25% - 50%[ de incumprimentos de valores normativos	<b>3</b>	<b>Potencialmente nocivo</b>	Possível presença de parâmetros de consequência 3	<b>3</b>
<b>Quase certo</b>	A probabilidade de ocorrência é $\geq 1/\text{ano}$	• [52 - 365[ ocorrências por ano ( ]1/dia a 1/semana] ).	• [50% - 75%[ de incumprimentos de valores normativos.	<b>4</b>	<b>Possível doença</b>	Possível presença de parâmetros de consequência 4	<b>4</b>
<b>Certo</b>	A probabilidade de ocorrência é $\geq 1/(6 \text{ meses})$	• $\geq 365$ ocorrências por ano (1 ou mais ocorrências diárias).	• [75%-100%] de incumprimentos de valores normativos	<b>5</b>	<b>Doença</b>	Possível presença de parâmetros de consequência 5	<b>5</b>

Algas tóxicas	Ferro	ano.	ou mais ocorrências diárias;		escala generalizados a uma parte significativa do sistema de abastecimento da EPAL.
	Manganês				
	Oxidabili				
	pH				
Microcistinas	Zinco				

## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (3/14)

### Exemplos de matrizes e tabelas de suporte à avaliação de risco no âmbito do PSA

			Consequência (Quantidade, Pressão e Qualidade de Serviço)				
			Insignificante	Menor	Moderada	Maior	Muito severo
		Valor	1	2	3	4	5
Probabilidade	Muito improvável	1	1	2	3	4	5
	Improvável	2	2	4	6	8	10
	Médio	3	3	6	9	12	15

			Consequência (Contaminação)				
			Salubre	Insalubridade observável	Potencialmente nocivo	Possível Doença	Doença
		Valor	1	2	3	4	5
Muito improvável	1	1	2	3	4	5	
Improvável	2	2	4	6	8	10	
Médio	3	3	6	9	12	15	
Provável	4	4	8	12	16	20	
Quase certo	5	5	10	15	20	25	

## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (4/14)

Em 2017, no âmbito de uma revisão periódica do PSA, a metodologia de avaliação adotada pela EPAL evoluiu da metodologia clássica passando a incorporar a modelação matemática da qualidade da água, para avaliar os riscos/impactos associados a potenciais eventos de poluição nas bacias hidrográficas que drenam para as seções onde se localizam as captações (origens de água bruta) do sistema.

Nesta abordagem foram considerados os seguintes aspetos importantes:

- A **localização** de eventuais descargas e as **cargas de poluentes** descarregadas;
- O **tipo de poluente**;
- As **características hidrodinâmicas** das massas de água.

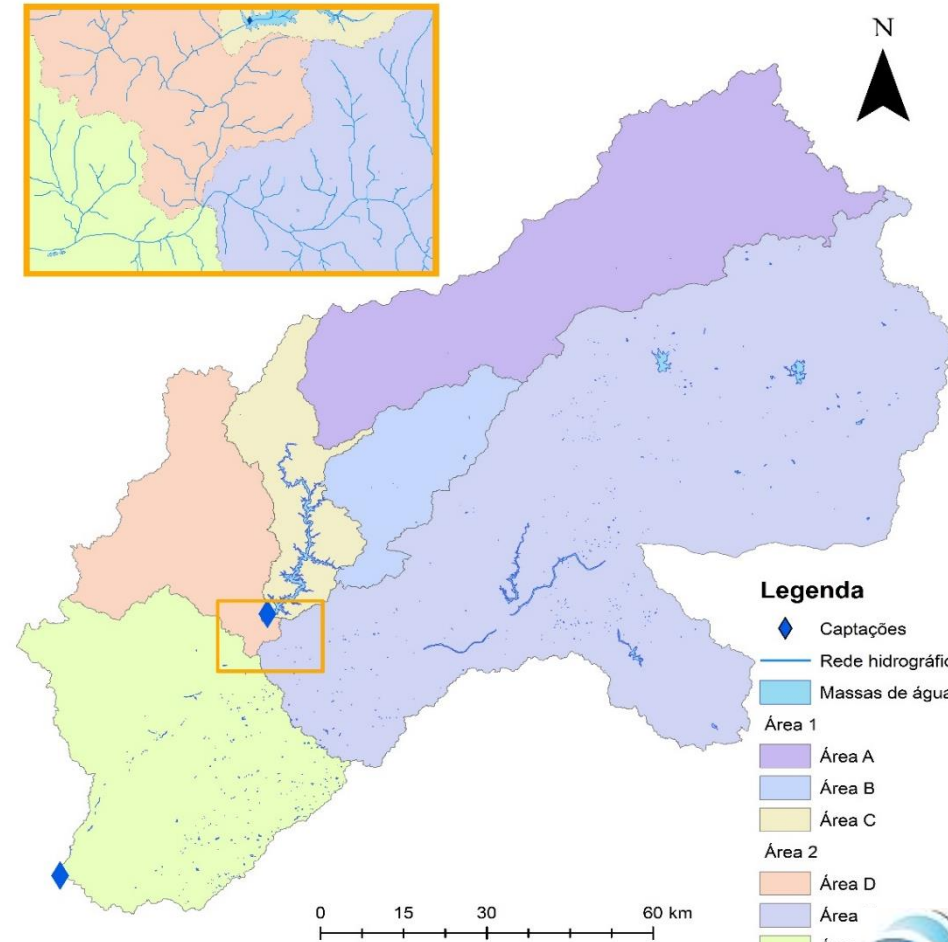
Utilizados 2 modelos diferentes:

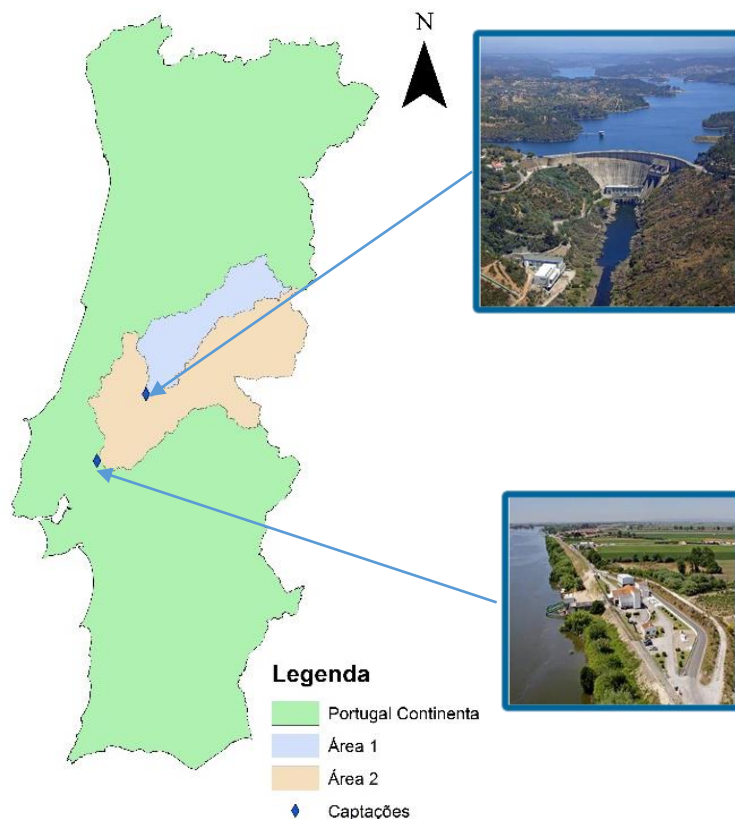
- Albufeira de Castelo do Bode: **CE-QUAL-W2** (Cole and Wells, 2008) - particularmente adequado à simulação da hidrodinâmica e da qualidade da água em albufeiras longas e estreitas;
- Valada Tejo: **QUAL-2E** (USEPA, 1985) - mais adequado à simulação de massas de água lóxicas.

Foram definidas **2 áreas** de estudo diferentes – cada *site* de captação tem condições de escoamento a montante completamente distintas.

2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (5/14)

**Nova metodologia (2017)**  
**Definição de 2 áreas de estudo**





**Área de estudo 1 (Albufeira de Castelo de Bode) - Principais fontes de poluição identificadas como potenciais factores de risco:**

- 64 ETAR;
- 10 indústrias das quais 5 “indústrias IPPC”;
- 20 lixeiras “seladas”;
- 1 aterro sanitário;
- 364 pecuárias.

**Área de estudo 2 (Valada do Tejo) - Principais fontes de poluição identificadas como potenciais factores de risco (em território Nacional):**

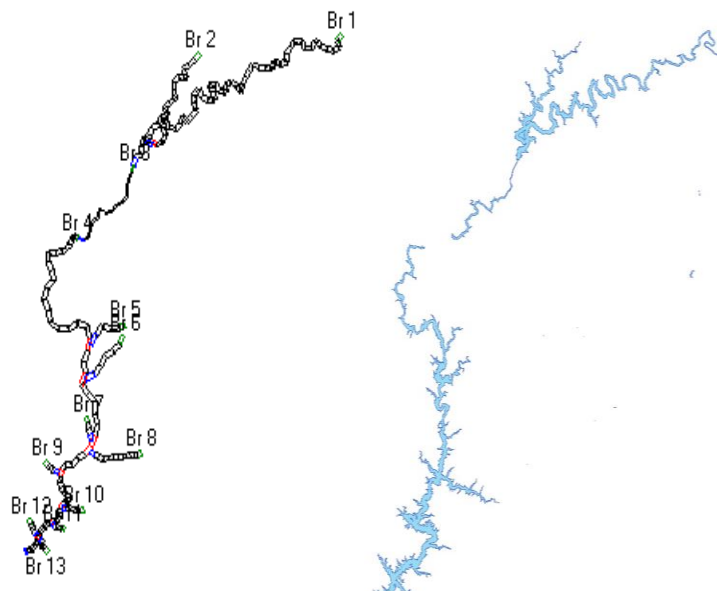
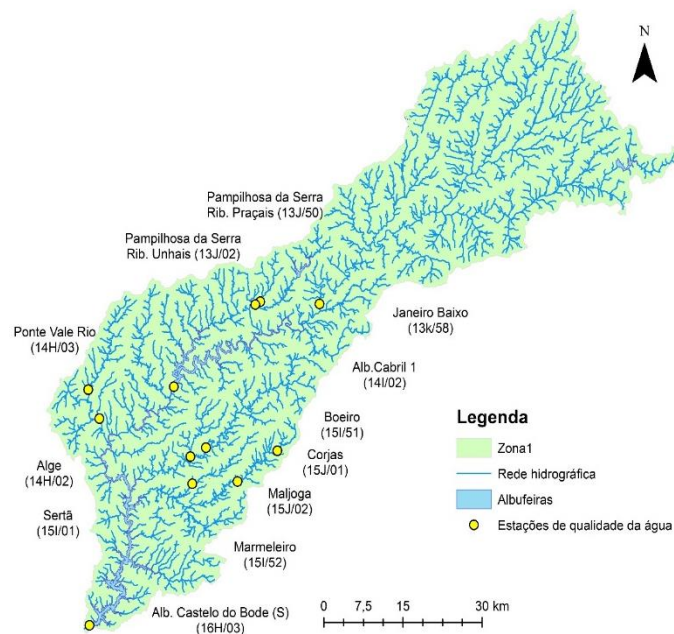
- 100 ETAR;
- 39 indústrias das quais 24 “indústrias IPPC”;
- 47 lixeiras “seladas”;
- 9 aterros sanitários;
- 640 unidades agrícolas/pecuárias.

**Outras fontes de poluição consideradas: contaminação potencial da água bruta devido a acidentes rodoviários (transporte de substâncias perigosas) em estradas/travessias junto às massas de água, atos de vandalismo, etc.**

## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (7/14)

No que respeita à **qualidade da água**, os 2 modelos foram calibrados com dados da analíticos obtidos em diversas estações de monitorização localizadas ao longo das 2 massas de água – foram considerados dados analíticos do ano mais representativo dos últimos 10 anos (para simular períodos de tempo húmido e de tempo seco) para simplificar o processo de modelação.

Os descritores de qualidade da água considerados foram, no essencial: temperatura, OD, fósforo total, azoto total, azoto amoniacal, nitritos, nitratos, CBO<sub>5</sub> e coliformes (totais e fecais).

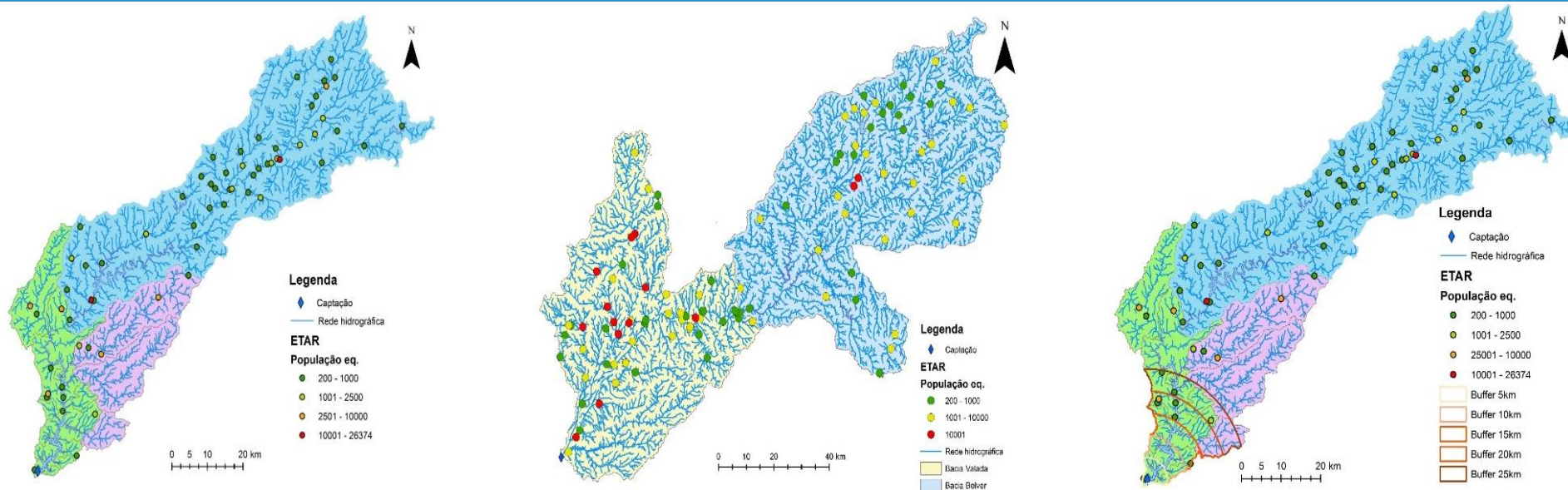


## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (8/14)

Foram considerados cenários de eventos de poluição extremos (funcionamento inadequado de ETAR, acidentes rodoviários, colapso de escombrelas de minas, entre outros).

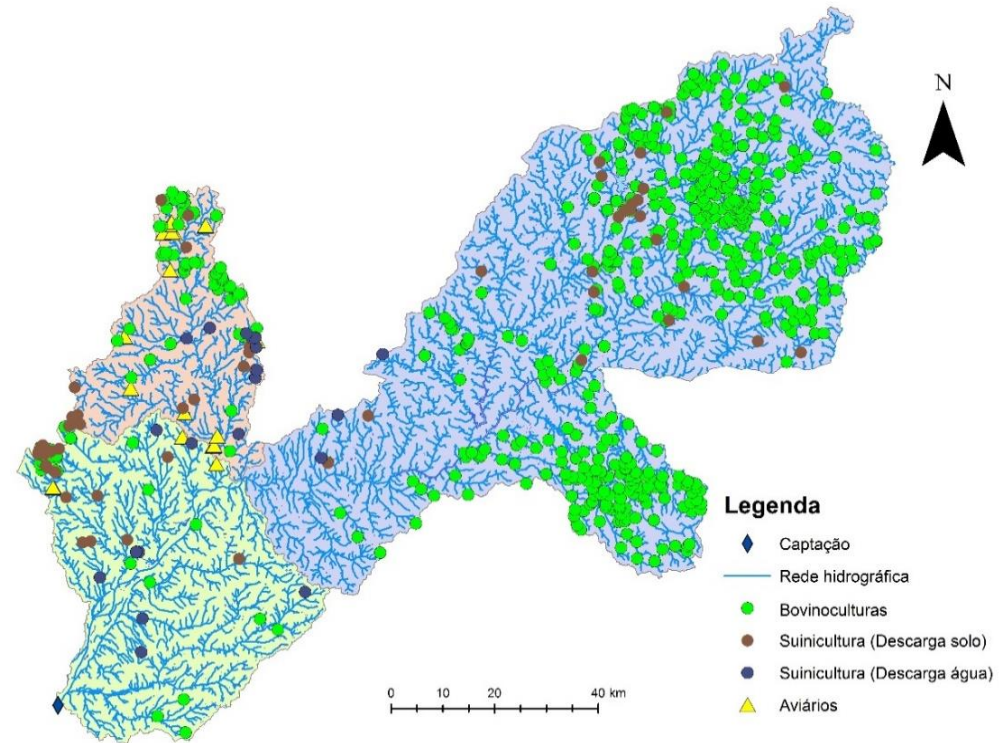
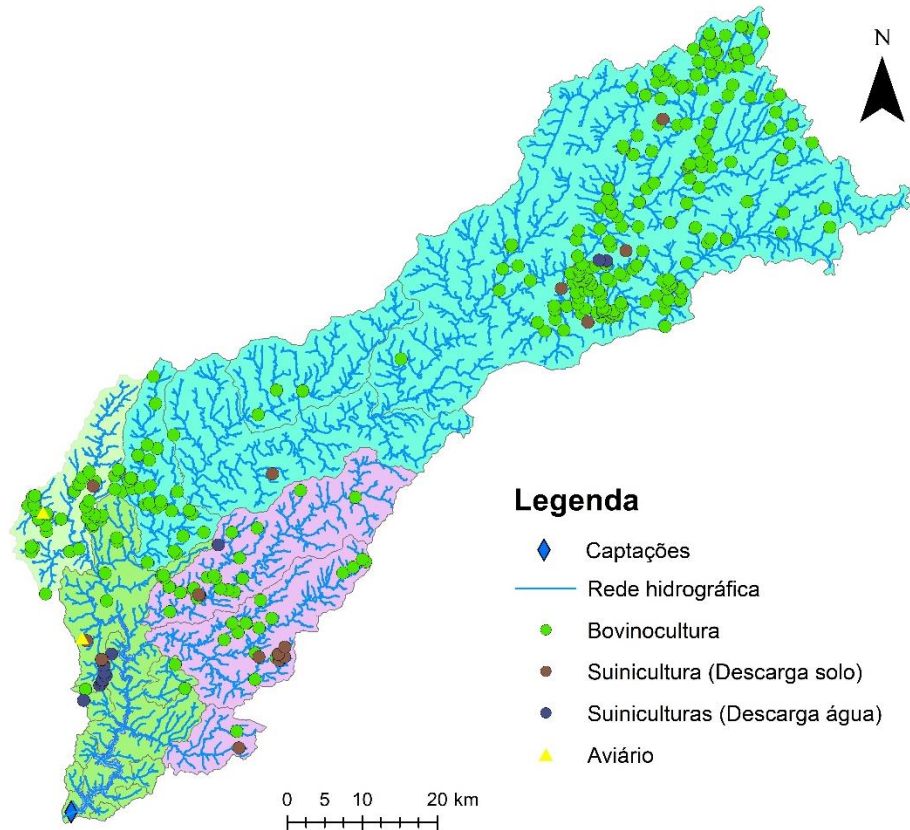
Simulação do comportamento de poluentes ao longo das diferentes massas de água desde o local da descarga até aos locais de captação.

Estimada a probabilidade dos valores paramétricos/admissíveis serem excedidos, para diferentes descritores da qualidade da água, no local da captação (**criação de novo fator para a avaliação subsequente do risco**).



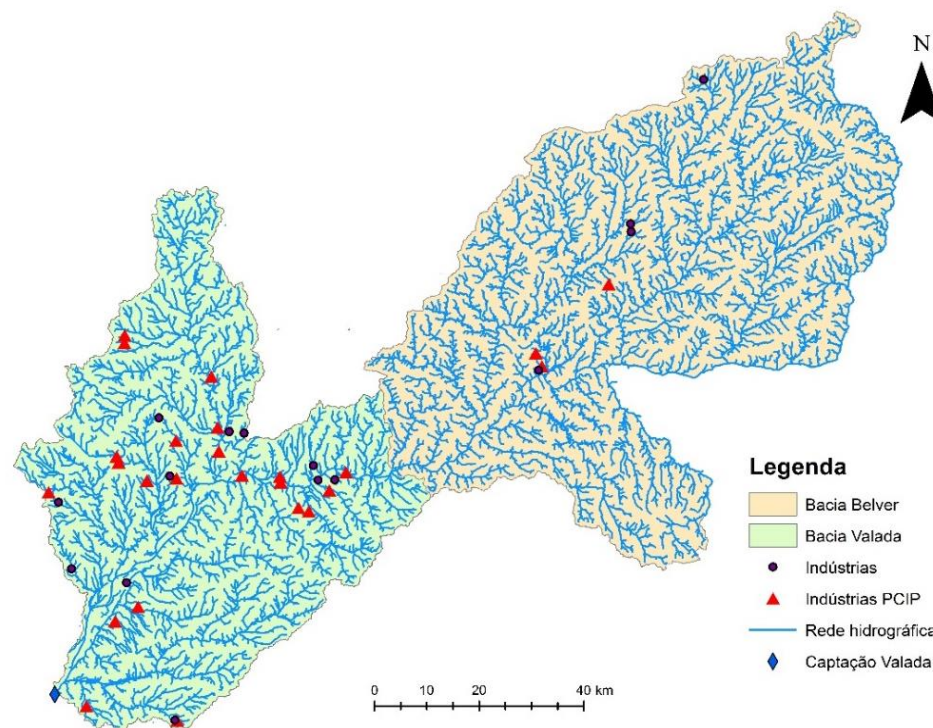
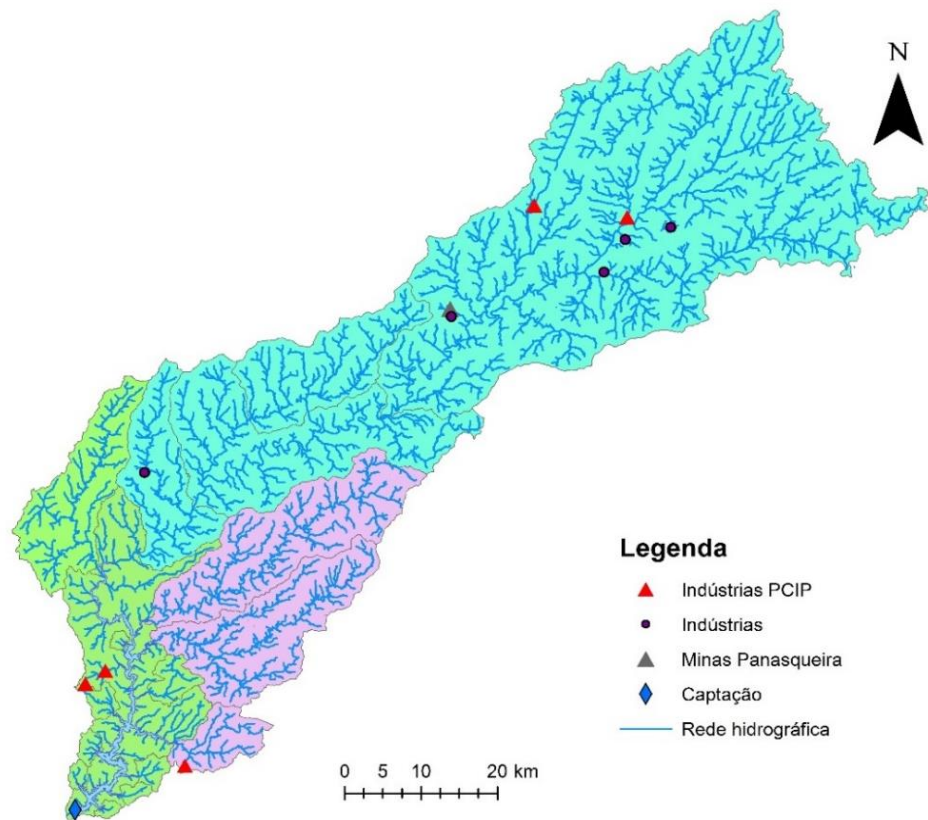
## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (9/14)

### Exemplo relativamente às actividades pecuárias



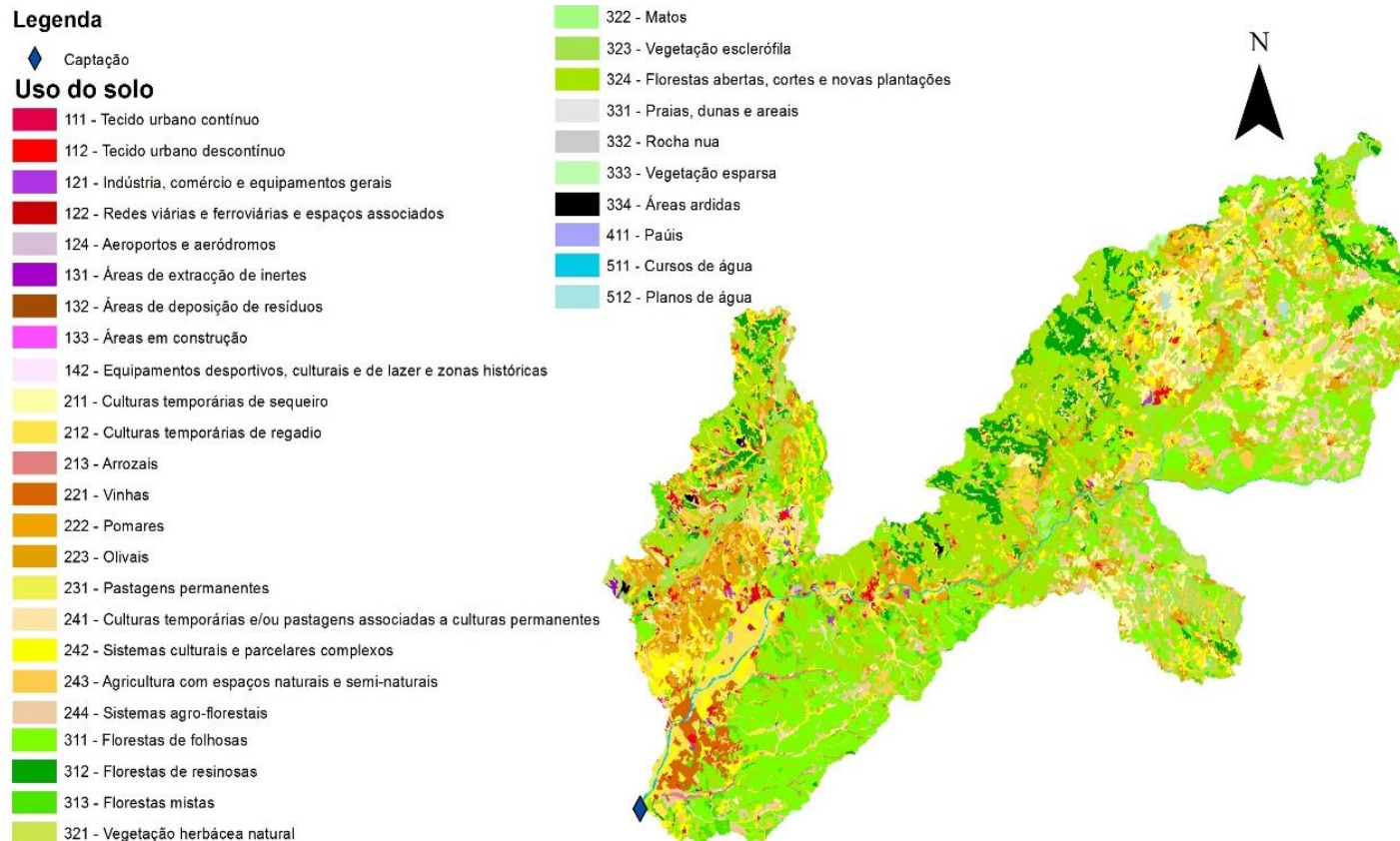
## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (10/14)

### Exemplo relativamente a actividades industriais (incluindo a exploração de minas)



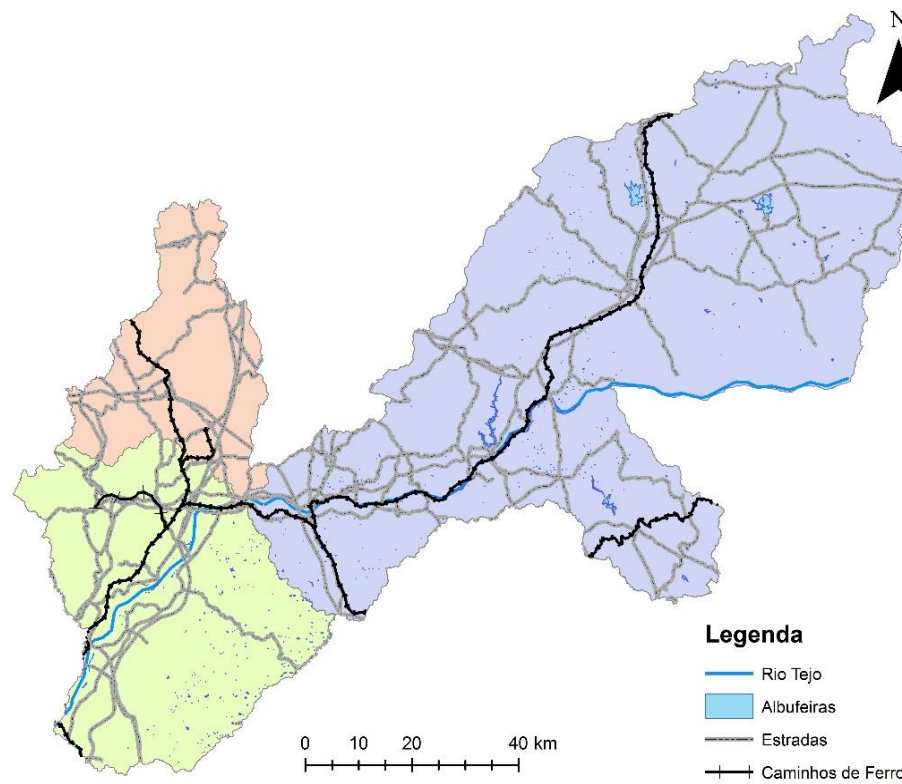
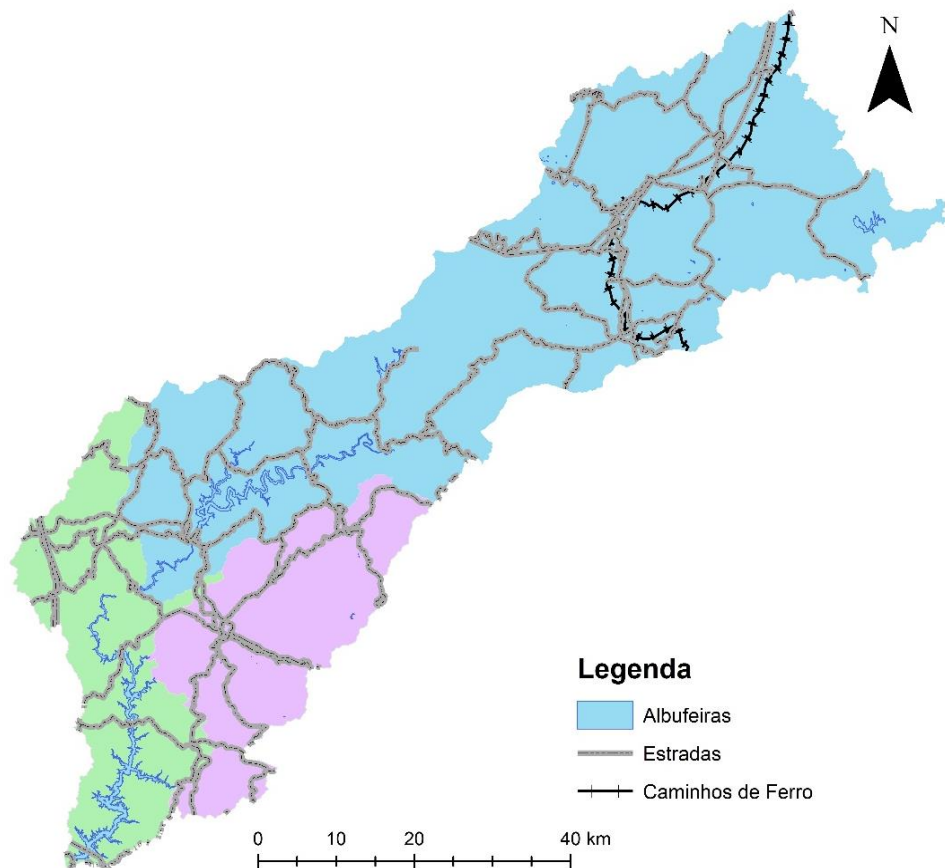
## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (11/14)

### Contribuição agrícola e florestal em função do uso do solo (exemplo da área 2 – Valada do Tejo)



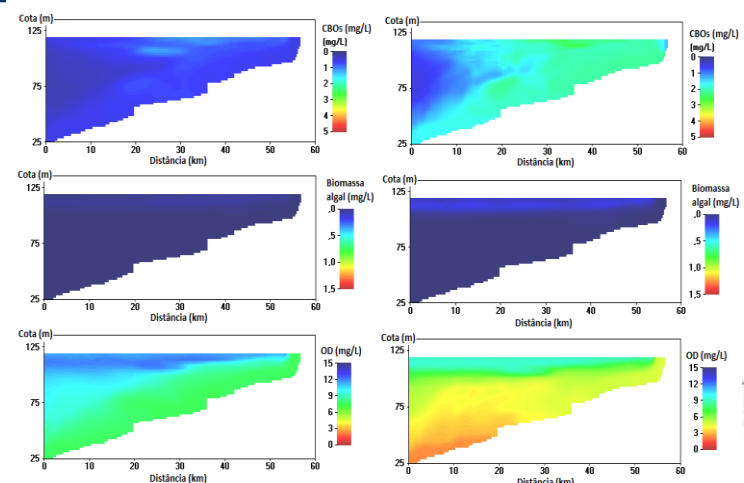
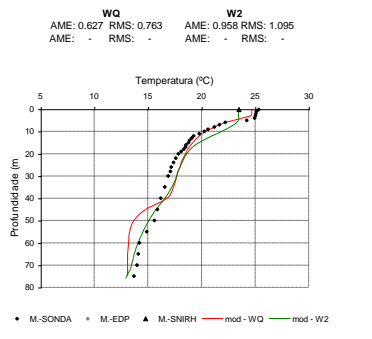
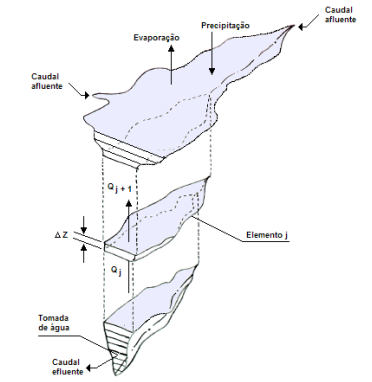
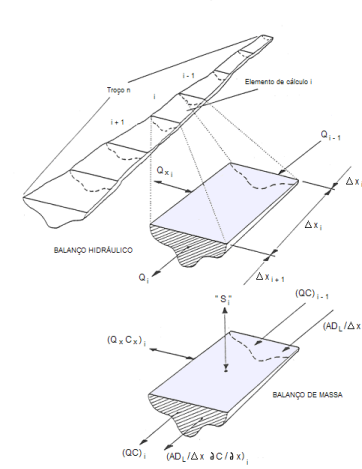
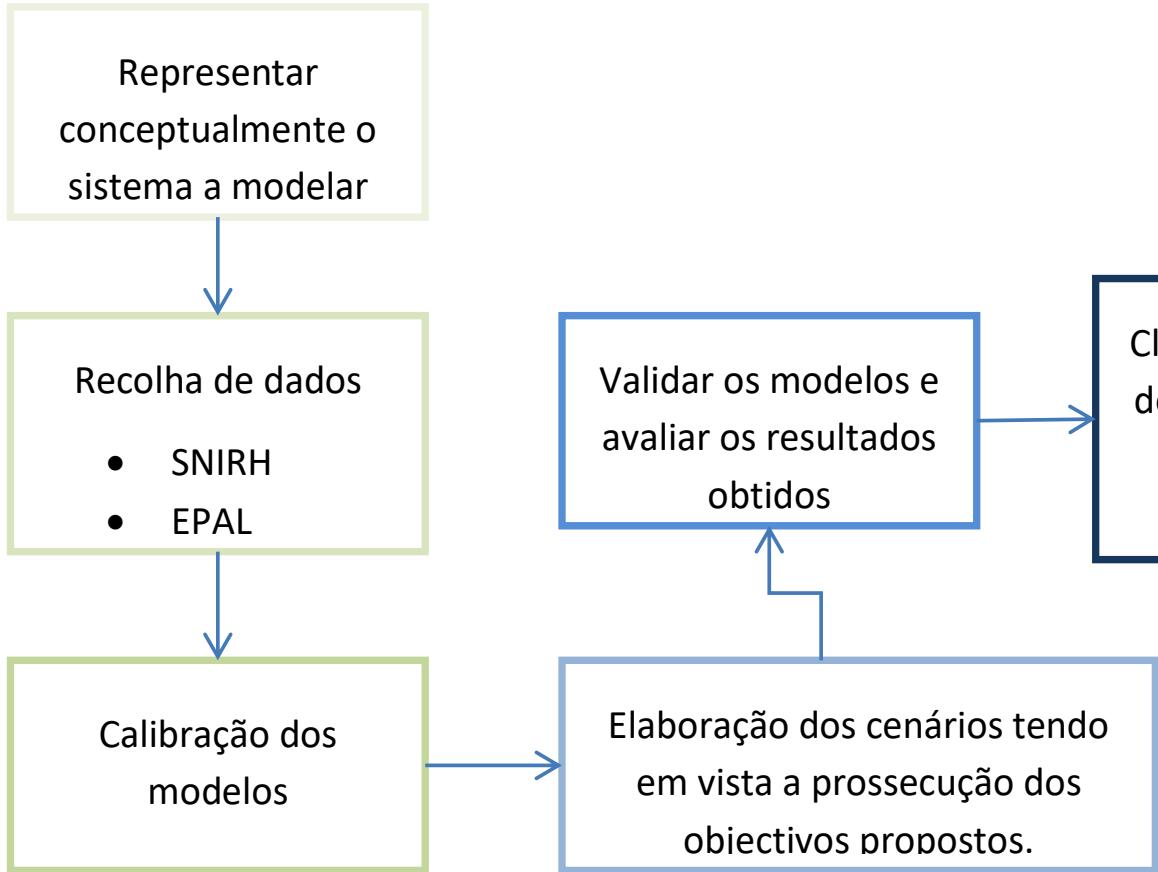
## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (12/14)

### Proximidade ou atravessamento de rodovias ou ferrovias (transporte de substâncias perigosas)



## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (13/14)

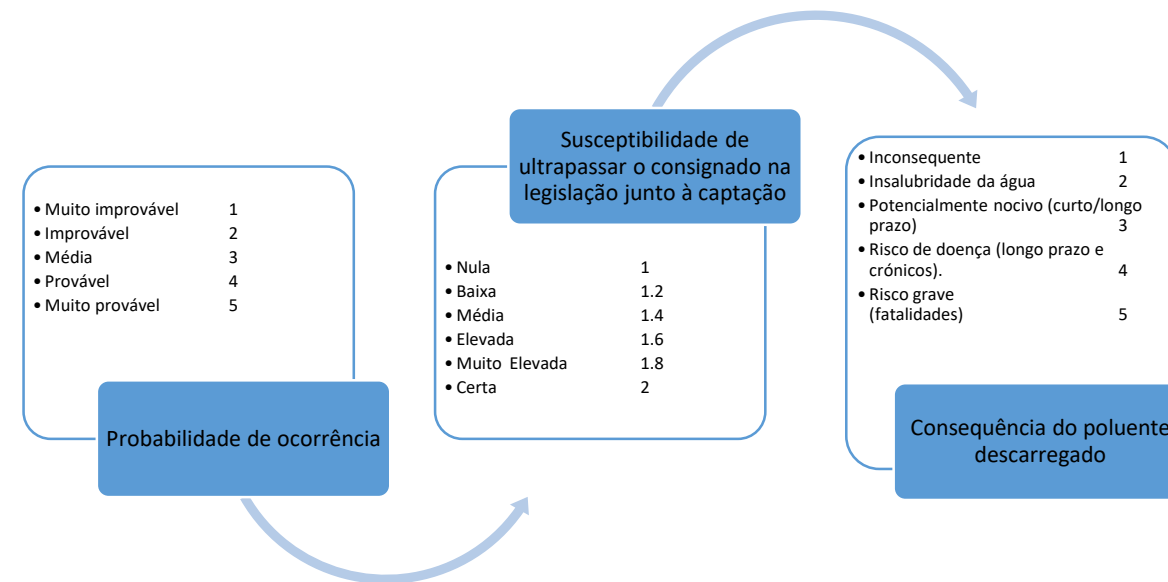
### Inovação na nova abordagem metodológica adotada (Resumo)



## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Metodologias (14/14)

A avaliação de risco associada aos eventos perigosos foi realizada conjugando um terceiro fator ao cálculo anterior (que usava probabilidade x consequência) – a probabilidade de violação de valores de referência/paramétrico – **fator de contaminação/relevância** – com a definição apresentada na tabela seguinte:

Descrição	Classificação
É necessário uma grande quantidade de poluente para ser ultrapassado o valor limite.	1
É necessário uma grande quantidade de poluente para ser ultrapassado o valor limite. Contudo verificam-se alterações nas albufeiras a montante.	1,2
O valor limite poderá ser ultrapassado.	1,4
O valor limite poderá ser ultrapassado, havendo prejuízo das massas de água (albufeiras) a montante.	1,6
O valor limite é ultrapassado.	1,8
O evento foi classificado como certo e o valor limite é ultrapassado.	2



## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Resultados (1/4)

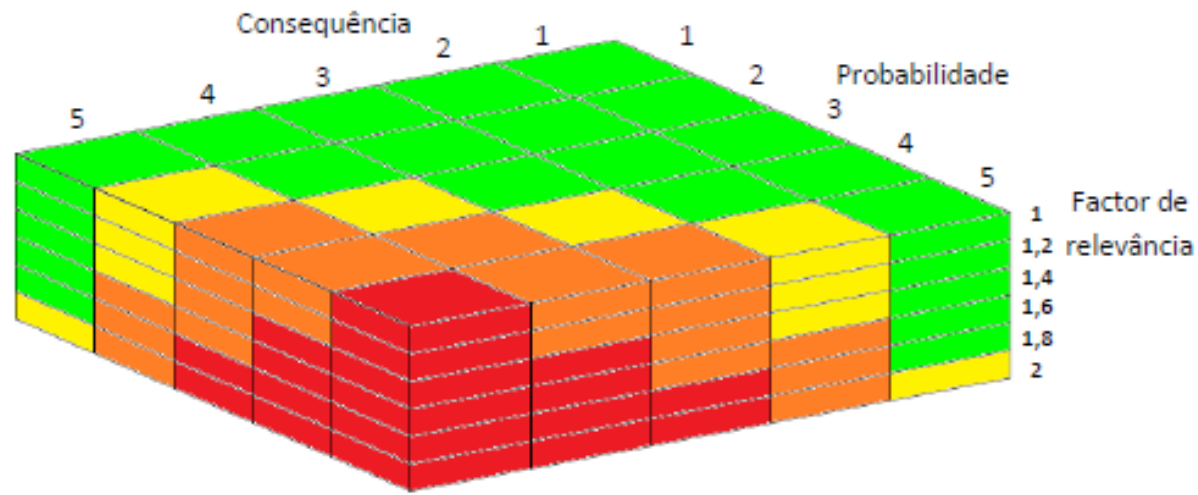


Cenário		Evento de poluição	Origem	Fator Contaminação (modelação)
1	1.1	Falha de todas ETAR > 10 000 hab.eq.	Castelo do Bode	1,2
			Valada Tejo	1,2
	1.2	Falha de uma ETAR > 10 000 hab.eq.	Castelo do Bode	1,2
			Valada Tejo	1,2
	1.3	Falha de ETAR no raio de 25 km do ponto(s) de captação	Castelo do Bode	1,0
			Valada Tejo	1,4
2	2.1	Atividades agrícolas e/ou pecuárias	Castelo do Bode	1,2
3	3.1	Indústrias IPPC	Valada Tejo	1,2
			Castelo do Bode	1,4
4	4.1	Aterros	Castelo do Bode	1,2
			Valada Tejo	1,2
	4.2	2 lixeiras desativadas	Castelo do Bode	1,4
	4.3	11 lixeiras desativadas	Castelo do Bode	1,6
	4.4	16 lixeiras desativadas	Valada Tejo	1,4
4.5	48 lixeiras desativadas	Valada Tejo	1,4	
5	5.1	Acidente na estrada EN358	Castelo do Bode	1,8
	5.2	Acidente na estrada EN238	Castelo do Bode	1,6
	5.3	Acidente na estrada IC8	Castelo do Bode	1,6
	5.4	Acidente na estrada A13	Valada Tejo	1,8

## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Resultados (2/4)

A introdução desta **terceira variável (Fator de Contaminação)** na avaliação de risco deu origem a um aumento da gama de classificações usada anteriormente (de [1-25] para [1-50]) - temos agora 150 combinações de risco possíveis em vez de 25.

A representação conceptual desta nova metodologia de avaliação de risco passa a ser uma matriz tridimensional na qual são incorporados os 3 fatores descritos anteriormente (probabilidade, consequência e fator de contaminação).

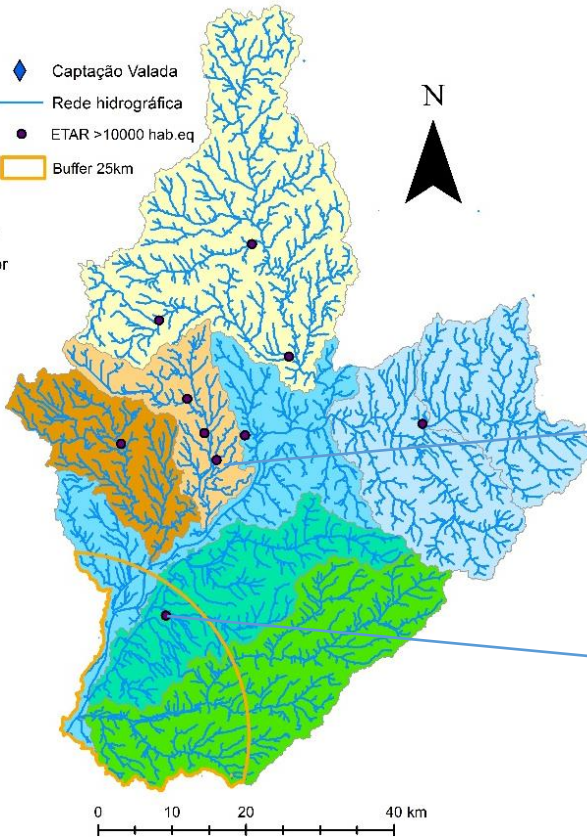


## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Resultados (3/4)

### Exemplo de evento poluição no Rio Tejo

#### Legenda

- Nabão
- Almonda
- Alviela
- Ulme
- Muge
- Tejo inferior
- Tejo superior
- Captação Valada
- Rede hidrográfica
- ETAR >10000 hab.eq
- Buffer 25km



Evento perigoso	Perigo
Descargas de águas residuais domésticas não tratadas (devido a acidente/falha ETAR, etc.)	Contaminação da água bruta na zona de captação (hidrocarbonetos, substâncias tensoactivas, tricloroetano, tetracloroetano, fenóis, nitratos/nitritos, fósforo, COV, Cryptosporidium e outros organismos microbiológicos; outros compostos orgânicos)

Avaliação risco anterior			Nova avaliação risco			
P	C	R	P	C	FC	R
2	5	10	2	5	1,2	12

Avaliação risco anterior			Nova avaliação risco			
P	C	R	P	C	FC	R
2	5	10	2	5	1,4	14

P-Probabilidade; C-Consequência; FC-Fator Contaminação; R - Risco

## 2. PSA da EPAL – avaliação de riscos das origens superficiais utilizadas na produção de água para consumo humano – Resultados (4/4)

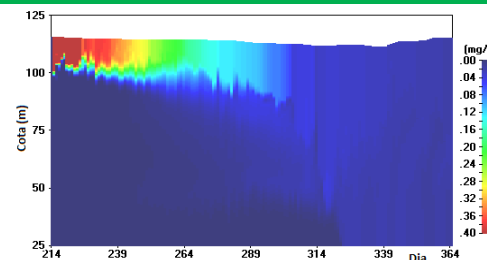
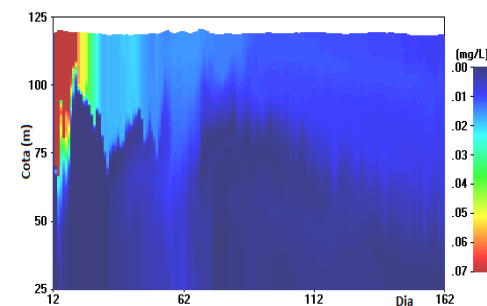
### Exemplo de evento de poluição no Rio Zêzere (Castelo do Bode)

Evento perigoso	Perigo
Acidentes rodoviários na estrada que ladeia a albufeira e atravessa a barragem (EN 358) (aprox. 200 m da torre de captação)	Contaminação da água bruta (combustíveis ou conteúdos/substâncias perigosas transportadas em camiões-cisterna) - 25 m <sup>3</sup>



Avaliação risco anterior			Nova avaliação risco			
P	C	R	P	C	FC	R
1	5	5	1	5	1,8	9

A modulação da dispersão dos poluentes através da coluna de água em tempo seco e húmido dá origem a um valor de CF elevado.



### 3. Conclusões

- A introdução desta terceira variável (Fator de Contaminação) permitiu uma melhor diferenciação/critério na avaliação de risco associada a potenciais eventos de poluição nas origens utilizadas para produção de água para consumo humano.
- Considera-se que com esta nova abordagem metodológica foi possível **reduzir os níveis de incerteza** (que continua a existir) na definição dos critérios associados **à avaliação do risco associado a potenciais eventos de poluição** nas bacias hidrográficas nas quais as origens da EPAL estão localizadas, introduzindo uma maior aproximação à realidade, contribuindo para uma **melhoria do PSA da Empresa**.
- Permitiu **identificar as fontes potenciais de poluição mais críticas** existentes nas bacias e, assim, definir os **principais stakeholders** com os quais a EPAL necessita de ter canais de colaboração/comunicação mais estreitos.

## Obrigado pela vossa atenção

### A metodologia de avaliação do risco usada pela EPAL – origens de água superficial

P.S. Coelho (\*), R.M. Rebelo (\*), R.N. Carneiro (\*\*), C.S. Damião (\*\*), e M.J. Benoliel (\*\*)

(\* ) – FCT NOVA  
(\*\* ) - EPAL