

## Construção de cartografias de vulnerabilidade

Sandrina Oliveira, Teresa Albuquerque, Margarida Antunes, Fátima Seco, Natália Roque



## Resumo

- 1 - Justificação e objetivos do projeto piloto Águeda;
- 2 - Construção de cartografias de vulnerabilidade;
- 3 - Metodologias adotadas;
- 4 - Discussão final e conclusões;
- 5 - Futuros desenvolvimentos.

Oliveira S, Albuquerque MTD, Antunes  
ISHR, Seco, Roque N

2

## O que é o projeto piloto Águeda?

- 1 - O projeto piloto Águeda visa a caracterização ambiental e análise de riscos numa bacia transfronteiriça;
- 2 - O projeto nasceu da necessidade de desenvolver, numa zona transfronteiriça como a bacia do rio Águeda, ferramentas de análise e diagnóstico ambiental para avaliação de impactes e riscos.
- 3 - O ordenamento territorial sustentável permitirá planear de forma adequada todas as actividades desenvolvidas, tendo em conta os impactes e os riscos ambientais previsíveis e constituindo, desta forma, um projeto piloto para todo o eixo Luso-Espanhol.
- 4 - Para a sua concretização encontra-se em curso o desenvolvimento de uma plataforma metodológica de articulação territorial onde se desenvolverá uma memória descritiva que auxiliará na tomada de decisões futuras.

Oliveira S, Albuquerque MTD, Antunes  
ISHR, Seco, Roque N

3

## Construção de Cartografias de vulnerabilidade

- 1-**DRASTIC** – vulnerabilidade intrínseca;
- 2-**DRASTIC Pesticida** – parte de parâmetros intrínsecos embora ponderando possíveis influências antropogénicas (extrínsecas);
- 3-**Índice de Susceptibilidade (IS)** – vulnerabilidade extrínseca.

Oliveira S, Albuquerque MTD, Antunes  
ISHR, Seco, Roque N

4

## Metodologias adotadas

Os três métodos aplicados no cálculo das vulnerabilidades sintetizam respectivamente:

**1 - DRASTIC** - baseado em critérios intrínsecos – características geológicas e hidrogeológicas;

**2 - DRASTIC PESTICIDA** – trata-se de uma variante do anterior em que os ponderadores dos diferentes atributos são alterados de forma a enfatizar possíveis influências antropogénicas;

**3 - IS** – é incluída a atividade antropogénica através da inclusão do atributo “Uso do Solo” .

## ÍNDICE DRASTIC

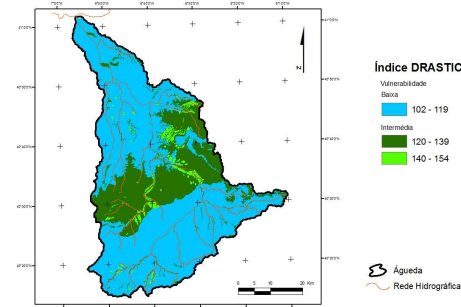


Fig. 1 – DRASTIC - Águeda

- 1- (D) Depth to water – profundidade da água;
- 2- (R) Recharge - recarga;
- 3- (A) Aquifer media – geologia do aquífero;
- 4- (S) Soil media- tipo de solo;
- 5- (T) Topography - topografia;
- 6- (I) Impact of the vadose zone – Influência da zona vadosa;
- 7- (C) Conductivity – condutividade hidráulica.

O índice **DRASTIC** é calculado a partir da soma ponderada de sete atributos (ponderadores hidrogeológicos) e varia entre **23** (baixa vulnerabilidade) e **230** (alta vulnerabilidade):

Cada indicador é dividido em classes representativas (i) variando entre 1 (baixa vulnerabilidade) e 10 (alta vulnerabilidade) e ponderados por um peso (p) entre 1 e 5 no cálculo do índice. O índice DRASTIC final (Fig. 1) é obtido através da equação (Aller et al, 1987):

$$\text{DRASTIC} = D_i \times D_p + R_i \times R_p + A_i \times A_p + S_i \times S_p + T_i \times T_p + I_i \times I_p + C_i \times C_p$$

Parâmetros	Pesos
D	5
R	4
A	3
S	2
T	1
I	5
C	3

### VULNERABILIDADE

Baixa	Moderada	Alta	Extrema
23-119	120-149	150-179	180-230
pouco vulnerável			muito vulnerável

## Índice DRASTIC Pesticida

A utilização do DRASTIC pesticida é importante em zonas fortemente impactadas por pesticidas e requer modificações na atribuição dos pesos estabelecidos para cada parâmetro.

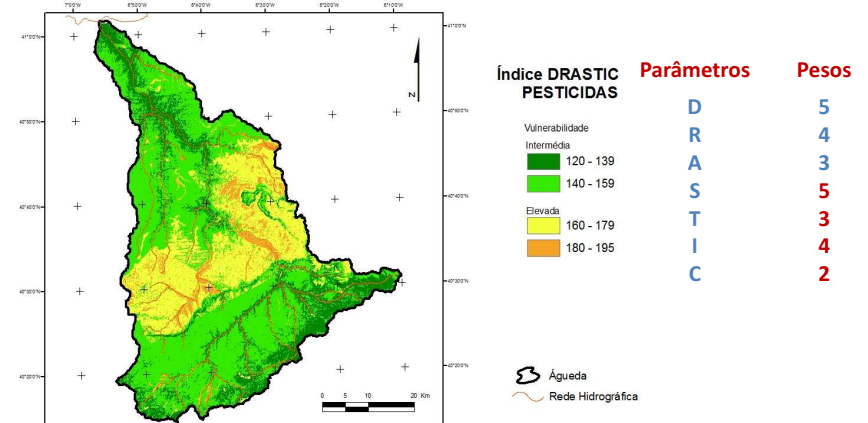


Fig. 2 – DRASTIC Pesticidas - Águeda

Índice DRASTIC PESTICIDAS	Parâmetros	Pesos
Vulnerabilidade	D	5
Intermédia	R	4
	A	3
	S	5
Elevada	T	3
	I	4
	C	2

# ÍNDICE de Susceptibilidade

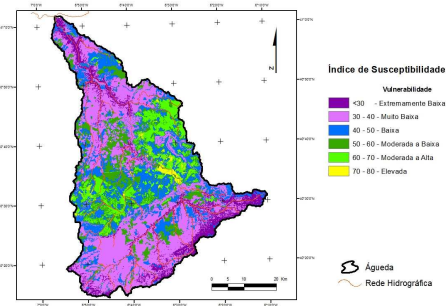


Fig. 3 – IS – Águeda

O método IS é uma adaptação do método DRASTIC.

As principais diferenças incluem a inclusão do parâmetro: Uso do Solo (US), sendo abandonando o conceito de vulnerabilidade intrínseca pura.

A eliminação dos 3 parâmetros DRASTIC: S (Solo), I (Influência da zona vadosa) e C (Condutividade Hidráulica) diminui o grau de redundância.

O conjunto de ponderadores a afectar aos diferentes atributos foi também modificado por um grupo Delphi de especialistas portugueses (Stigter et al., 2006).

O atributo US foi adaptado da carta Corine Land Cover (CLC) 2006 map.

# Cálculo dos diferentes atributos: Profundidade (D)

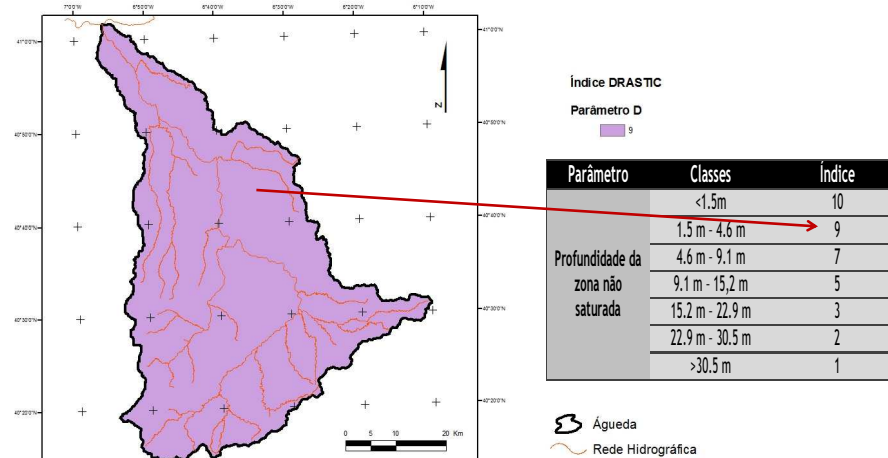


Fig. 4 – DRASTIC – D (profundidade da água)

# Cálculo dos diferentes atributos: Recarga (R)

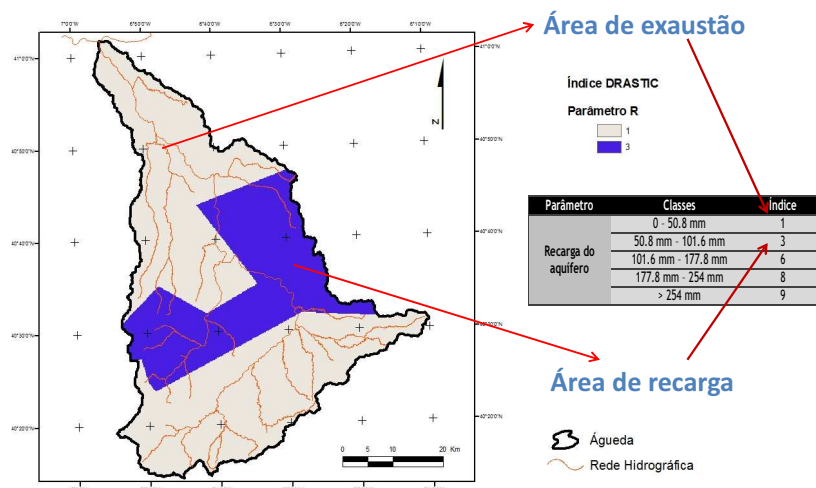


Fig. 5 – DRASTIC – R (recarga)

# Cálculo dos diferentes atributos: Material (A)

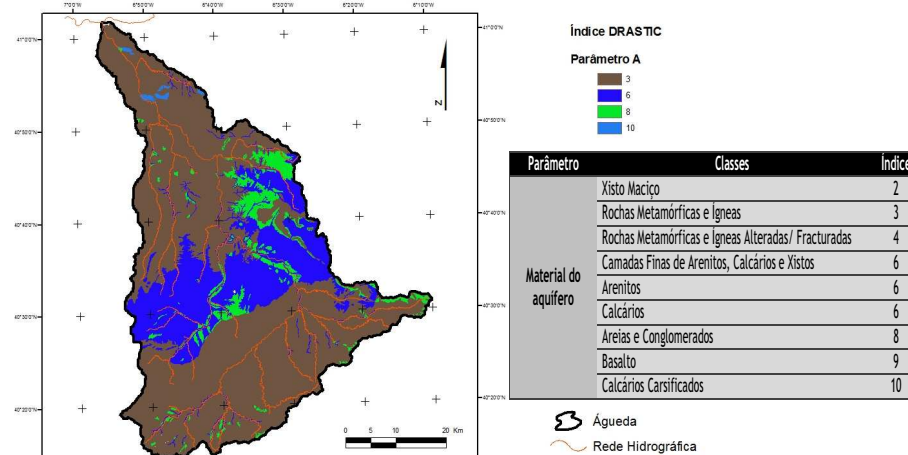


Fig. 6 – DRASTIC – A (geologia do aquífero)

### Cálculo dos diferentes atributos: Tipo de Solo (S)

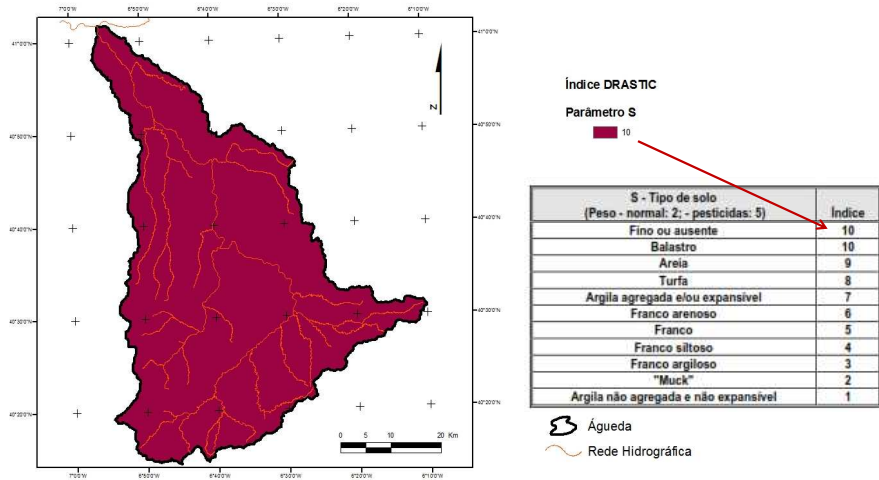


Fig. 7 – DRASTIC – S (tipo de solo)

### Cálculo dos diferentes atributos: Topografia (T)

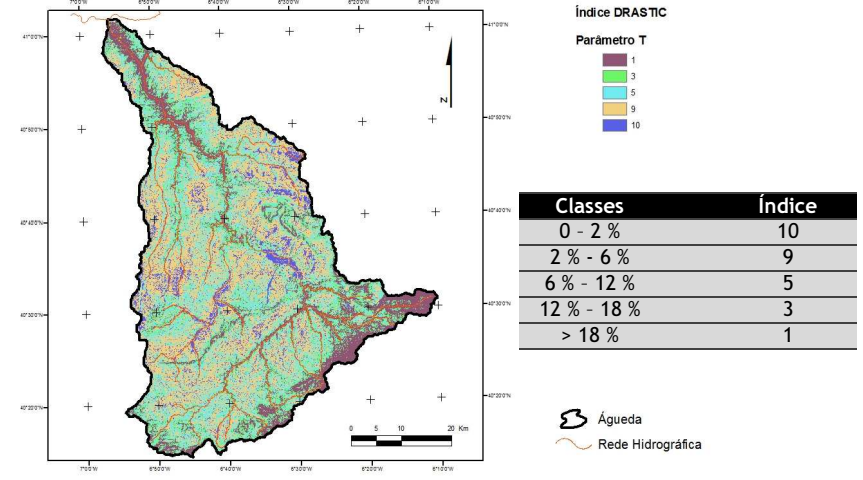


Fig. 8 – DRASTIC – T (topografia)

### Cálculo dos diferentes atributos – Zona Vadosa-D

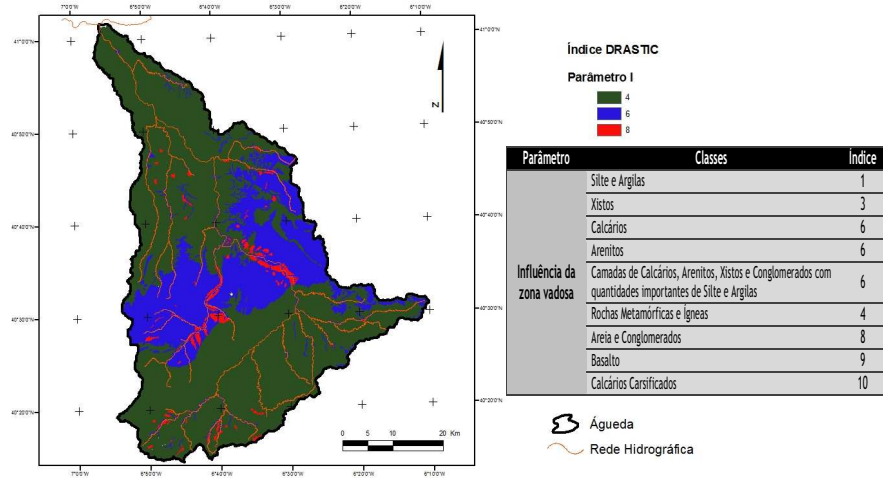


Fig. 9 – DRASTIC – S (tipo de solo)

### Cálculo dos diferentes atributos: Cond. Hidráulica (C)

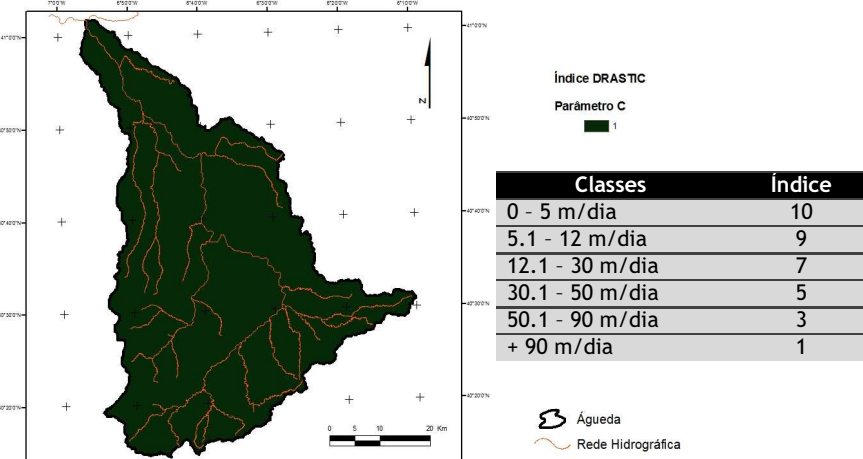


Fig. 10 – DRASTIC – C (condutividade hidráulica)

## Cálculo dos diferentes atributos – Uso do Solo Adaptado de Corine Land Cover 2006

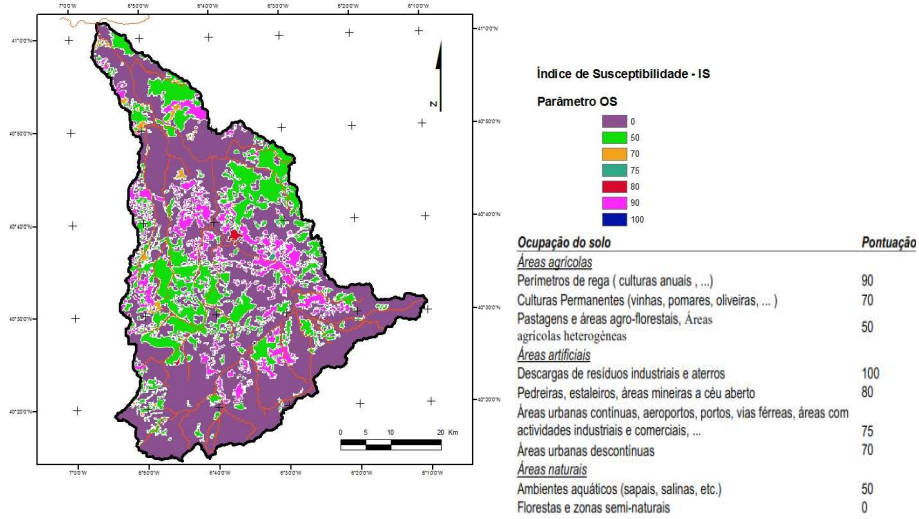


Fig. 11 – Índice de susceptibilidade

Oliveira S, Albuquerque MTD, Antunes ISHR, Seco, Roque N 17

## Avaliação Final - ÍNDICE DRASTIC

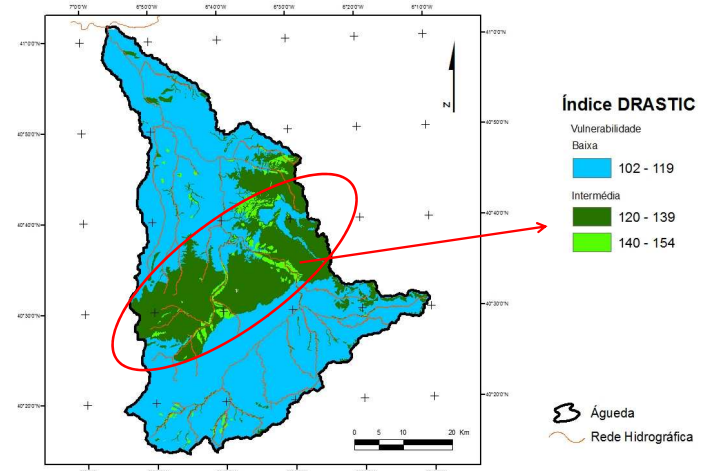


Fig. 12 – Índice Drastic

Oliveira S, Albuquerque MTD, Antunes ISHR, Seco, Roque N 18

## ÍNDICE DRASTIC Pesticida

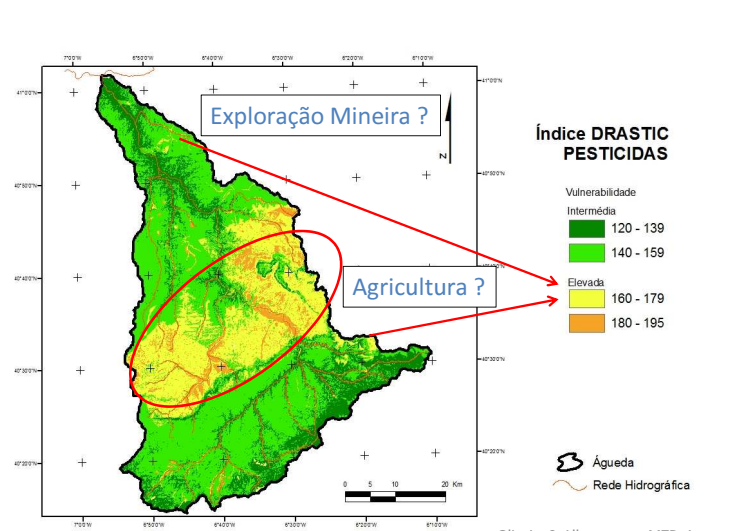


Fig. 13 – Índice Drastic Pesticida

Oliveira S, Albuquerque MTD, Antunes ISHR, Seco, Roque N 19

## ÍNDICE de Susceptibilidade-IS

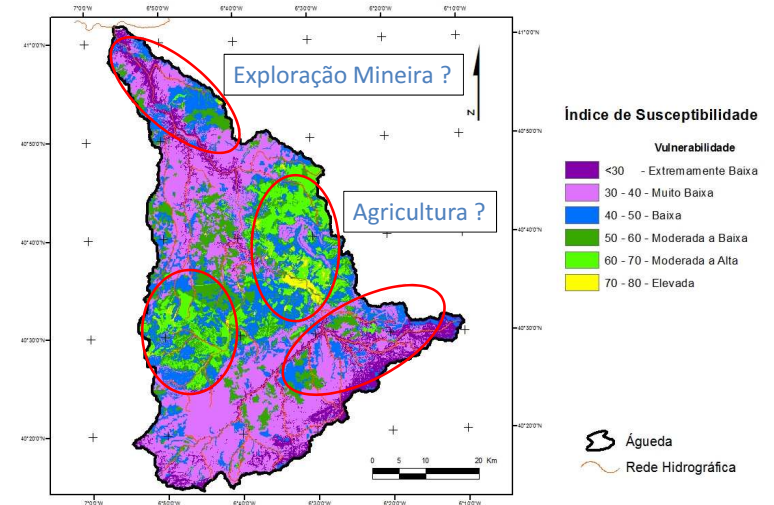


Fig. 14 – Índice de Susceptibilidade

Oliveira S, Albuquerque MTD, Antunes ISHR, Seco, Roque N 20

## Conclusões e futuros desenvolvimentos

- A bacia do Águeda apresenta clara heterogeneidade do ponto de vista das diferentes vulnerabilidades calculadas. A zona mais vulnerável é sem dúvida a zona central coincidindo com o extenso aquífero do terciário e área urbana aí desenvolvida.
- A norte e a sul da bacia surgem áreas de vulnerabilidade moderada a elevada que merecem um estudo detalhado em trabalhos futuros. Poderão indiciar que as antigas explorações mineiras continuam a constituir um factor de risco a considerar.
- Futuro trabalho de campo irá permitir um desenho de amostragem mais rigoroso e o trabalho de investigação subsequente irá explorar o impacto da utilização de distintas técnicas de krigagem no cálculo dos diferentes atributos, para toda a área de estudo.

## Referências Bibliográficas

- Aller, L.; Bennet, T.; Lehr, J.H. & Petty, R.J. (1987) "**DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings**", U.S. EPA Report 600/2-85/018;
- Ribeiro L. (2005) **Desenvolvimento e aplicação de um novo índice de susceptibilidade dos aquíferos à contaminação de origem agrícola** - in Actas do 7º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, ed. CDRM, APRH, Évora, Portugal;
- Stigter, T.Y.; Ribeiro, L. & Carvalho Dill, A.M. (2006) **Evaluation of an intrinsic and a specific vulnerability assessment method in comparison with groundwater salinisation and nitrate contamination levels in two agricultural regions in the south of Portugal**, HydrogeologyJournal, Volume 14, Numbers 1-2, 79-99.