LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

A ACÇÃO DE COORDENAÇÃO ASEMWATERNET E A APLICAÇÃO AO ALGARVE DE TÉCNICAS AQUIFER STORAGE AND RECOVERY

Luís Oliveira

João Paulo Lobo Ferreira

Núcleo de Águas Subterrâneas,
Laboratório Nacional de Engenharia Civil,
Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa

APRH
Água: desafios de hoje, exigências de amanhã

Centro de Congressos de Cascais,
2 a 4 de Abril 2008

© LNEC 2006

Acção de Coordenação ASEMWaterNet

6º Programa Quadro de Investigação da Comissão Europeia

LNEC: Liderança de **River Basin Management**

e participação em **Pollution** e **Governance**

STEP 1 – Consolidation (1º ano de estudo)

STEP 2 – Solution (2º e 3º anos da Acção)

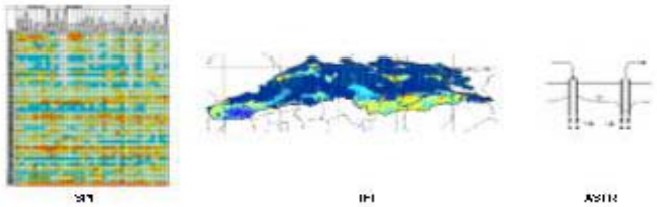
STEP 3 – Integration (4º ano da Acção)

*"Republic of South Korea 2nd WP1 Basin case-study area for "**Water resources management under extreme drought**""*

© LNEC 2006

Acção de Coordenação ASEMWaterNet

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa



Soluções para uma gestão adequada de bacias hidrográficas e de sistemas aquíferos, em cenários de escassez hídrica extrema

Aplicação ao sistema aquífero Querença-Silves (Algarve) no âmbito da Acção de Coordenação ASEMWaterNet

Luís Guilherme Sousa de Oliveira

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente

Júri

Presidente: Prof. José Manuel de Saldanha Gonçalves Matos
Orientador: Dr.-Ing. Habil. João Paulo de Cárcomo Lobo Ferreira
Co-Orientador: Prof. Jorge de Saldanha Gonçalves Matos
Vogais: Prof. José Paulo Patrício Geraldes Monteiro
Prof. Amílcar de Oliveira Soares

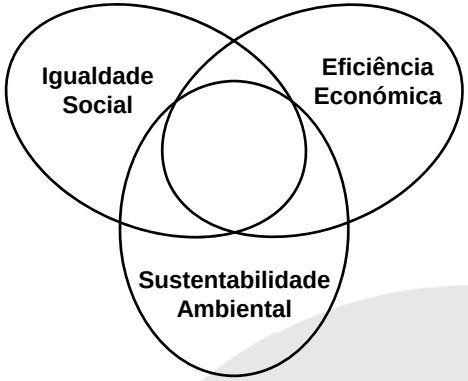
Novembro 2007

ANO de 2007

"STEP 2** (t0+12 – t0+36) – **Solution"

© LNEC 2006

Objectivos



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Secas

-Como podem ser definidas?

-Como podem ser caracterizadas?

-Qual a sua relação com a espécie humana?

Recarga artificial e armazenamento subterrâneo

-Como funcionam as técnicas de recarga artificial?

-Quais as principais características a serem consideradas para uma correcta recarga artificial e armazenamento subterrâneo?

-Que precauções deverão ser consideradas?

Envolvência legal

-Quais as obrigatoriedades legais na aplicação da recarga artificial?

-Que outra legislação poderá envolver o caso estudo?

Caso estudo: Sistema aquífero Querença-Silves Algarve

-Quais são as diferentes características do Algarve?

-De que forma a região é afectada pelo problema das secas?

-Quais são as diferentes características do sistema aquífero Querença-Silves?

Será a técnica de recarga artificial e armazenamento subterrâneo no sistema aquífero Querença-Silves uma solução viável de ser incorporada num plano de gestão de secas no Algarve?

© LNEC 2006

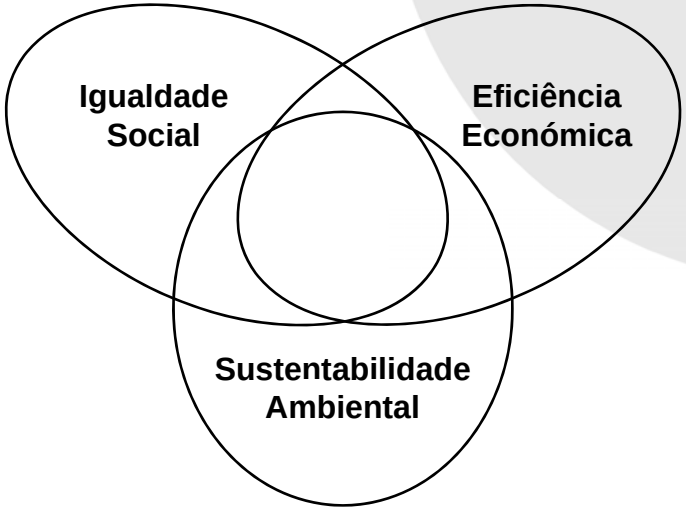
Estudos integrados

Secas

Recarga artificial e armazenamento subterrâneo

Envolvência legal

Caso estudo: Sistema aquífero Querença-Silves Algarve



© LNEC 2006

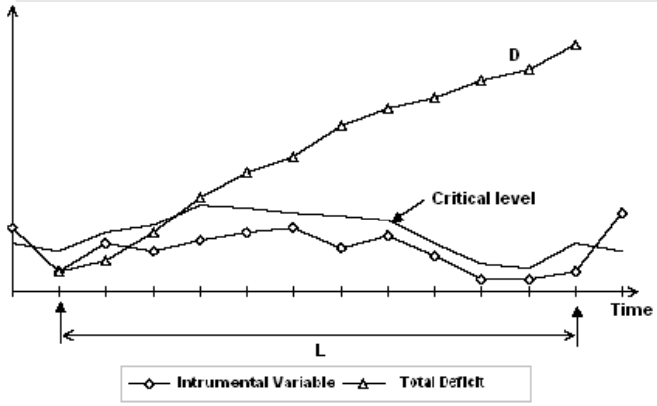
Secas

		Origem	
		Natural	**Antropogénica**
Período de ocorrência	**Permanente**	Aridez	Desertificação
	Temporário	Seca	Indisponibilidade de água

Caracterização de secas:

1- Caracterização de secas regionais – Método probabilístico baseado na Teoria dos Chorrilhos

a) Duração
b) Área média em défice
c) Défice
c) Intensidade

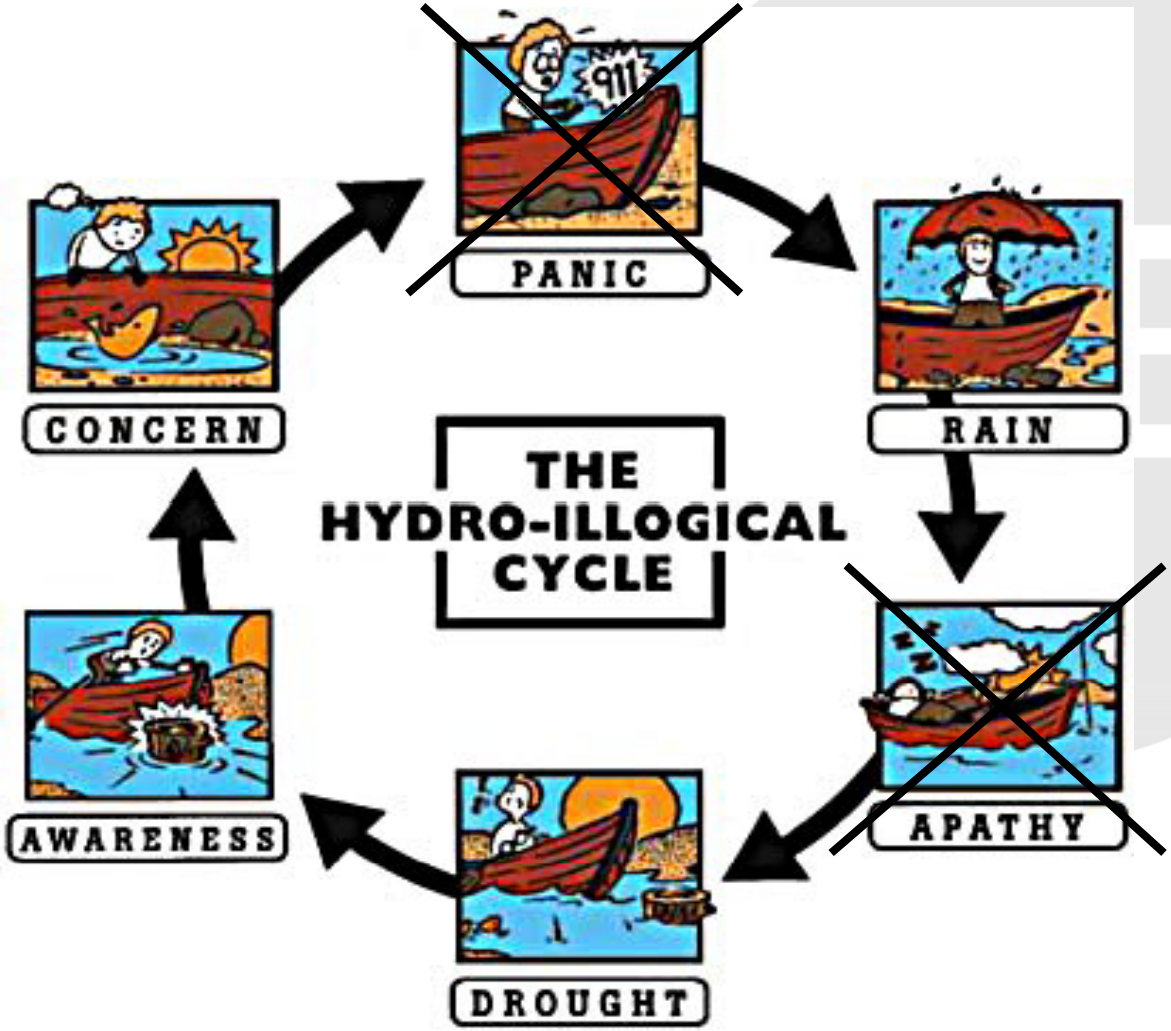


2- Índices de seca

a) SPI
b) PDSI
c) Método Empírico dos Decis

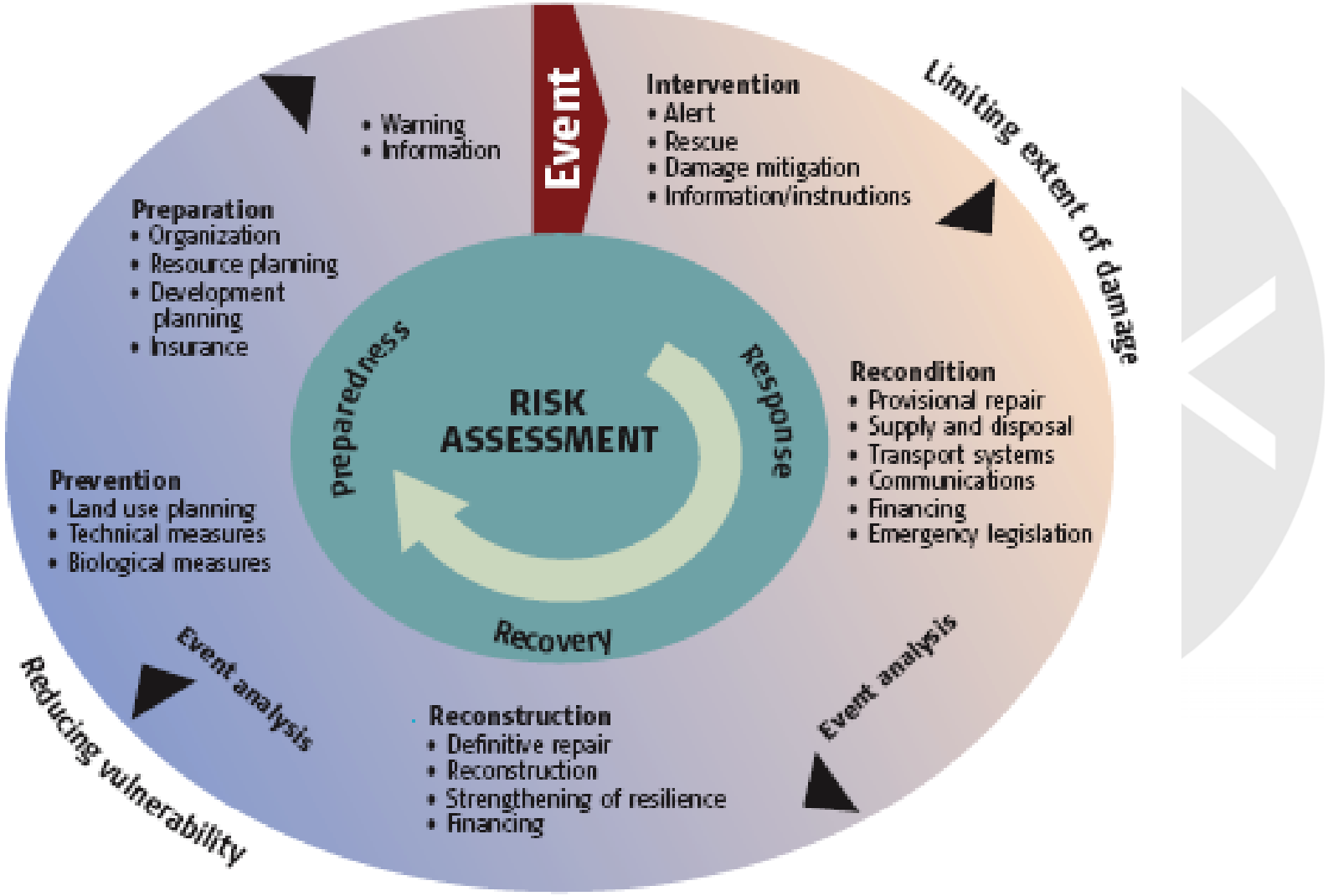
© LNEC 2006

Secas: Um problema comportamental



© LNEC 2006

Plano de gestão de risco



© LNEC 2006

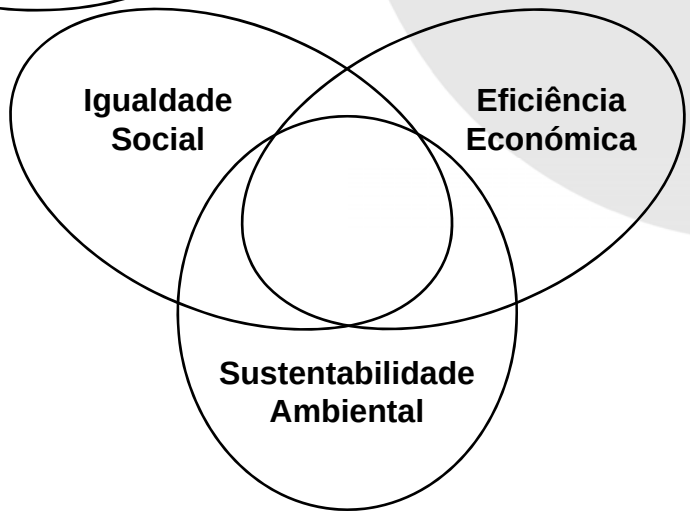
Estudos integrados

Secas ✓

Recarga artificial e armazenamento subterrâneo

Envolvência legal

Caso estudo: Sistema aquífero Querença-Silves Algarve

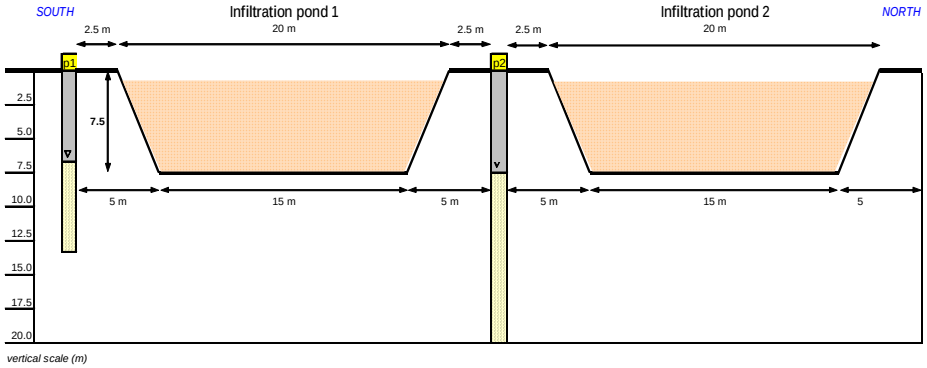


© LNEC 2006

Técnicas de recarga artificial

Métodos à superfície

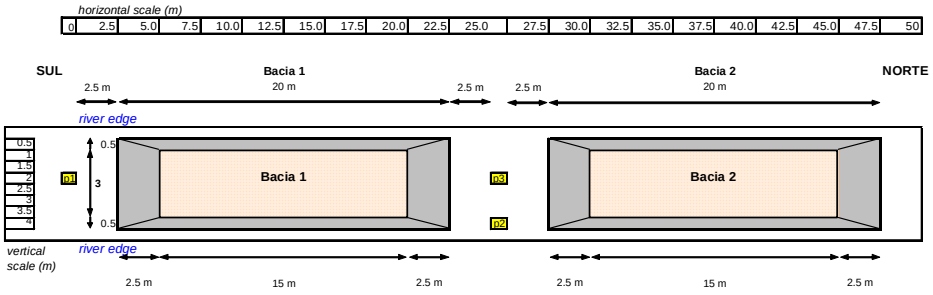
Design of two infiltration ponds in River Seco bed (Carreiros test site) - vertical section



Legend

P1 Piezometer 1 = 13 m depth
P2 Piezometer 2 = 41 m depth
P3 Piezometer 3 = 20 m depth

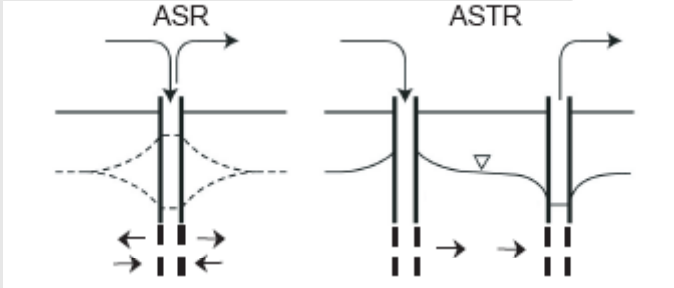
Distance between P1 and P2 = 25 m
Distance between ponds and piezometers = 2.5 m
Distance between two ponds = 5 m
Depth of each pond = 7.5 m

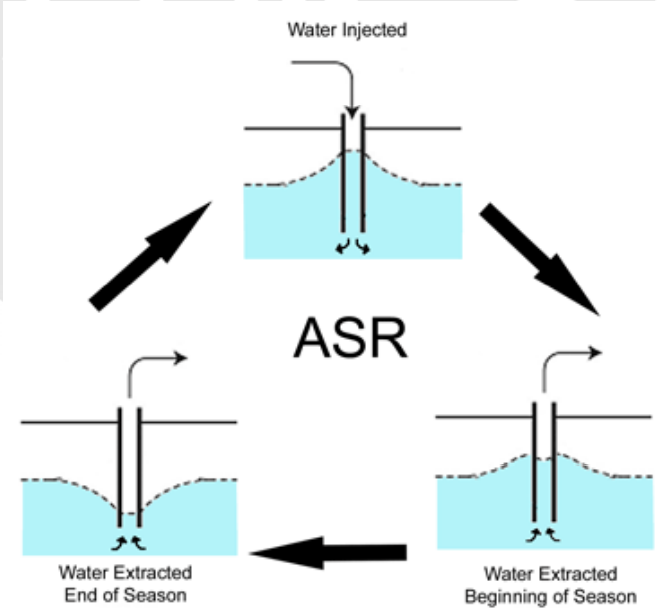


P1 Piezometer 1 = 13 m depth
P2 Piezometer 2 = 41 m depth
P3 Piezometer 3 = 20 m depth

© LNEC 2006

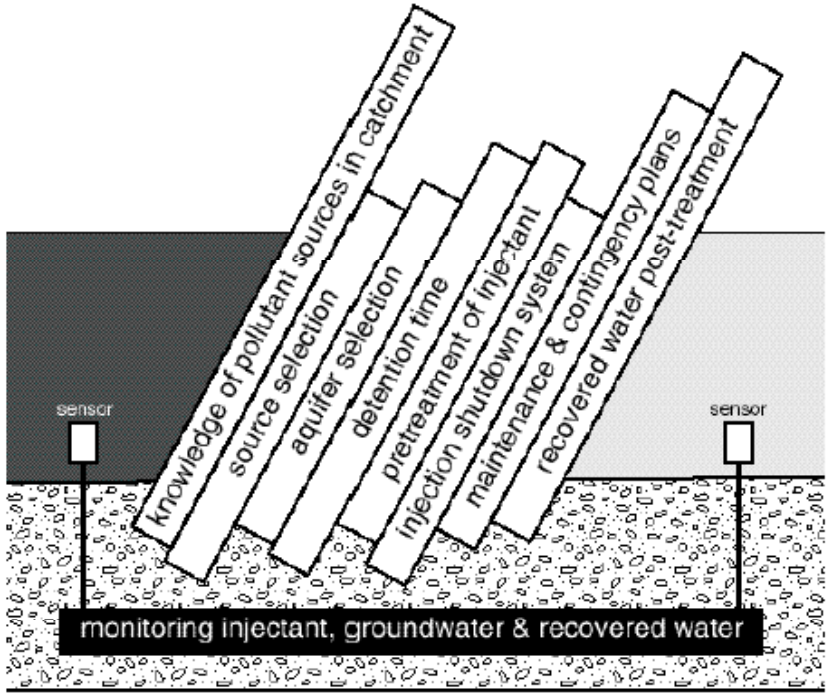
Métodos em profundidade





Furos de armazenamento subterrâneo e extracção

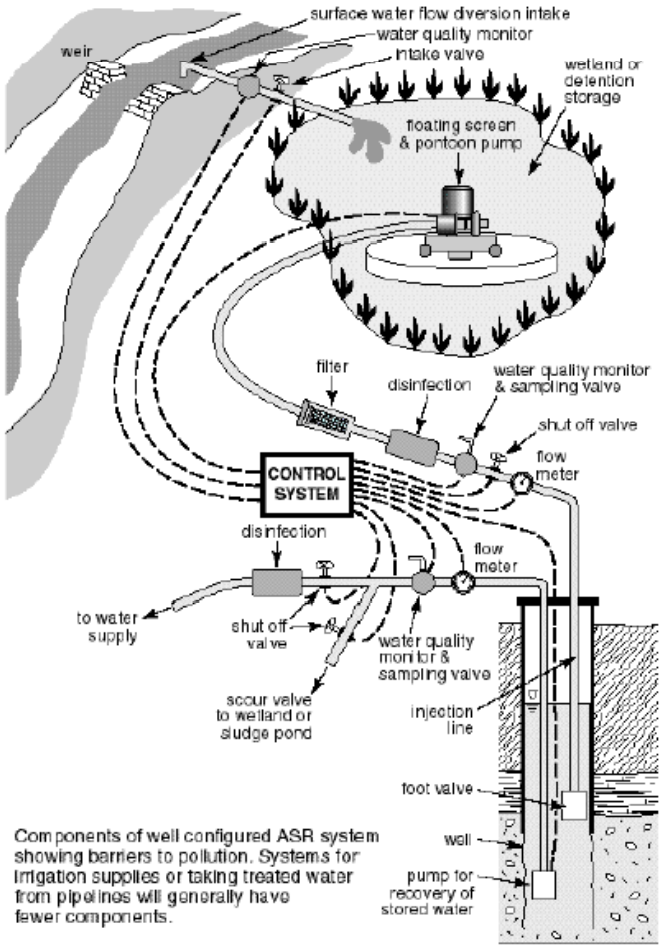
Precauções a ter na implementação



Multiple barriers to protect groundwater and recovered water at ASR projects.

© LNEC 2006

Algumas componentes



Components of well configured ASR system showing barriers to pollution. Systems for irrigation supplies or taking treated water from pipelines will generally have fewer components.

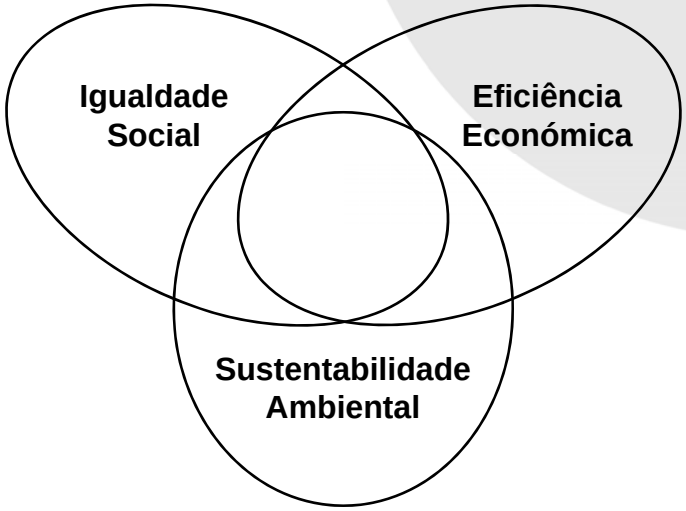
Estudos integrados

Secas ✓

Recarga artificial e armazenamento subterrâneo ✓

Envolvência legal

Caso estudo: Sistema aquífero Querença-Silves Algarve



© LNEC 2006

Legislação

> Recarga artificial na lei da água (Lei nº. 58/2005 de 29 de Dezembro de 2005):

"Proibição das descargas directas de poluentes nas águas subterrâneas, salvo situações específicas indicadas no n.º 4, que não comprometam o cumprimento dos objectivos ambientais, e controlo da recarga artificial destas águas, incluindo o estabelecimento de um regime de licenciamento;".

> Recarga artificial nos Estudos de Impacto de Ambiental (Decreto-Lei nº 197/2005 de 8 de Novembro de 2005):

"Sistemas de captação de águas subterrâneas ou de recarga artificial dos lençóis freáticos" devem ser sujeitos a um estudo de impacto ambiental sempre que "o volume anual de água captado ou de recarga seja equivalente ou superior a 10 milhões de m3/ano".

© LNEC 2006

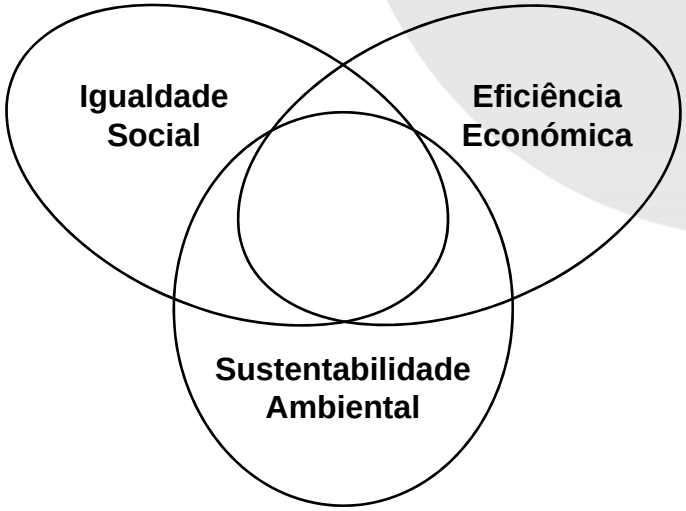
Estudos integrados

Secas ✓

Recarga artificial e armazenamento subterrâneo ✓

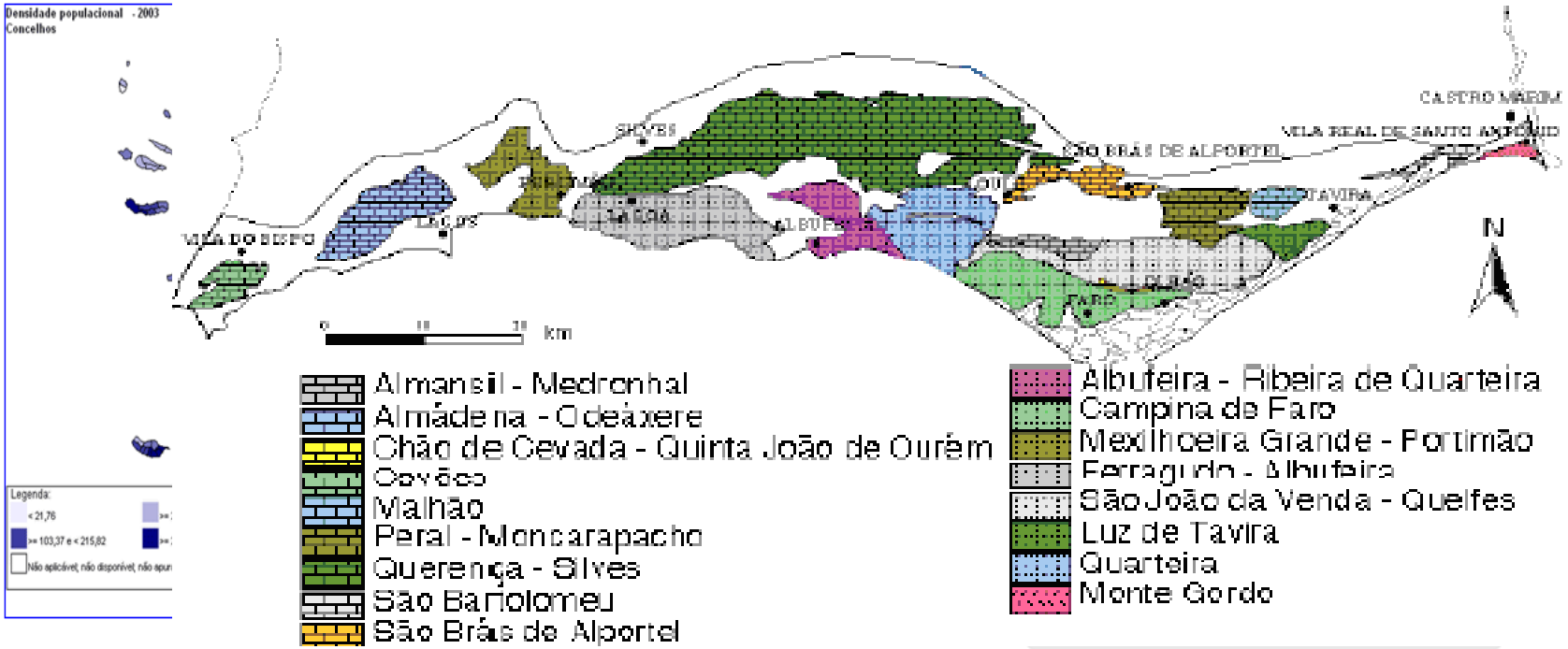
Envolvência legal ✓

Caso estudo: Sistema aquífero Querença-Silves Algarve



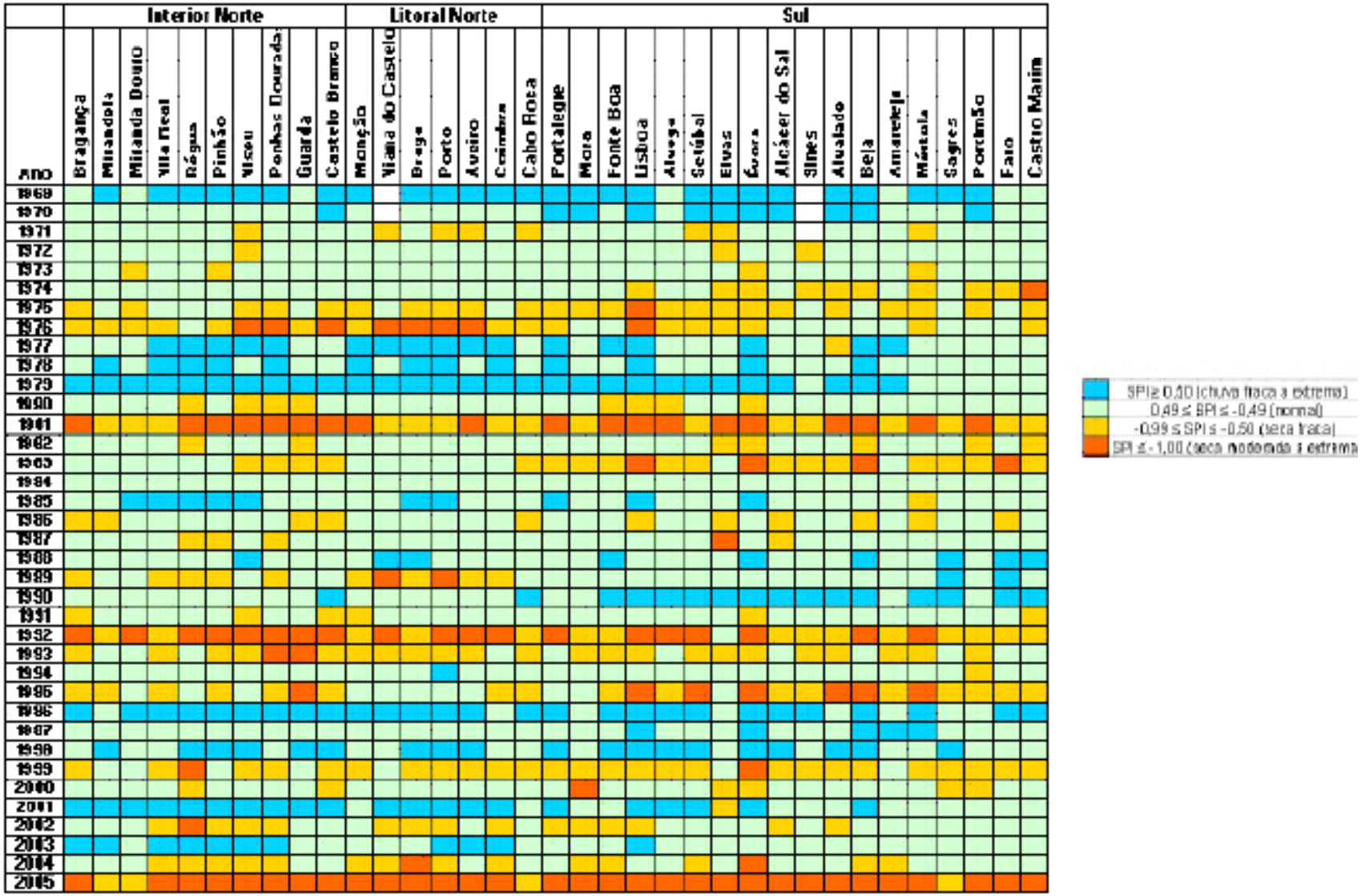
© LNEC 2006

Caracterização do caso estudo: Algarve (Portugal)



© LNEC 2006

SPI-12 em Portugal

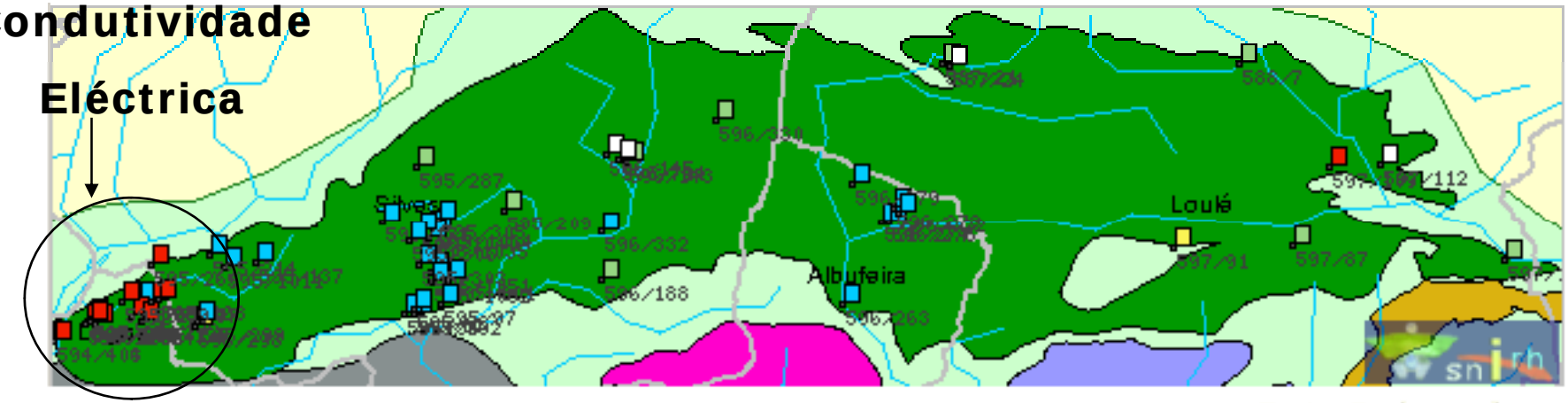


© LNEC

Seca de 2004/2005

	Volume de água captada (*10 ^{6} m ^{3}/ano)	Percentagem
Agricultura	23.79	47.31%
Abastecimento Urbano- Sistema Regional do Algarve	14.25	28.34%
Abastecimento Urbano – conselhos locais	12.25	24.36%
Utilizadores privados	Não disponível	-
Total	50.29	100%

Condutividade Eléctrica



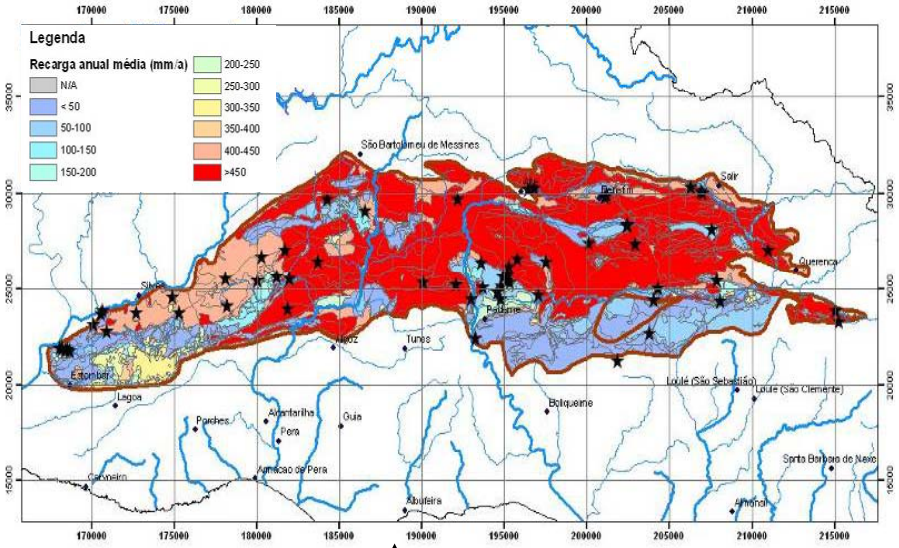
© LNEC 2006

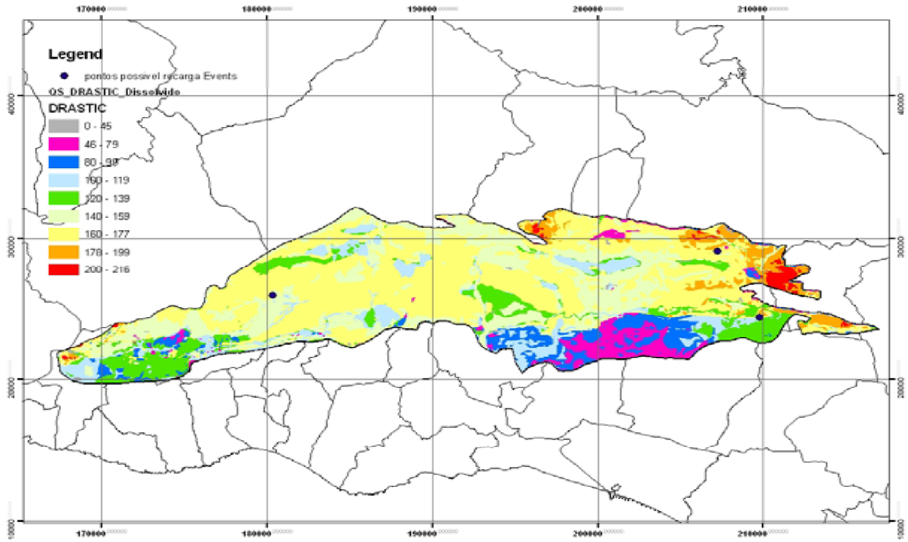
Sistema aquífero Querença-Silves

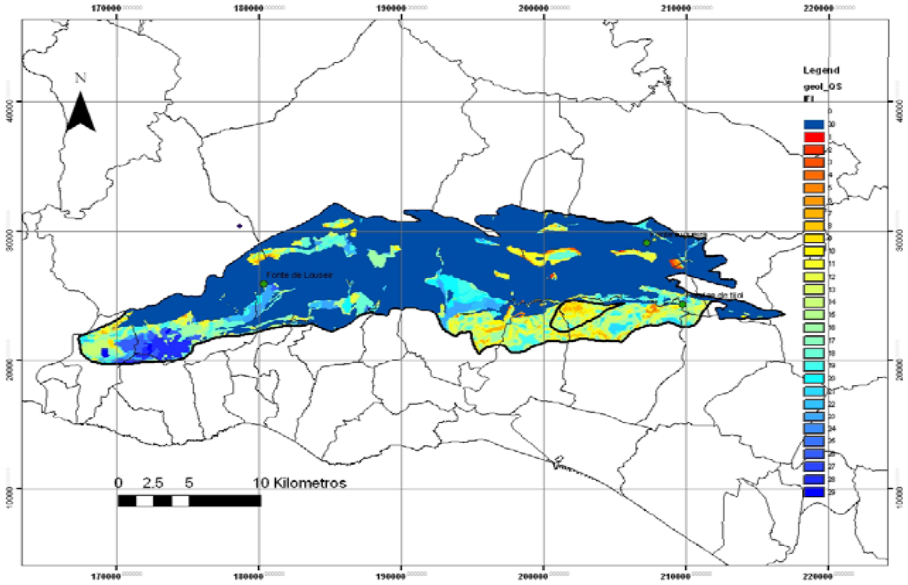
Caracteristicas Gerais	Área	Produtividade média	Transmissividade	Recarga anual	Coeficiente de armazenamento
Maioritariamente carsificado; Sistema aquífero livre a confinado	318 km^2	12.2 L/s	De 83 a 3000 m^2/dia	70 a 183 hm^3	De $5*10^{-3}$ a $3*10^{-2}$

© LNEC 2006

Sistema aquífero Querença-Silves







Recarga natural pela aplicação do método BALSEQ_MOD

Vulnerabilidade à poluição pela aplicação do método DRASTIC

Índice de Facilidade de Infiltração (IFI)

© LNEC 2006

Estudos integrados

Secas ✓

Recarga artificial e armazenamento subterrâneo ✓

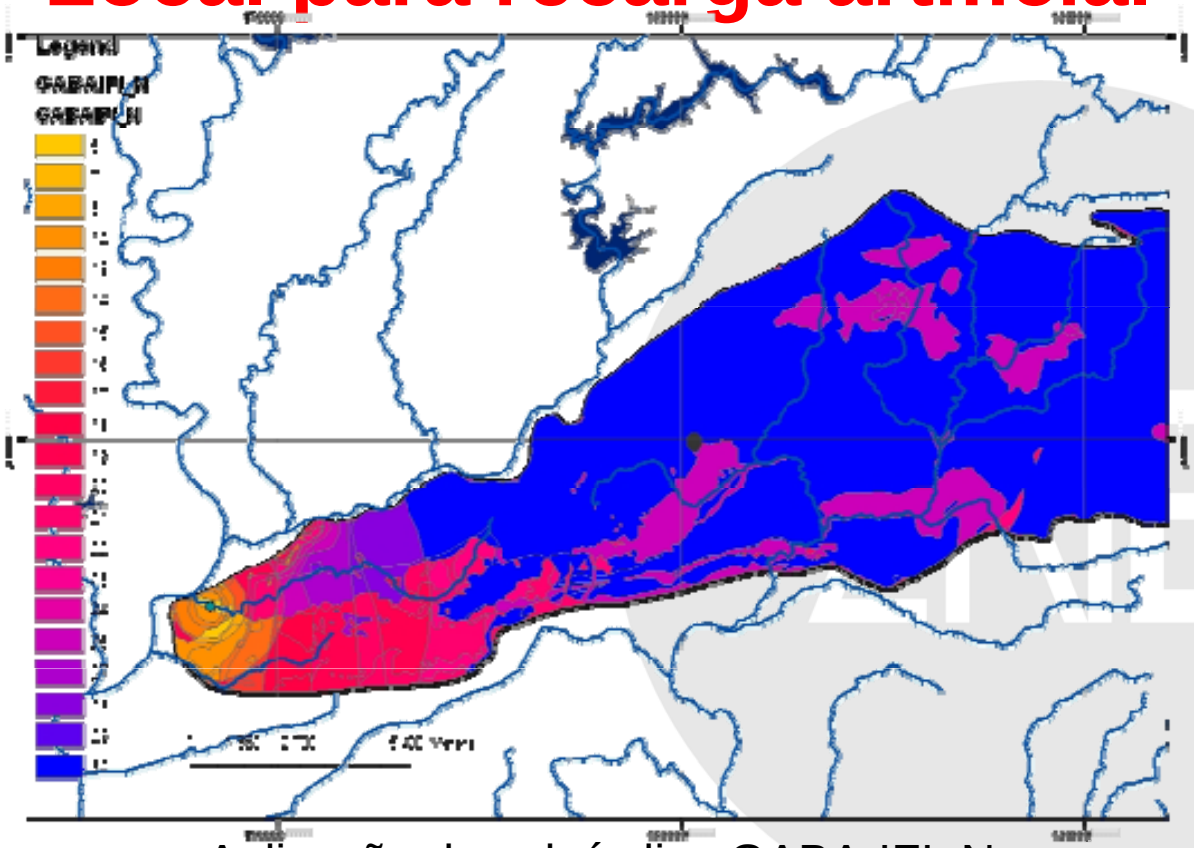
Envolvência legal ✓

Caso estudo: Sistema aquífero Querença-Silves Algarve ✓

Será a técnica de recarga artificial e armazenamento subterrâneo no sistema aquífero Querença-Silves uma solução viável de ser incorporada num plano de gestão de secas no Algarve?

© LNEC 2006

Local para recarga artificial



- Aplicação do sub-índice GABA-IFI_N;

-“Fonte de Louseiros” está localizada perto da barragem do Arade e numa cota inferior à albufeira da barragem;

-“Fonte de Louseiros” apresenta várias noras abandonadas e vários terrenos abandonados.

© LNEC 2006

Origem de água para recarga: Quantidade

BARRAGEM	ARADE
Ano hidrológico	2000 / 2001
Descarga em profundidade (*10 ^{3} m ^{3})	37 499.20
Descarga à superfície (*10 ^{3} m ^{3})	19 256.70
Descarga total (*10 ^{3} m ^{3})	56 755.90

Volume de água captada no sistema aquífero

Querença-Silves (2004/2005)

50 290 * **10 ^{3} m ^{3}**

BARRAGEM	ARADE			
Ano hidrológico	1995/96	1996/97	1997/98	
Descarga em profundidade (*10 ^{3} m ^{3})	0	0	8 556.65	
Descarga à superfície (*10 ^{3} m^3)	81 255.39	42 599.62	113 762.30	**TOTAL (*10^3 m^3)**
Descarga total (*10^3 m^3)	81 255.39	42 599.62	122 318.97	**246 173.98**

© LNEC 2006

Barragem do Arade

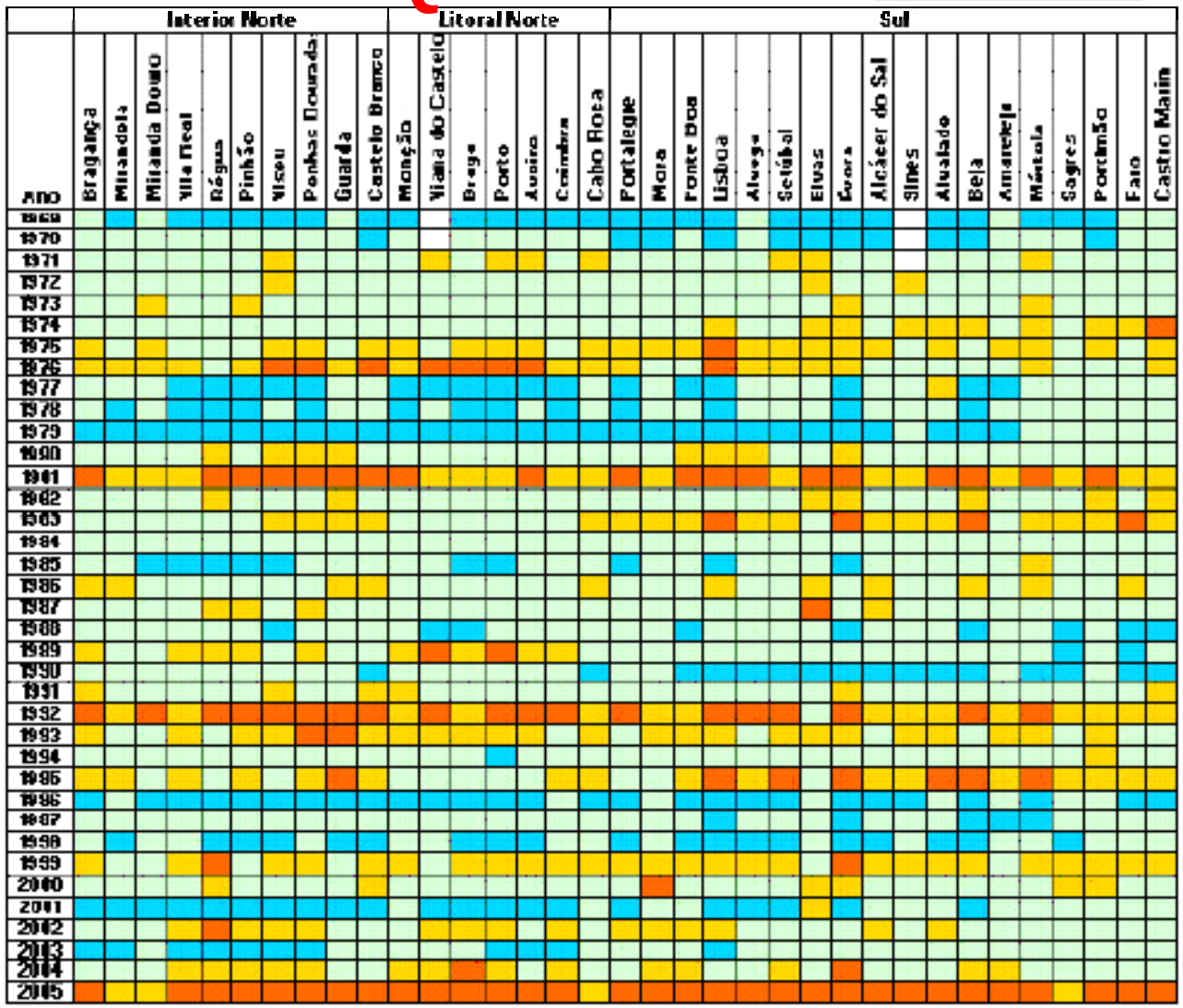
© LNEC 2006

http://www.proteccaocivil.pt

Barragem do Funcho

© LNEC 2006

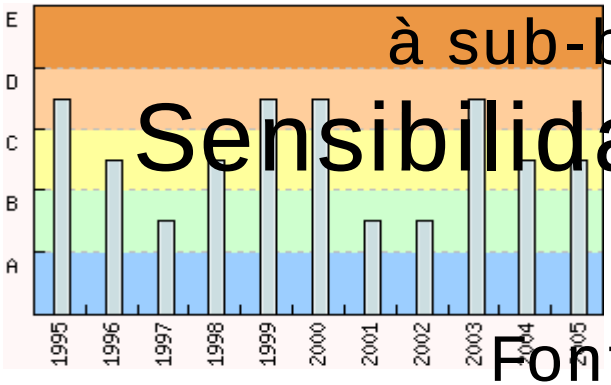
Origem de água para recarga: Quantidade



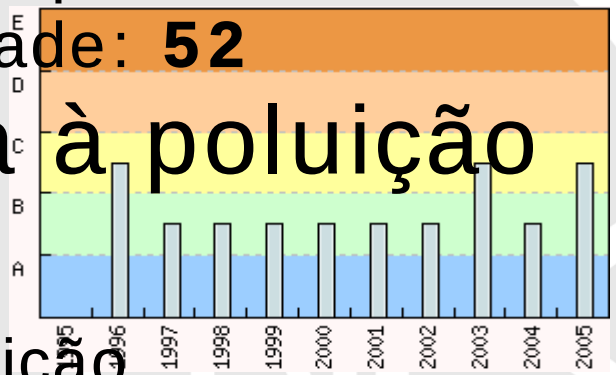
© LNEC 2006

Origem de água para recarga: Qualidade

Barragem do Arade



Barragem do Funcho

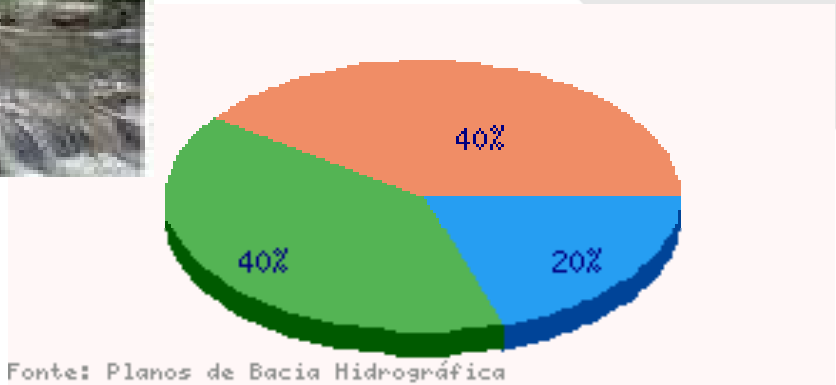


Método WRASTIC aplicado à sub-bacia do Arade: **52**

Sensibilidade alta à poluição

Fontes de poluição

Existem diversas suiniculturas de média e grande dimensão no Algarve. Algumas sem ETAR própria.



- Estações de tratamento de águas residuais (4)
- Descarga directa de água residual (4)
- Fossas sépticas colectivas (2)

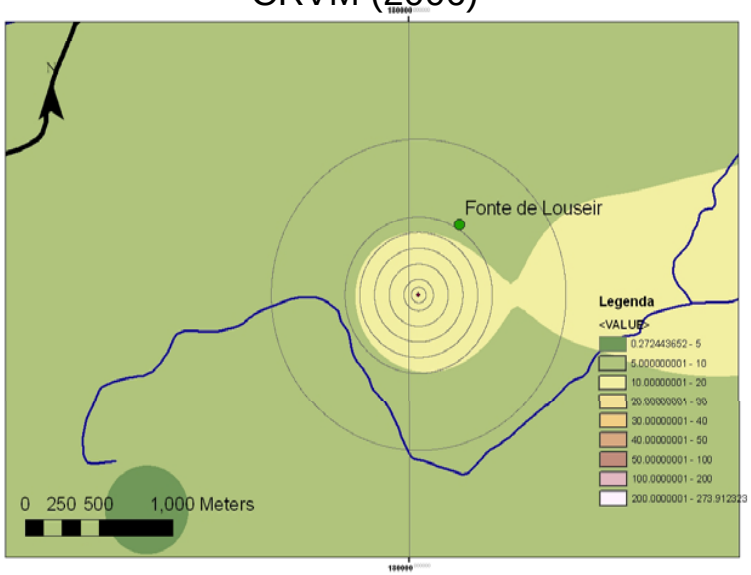
© LNEC 2006

Tempo de permanência da água no sistema aquífero (lei Darcy)

Distância (m)	0	50	100	200	300	400	500	1000
Nível piezométrico (m)	15.00	10.87	10.82	10.63	10.41	10.08	9.72	8.03

Sentidos de escoamento

in "*O Aquífero que Salvou o Algarve*", CRVM (2006)



Veloc. Darcy = K * i

Veloc. efectiva = Veloc. Darcy / porosidade efectiva

K= 50 m/dia

$n_e = [5*10^{-3} ; 3*10^{-2}]$

n_e (máximo) → Velocidade mínima → Tempo percurso máximo

n_e (mínimo) → Velocidade máxima → Tempo percurso mínimo

Total de tempo máximo de percurso para 1 km (meses)	7
Total de tempo mínimo de percurso para 1 km (meses)	1

Conclusões

- Em Portugal o problema das secas é, em grande parte, um problema comportamental e governamental/político. É necessário a criação e aplicação de planos de risco de seca para Portugal através da utilização de métodos de gestão integrada de recursos hídricos.
- É necessária uma maior quantidade, e de forma mais pormenorizada, de estudos de forma a envolver análises sociais, económicas, químicas e hidráulicas, para a correcta validação da aplicabilidade do projecto.
- A solução técnica apresentada contém uma enorme envolvência governamental e politica.
- Assuntos como a necessidade de uma legislação mais forte e apertada para as suiniculturas, o encerramento de fossas sépticas com a devida construção de estruturas correctas de saneamento básico, o controlo apertado das captações ilegais ou a implementação de práticas de agricultura sustentável são alguns dos assuntos políticos que influenciam esta proposta e que precisam que ser considerados para região.

Esta proposta uma técnica viável merecedora de ser considerada na implementação de uma gestão integrada de recursos hídricos, fazendo parte do leque das soluções para minimização da escassez de água no Algarve, em situações de seca extrema.

© LNEC 2006

Para finalizar…

“Seca no Algarve será severa se não chover até Fevereiro.”

In Jornal “Diário de Noticias”

Janeiro 2005

Seca : Agricultores do Baixo Alentejo ameaçam sair à rua na falta de apoios

In agroportal.pt

Fevereiro 2005

No Sul, os caudais que chegaram às albufeiras foram ainda mais reduzidos

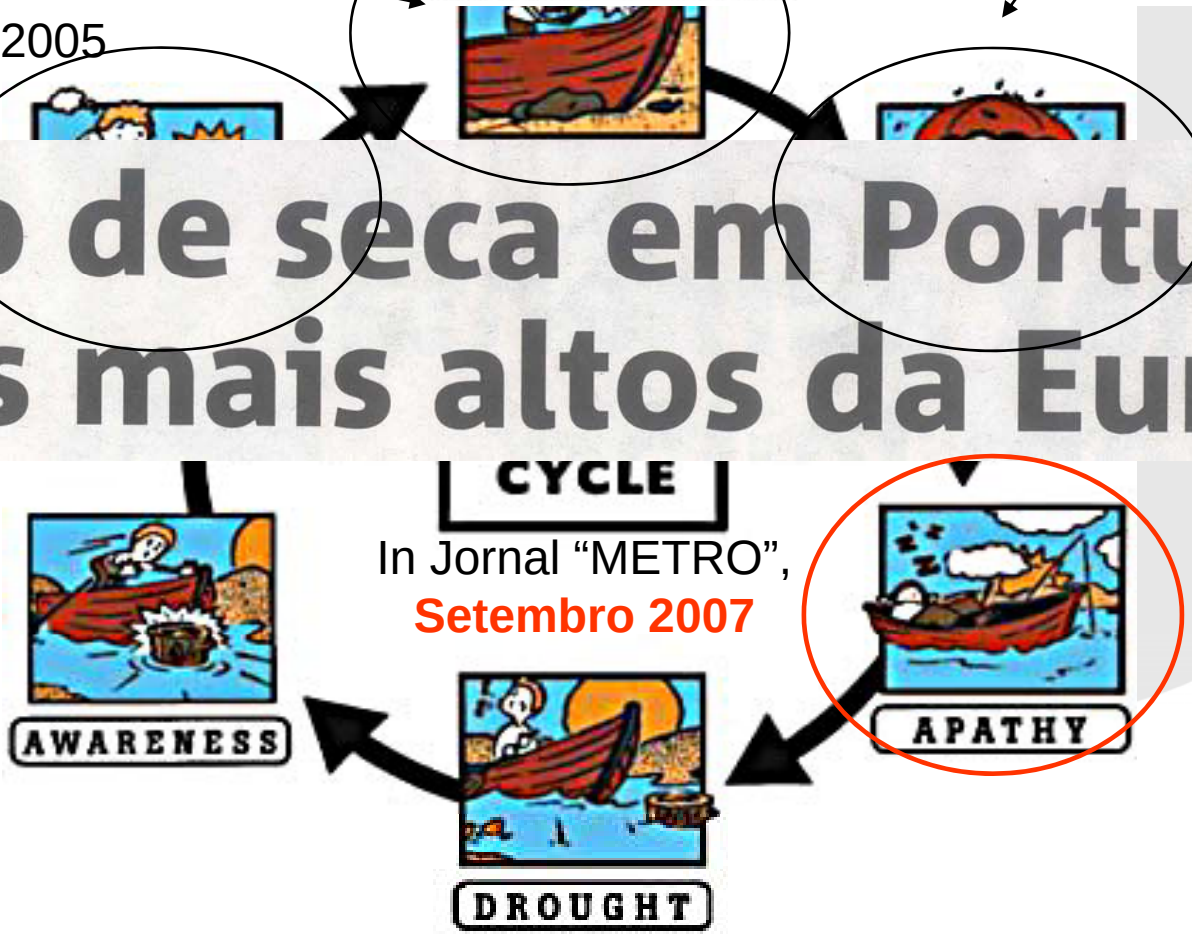
nstituto da Água

chuva fez inverter tendência de em algumas albufeiras

Por Lusa
31.10.2005

in “Público” online

2005 Outubro



Risco de seca em Portugal é dos mais altos da Europa

In Jornal “METRO”,
Setembro 2007

© LNEC 2006

Agradecimentos

ASEMWATERNET - Multistakeholder Platform for ASEM S&T Cooperation on sustainable water use
Proc. LNEC 0607/017/15489
EC-DG Research INCO-CT2005-510897

FIM

OBRIGADO
PELA VOSSA ATENÇÃO

© LNEC 2006