



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE  
Núcleo de Águas Subterrâneas

Proc. 0607/1/17628

## **PLANO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DAS RIBEIRAS DO OESTE**

**Medidas para alcançar e manter o estado bom do sistema  
aquífero de Caldas da Rainha-Nazaré**

ARH Tejo

Lisboa • junho de 2012

**I&D** HIDRÁULICA E AMBIENTE

**RELATÓRIO 290/2012 – DHA/NAS**



**PLANO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DAS RIBEIRAS DO OESTE**  
**Medidas para Alcançar e Manter o Estado Bom do Sistema Aquífero de Caldas da Rainha-Nazaré**

**Resumo**

Este trabalho, realizado no âmbito do Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, apresenta as medidas propostas para a recuperação ao estado Bom do sistema aquífero de Caldas da Rainha-Nazaré até ao ano 2027, assim como a caracterização geral de base que informou de toda a análise necessária à definição destas medidas. Esta análise para a definição destas medidas é também apresentada neste trabalho.

**WATERSHED PLAN OF RIBEIRAS DO OESTE**  
**Measures for Attaining and Maintain the Status Good in the Aquifer System of Caldas da Rainha-Nazaré**

**Abstract**

This work now presented was developed under the framework of the Watershed Plan of Ribeiras do Oeste, and presents the measures proposed to perform the recovery of the status Good of the aquifer system of Caldas da Rainha-Nazaré, which must be attained until 2027. The general characterisation of the aquifer system, which was the ground for the analysis performed to pinpoint such intervention measures, is also presented, as well as the analysis itself.

**PLAN DE BASSIN DE RIBEIRAS DO OESTE**  
**Mesures pour Obtenir et Conserver la Classification Bon du Système Aquifère de Caldas da Rainha-Nazaré**

**Sommaire**

Le travail ici présenté a été développé dans le cadre du Plan de Bassin de Ribeiras do Oeste, et présente les mesures proposés pour récupérer la classification Bon du système aquifère de Caldas da Rainha-Nazaré, qui doit être attendre jusque à 2027. La caractérisation générale du système aquifère qui fut la base pour l'analyse qui a défini les mesures à prendre, aussi que l'analyse elle-même, sont aussi ici présentées.



Projecto Financiado



# **PLANO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DAS RIBEIRAS DO OESTE**

## **Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos**

### **Conteúdos para Consulta Pública do PBH**

MEDIDAS PARA ALCANÇAR E MANTER O ESTADO BOM DO SISTEMA

AQUÍFERO DE CALDAS DA RAINHA-NAZARÉ

29 . JUNHO . 2012



# PLANO DE BACIA HIDROGRÁFICA DO OESTE

## Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos

### Conteúdos para Consulta Pública do PBH

#### MEDIDAS PARA ALCANÇAR E MANTER O ESTADO BOM DO SISTEMA AQUÍFERO DE CALDAS DA RAINHA-NAZARÉ

##### Ficha Técnica

Nome	Formação	Área Temática
João Paulo Lobo Ferreira	Eng.º Civil; Doutorado em Engenharia Civil	Coordenação geral e LNEC; águas subterrâneas
Isabel Vaz Pinto	Eng.ª Agrónoma	Coordenação Hidroprojecto; Necessidades de água; Pressões difusas
José Paulo Monteiro	Geólogo; Doutorado em Hidrogeologia	Coordenação ICCE; águas subterrâneas e ecossistemas
Manuel M. Oliveira	Geólogo; Doutorado em Hidrogeologia	Caracterização quantitativa de águas subterrâneas; caracterização global e avaliação do estado; modelo de dados geográficos
Teresa E. Leitão	Geóloga; Doutorada em Hidrogeologia	Caracterização qualitativa de águas subterrâneas; caracterização global e avaliação do estado; optimização da rede
Luís Nunes	Eng.º do Ambiente; Doutorado em Ciências de Engenharia	Análise de tendências; redes de monitorização
Maria Emília Novo	Geóloga; Doutorada em Hidrogeologia	Caracterização geológica e hidrogeológica
Núria Salvador	Eng.ª do Ambiente e Mestre em Gestão de Solos	Ecossistemas
Sónia Pombo	Eng.ª Química Sanitarista	Necessidades de água
M.ª Francisca Silva	Eng.ª Química Sanitarista	Pressões antropogénicas qualitativas
Andrea Igreja	Eng.ª em Tecnologias da Informação	Pressões antropogénicas quantitativas; tratamento de dados
José Fernandes Nunes	Hidrogeólogo e Geólogo de Engenharia	Enquadramento e aspectos gerais; monitorização; pressões antropogénicas qualitativas
Maria José Henriques	Geóloga	Levantamento e tratamento de colunas litológicas de captações

Nome	Formação	Área Temática
David Silva	Eng.º de Recursos Hídricos	Tratamento de informação estatística
Luís Oliveira	Eng.º do Ambiente e Mestre em Engenharia do Ambiente	Mapeamento 3-D de colunas litológicas de captações
Tiago Martins	Geólogo	Avaliação da recarga de aquíferos
Ricardo Martins	Eng.º do Ambiente	Tratamento de informação Geográfica
Margarida Monte	Eng.ª Ambiente e Sanitarista	Necessidades de água
João Martins	Eng.º Ambiente	Pressões antropogénicas
André Braceiro	Eng.º Ambiente	Pressões antropogénicas
Rodrigo S. Henriques	Eng.º Ambiente	Pressões antropogénicas
Manuel Quaresma	Técnico de SIG	SIG



# PLANO DE BACIA HIDROGRÁFICA DO OESTE

## Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos

### Conteúdos para Consulta Pública do PBH

#### MEDIDAS PARA ALCANÇAR E MANTER O ESTADO BOM DO SISTEMA AQUÍFERO DE CALDAS DA RAINHA-NAZARÉ

## ÍNDICE GERAL

---

### PARTE 1 ..... 1

### CARATERIZAÇÃO DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CALDAS DA RAINHA..... 1

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. CARATERÍSTICAS GERAIS DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....</b>	<b>6</b>
2.1 Caraterização geológica e tetónica .....	6
2.2 Hidrogeologia.....	11
2.2.1 Caraterísticas hidrogeológicas.....	11
2.2.2 Área de drenagem das massas de águas subterrâneas .....	14
2.2.3 Modelo concetual de funcionamento hidráulico .....	14
2.3 Avaliação das disponibilidades.....	16
2.3.1 Introdução .....	16
2.3.2 Evolução dos níveis piezométricos.....	16
2.3.3 Avaliação espaço-temporal da recarga.....	18
2.3.4 Massas de água associadas a ecossistemas aquáticos de superfície ou ecossistemas terrestres que delas dependem diretamente .....	19
2.3.5 Identificação das zonas potenciais de recarga de aquíferos.....	21
2.3.6 Massas de água em risco.....	21
<b>3. USOS, NECESSIDADES E PRESSÕES SOBRE A MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....</b>	<b>22</b>
3.1 Usos e necessidades de água .....	22
3.1.1 Necessidades de água por tipologia de uso (usos consumptivos e não consumptivos) .....	22
3.1.1.1 A. Abastecimento público – Sistemas de abastecimento .....	22

3.1.1.2	B. Agricultura.....	24
3.1.1.3	C. Pecuária.....	25
3.1.1.4	D. Indústria.....	27
3.1.2	Avaliação do balanço entre necessidades, disponibilidades e potencialidades .....	29
3.2	Abastecimento e tratamento de águas residuais .....	29
3.3	Caraterização e análise de vulnerabilidades .....	30
3.3.1	Riscos de poluição acidental .....	30
3.4	Pressões naturais e incidências antropogénicas significativas .....	33
3.4.1	Nota introdutória .....	33
3.4.2	Poluição tóxica (impactes associados a casos significativos, existentes e previstos).....	34
3.4.2.1	Componente urbana.....	34
3.4.2.2	Instalações PCIP .....	34
3.4.3	Poluição difusa (impactes associados a casos significativos, existentes e previstos).....	35
3.4.3.1	Adegas, laticínios e matadouros.....	35
3.4.3.2	Aviculturas.....	35
3.4.3.3	Suiculturas.....	36
3.4.3.4	Boviculturas .....	36
3.4.3.5	Agricultura .....	36
3.4.3.6	Campos de golfe .....	37
3.4.4	Resultados globais .....	37
3.4.5	Captações de água .....	38
3.4.6	Situações existentes ou previstas que podem comprometer os objetivos ambientais.....	38
3.5	Zonas protegidas e áreas classificadas.....	39
3.5.1	Zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano	39
3.5.2	Zonas vulneráveis (delimitação das zonas especiais de proteção e resumo da tipificação e dos condicionamentos de utilização).....	39
3.5.3	Zonas de infiltração máxima .....	40
<b>4.</b>	<b>REDE DE MONITORIZAÇÃO .....</b>	<b>40</b>
4.1	Estado quantitativo, avaliação da representatividade, adequabilidade e otimização.....	40
4.2	Rede de vigilância, avaliação da representatividade, adequabilidade e otimização.....	41
4.3	Rede operacional, avaliação da representatividade, adequabilidade e otimização.....	43
4.4	Rede de substâncias perigosas, avaliação da representatividade, adequabilidade e otimização.....	44
4.5	Rede de nascentes, avaliação da representatividade, adequabilidade e otimização.....	44
4.6	Zonas protegidas .....	44

4.6.1	Zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano	44
4.6.2	Zonas vulneráveis e zonas de infiltração máxima.....	44
<b>5.</b>	<b>AVALIAÇÃO DO ESTADO DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....</b>	<b>45</b>
5.1	Estado quantitativo.....	45
5.2	Estado químico .....	47
5.3	Tendências crescentes significativas e persistentes na concentração de poluentes .....	54
5.4	Síntese.....	55
<b>PARTE 2 .....</b>		<b>63</b>
<b>ANÁLISE DAS MEDIDAS.....</b>		<b>63</b>
<b>1. MEDIDAS PROPOSTAS PARA A REPOSIÇÃO DO BOM ESTADO DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....</b>		<b>63</b>
1.1	Introdução e objetivos .....	63
1.2	Avaliação de estratégias para alcançar um estado bom em 2027, em função dos cenários sócio-económicos prospetivos.....	64
<b>ANEXOS .....</b>		<b>91</b>

## ÍNDICE DE QUADROS

---

Quadro 2-1 – Estratigrafia e litologia da massa de águas subterrâneas .....	8
Quadro 2-2 – Identificação da massa de águas subterrâneas e litologias dominantes	12
Quadro 2-3 – Formações aquíferas dominantes e classificação da massa de águas subterrâneas quanto ao tipo de aquífero e ao meio de escoamento .....	12
Quadro 2-4 – Caracterização da transmissividade da massa de águas subterrâneas ..	13
Quadro 2-5 – Caracterização da produtividade da massa de águas subterrâneas .....	13
Quadro 2-6 – Síntese da caracterização hidroquímica da massa de águas subterrâneas .....	13
Quadro 2-7 – Resultados anuais médios do balanço hídrico sequencial diário (Caldas da Rainha-Nazaré) .....	18
Quadro 3-1 – Evolução das captações por concelho .....	22
Quadro 3-2 – Abastecimento público. Volumes de água de origens subterrâneas (hm <sup>3</sup> /ano).....	23
Quadro 3-3 – Necessidades totais anuais de água para rega (hm <sup>3</sup> ) satisfeitos por origens subterrâneas .....	24
Quadro 3-4 – Necessidades de água para a pecuária por concelho, espécie e sistema de produção.....	25
Quadro 3-5 – Necessidades de água para o setor da Pecuária satisfeitas por origens subterrâneas (hm <sup>3</sup> /ano) .....	25
Quadro 3-6 – Distribuição das necessidades anuais de água dos estabelecimentos industriais .....	27
Quadro 3-7 – Necessidades de água para o setor da Indústria satisfeitos por origens subterrâneas.....	27
Quadro 3-8 – Volumes de água provenientes de origens subterrâneas (hm <sup>3</sup> /ano).....	29
Quadro 3-9 – Recargas anuais resultantes da rega .....	29
Quadro 3-10 – Balanço hídrico dos recursos subterrâneos para o ano médio .....	29
Quadro 3-11 – Número de captações presentes na massa de água subterrânea.....	29
Quadro 3-12 – Distribuição das fossas sépticas e ETAR compactas com descarga no solo.....	34
Quadro 3-13 – Cargas geradas por fossas sépticas e ETAR compactas com descarga no solo.....	34
Quadro 3-14 – Indústria Transformadora: substâncias prioritárias e outros poluentes potencialmente presentes na massa de água subterrâneas .....	34
Quadro 3-15 – Distribuição das concessões mineiras ativas .....	35
Quadro 3-16 – Distribuição das pedreiras ativas.....	35
Quadro 3-17 – Distribuição das aviculturas com descarga no solo .....	35
Quadro 3-18 – Cargas geradas pelas aviculturas com descarga para o solo.....	35
Quadro 3-19 – Distribuição das suiniculturas com descarga no solo .....	36
Quadro 3-20 – Cargas geradas pelas suiniculturas com descarga para o solo.....	36

Quadro 3-21 – Distribuição das boviniculturas com espalhamento de estrumes no solo .....	36
Quadro 3-22 – Cargas geradas pelas boviniculturas com espalhamento de estrumes no solo.....	36
Quadro 3-23 – Distribuição das áreas agrícolas de acordo com o CLC'2006 .....	37
Quadro 3-24 – Cargas originada pelas culturas agrícolas na massa de águas subterrâneas Caldas da Rainha-Nazaré .....	37
Quadro 3-25 – Poluição difusa: cargas de azoto originadas pelos setores da pecuária, agro-indústria e agricultura na massa de águas subterrâneas Caldas da Rainha-Nazaré.....	38
Quadro 3-26 – Poluição tónica e difusa: substâncias prioritárias e outros poluentes eventualmente presentes.....	38
Quadro 3-27 – Abastecimento. Volumes de água provenientes de captações subterrâneas licenciadas pela ARH Tejo e CCDRC e CCDRLVT .....	38
Quadro 3-28 – Estado químico da massa de águas subterrâneas e fontes de poluição tónica e difusa com impacte ambiental .....	38
Quadro 3-29 – Municípios e atos administrativos que aprovam as respetivas delimitações de REN municipais.....	40
Quadro 4-1 – Índice de Representatividade para a rede piezométrica atual .....	40
Quadro 4-2 – Número de pontos da rede de piezometria otimizada e respetivo índice de representatividade .....	40
Quadro 4-3 – Índice de Representatividade para as redes de qualidade .....	42
Quadro 4-4 – Número de pontos da rede de vigilância da qualidade das águas subterrâneas otimizada e respetivos índices de representatividade.....	42
Quadro 5-1 – Definição do estado quantitativo (Decreto-Lei n.º 77/2006, Anexo V, n.º II, ou DQA, Anexo V, n.º 2) .....	45
Quadro 5-2 – Teste do escoamento superficial para a massa de águas subterrâneas	47
Quadro 5-3 – Balanços extrações de águas subterrâneas / recarga.....	47
Quadro 5-4 – Definição do bom estado químico das águas subterrâneas (Decreto-Lei n.º 77/2006, Anexo V, n.º II, ou DQA, Anexo V, n.º 2).....	47
Quadro 5-5 – Síntese da informação para a avaliação do estado químico.....	50
Quadro 5-6 – Resultado da avaliação dos critérios do teste de avaliação global do estado químico .....	51
Quadro 5-7 - Teste de diminuição da qualidade química ou ecológica das massas de águas superficiais associadas para a massa de águas subterrâneas .....	54
Quadro 5-8 - Estado Químico da massa de águas subterrâneas e fontes de poluição tónica e difusa com impacte.....	54
Quadro 5-9 – Análise de tendências .....	55
Quadro 5-10 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da avaliação global do estado químico .....	59
Quadro 5-11 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da intrusão salina.....	59
Quadro 5-12 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da degradação dos ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas...	59

Quadro 5-13 – Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste do balanço hídrico subterrâneo .....	59
Quadro 5-14 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da diminuição da qualidade química ou ecológica das massas de águas de superfície associadas.....	60
Quadro 5-15 – Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste do escoamento superficial.....	60
Quadro 5-16 – Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste da avaliação dos ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas .....	61
Quadro 5-17 – Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste da intrusão salina .....	61
Quadro 5-18 – Síntese dos testes para a avaliação do Estado da massa de águas subterrâneas.....	61
Quadro 1-1 – Calendário com os prazos em que se prevê atingir os objetivos ambientais até 2027 .....	64
Quadro 1-2 – Fontes da poluição e respetivas condicionantes dos pontos em estado medíocre.....	69
Quadro 1-3 – Volumes de extração e cargas poluentes em conformidade com as projeções dos cenários de maior pressão, em 2027 .....	69
Quadro 1-4 – Condições atuais e eventuais problemas futuros para os cenários de maior pressão, sem medidas de atuação implementadas.....	70
Quadro 1-5 – Medidas de especial importância a implementar, para melhoria do estado qualitativo e manutenção do estado quantitativo .....	71
Quadro 1-6 – Medidas de redução das cargas agrícolas e pecuárias nas áreas em bom estado, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica .....	77
Quadro 1-7 – Medidas de redução das cargas urbanas/domésticas e industriais nas áreas em bom estado, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica .....	78
Quadro 1-8 – Medidas de redução das cargas agrícolas nos futuros perímetros de rega, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica .....	78
Quadro 1-9 – Medidas de redução das cargas agrícolas na envolvente dos futuros perímetros de rega, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica .....	79
Quadro 1-10 – Medidas de redução das cargas agrícolas nas zonas com atual má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica .....	80
Quadro 1-11 – Medidas de redução das cargas urbanas/domésticas e industriais nas zonas com atual má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica.....	81
Quadro 1-12 – Medidas de redução das cargas pecuárias nas zonas com atual má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica .....	82
Quadro 1-13 – Medidas de redução das cargas agrícolas nos pontos críticos em termos de má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica .....	82

Quadro 1-14 – Medidas de redução das cargas pecuárias nos pontos críticos em termos de má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica .....	83
Quadro 1-15 – Medidas de redução das cargas urbanas/domésticas e industriais nos pontos críticos em termos de má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica.....	83
Quadro 1-16 – Medidas de inversão de tendências de subida de parâmetros em zonas de má qualidade de cloretos, sulfatos e condutividade elétrica, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica.....	84
Quadro 1-17 – Medidas de redução de cargas de origem agrícola e doméstica em zonas de má qualidade de cloretos, sulfatos e condutividade elétrica, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica.....	84
Quadro 1-18 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, para os consumos urbanos, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica .....	85
Quadro 1-19 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, para os consumos industriais, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica .....	86
Quadro 1.20 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, para os consumos de campos de golfe, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica .....	86
Quadro A-1-21 – Recarga da massa de águas subterrâneas para cada associação de solo / ocupação do solo / setor .....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2-1 – Carta geológica da área do PBH Oeste assinalando a localização da massa de águas subterrâneas.....	7
Figura 2-2 – Representação espacial das sondagens de pontos de água do sistema aquífero Caldas da Rainha-Nazaré.....	9
Figura 2-3 – Perfil litológico do sistema aquífero Caldas da Rainha-Nazaré .....	10
Figura 2-4 – Estruturas neotetónicas .....	11
Figura 2-5 – Enquadramento da massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré.....	12
Figura 2-6 – Mapa isopiezas determinado com base nas medições de 5/3/2003.....	15
Figura 2-8 – Níveis piezométricos por piezómetro e tendências obtidas. Gráfico superior – setor da Nazaré. Gráficos inferiores – setor das Caldas da Rainha. O piezómetro 338/2 está representado nos dois gráficos inferiores, no da esquerda com a série completa e respetiva tendência e no da direita apenas com os valores após o ano hidrológico 2000/1 (inclusive).....	17
Figura 2-9 – Níveis piezométricos anuais máximos por ano hidrológico e respetivas tendências de evolução. No gráfico da esquerda para o setor da Nazaré e no gráfico da direita para o setor das Caldas da Rainha. O piezómetro 338/2 apresenta dois valores correspondendo o valor a negrito ao mesmo período do dos outros piezómetros.....	18
Figura 2-10 – Recarga da massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré .....	19
Figura 2-11 – Ecossistemas dependentes de águas subterrâneas (EDAS) na massa de águas subterrâneas Caldas da Rainha-Nazaré.....	20
Figura 2-12 – Índice de Facilidade de Infiltração na massa de águas subterrâneas das Caldas da Rainha-Nazaré.....	21
Figura 3-1 – Abastecimento Público. Volumes de água provenientes de captações subterrâneas, por massa de águas subterrâneas, em hm <sup>3</sup> /ano (fonte: INSAAR, 2008) .....	23
Figura 3-2 – Consumos totais anuais de água para rega (dam <sup>3</sup> ) por massa de águas subterrâneas.....	24
Figura 3-3 – Consumos de água pelo setor da pecuária satisfeitos por origens subterrâneas: volumes por massa de águas subterrâneas (hm <sup>3</sup> ).....	26
Figura 3-4 – Distribuição das necessidades de água para a indústria por massa de águas subterrâneas .....	28
Figura 3-5 – Mapa da classificação do território do plano, de acordo com o grau de risco de poluição accidental.....	31
Figura 3-6 – Mapa IFI do risco de poluição accidental associado a estradas.....	32
Figura 3-7 – Mapa da classificação do risco de poluição accidental associado a estradas.....	33



Figura 3-8 – Situação relativa a perímetros de proteção na área do PBH Oeste (http://www.arhtejo.pt/web/guest/perimetros-de-proteccao1, consultado em Maio de 2011) .....	39
Figura 4-1 – Rede de Quantidade das águas subterrâneas otimizada para a massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré.....	41
Figura 4-2 – Pontos de monitorização da rede de vigilância e operacional para a massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré .....	42
Figura 4-3 – Rede de vigilância da qualidade das águas subterrâneas otimizada para a massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré .....	43
Figura 4-4 – Pontos de monitorização da rede operacional para a massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré .....	44
Figura 5-1 – Evolução dos níveis piezométricos no PBH Oeste por ponto de monitorização .....	46
Figura 5-2 – Mapa do estado químico da massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré, de acordo com o esquema definido no Anexo VII, 2.5 do DL n.º 77/2006.....	49
Figura 5-3 – Pressões e estado químico associados à massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré.....	52
Figura 5-4 – Síntese do Estado Químico geral e das tendências significativas e constantes da massa de águas subterrâneas (bola preta: tendência crescente; bola azul: tendência de decréscimo de pelo menos 1 parâmetro) .....	56
Figura 5-5 – Síntese do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas .....	57
Figura 5-6 – Massas de águas subterrâneas em risco, antes do PBH Oeste.....	57
Figura 5-7 – Massas de águas subterrâneas em risco, após o PBH Oeste.....	57
Figura A-1 – Corte A (NE-SW).....	96
Figura A-2 – Corte B1 (SE-NW).....	96
Figura A-3 – Corte B (NW-SE).....	96
Figura A-4 – Bloco diagrama cortes AB1B vista SSE-NNW .....	97
Figura A-5 – Bloco diagrama cortes AB1B vista SE-NW .....	97
Figura A-6 – Bloco diagrama cortes AB1B vista quase E-W .....	98
Figura A-7 – Bloco diagrama cortes AB1B vista SW-NE .....	98
Figura A-8 – Mapa de localização dos cortes geológicos (setor norte) .....	99
Figura A-9 – Corte D1 (NE-SW).....	102
Figura A-10 – Corte E1 (W-E).....	102
Figura A-11 – Corte E (W-E).....	102
Figura A-12 – Corte F (N-E).....	102
Figura A-13 – Corte G1 (SE-NW).....	103
Figura A-14 – Corte G (W-E) .....	103
Figura A-15 – Corte H1 (W-E).....	103
Figura A-16 – Corte H (NW-SE).....	103
Figura A-17 – Corte I (NW-SE) .....	104
Figura A-18 – Corte longo (NE-SW).....	104
Figura A-19 – Bloco diagrama cortes F1D1 vista ENE-WSW.....	104
Figura A-20 – Bloco diagrama cortes F1D1 vista SW-NE .....	105

Figura A-21 – Bloco diagrama cortes H1FI vista SSE-NNW .....	105
Figura A-22 – Bloco diagrama cortes H1FI vista NNW-SSE .....	106
Figura A-23 – Bloco diagrama cortes D1G1 vista NE-SW .....	106
Figura A-24 – diagrama cortes G1H1D1 vista SW-NE .....	107
Figura A-25 – Bloco diagrama cortes D1H1 vista SSE-NNW .....	107
Figura A-26 – Bloco diagrama cortes G1E1D1 vista S-N .....	108
Figura A-27 – Bloco diagrama cortes G1E1D1 vista SW-NE .....	108
Figura A-28 – Bloco diagrama cortes ED1 vista SW-NE .....	109
Figura A-29 – Bloco diagrama cortes EE1D1 vista SE-NW .....	109
Figura A-30 – Bloco diagrama cortes EE1D1 vista do topo .....	110
Figura A-31 – Perspetiva global do sistema aquífero: Bloco diagrama cortes FH1EE1D1 vista SSE-NNW .....	110
Figura A-32 – Mapa de localização dos cortes geológicos (setor sul) .....	111

# CARATERIZAÇÃO DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CALDAS DA RAINHA

---

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório insere-se no âmbito dos trabalhos desenvolvidos para o Plano de Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, realizado para a ARH Tejo e apresenta (1) a caracterização geológica, hidrogeológica e de estado da massa de águas subterrâneas, (2) a análise realizada relativamente à evolução das pressões e consequente carga poluente em função dos cenários sócio-económicos definidos pela DHV (2011) no âmbito deste Plano, e (2) as medidas sugeridas para a recuperação da massa de águas subterrâneas para o estado de qualidade “Bom” até 2027, as quais entram em conta a evolução prospetiva das cargas poluentes em função da evolução dos cenários sócio-económicos referidos.

A definição das medidas para a recuperação da massa de águas subterrâneas fez-se com base na metodologia, desenvolvida no âmbito deste estudo, e que se estrutura da seguinte forma:

1. Análise das condicionantes geológicas e hidrogeológicas, resultados dos modelos de fluxo, distribuição dos pontos em mau estado qualitativo das águas subterrâneas, localização das potenciais fontes de poluição e pressões na envolvente dos pontos em mau estado, assim como na restante área do aquífero. Esta análise identifica assim (1) as atuais condições que originam o mau estado do aquífero, incluindo as de origem natural e as de origem antrópica, (2) zonas geográficas no aquífero de atuação prioritária para a implementação das medidas de recuperação do estado, (3) situações que é necessário corrigir para alcançar o estado Bom.
2. Análise dos cenários de evolução sócio-económica com vista à definição da evolução das pressões (quantidade e qualidade) e projeção das futuras cargas poluentes, com vista ao cálculo das reduções de carga que serão necessárias

realizar para recuperar e manter o estado qualitativo e quantitativo “Bom” da massa de águas subterrâneas. Esta análise considera:

- a. O cenário sócio-económico de maior pressão, dado ser o que coloca condições mais desfavoráveis à recuperação do estado “Bom” da massa de águas subterrâneas.
- b. A evolução da população residente e do turismo para e das cargas poluentes associadas. A população residente está associada a consumos e carga poluente que ocorre ao longo de todo o ano e a população turística a um aumento de consumos e de carga poluente nos meses de Verão. Este aumento dos consumos e das cargas de Verão considera o atual aumento sazonal, incrementado do aumento expectável da população turística, admitindo que não existirão alterações significativas tanto nos atuais consumos da população turística como das suas cargas poluentes *per capita*.
- c. A evolução dos consumos e cargas poluentes associadas aos diferentes tipos de unidades pecuárias. A cada unidade pecuária atribui-se a variação prevista média para o tipo respetivo de pecuária em termos de cabeças e conseqüente carga poluente e consumos associados.
- d. A evolução dos consumos e cargas poluentes associadas à agricultura. Neste caso avaliou-se apenas as cargas e consumos associados às áreas de regadio dado considerar-se que serão as principais pressões em termos de consumos e de qualidade, admitindo-se que as culturas de sequeiro e baldios terão cargas poluentes e consumos muito menos significativos, dado o tipo de cultura praticado. Tendo a distribuição das áreas de cultura associadas ao regadio e considerando as projeções de evolução das áreas regadas dadas pelos cenários sócio-económicos, e os consumos e cargas poluentes por cultura (definidos na caracterização das pressões) calcula-se os novos consumos e cargas poluentes que entram na massa de águas subterrâneas a partir destas zonas.
- e. A evolução dos consumos e cargas poluentes associadas à indústria considera que não se verificarão alterações significativas nos mecanismos de produção, que levem à redução dos consumos para o mesmo volume de manufaturas. Assim, atribui-se ao atual volume de

consumos um crescimento similar ao projetado para o crescimento da atividade industrial na área da massa de águas subterrâneas. Por insuficiência de dados não se fez a avaliação da evolução a carga poluente.

- f. A evolução dos consumos e cargas poluentes associadas aos campos de golfe (identificada pela rúbrica de pressões “outros”) considerou o atual consumo de 1 campo de golfe-equivalente e que este se manterá idêntico em 2027, ou seja, não se consideraram eventuais aumentos das necessidades hídricas das plantas, ou alterações aos sistemas de rega que levem a alterações nos volumes consumidos por campo de golfe-equivalente. Assim, os consumos associados aos campos de golfe evoluirão em conformidade com o aumento de campos de golfe-equivalente projetados pelos cenários de evolução sócio-económica. Por insuficiência de dados não se fez a avaliação da evolução a carga poluente.
3. Avaliação da alteração das taxas de exploração, com vista a determinar a modificação do estado quantitativo e definir os eventuais valores de redução dos consumos que será necessário efetuar para se manter o estado quantitativo “Bom” em 2027.
4. Identificação de quais as fontes de poluição que, em função da evolução associada aos cenários sócio-económicos, se tornarão dominantes – e de consequente atuação prioritária – tanto nas áreas envolventes dos pontos atualmente em mau estado como nas dos que atualmente se situam em bom estado, e avaliação das percentagens de carga poluente de diferentes origens que contribuem para o estado de qualidade nestas áreas.
5. Identificação, em função da análise anterior, de eventuais novas zonas que poderão passar a apresentar mau estado e, em consequência, deverão ser alvo de medidas de proteção/recuperação.
6. Identificação do tipo de problemas que poderá afetar estas áreas e a generalidade da massa de águas subterrâneas, como seja o aumento dos consumos (se possível definindo zonas onde se poderá prever uma redução acentuada da piezometria e/ou áreas que se tornem mais suscetíveis a processos de intrusão salina ou de circulação ascendente de águas salinas de níveis profundos) ou a maior incidência de certas origens de poluição sobre zonas específicas da massa de águas subterrâneas (ex.: o aumento da

poluição e origem urbana que pode piorar o estado das atuais áreas já em estado “mau”).

7. Cálculo das futuras cargas poluentes projetadas para cada zona da massa de águas subterrâneas, considerando as cargas poluentes atuais + os acréscimos projetados a partir da evolução prevista pelos cenários sócio-económicos.
8. Cálculo das reduções de cargas e/ou consumos que deverão ocorrer em cada área, considerando cargas e consumos atuais + acréscimos futuros, de modo a manter ou recuperar o estado qualitativo (e quantitativo) “Bom”.
9. Elaboração de medidas para recuperar os pontos em mau estado e evitar a degradação futura de outras áreas do aquífero. Estas medidas são, como se viu, fundamentadas pela: (1) caracterização atual do estado quantitativo e químico da massa de águas subterrâneas, nas suas diferentes áreas, (2) identificação das pressões potencialmente associadas a esse estado e (3) pressões admissíveis futuras em função dos cenários de evolução sócio-económica. As medidas são definidas para:
  - a. **Áreas atualmente em bom estado** (e que até 2027 ainda se manterão em bom estado) – definiram-se medidas de redução de cargas poluentes com vista à manutenção do estado “Bom” (Quadros 1-6 e 1-7, Parte 2).
  - b. **Áreas atualmente em bom estado mas que poderão vir a estar em mau estado em 2027** – áreas que estão sobretudo associadas ao aumento do regadio; as medidas foram definidas de modo a reduzir as cargas poluentes e consumos expectáveis em 2027 (se não existir intervenção) e deste modo assegurar que não ocorra degradação do atual estado “Bom” destas áreas (Quadros 1-8 e 1-9, Parte 2).
  - c. **Áreas atualmente em mau estado** – para estas zonas (incluindo as zonas em estado crítico devido aos nitratos) são enunciadas (1) medidas para cada tipo de problema de qualidade que atualmente afeta cada uma destas áreas e cujo objetivo é recuperar o estado de “Bom”, considerando as condições atuais (Quadro 1-5, Parte 2), (2) medidas com vista à redução das cargas poluentes de modo a recuperar o estado “Bom”, considerando o conjunto cargas atuais + cargas poluentes espectáveis em conformidade com os cenários sócio-económicos (Quadros 1-10 a 1-15, Parte 2).

- d. **Áreas atualmente em mau estado devido a cloretos e sulfatos** – a poluição é aqui devida essencialmente à influência das águas que circulam nos níveis mais profundos da massa de águas subterrâneas (poluição natural). Pelo que além das medidas propostas pelo LNEC com vista, entre outros aspetos, à alteração dos limiares de qualidade de modo a refletirem a realidade hidrogeológica e a medida proposta pela ARHTEjo de condicionamento da construção de novas captações (Quadro 1-5, Parte 2), são ainda propostas medidas de diversificação das fontes de abastecimento e modificação das práticas de gestão e a redução das cargas poluentes tendo em consideração as evoluções nos consumos e cargas poluentes previsíveis em função dos cenários sócio-económicos (Quadros 1-16 e 1-17, Parte 2).
- e. **Em toda a massa de água em especial nas proximidades do litoral** – estas medidas centram-se no controlo das extrações e, deste modo, na preservação do atual estado quantitativo “Bom”, por meio de medidas que levem à redução dos consumos atuais + consumos previstos pelos cenários sócio-económicos (Quadro 1-18 a 1-20, Parte 2).

As fontes de informação utilizadas nesta metodologia são as que abaixo se discriminam:

1. **A caracterização da massa de águas subterrâneas** resulta da informação recolhida e analisada para o documento “Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste. Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos” (Lobo Ferreira et al., 2011), elaborado pelo LNEC no âmbito da elaboração do referido Plano de Bacia.
2. **A caracterização das pressões** é baseada em:
  - a. Informação analisada pela DHV e incluída no documento “Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste. Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos” (Lobo Ferreira et al., 2011), apresentada nesse documento no subcapítulo 2.2. Pressões Naturais e Incidências Antropogénicas Significativas e no Anexo 7).
  - b. Análise do impacto das fontes poluentes realizado pelo LNEC e incluído no mesmo documento, a qual é apresentada no subcapítulo 5.1.3. Diagnóstico.

3. **Os cenários sócio-económicos prospetivos** que servem de base ao cálculo da evolução das pressões e em consequência das cargas poluentes e dos volumes de água que serão consumidos, são os definidos pela DHV no Relatório referente ao Lote 4: Parte 4 – Cenários Prospetivos (DHV, 2011).
4. **As fontes relativas às diferentes medidas** sugeridas vista a recuperar o aquífero para o estado “Bom”, são as três seguintes:
  - a. Medidas referenciadas como “medida ARH Tejo” – medidas elencadas no documento “Fichas de Medidas” da ARH Tejo (2011).
  - b. Medidas referenciadas como “proposta LNEC” – medidas elencadas no documento “Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste. Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos” (Lobo Ferreira et al., 2011), elaborado pelo LNEC no âmbito da elaboração do referido Plano de Bacia.
  - c. Outras medidas – medidas definidas tendo por base a redução dos consumos e cargas poluentes necessárias (calculadas pela metodologia acima exposta) para a manutenção/recuperação do estado “Bom”.

## 2. CARATERÍSTICAS GERAIS DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

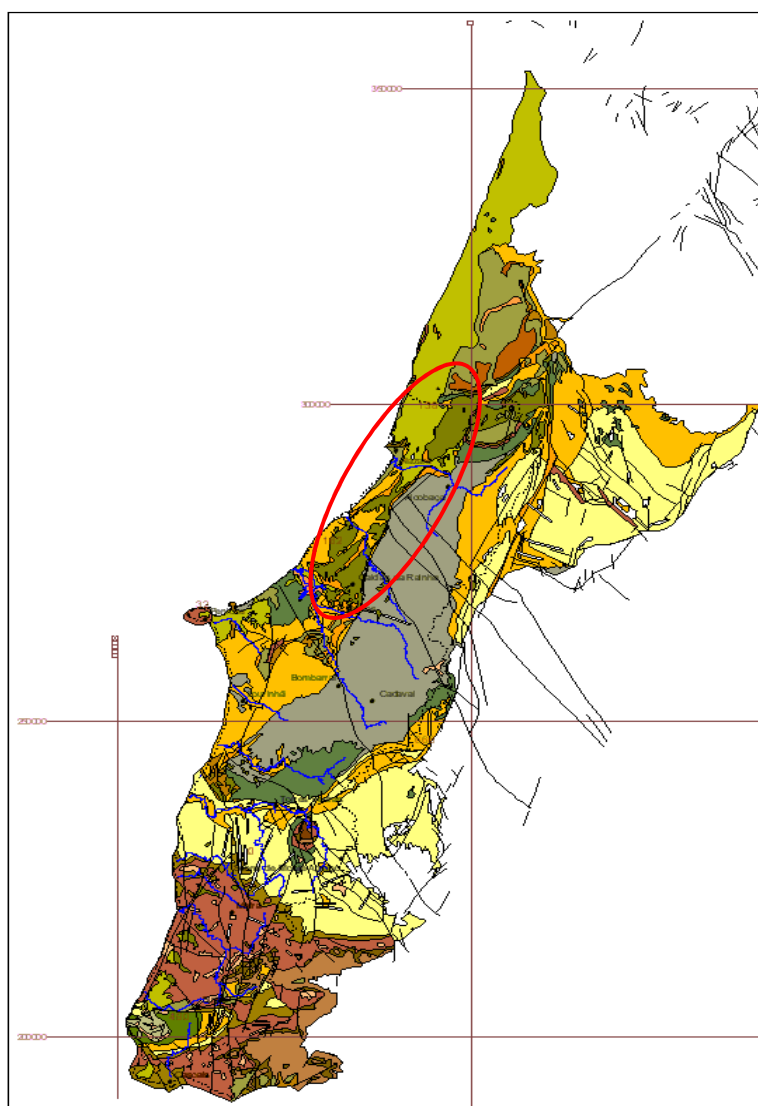
### 2.1 CARATERIZAÇÃO GEOLÓGICA E TETÓNICA

A massa de águas subterrânea Caldas da Rainha - Nazaré está incluída na Orla Meso-Cenozóica Ocidental, sendo dominada por formações detríticas de idade pliocénica até à atualidade, sobrejacentes a formações evaporíticas da formação dos Calcários e Margas da Dagorda. Esta massa de águas subterrâneas está localizada numa área morfologicamente deprimida, resultante de tetónica diapírica, sita entre Caldas da Rainha e o relevo calcário litoral, com prolongamento para norte e para sul numa extensão de cerca de 40 km. Na Figura 2-1 apresenta-se a localização e enquadramento geológico da massa de águas subterrâneas.

O conjunto de formações da massa de águas subterrâneas inclui as formações de cobertura (aluviões, areias de duna e de praia, depósitos de praias antigas) e as formações aquíferas, que no geral estão sobrejacentes ao Complexo Evaporítico Hetangiano (Almeida *et al.*, 2000). As formações aquíferas são Areias marinhas fossilíferas e Areias continentais pertencentes ao Complexo Arenoso pliocénico (Almeida *et al.*, 2000). As Areias marinhas fossilíferas, que constituem a base do



sistema aquífero, assentam sobre o complexo evaporítico hetangiano (Cachão, 1995; Cabral, 1995, *in* Almeida *et al.*, 2000); são um conjunto de areias, por vezes finas, com calhaus rolados e grés argilosos (França e Zbyszewski, 1963; Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960). As Areias continentais são um conjunto de unidades arenosas por vezes com burgaus e calhaus, areias argilosas, grés argilosos com calhaus, argilas, e ocasionalmente bancadas delgadas de calcários gresosos e conglomerados; possuem também intercalações de leitos de lenhitos e diatomitos, com continuidade lateral significativa nalguns locais. As formações pliocénicas são cobertas nalgumas áreas por aluviões modernas, sendo de destacar a mancha que se situa entre Alfeizerão e S. Martinho do Porto (Almeida *et al.*, 2000; MAOT, 2001).



Fonte: MAOT (2001)

**Figura 2-1 – Carta geológica da área do PBH Oeste assinalando a localização da massa de águas subterrâneas**

Na envolvência deste sistema, nas áreas drenadas pelas ribeiras que o atravessam, ocorrem, no setor de Caldas da Rainha, as formações do Complexo Evaporítico Hetangiano, Camadas de Alcobaça (Jurássico Superior), Grés Superiores com vegetais e dinossáurios (Jurássico Superior), rochas eruptivas de natureza dolerítica; no setor da Nazaré, as formações do Complexo Gresoso de Cós-Juncal (Cretácico inferior), as formações carbonatadas do Cretácico superior, o Complexo de Montes (Eocénico e Oligocénico) e o Complexo greso-argiloso de Alpedriz, e brechas vulcânicas (França e Zbyszewski, 1963; Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960). As formações hetangianas são um conjunto de margas gresosas e margas e argilas salíferas, constituindo a base da massa de águas subterrâneas (França e Zbyszewski, 1963; Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).

O Quadro 2-1 sintetiza a geologia da massa de águas subterrâneas, referindo para as diversas épocas/andares as principais formações geológicas ou litologias presentes. No Anexo 2 pormenoriza-se a geologia desta massa de águas subterrâneas.

**Quadro 2-1 – Estratigrafia e litologia da massa de águas subterrâneas**

Massa de águas subterrâneas	Estratigrafia	Litologia
O33 - Caldas da Rainha – Nazaré	Plio-Plistocénico	Areias por vezes com burgaus e calhaus, areias argilosas, grés argilosos com calhaus, calcários gresosos, conglomerados, argilas, intercalações de lignitos e diatomitos.

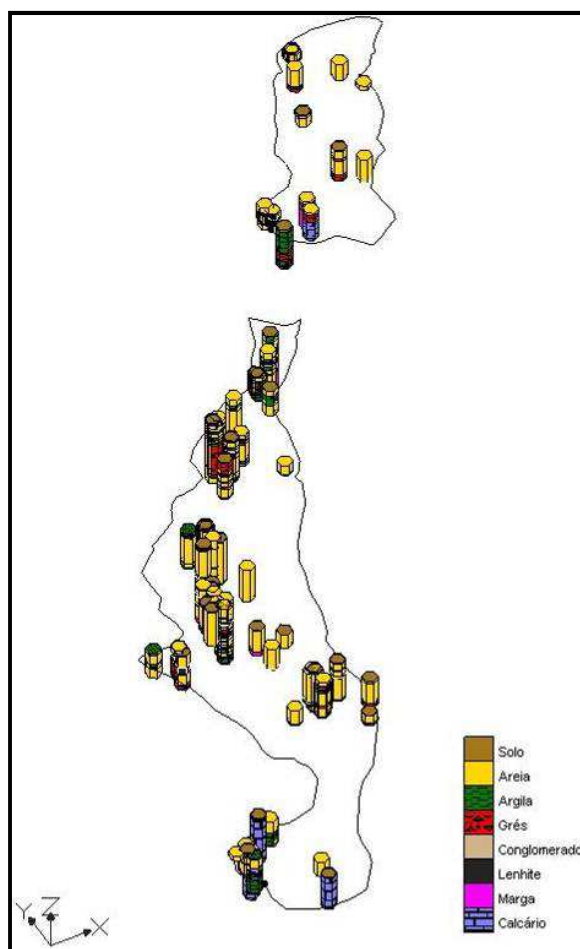
Fonte: Almeida et al., 2000, MAOT, 2001, Oliveira et al., 2001 e Lobo Ferreira et al., 2001

A partir das colunas litológicas de 86 sondagens hidrogeológicas fez-se uma zonagem em oito classes litológicas fundamentais, com interesse para o funcionamento hidrogeológico:

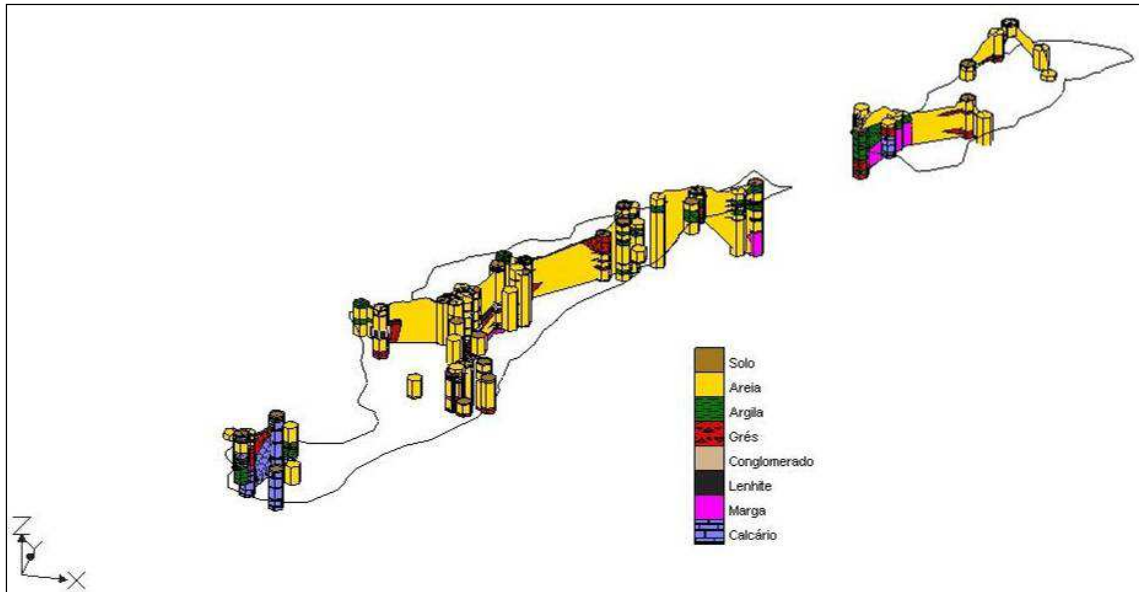
- Solo, terra vegetal, solo argiloso, solo arenoso;
- Areias finas a grosseiras, areias com lenhite ou carvão vegetal, areias com calhaus e ou burgau;
- Argilas, argilas arenosas, siltes, argilas com conchas;
- Grés fino a grosseiro, grés argiloso, grés arenoso;
- Conglomerados;
- Margas;
- Calcários;
- Lenhite, turfa, carvão vegetal.

Na Figura 2-2 apresenta-se a distribuição das sondagens com as respetivas colunas litológicas classificadas e na Figura 2-3 os perfis interpretativos resultantes dessa classificação. Uma análise de pormenor é apresentada no Anexo 1.

A estrutura e fracturação das formações são dominadas pela tetónica diapírica, que conferiu às formações uma geometria complexa, refletida nas variações de espessuras (Almeida *et al.*, 2000). Os bordos das estruturas diapíricas são delimitados por falhas de direção dominante NE-SE a NNE-SSW, sendo que no bordo N da Lagoa de Óbidos e nos bordos S de ambos os diapiros (Caldas da Rainha e Nazaré) estas direções são NW-SE a E-W; fracturação NW-SE surge ainda ao longo da bordadura ocidental do sistema aquífero (França e Zbyszewski, 1963; Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).



**Figura 2-2 – Representação espacial das sondagens de pontos de água do sistema aquífero Caldas da Rainha-Nazaré**

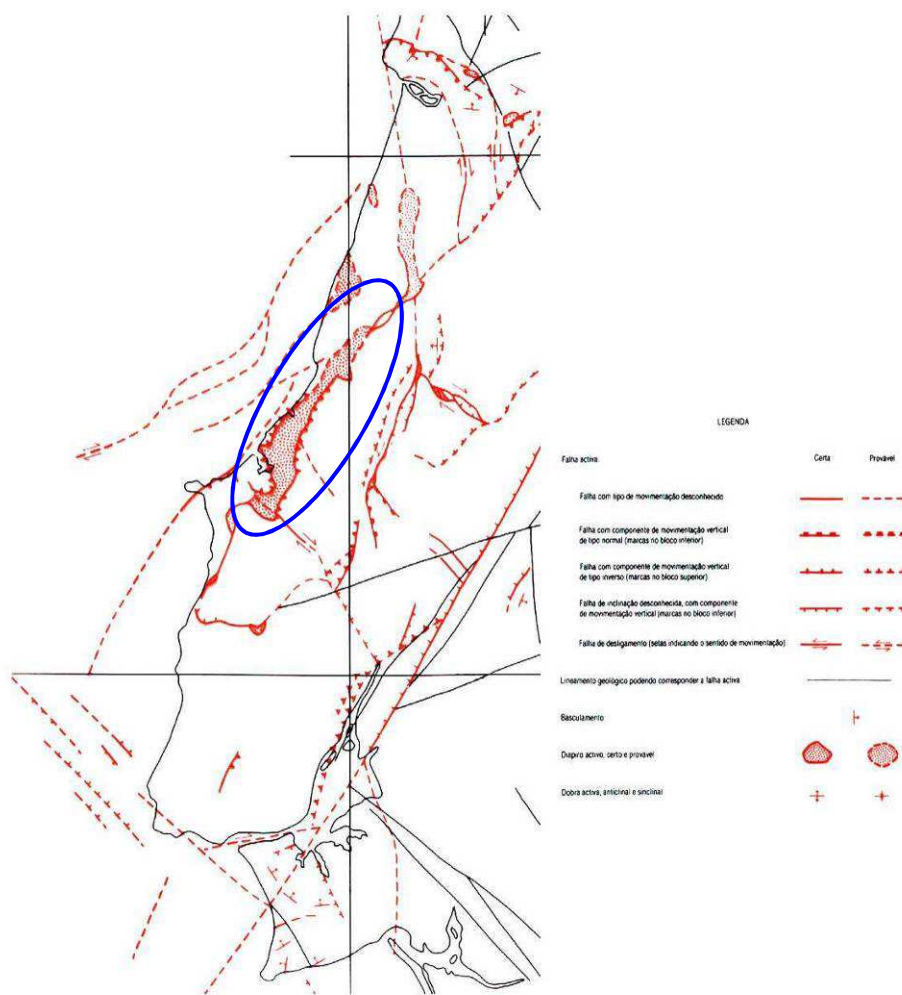


**Figura 2-3 – Perfil litológico do sistema aquífero Caldas da Rainha-Nazaré**

As direções de fracturação mais significativas são (França e Zbyszewski, 1963; Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960):

- NNE-SSW a NE-SW.
- N-S.
- E-W a WNW-ESE.
- NW-SE a NNW-SSE.
- WNW-ESSE.

Em termos de neotetónica, a Carta Neotetónica de Portugal, na escala 1/1 000 000, assinala a bacia tetónica de origem diapírica das Caldas da Rainha (Figura 2-4).



Fonte: MAOT (2001)

Figura 2-4 – Estruturas neotetónicas

## 2.2 HIDROGEOLOGIA

### 2.2.1 Caraterísticas hidrogeológicas

A Figura 2-5 indica a localização da massa de águas subterrâneas. O Quadro 2-2 lista a área e as litologias dominantes da massa de água. O Quadro 2-3 sintetiza a informação relativamente às formações aquíferas dominantes, tipo de aquífero e porosidade. Este é um sistema multicamada, com aquíferos livre e confinado.

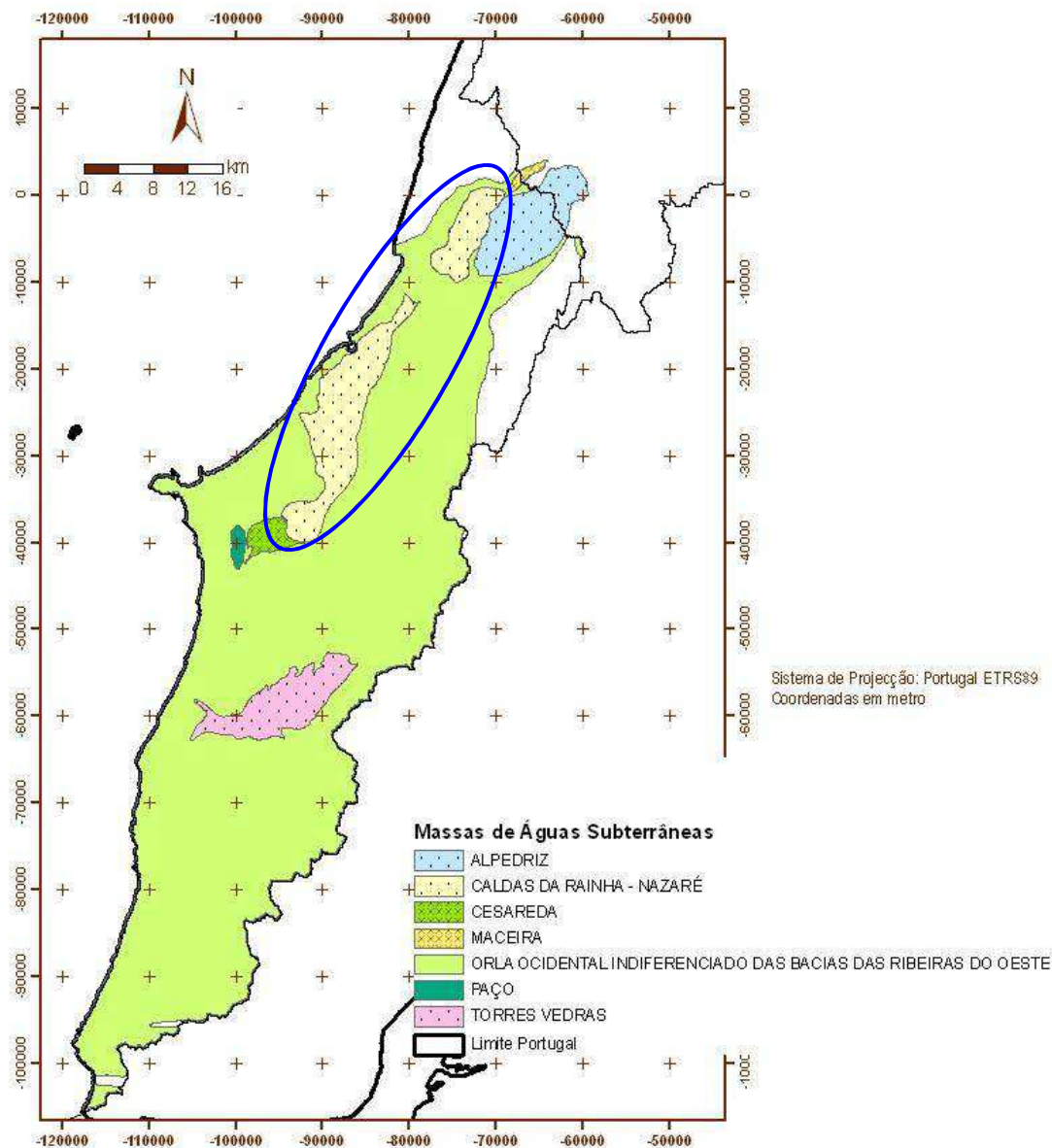


Figura 2-5 – Enquadramento da massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré

Quadro 2-2 – Identificação da massa de águas subterrâneas e litologias dominantes

Massa de águas subterrâneas	Litologias dominantes	Área (km <sup>2</sup> )
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	Areias com leitos de lenhitos e diatomitos, com alguns seixos e, por vezes, uma ou mais bancadas delgadas de calcário arenítico	166,04

Fonte: SNIRH, Almeida et al. (2000)

Quadro 2-3 – Formações aquíferas dominantes e classificação da massa de águas subterrâneas quanto ao tipo de aquífero e ao meio de escoamento

Massa de águas subterrâneas	Formações aquíferas dominantes	Tipo de aquífero	Tipo de porosidade
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	Areias marinhas fossilíferas e Areias continentais (Pliocénico superior)	Livre a Confinado, Multicamada	Intergranular

Fonte: SNIRH, Almeida et al. (2000)

A síntese da caracterização da transmissividade da massa de águas subterrâneas apresenta-se no Quadro 2-4. Os valores apresentados foram na sua maior parte estimados a partir dos caudais específicos. A síntese da produtividade apresenta-se no Quadro 2-5, tendo-se usado o caudal de exploração das captações. De acordo com a classificação de Almeida *et al.* (2000) as classes de produtividade são definidas pelos intervalos de valores:

- Produtividade alta: mediana  $\geq 6$  l/s;
- Produtividade média: mediana  $\geq 1$  l/s e  $< 6$  l/s;
- Produtividade baixa: mediana  $< 1$  l/s.

**Quadro 2-4 – Caracterização da transmissividade da massa de águas subterrâneas**

Massa de águas subterrâneas		Transmissividade (m <sup>2</sup> /d)				N.º de determinações
		Média	Mediana	Mínima	Máxima	
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	Setor de Caldas da Rainha	–	–	30 <sup>(q)</sup>	450 <sup>(q)</sup>	?
	Setor da Nazaré	–	–	8 <sup>(q)</sup>	570 <sup>(q)</sup>	26

Fonte: Almeida *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2001 e Lobo Ferreira *et al.*, 2001

<sup>(q)</sup> estimada com base no caudal específico

**Quadro 2-5 – Caracterização da produtividade da massa de águas subterrâneas**

Massa de águas subterrâneas		Produtividade (l/s)			N.º de determinações	Classe de produtividade
		Mediana	Mínima	Máxima		
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	Setor de Caldas da Rainha	10,0	1,1	36,0	60	Alta
	Setor da Nazaré	11,8	3	20	10	Alta

Fonte: Almeida *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2001 e Lobo Ferreira *et al.*, 2001

As principais características hidroquímicas da massa de águas subterrâneas são apresentadas em síntese no Quadro 2-6. As classificações apresentadas resultam projeção das concentrações dos iões HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, dos vários pontos pertencentes a uma mesma massa de águas subterrâneas, num Diagrama de Piper, para as análises disponíveis desde 2000.

**Quadro 2-6 – Síntese da caracterização hidroquímica da massa de águas subterrâneas**

Massa de águas subterrâneas	Fácies predominante
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	Bicarbonatada mista e cloretada mista

A qualidade química das águas subterrâneas foi analisada com base em informação disponível nos primeiros planos de bacia, completada com o conjunto de informação mais atualizada existente na ARH Tejo para este milénio. Os anos de referência para a

avaliação do estado foram: 2004-2008. A caracterização de pormenor do estado químico é apresentada na secção 5.2.

### **2.2.2 Área de drenagem das massas de águas subterrâneas**

Como área de drenagem considera-se a área de afloramento da massa de águas subterrâneas acrescida da área adjacente à massa de águas subterrâneas onde o escoamento direto se faz para dentro dos limites da massa de águas subterrâneas, através ou não de uma rede de drenagem superficial, e onde, devido às características de infiltração dos solos sobrejacentes à massa de águas subterrâneas, esse escoamento direto se poderá infiltrar recarregando os aquíferos. Para a massa de águas subterrâneas a área de drenagem coincide com a área de afloramento da massa de águas.

### **2.2.3 Modelo concetual de funcionamento hidráulico**

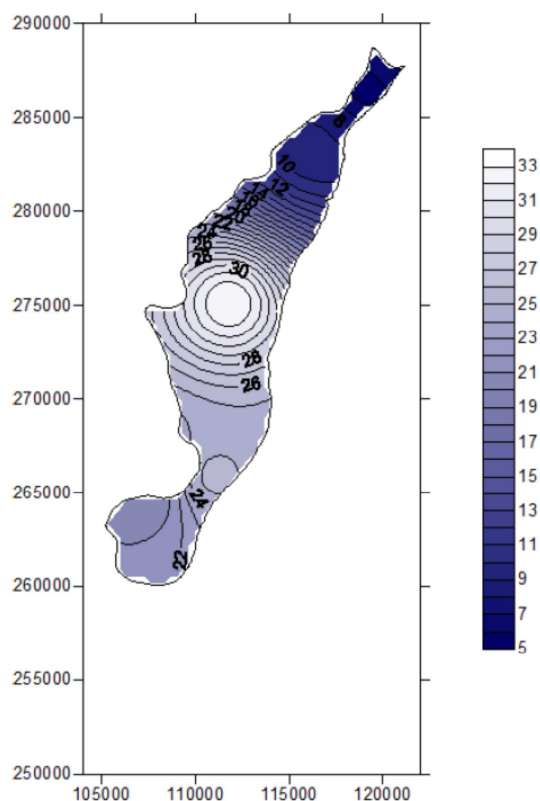
A massa de águas subterrâneas tem como principal entrada de água a infiltração da água da chuva, que se processa dependendo das condições de ocupação do solo e da própria natureza do solo, em toda a extensão de afloramento. Outras origens de entrada de água, também localizadas, são a recarga proveniente dos excedentes de rega, e as perdas de águas nas redes de distribuição e de saneamento. Só em situações pontuais é que se prevê que possa haver entrada de água a partir da infiltração de cursos de águas superficiais. Poderão estar nesta situação zonas aluvionares atuais, onde devido à exploração intensa de águas subterrâneas das aluviões possa existir recarga induzida a partir dos cursos de água. Na Figura 3-6 apresenta-se o Índice de Facilidade de Infiltração elaborado com base nos critérios apresentados em Oliveira e Lobo Ferreira (2002).

O escoamento faz-se em regime de escoamento livre ou confinado. As saídas da massa de águas subterrâneas processam-se globalmente em direção aos cursos de água que as drenam e em direção ao mar, junto a S. Martinho do Porto. Na zona de contacto com a água do mar pode haver situações de intrusão marinha, que não se preveem importantes. Em maior pormenor, o modelo conceptual para a massa de água é o seguinte:

- Há uma relação mais ou menos direta entre a variação da piezometria e os regimes de precipitação (Paz, 2009); a distribuição das piezometrias no setor do vale tifónico de Caldas da Rainha para Março de 2003 é apresentada Figura 2-6.



- As extrações para abastecimento público na área de Nadadouro e Espinheira (zona de maior concentração de captações) geraram rebaixamentos que atingiram 60 cm/ano no espaço de 25 anos, tendo sido os mais acentuados de todo o sistema aquífero; os rebaixamentos menos acentuados ocorrem no Ameal, presumível área de descarga (Saraiva e Peixinho de Cristo, 1994). Algumas captações, à data da sua construção, intersectaram alguns níveis artesianos, por vezes repuxantes (Almeida et al., 2000).
- O fluxo é de Leste para Oeste, embora possa localmente ser modificado por depressões na superfície piezométrica geradas pelos pólos de captação para abastecimento público (Almeida et al., 2000; Paz, 2009). Como zonas de descarga admitem-se a região de São Martinho do Porto (principal área de descarga; Paz, 2009) e Ameal (Almeida et al. 2000, cf. Saraiva e Peixinho de Cristo, 1994).
- Os rendimentos específicos variam muito com a espessura das formações areníticas (Paz, 2009).



Fonte: Paz (2009)

**Figura 2-6 – Mapa isopiezas determinado com base nas medições de 5/3/2003**

## **2.3 AVALIAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES**

### **2.3.1 Introdução**

A metodologia de análise das séries de níveis piezométricos e de avaliação da recarga foi apresentada no relatório LNEC 290/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011), tendo a recarga sido calculada usando o BALSEQ\_MOD (Oliveira, 2004, 2006). A classificação do estado quantitativo das massas de águas subterrâneas exigiu ainda a aplicação dos testes relativos aos ecossistemas dependentes ou associados às águas subterrâneas.

### **2.3.2 Evolução dos níveis piezométricos**

A Figura 2-7 indica, a partir da análise de regressão linear dos valores de piezometria observados, a tendência de evolução dos valores máximos anuais em cada piezómetro, tendo-se considerado com valor crítico a tendência de descida de 100 mm/ano (= 0,274 mm/dia). A Figura 2-8 apresenta as tendências de evolução para a totalidade dos registos de cada piezómetro e a Figura 2-9 para os máximos anuais.

No setor da Nazaré, o piezómetro 307/18 não apresenta tendência de descida significativa. O piezómetro 307/119 tem um registo atípico ao comportamento de uma massa de águas subterrâneas sem interferência de captações próximas; apresenta subidas e descidas bruscas, que lhe confere uma tendência global de descida, mas a partir de Outubro de 2005 traduz uma tendência de subida.

No setor das Caldas da Rainha, os máximos anuais pós-2000 de dois piezómetros, situados em extremos opostos da massa de águas, mostram tendências de descida: piezómetro 316/6, no extremo norte; piezómetro 338/2, no extremo sul. Contudo, este piezómetro, se se considerarem também os dados de 1986 até 1994, apresenta uma tendência de subida. Os restantes dois piezómetros do setor das Caldas da Rainha não apresentam tendência de descida significativa.

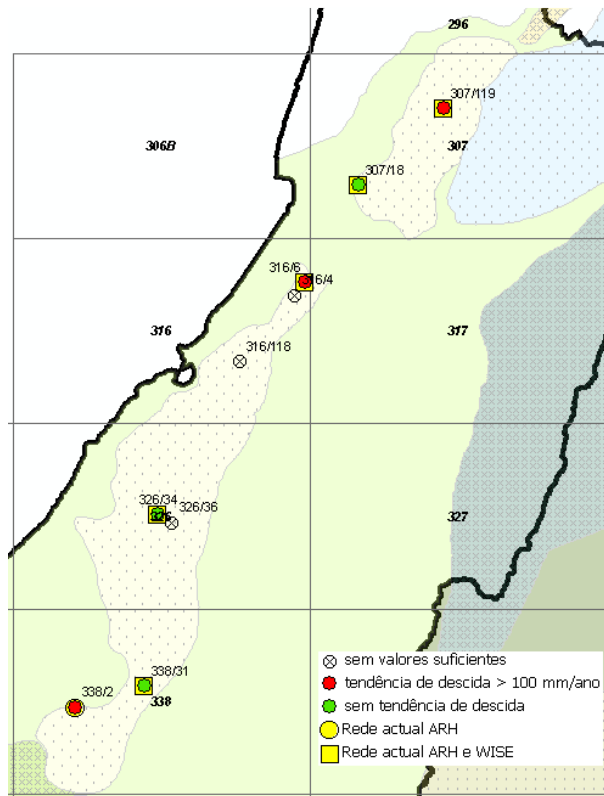


Figura 2-7 – Pontos da rede de monitorização e tendência de evolução dos piezómetros

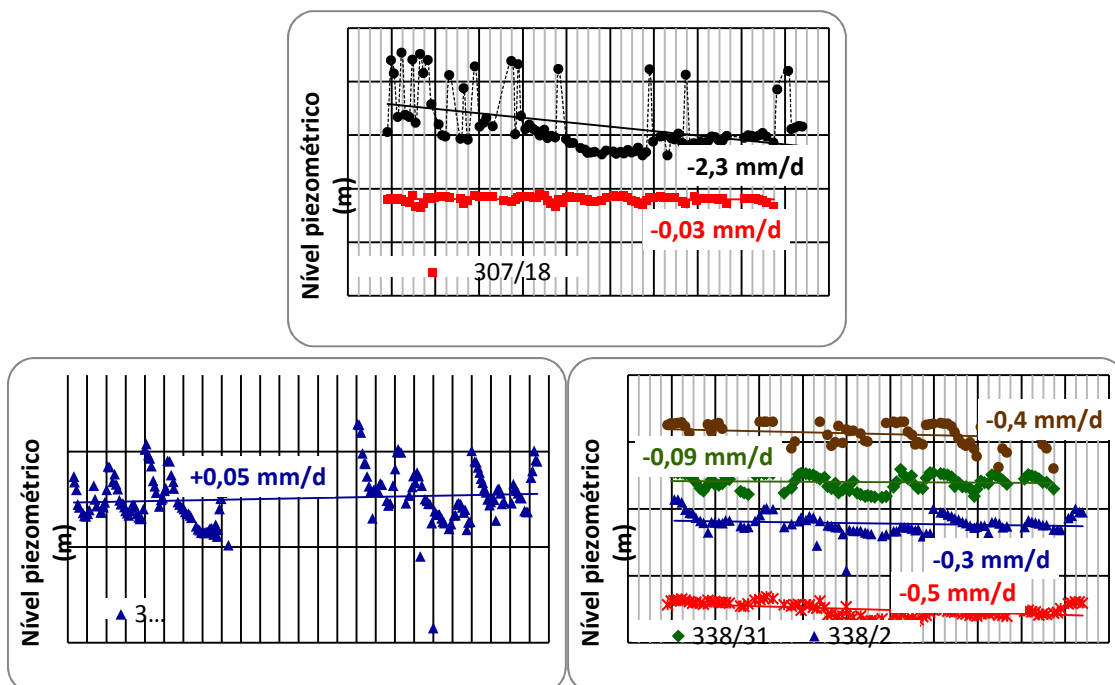


Figura 2-8 – Níveis piezométricos por piezómetro e tendências obtidas. Gráfico superior – setor da Nazaré. Gráficos inferiores – setor das Caldas da Rainha. O piezómetro 338/2 está representado nos dois gráficos inferiores, no da esquerda com a série completa e respetiva tendência e no da direita apenas com os valores após o ano hidrológico 2000/1 (inclusive)

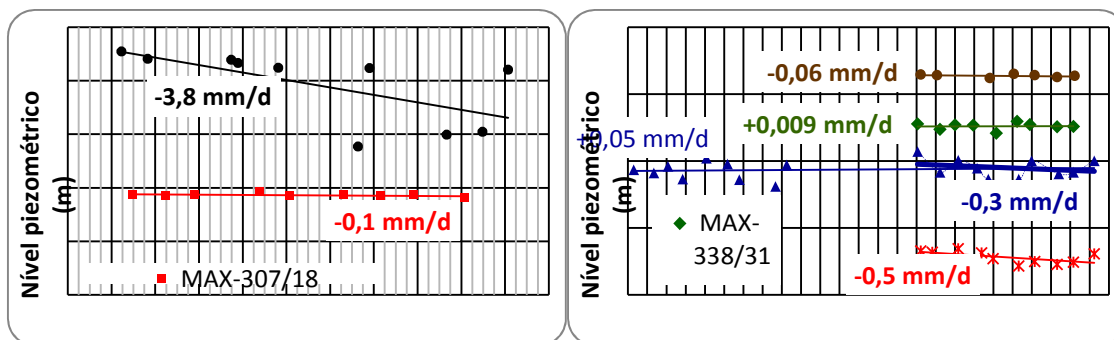


Figura 2-9 – Níveis piezométricos anuais máximos por ano hidrológico e respetivas tendências de evolução. No gráfico da esquerda para o setor da Nazaré e no gráfico da direita para o setor das Caldas da Rainha. O piezómetro 338/2 apresenta dois valores correspondendo o valor a negrito ao mesmo período do dos outros piezómetros

### 2.3.3 Avaliação espaço-temporal da recarga

A recarga foi avaliada para o período de 1978-10-01 a 2008-09-30, para cada um dos dois setores em que se pode dividir esta massa de águas subterrâneas: o setor da Nazaré, a norte, e o setor das Caldas da Rainha, a sul.

A Figura 2-10 apresenta a distribuição espacial da recarga e o Quadro 2-7 os valores anuais médios para a totalidade da massa de águas subterrâneas. Os valores médios obtidos pelo balanço hídrico subterrâneo para cada associação de solo / ocupação do solo / setor / existência de carso estão representados no Quadro A-1-21 do Anexo 2.

Quadro 2-7 – Resultados anuais médios do balanço hídrico sequencial diário (Caldas da Rainha-Nazaré)

Área (m <sup>2</sup> )	Precipitação (mm/ano)	Evapotranspiração real (mm/ano)	Escoamento direto (mm/ano)	Recarga (mm/ano)	Recarga (hm <sup>3</sup> /ano)	Recarga % Prec
165171016	761	335	207	218	36,07	29%

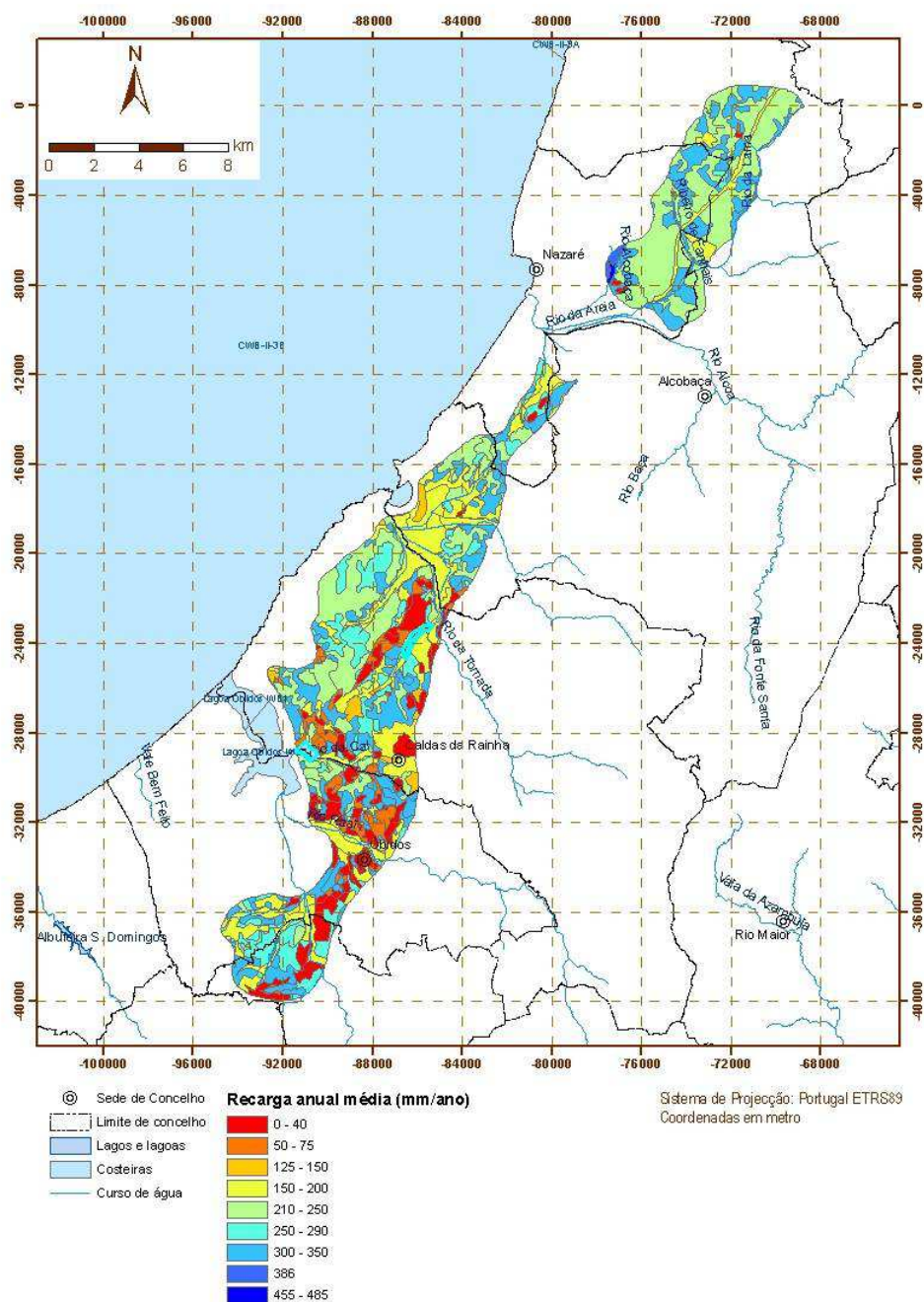
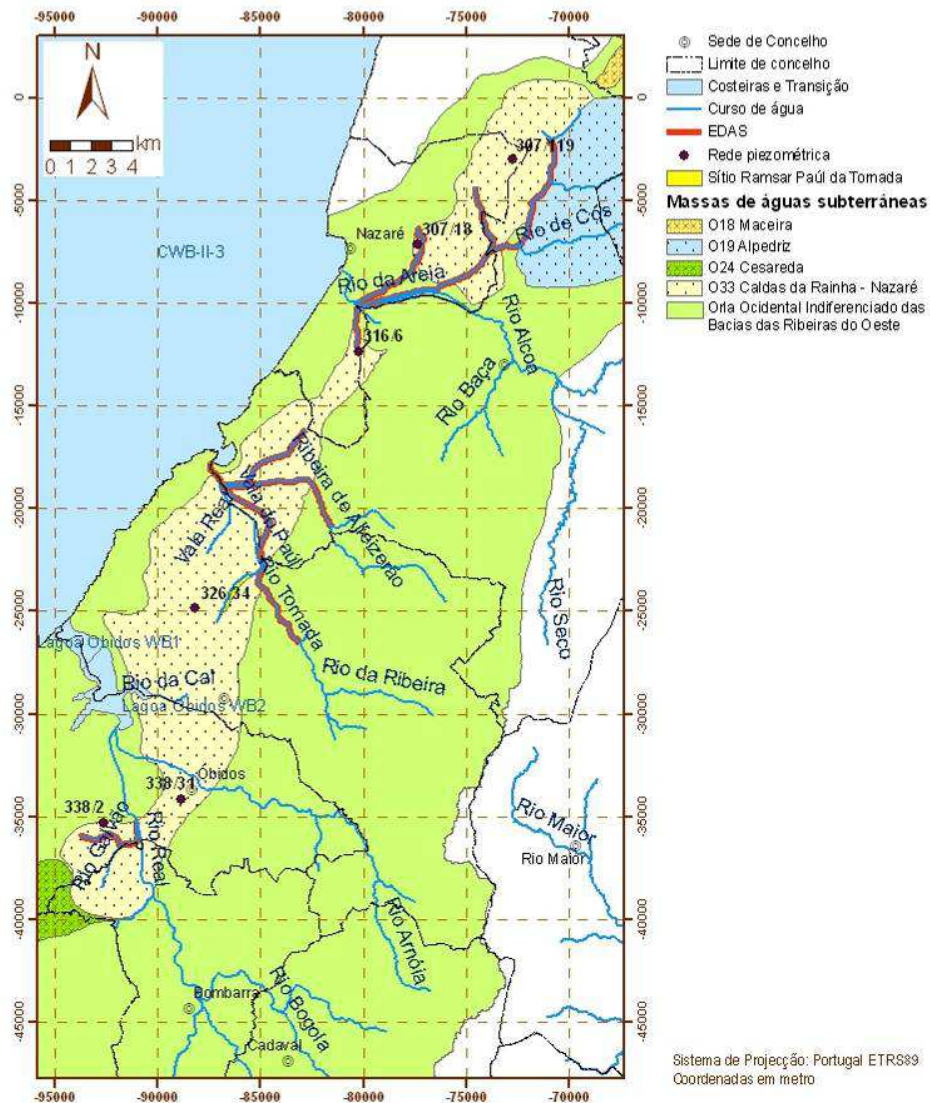


Figura 2-10 – Recarga da massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré

### 2.3.4 Massas de água associadas a ecossistemas aquáticos de superfície ou ecossistemas terrestres que delas dependem diretamente

Os cursos de água, assim como os ecossistemas ripícolas associados a estes cursos de água, que constituem EDAS, são os seguintes (Figura 2-11):

- No setor Norte da massa de águas subterrâneas: o rio da Areia (também possivelmente associado ao sistema de Alpedriz) e o afluente ribeiro de Fanhais, a vala da Levadinha (afluente do rio Alcobaça).
- No setor Sul da massa de águas subterrâneas: o afluente do rio Galvão e consequentemente o troço terminal do rio Galvão, os rios da Tornada e Alfeizerão, a ribeira da Amieira, o afluente do rio Alcoa.



**Figura 2-11 – Ecossistemas dependentes de águas subterrâneas (EDAS) na massa de águas subterrâneas Caldas da Rainha-Nazaré**

Não existem identificados charcos temporários como EDAS na área da massa de águas subterrâneas.

### 2.3.5 Identificação das zonas potenciais de recarga de aquíferos

A metodologia de identificação destas zonas foi apresentada no relatório LNEC 290/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). A Figura 2-12 apresenta o mapa do Índice de Facilidade de Infiltração. A análise desta figura deve ter em linha de conta a massa de água subterrânea subjacente e a sua zona de descarga, ou seja, o modelo conceptual de escoamento das massas de água.

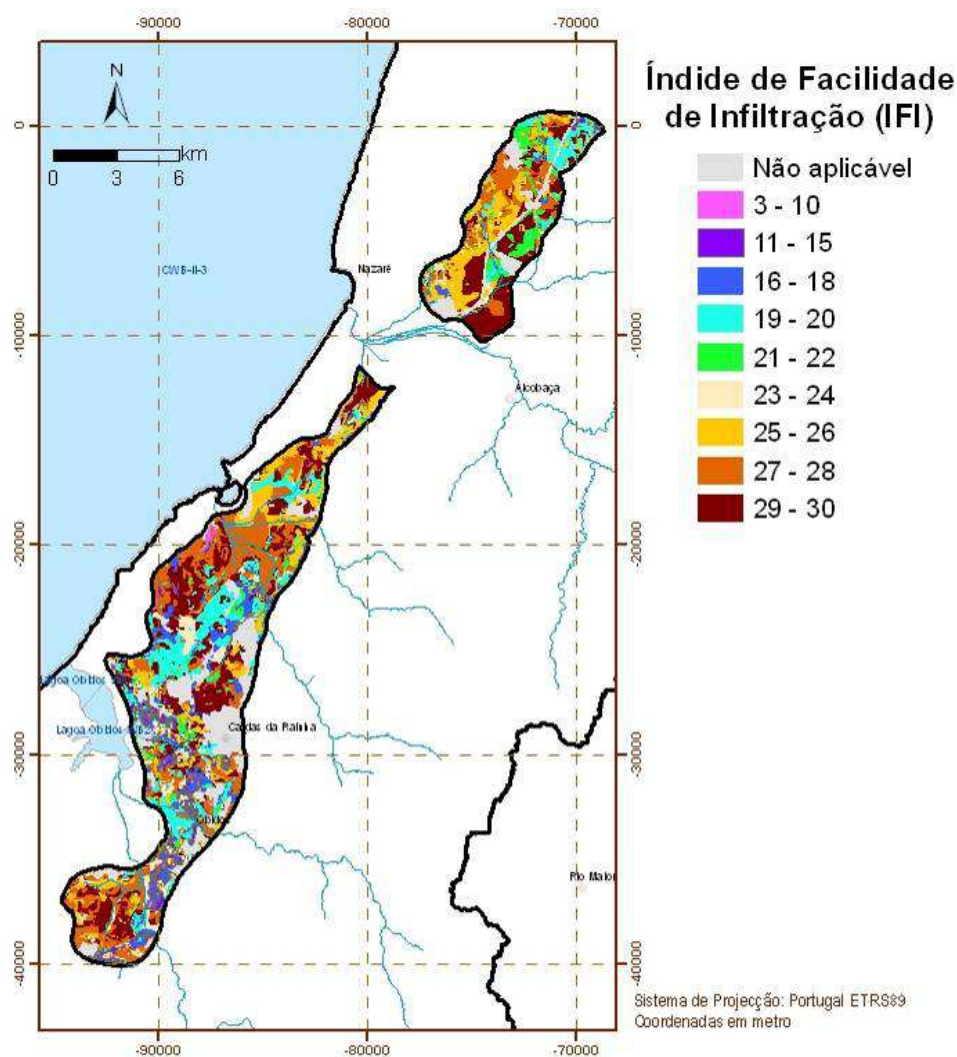


Figura 2-12 – Índice de Facilidade de Infiltração na massa de águas subterrâneas das Caldas da Rainha-Nazaré

### 2.3.6 Massas de água em risco

Considera-se em risco a massa de águas subterrâneas O33 Caldas da Rainha – Nazaré por (1) se encontrar em estado medíocre e (2) com tendência estatisticamente significativa de subida de algum parâmetro cujo valor ultrapassou os 75% do valor limite regulamentar.

### 3. USOS, NECESSIDADES E PRESSÕES SOBRE A MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

#### 3.1 USOS E NECESSIDADES DE ÁGUA

##### 3.1.1 Necessidades de água por tipologia de uso (usos consumptivos e não consumptivos)

A metodologia para a avaliação dos usos e necessidades de água, assim como do balanço entre necessidades e disponibilidades hídricas apresentou-se no relatório LNEC 290/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). As tipologias de uso consideradas são:

- Abastecimento público;
- Agricultura;
- Pecuária;
- Indústria.

##### 3.1.1.1 A. Abastecimento público – Sistemas de abastecimento

No Quadro 3-1, apresentam-se os valores de capitação “útil” por concelho (inserido total ou parcialmente na área da massa de águas subterrânea), os valores das capitações totais e “úteis” respeitantes a 1998 e os parâmetros estatísticos: máximo, mínimo e média. Relativamente às médias dos valores de 2001, a capitação “útil” teve uma redução de 4,5%, enquanto a capitação total aumentou cerca de 89,5%. O Quadro 3-2 e a Figura 3-1 apresentam os volumes de água abastecidos por fontes subterrâneas.

**Quadro 3-1 – Evolução das capitações por concelho**

Concelho	Capitações estimadas no anterior plano		Capitações atuais <sup>2</sup>	
	Cap. Útil (l/hab.dia)	Cap. Total (l/hab.dia)	Cap. Útil (l/hab.dia)	Cap. Total (l/hab.dia)
Alcobaça	210	(a)	128	138
Bombarral	121	148	117	183
Caldas da Rainha	188	336(b)	127	293
Nazaré	204	340(b)	257	405
Óbidos	164	193	216	597
Máximo	210	336	257	597
Mínimo	121	148	117	138
Média	177	171	169	323

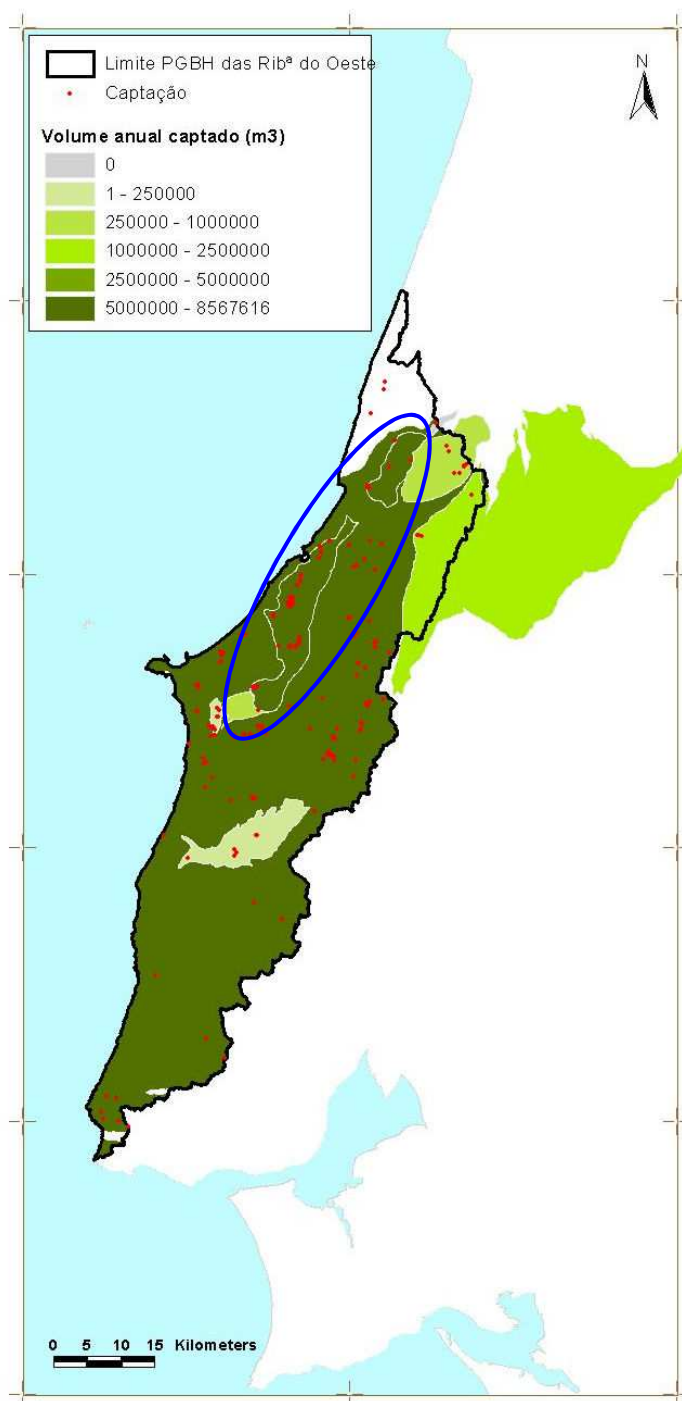
<sup>2</sup> Calculadas com base nos dados INSAAR (2008).



(a) sem dados de perdas que permitam determinar a capitação total. (b) Valor anormalmente reduzido (< 100 l/hab.dia) ou anormalmente elevado (> 280 l/hab.dia, no caso de valores de capitação útil, ou 300 l/hab.dia, no caso de valores de capitação de distribuição ou total) não considerado no cálculo dos parâmetros estatísticos.

**Quadro 3-2 – Abastecimento público. Volumes de água de origens subterrâneas (hm<sup>3</sup>/ano)**

Massa de águas subterrâneas	Volume captado (hm <sup>3</sup> )
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	2,424



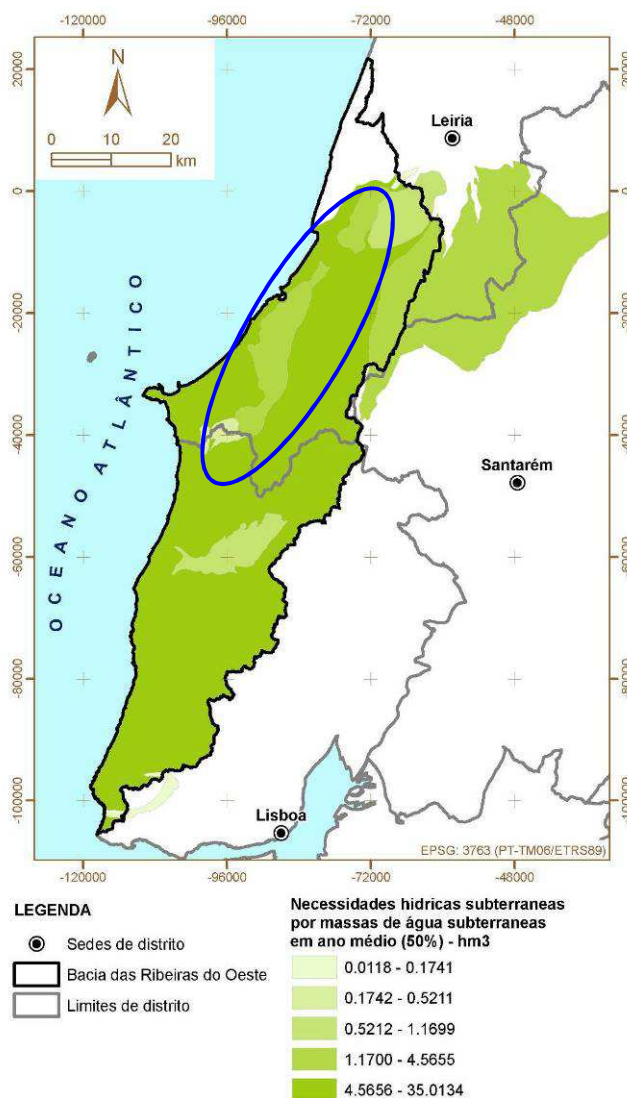
**Figura 3-1 – Abastecimento Público. Volumes de água provenientes de captações subterrâneas, por massa de águas subterrâneas, em hm<sup>3</sup>/ano (fonte: INSAAR, 2008)**

### 3.1.1.2 B. Agricultura

As necessidades de água para a agricultura foram consideradas como sendo as dos volumes de água utilizados na rega. A metodologia de cálculo destas necessidades foi apresentada no relatório LNEC 290/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). No Quadro 3-3 apresentam-se as necessidades de rega para ano médio e seco satisfeitos pelas águas subterrâneas. A Figura 3-2 apresenta as necessidades hídricas totais em ano médio por massa de águas subterrâneas.

**Quadro 3-3 – Necessidades totais anuais de água para rega (hm<sup>3</sup>) satisfeitos por origens subterrâneas**

Massa de águas subterrâneas	Ano médio (50%)	Ano seco (80%)
	(hm <sup>3</sup> /ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	3,325	4,008



**Figura 3-2 – Consumos totais anuais de água para rega (dam<sup>3</sup>) por massa de águas subterrâneas**

### 3.1.1.3 C. Pecuária

As necessidades de água para a pecuária foram calculadas com base nos efetivos animais e consumos unitários de cada espécie associados aos diferentes sistemas de produção. No Quadro 3-4 apresentam-se os valores das necessidades de água para a pecuária por concelho.

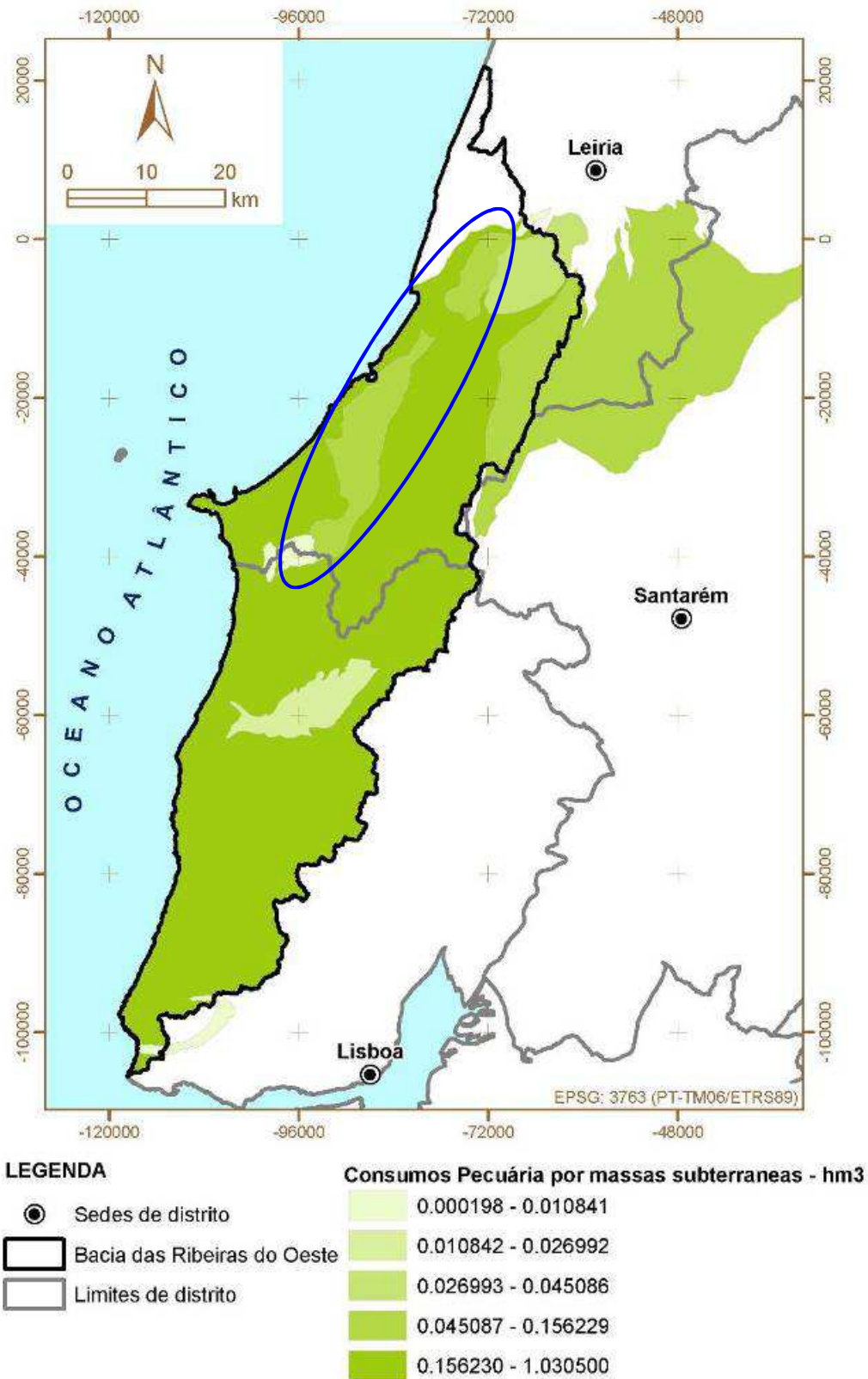
**Quadro 3-4 – Necessidades de água para a pecuária por concelho, espécie e sistema de produção**

Concelhos Rib. Oeste	Consumos de água anuais no setor pecuário por concelho (hm <sup>3</sup> /ano)									
	Bovinos		Suínos		Ovinos		Caprinos		Total	
	Extensivo	Intensivo	Extensivo	Intensivo	Extensivo	Intensivo	Extensivo	Intensivo	Extensivo	Intensivo
Alcobaça	0,02048	0,05990	0,01388	0,37104	0,00794	0,00179	0,00123	0,00104	0,04352	0,43378
Bombarral	0,00082	0,00058	0,00106	0,00125	0,00048	0,00000	0,00017	0,00065	0,00253	0,00248
Caldas da Rainha	0,00798	0,06100	0,01063	0,12171	0,00274	0,00072	0,00098	0,00028	0,02234	0,18371
Nazaré	0,00181	0,00000	0,00047	0,00122	0,00012	0,00000	0,00015	0,00000	0,00255	0,00122
Óbidos	0,00276	0,00000	0,00155	0,02526	0,00069	0,00204	0,00024	0,00115	0,00524	0,02845
Subtotal	0,03385	0,12148	0,02759	0,52048	0,01197	0,00455	0,00277	0,00312	0,07618	0,64964
Total/espécie animal	0,15533		0,54807		0,01652		0,00589			
Total na massa de água	0,72581									

As necessidades de água para o setor pecuário são de 0,726 hm<sup>3</sup> por ano para a massa de água subterrânea. As necessidades de água para a pecuária, satisfeitas por origens subterrâneas, são apresentadas no Quadro 3-5. A Figura 3-3 ilustra estes resultados.

**Quadro 3-5 – Necessidades de água para o setor da Pecuária satisfeitas por origens subterrâneas (hm<sup>3</sup>/ano)**

Massa de águas subterrâneas	Volume (hm <sup>3</sup> /ano)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	0,090



**Figura 3-3 – Consumos de água pelo setor da pecuária satisfeitos por origens subterrâneas: volumes por massa de águas subterrâneas (hm<sup>3</sup>)**

#### 3.1.1.4 D. Indústria

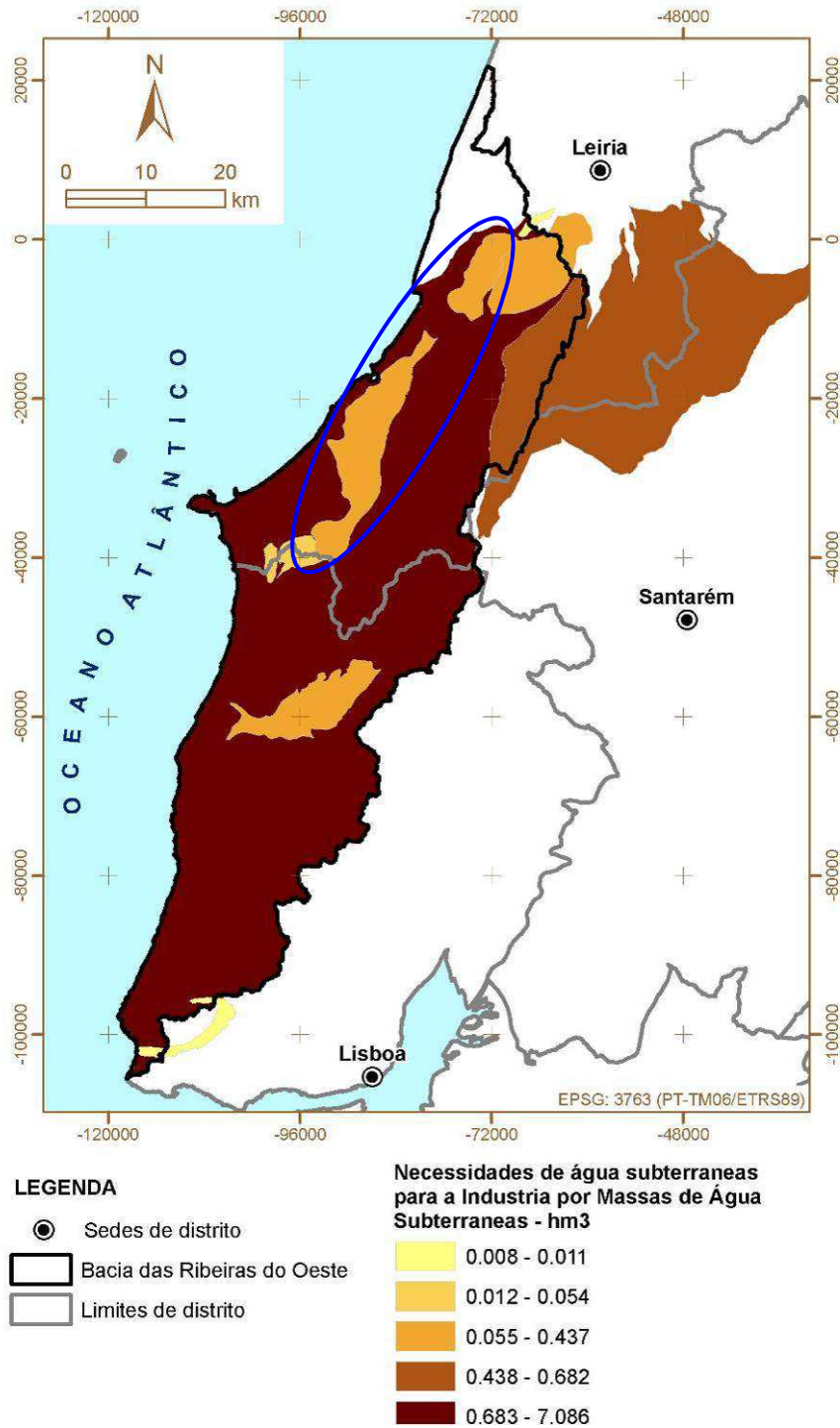
As necessidades de água por concelho são apresentadas no Quadro 3-6, ascendendo a 3,36 hm<sup>3</sup>/ano. Os concelhos com maiores necessidades de água correspondem aos concelhos com maior número de estabelecimentos industriais, designadamente Alcobaça (466 unidades industriais). Os volumes fornecidos pela massa de águas subterrâneas apresentam-se no Quadro 3-7. A Figura 3-4 ilustra a distribuição das necessidades de água para a indústria para a massa de águas subterrânea.

**Quadro 3-6 – Distribuição das necessidades anuais de água dos estabelecimentos industriais**

Concelhos	Necessidades de água (m <sup>3</sup> /ano)
Alcobaça	2 641 749
Bombarral	109 727
Caldas da Rainha	361 787
Nazaré	95 183
Óbidos	152 580
TOTAL	3 361 026

**Quadro 3-7 – Necessidades de água para o setor da Indústria satisfeitos por origens subterrâneas**

Massa de águas subterrâneas	Volume (hm <sup>3</sup> /ano)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	0,354



**Figura 3-4 – Distribuição das necessidades de água para a indústria por massa de águas subterrâneas**

### 3.1.2 Avaliação do balanço entre necessidades, disponibilidades e potencialidades

A estimativa das necessidades satisfeitas por origens de água subterrâneas para os setores do Abastecimento urbano, Indústria, Rega e Pecuária é apresentada no Quadro 3-8. Para além dos setores acima indicados, considerou-se o setor Turismo, correspondente às necessidades de água para rega dos campos de golfe. No Quadro 3-9 apresentam-se os valores estimados para a recarga resultante da rega. O cálculo do balanço hídrico é apresentado no Quadro 3-10.

**Quadro 3-8 – Volumes de água provenientes de origens subterrâneas (hm<sup>3</sup>/ano)**

Massa de águas subterrâneas	Abastecimento público	Agricultura		Pecuária	Indústria
		Ano Médio (50%)	Ano Seco (80%)		
O33 - Caldas da Rainha – Nazaré	2,424	3,325	4,008	0,090	0,354

**Quadro 3-9 – Recargas anuais resultantes da rega**

Massa de águas subterrâneas	Recargas (hm <sup>3</sup> /ano)		
	Ano médio	Ano seco	Ano húmido
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	0,558	0,671	0,445

**Quadro 3-10 – Balanço hídrico dos recursos subterrâneos para o ano médio**

Massa de águas subterrâneas	Recarga BALSEQ			Recarga ARH-Tejo		Necessidades por captações subterrâneas (hm <sup>3</sup> /ano) <sup>(3)</sup>	Taxa de exploração (%) <sup>(2)</sup>
	(mm/ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)	% Prec.	% Prec.	(hm <sup>3</sup> /ano)		
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	218	36,07	29	20	24,88	6,193	24,9

<sup>(2)</sup> Para a taxa de exploração foram utilizados os valores mais restritivos de recarga.

<sup>(3)</sup> Estes valores são as necessidades totais satisfeitas pelas águas subterrâneas não tendo sido subtraídos os valores que são devolvidos ao meio hídrico subterrâneo pela infiltração das perdas da água de rega.

## 3.2 ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

O n.º de captações de água para abastecimento público é apresentado no Quadro 3-11. A massa de água onde é captado o volume de água para abastecimento do maior quantitativo populacional (66 909 habitantes) é Caldas da Rainha – Nazaré, que abastece os concelhos de Alcobaça, Caldas da Rainha, Nazaré e Óbidos.

**Quadro 3-11 – Número de captações presentes na massa de água subterrânea**

Massa de águas subterrâneas	N.º captações
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	38

Fonte: Inventário nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais, INAG 2010 (Dados relativos a 2008)

### 3.3 CARATERIZAÇÃO E ANÁLISE DE VULNERABILIDADES

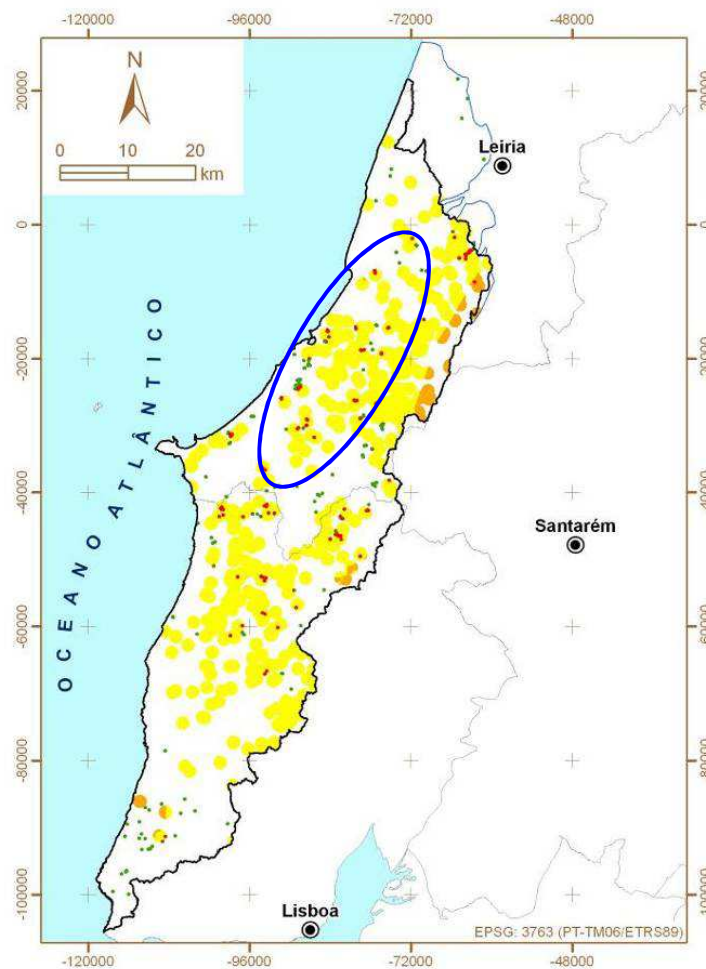
#### 3.3.1 Riscos de poluição accidental

A poluição accidental é um tipo de poluição que resulta de episódios imprevisíveis. Como qualquer outro tipo de poluição da água, também esta pode provocar problemas nos ecossistemas aquáticos e nas massas de água localizados a jusante do acidente.

Assim, muitos dos potenciais riscos de poluição accidental estão associados às próprias pressões identificadas, muito em especial às associadas a indústrias com sistemas de retenção de efluentes líquidos ou sólidos passíveis de sofrerem ruturas accidentais. Outro tipo de poluição accidental pode estar relacionado com a ocorrência de fenómenos accidentais abrangentes que podem ter consequências ao nível da qualidade dos recursos, como por exemplo o caso dos fogos florestais e as suas implicações na quantidade e qualidade dos recursos hídricos de jusante. As áreas sujeitas a poluição accidental foram classificadas em cinco graus de risco, sendo este risco definido pela conjunção de proximidade de duas situações: (i) atividades/ocupações do solo potencialmente indutoras de picos de poluição, na sequência de hipotéticos acidentes de origem natural ou artificial; (ii) locais especialmente sensíveis a tais picos de poluição, a saber, captações de água para consumo humano e áreas sensíveis. A metodologia da cartografia dos graus de risco de poluição accidental foi apresentada no relatório LNEC 290/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). A Figura 3-5 apresenta a proposta para a classificação do território, de acordo com o grau de risco de poluição accidental.

Além da avaliação do risco de poluição accidental ligado a infraestruturas fixas, o risco de poluição accidental durante o transporte de substâncias potencialmente perigosas foi avaliado para a componente de águas subterrâneas. As estradas são os locais onde existe maior risco de ocorrência de acidentes de poluição durante o transporte, tendo este risco de poluição accidental sido avaliado segundo a metodologia de Leitão *et al.* (2005). Nesta metodologia definem-se como zonas hídricas sensíveis aos poluentes rodoviários, áreas a proteger e para onde não se devem fazer descargas diretas de águas de escorrência de estradas (e, portanto, também muito sensíveis a derrames accidentais de quaisquer substâncias estranhas à atividade rodoviária), devendo aí implementar-se sistemas de tratamento adequados, promovendo a diminuição da poluição proveniente das estradas para níveis aceitáveis, antes da descarga.





**LEGENDA**

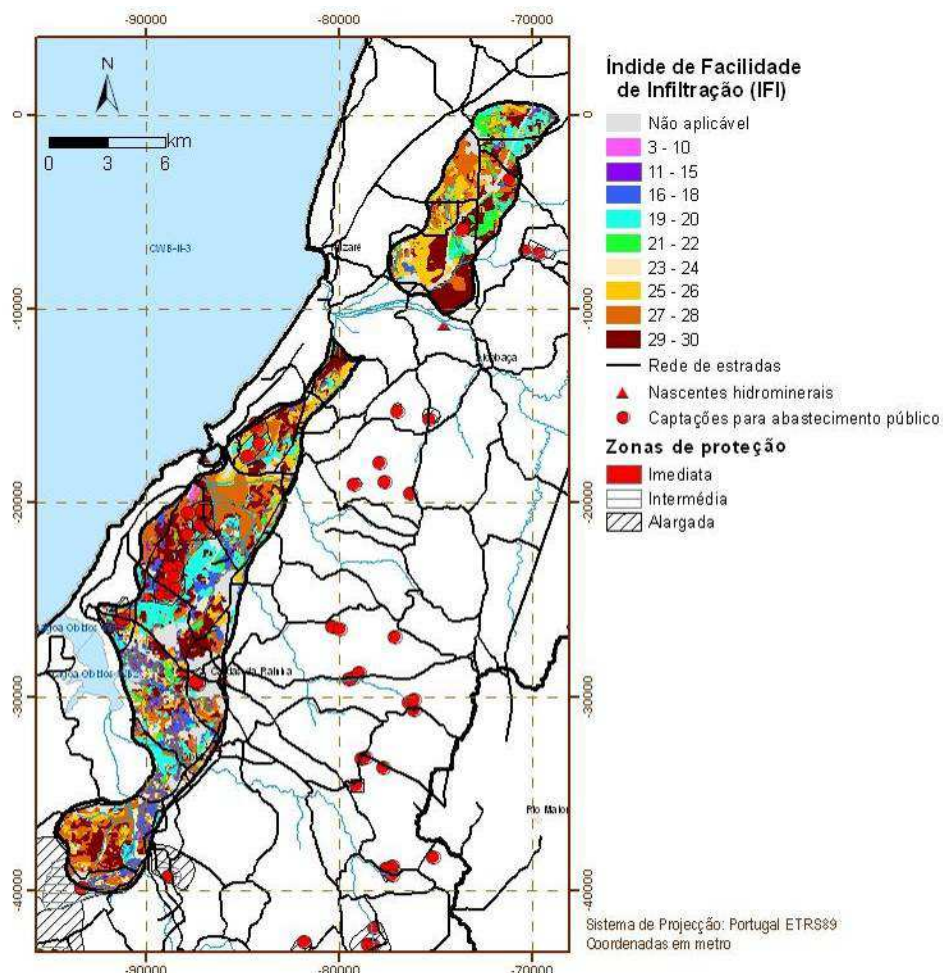
- Sedes de distrito
- Limites de distrito
- Bacia hidrográfica das Ribeiras do Oeste
- Limite das Massas de água subterrânea
- Risco de poluição acidental**
- Grau 1
- Grau 2
- Grau 3
- Grau 4
- Grau 5

**Figura 3-5 – Mapa da classificação do território do plano, de acordo com o grau de risco de poluição acidental**

São zonas em risco os meios cársicos, as **áreas de infiltração máxima** e as zonas com o **nível piezométrico temporariamente muito próximo da superfície**. Devem ainda considerar-se para a definição de zonas em risco, os condicionamentos legais relativos à proteção dos usos de águas subterrâneas. As **zonas de proteção intermédia** de recursos hidrominerais (águas minerais naturais ou águas minero-

industriais) são zonas sensíveis. A avaliação do risco de poluição accidental das áreas de infiltração máxima fez-se com base no índice IFI, desenvolvido por Oliveira e Lobo Ferreira (2002a e b) cuja metodologia de aplicação bacia hidrográfica das Ribeiras do Oeste foi descrita no relatório LNEC 290/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). A Figura 3-6 apresenta o mapeamento IFI, a que se sobrepôs a rede de estradas, zonas de proteção de captações e nascentes hidrominerais. A Figura 3-7, que apresenta o eixo das estradas e uma zona adjacente de 1 km, classifica o risco de poluição accidental proveniente de estradas, para as águas subterrâneas. Podem ser classificadas como “zonas em risco” as zonas de classes Alto e Muito Alto. As classes de risco consideradas (resultantes da divisão da escala do índice  $I_{FI}$ ) são as seguintes:

- 3 a 15 – Baixo
- 16 a 20 – Medio
- 21 a 25 – Alto
- 26 a 30 – Muito Alto



**Figura 3-6 – Mapa IFI do risco de poluição accidental associado a estradas**

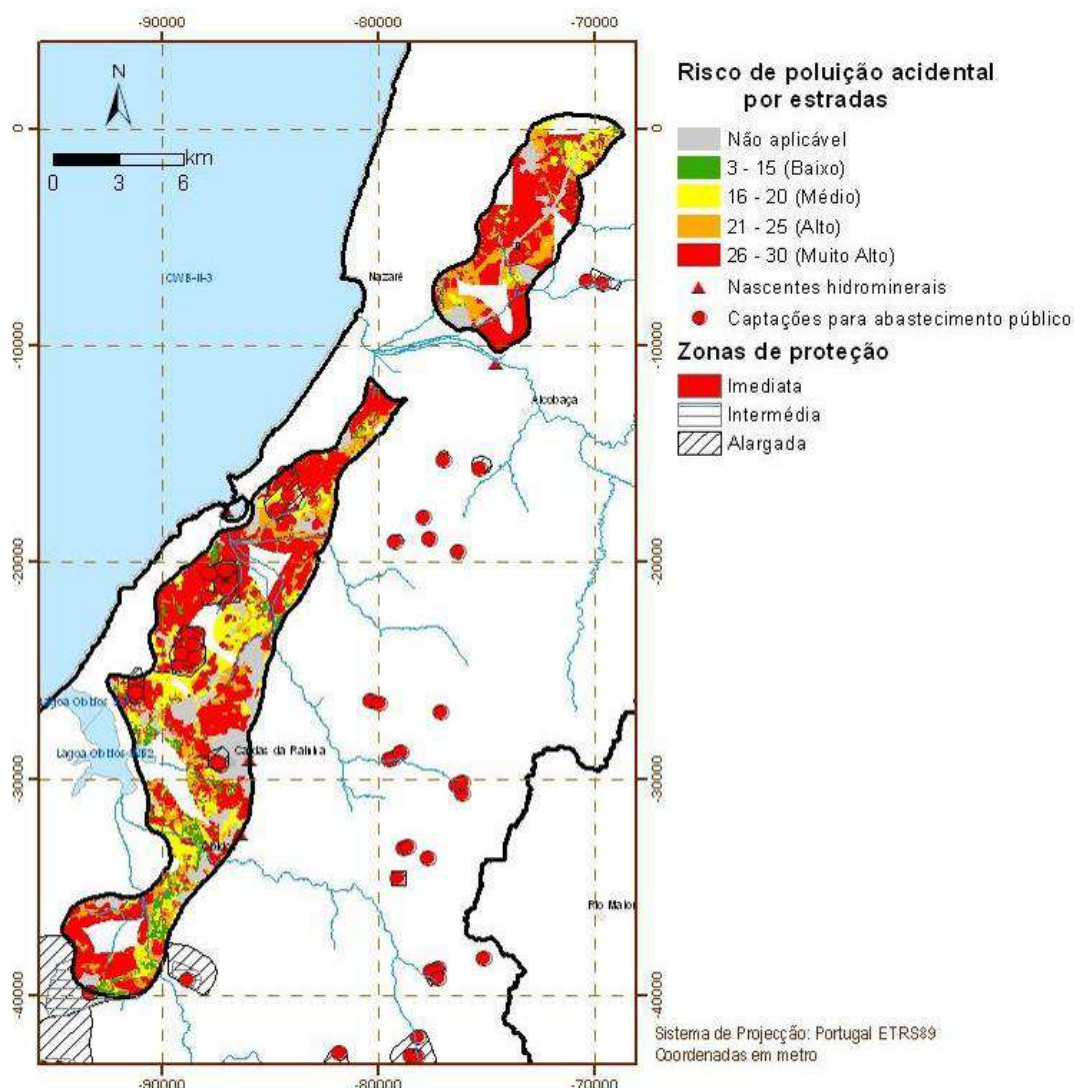


Figura 3-7 – Mapa da classificação do risco de poluição accidental associado a estradas

### 3.4 PRESSÕES NATURAIS E INCIDÊNCIAS ANTROPOGÉNICAS SIGNIFICATIVAS

#### 3.4.1 Nota introdutória

As pressões levantadas (conforme ao Anexo III, Especificações Técnicas do Lote 2; cf. relatório LNEC 290/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011) para as metodologias de identificação, caracterização e quantificação) foram as seguintes:

- Qualitativas: tóxicas e difusas;
- Quantitativas: captações de água.

### 3.4.2 Poluição tóxica (impactes associados a casos significativos, existentes e previstos)

#### 3.4.2.1 Componente urbana

O levantamento dos TURH de fossas sépticas e ETAR compactas com descarga no solo indicou os seguintes valores (Quadro 3-12). No Quadro 3-13 apresentam-se as cargas de CQO, CBO5, SST, N e P descarregadas pelas fossas sépticas por massa de água, bem como os volumes de águas residuais tratadas descarregadas no solo.

**Quadro 3-12 – Distribuição das fossas sépticas e ETAR compactas com descarga no solo**

Massa de águas subterrâneas	N.º de instalações			População servida (hab.)
	Fossas	ETAR compacta	Total	
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	16	1	17	150

**Quadro 3-13 – Cargas geradas por fossas sépticas e ETAR compactas com descarga no solo**

Massa de águas subterrâneas	CQO (kg/ano)	CBO5 (kg/ano)	SST (kg/ano)	N (kg/ano)	P (kg/ano)	Volume (m³/ano)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	3 898	1 943	1 931	63	157	7 122

#### 3.4.2.2 Instalações PCIP

##### Indústria transformadora

No Quadro 3-14 indicam-se as Substâncias Prioritárias e Outros Poluentes potencialmente presentes na massa de água em função das instalações de Indústria Transformadora inventariadas.

**Quadro 3-14 – Indústria Transformadora: substâncias prioritárias e outros poluentes potencialmente presentes na massa de água subterrâneas**

Massa de águas subterrâneas	N.º	CAE	Substâncias prioritárias e outros poluentes
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	1	23510	Cádmio; chumbo e compostos; mercúrio e compostos; níquel e compostos
	1	23630	Cádmio; chumbo e compostos; mercúrio e compostos; níquel e compostos

##### Aterros sanitários e lixeiras encerradas

Não há pressões associadas identificadas.

##### Indústria extrativa

De acordo com os dados fornecidos pela DGEG, na massa de água de Caldas da Rainha-Nazaré há 2 concessões mineiras ativas (Quadro 3-15). O n.º de pedreiras ativas apresenta-se no Quadro 3-16.

**Quadro 3-15 – Distribuição das concessões mineiras ativas**

Massa de águas subterrâneas	Concessões mineiras (n.º)	Substância explorada
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	2	Caulino: 1 Sal-gema: 1

**Quadro 3-16 – Distribuição das pedreiras ativas**

Massa de águas subterrâneas	Pedreiras (n.º)	Substância explorada
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	5	Areia

Segundo os dados de indústrias extrativas abandonadas só existe uma pedreira abandonada, sita no concelho de Alcobaça. Não há minas abandonadas.

Uma vez que na massa de águas subterrâneas as minas em atividade se dedicam à extração de sal-gema e caulino, não se considera provável que exista contaminação das águas subterrâneas por substâncias prioritárias e outros poluentes.

### **3.4.3 Poluição difusa (impactes associados a casos significativos, existentes e previstos)**

#### **3.4.3.1 Adegas, laticínios e matadouros**

As unidades existentes na massa de águas subterrâneas fazem descarga de efluentes em linha de água, pelo que não foram consideradas. Não foram identificadas estruturas com descarga de efluentes no solo.

#### **3.4.3.2 Aviculturas**

De acordo com o levantamento efetuado, existem as seguintes aviculturas com descarga no solo na área da massa de águas subterrâneas (Quadro 3-17).

**Quadro 3-17 – Distribuição das aviculturas com descarga no solo**

Massa de águas subterrâneas	Aviários (n.º)	Efetivos (n.º)	CN (n.º)	Área de espalhamento (ha)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	2	307 216	3458	-

No Quadro 3-18 apresentam-se as cargas estimadas de azoto e fósforo para as aviculturas que fazem descarga para o solo.

**Quadro 3-18 – Cargas geradas pelas aviculturas com descarga para o solo**

Massa de águas subterrâneas	MO (t/ano)	N (t/ano)	P (kg/ano)	Substâncias prioritárias e Outros Poluentes
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	1783,7	125,6	60,7	Cobre e Zinco

### 3.4.3.3 Suiniculturas

No Quadro 3-19 apresenta-se a distribuição na massa de águas subterrâneas das suiniculturas que fazem descarga de efluentes no solo.

**Quadro 3-19 – Distribuição das suiniculturas com descarga no solo**

Massa de águas subterrâneas	Suiniculturas (n.º)	Efetivos (n.º)	Animais-Equivalente (n.º)	Área de espalhamento (ha)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	2	23	212,0	5,0

No Quadro 3-20 apresentam-se as cargas estimadas de azoto e fósforo para as suiniculturas que fazem descarga para o solo.

**Quadro 3-20 – Cargas geradas pelas suiniculturas com descarga para o solo**

Massa de águas subterrâneas	CQO (t/ano)	CBO (t/ano)	SST (t/ano)	N (t/ano)	P (t/ano)	Subst. Prior. e outros poluentes
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	0,064	0,025	0,042	0,004	0,001	--

### 3.4.3.4 Boviniculturas

No Quadro 3-21 apresenta-se a distribuição na massa de águas subterrâneas das boviniculturas que fazem espalhamento de estrumes no solo.

**Quadro 3-21 – Distribuição das boviniculturas com espalhamento de estrumes no solo**

Massa de águas subterrâneas	Boviniculturas (n.º)	Efetivos (n.º)	CN (n.º)	Área (ha)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	5	258	144,2	120,3

No Quadro 3-22 apresentam-se as cargas estimadas de Azoto total, Azoto lixiviado (calculado admitindo uma rotação de 3 anos na área de espalhamento de estrumes e uma perda de 5 kg/ha) e Fósforo para as boviniculturas que fazem descarga para o solo.

**Quadro 3-22 – Cargas geradas pelas boviniculturas com espalhamento de estrumes no solo**

Massa de águas subterrâneas	N total (t/ano)	P (t/ano)	N lixiviado (t/ano)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	14,902	6,171	2,594

### 3.4.3.5 Agricultura

No Quadro 3-23 apresentam-se as áreas das culturas agrícolas anuais, permanentes e heterogéneas na massa de águas subterrâneas, conforme Corine Land Cover 2006 (CLC2006). No Quadro 3-24 apresentam-se as cargas estimadas para as atividades agrícolas consideradas.

**Quadro 3-23 – Distribuição das áreas agrícolas de acordo com o CLC'2006**

Massa de águas subterrâneas	Anuais (ha)	Permanentes (ha)	Heterogéneas (ha)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	1578	1038	5510

**Quadro 3-24 – Cargas originada pelas culturas agrícolas na massa de águas subterrâneas Caldas da Rainha-Nazaré**

Massa de águas subterrâneas	Cargas (ton/ano)	
	N	P
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	32,183	5,747

No que toca a substâncias prioritárias e outros poluentes, à partida, podem surgir as seguintes em consequência da atividade agrícola:

- Alacloro
- Atrazina
- Aldrina
- Dieldrina
- Endrina
- DDT
- Hexaclorobezeno
- Diurão
- Clorpirifos

#### **3.4.3.6 Campos de golfe**

De acordo com o inventário realizado, nenhum dos campos em exploração se situa na massa de água, embora ocorram 2 no concelho de Óbidos. Estão previstos mais 6 campos, nos concelhos de Óbidos (5) e Alcobaça (1). Atualmente existe 1 na bacia do rio Arnóia.

#### **3.4.4 Resultados globais**

No Quadro 3-25 apresentam-se os valores globais para as cargas de Azoto geradas pelas diferentes atividades analisadas e respetivas percentagens, agrupadas por setores: pecuária, agro-indústria e agricultura. As Substâncias Prioritárias e outros poluentes, associadas às diferentes atividades económicas, que poderão vir a contaminar as águas subterrâneas em consequência de acidentes e/ou deposição ilegal, são assinalados no Quadro 3-26.

**Quadro 3-25 – Poluição difusa: cargas de azoto originadas pelos setores da pecuária, agro-indústria e agricultura na massa de águas subterrâneas Caldas da Rainha-Nazaré**

Massa de águas subterrâneas	Pecuária		Agro-Indústria		Agricultura		Totais
	N (t/ano)	%	N (t/ano)	%	N (t/ano)	%	N (t/ano)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	128,198	79,9	0,081	0,1	32,183	20,1	160,462

**Quadro 3-26 – Poluição tóxica e difusa: substâncias prioritárias e outros poluentes eventualmente presentes**

Massa de águas subterrâneas	Indústria Transformadora	Aterros sanitários	Lixeiras encerradas	Golfes e Agricultura	Pecuária
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	Cádmio; Chumbo e compostos; Mercúrio e compostos; Níquel e compostos;	-	-	Diurão	Cobre e Zinco

### 3.4.5 Captações de água

A distribuição das captações de água subterrâneas em número e volumes por usos e massas de água apresenta-se no Quadro 3-27. Da massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré é também extraído um volume de água importante, destinado essencialmente ao abastecimento urbano.

**Quadro 3-27 – Abastecimento. Volumes de água provenientes de captações subterrâneas licenciadas pela ARH Tejo e CCDRC e CCDRLVT**

Massa de águas subterrâneas	Abastecimento		Agricultura		Pecuária		Indústria		Turismo		Outros		Total	
	hm <sup>3</sup>	n.º	hm <sup>3</sup>	n.º	hm <sup>3</sup>	n.º	hm <sup>3</sup>	n.º	hm <sup>3</sup>	n.º	hm <sup>3</sup>	n.º	hm <sup>3</sup>	n.º
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	9,49	46	0,793	103	0,011	3	1,1650	18	--	--	1,383	39	12,84	209

### 3.4.6 Situações existentes ou previstas que podem comprometer os objetivos ambientais

Tendo em conta a análise das fontes de poluição tóxica e difusa atrás apresentada e os resultados da avaliação do estado químico da massa de águas subterrâneas, indicam-se no Quadro 3-28 as situações que podem pôr em causa o cumprimento dos objetivos ambientais.

**Quadro 3-28 – Estado químico da massa de águas subterrâneas e fontes de poluição tóxica e difusa com impacte ambiental**

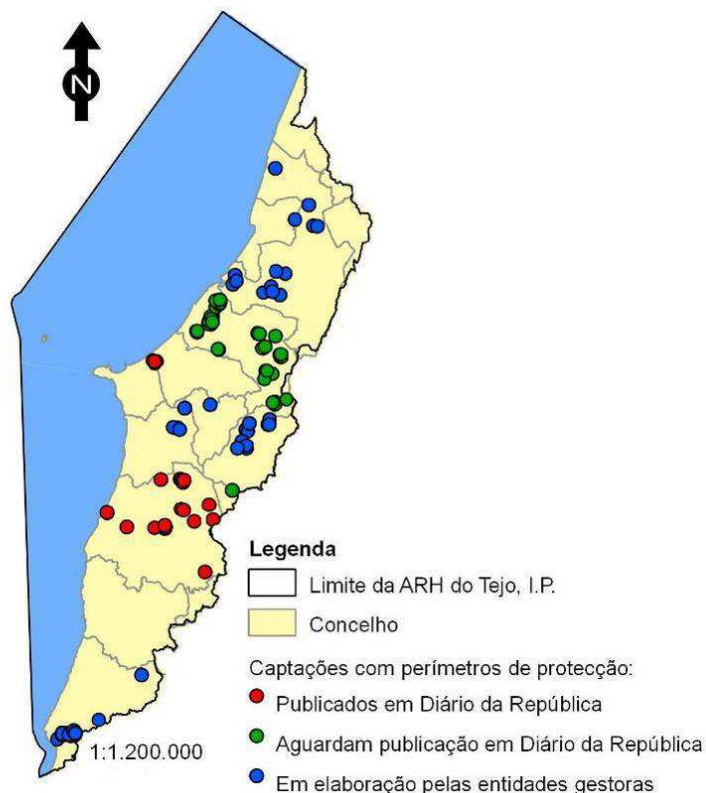
Massa de águas subterrâneas	Cumprido o critério do limiar ou NQA?	Resultado do teste	Setores relacionados
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , pesticidas, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CE, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> e pH	● Médio	Pecuária (bovinicultura e avicultura); fossas sépticas; agricultura



### 3.5 ZONAS PROTEGIDAS E ÁREAS CLASSIFICADAS

#### 3.5.1 Zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano

Na Figura 3-8 apresentam-se os perímetros de proteção na área do PBH Oeste.



**Figura 3-8 – Situação relativa a perímetros de proteção na área do PBH Oeste**  
(<http://www.arhtejo.pt/web/guest/perimetros-de-proteccao1>, consultado em Maio de 2011)

Quanto a perímetros de proteção, a situação atual na massa de águas subterrâneas é a seguinte:

- Aguardam publicação em Diário da República os perímetros de proteção de 39 captações dos SMAS de Caldas da Rainha.
- Estão em elaboração as propostas de delimitação de perímetros de proteção de 37 captações das Águas do Oeste, S.A. e 15 captações dos SMAS de Alcobaça.

#### 3.5.2 Zonas vulneráveis (delimitação das zonas especiais de proteção e resumo da tipificação e dos condicionamentos de utilização)

Não estão definidas na legislação zonas vulneráveis.

### 3.5.3 Zonas de infiltração máxima

No Quadro 3-29 apresentam-se os municípios com delimitação de REN municipal aprovada e os respetivos atos administrativos que as publicaram.

**Quadro 3-29 – Municípios e atos administrativos que aprovam as respetivas delimitações de REN municipais**

Municípios	Primeira publicação	Alterações
Alcobaça	RCM n.º 85/2000, de 14 de Julho	RCM n.º 112/2004, de 30 de Julho
Bombarral	RCM n.º 174/96, de 18 de Outubro	
Caldas da Rainha	RCM n.º 158/2003, de 6 de Outubro	
Óbidos	RCM n.º 186/97, de 28 de Outubro	

## 4. REDE DE MONITORIZAÇÃO

### 4.1 ESTADO QUANTITATIVO, AVALIAÇÃO DA REPRESENTATIVIDADE, ADEQUABILIDADE E OTIMIZAÇÃO

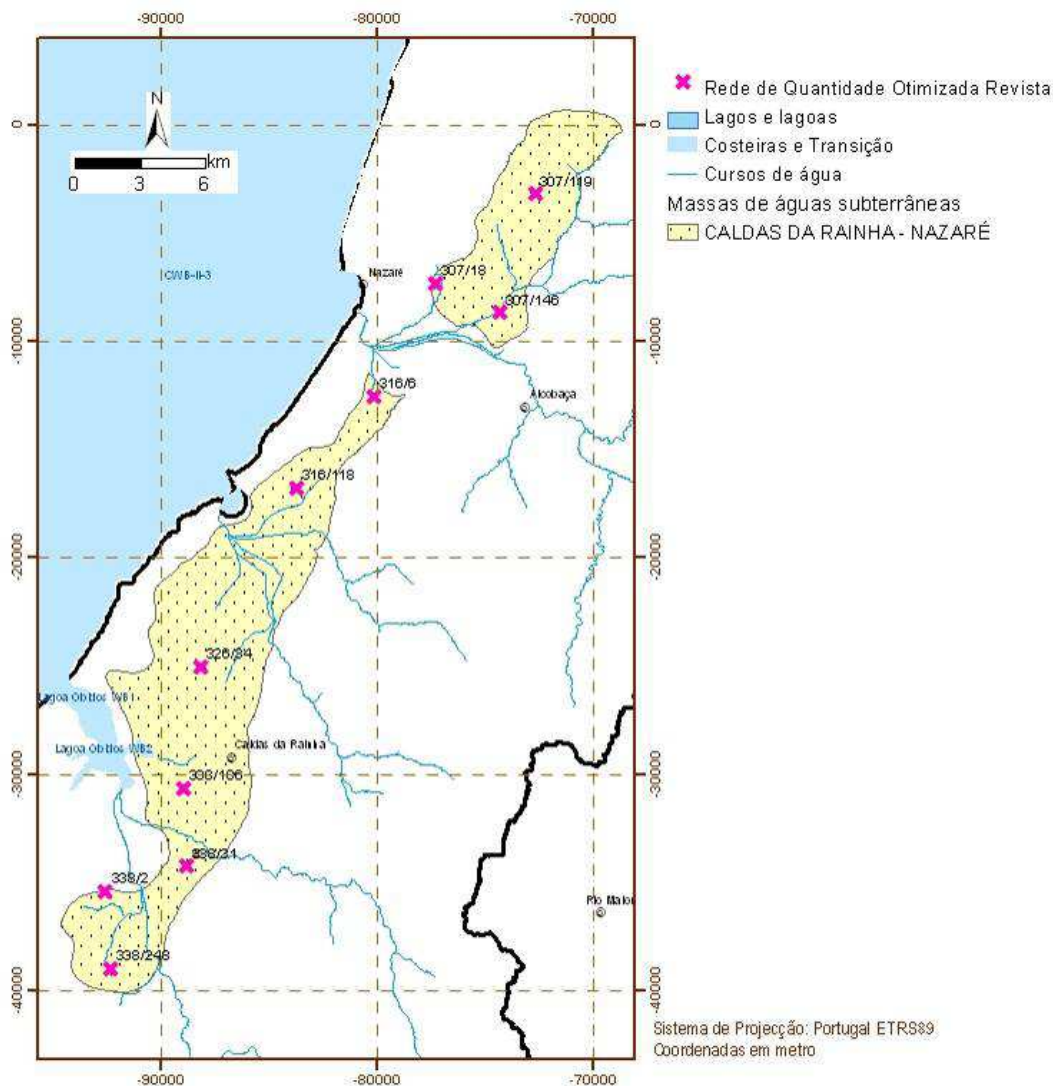
A atual rede de quantidade (vigilância e operacional) apresenta valores de IR (Índice de Representatividade) abaixo do recomendável (80%) (Quadro 4-1). Os índices de representatividade apontam para a necessidade de melhorar o desempenho da rede de piezometria, em especial quanto à homogeneidade da distribuição espacial e número de pontos. O Quadro 4-2 apresenta o número de pontos e os índices de representatividade da rede otimizada. A Figura 4-1 mostra a rede de monitorização da piezometria resultante da otimização.

**Quadro 4-1 – Índice de Representatividade para a rede piezométrica atual**

Massa de águas subterrâneas	Área (km <sup>2</sup> )	Tamanho da Célula	Rede Piezométrica	
			N.º de Estações	Índice de Representatividade (%)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	166,03	100X100	6	64,2

**Quadro 4-2 – Número de pontos da rede de piezometria otimizada e respetivo índice de representatividade**

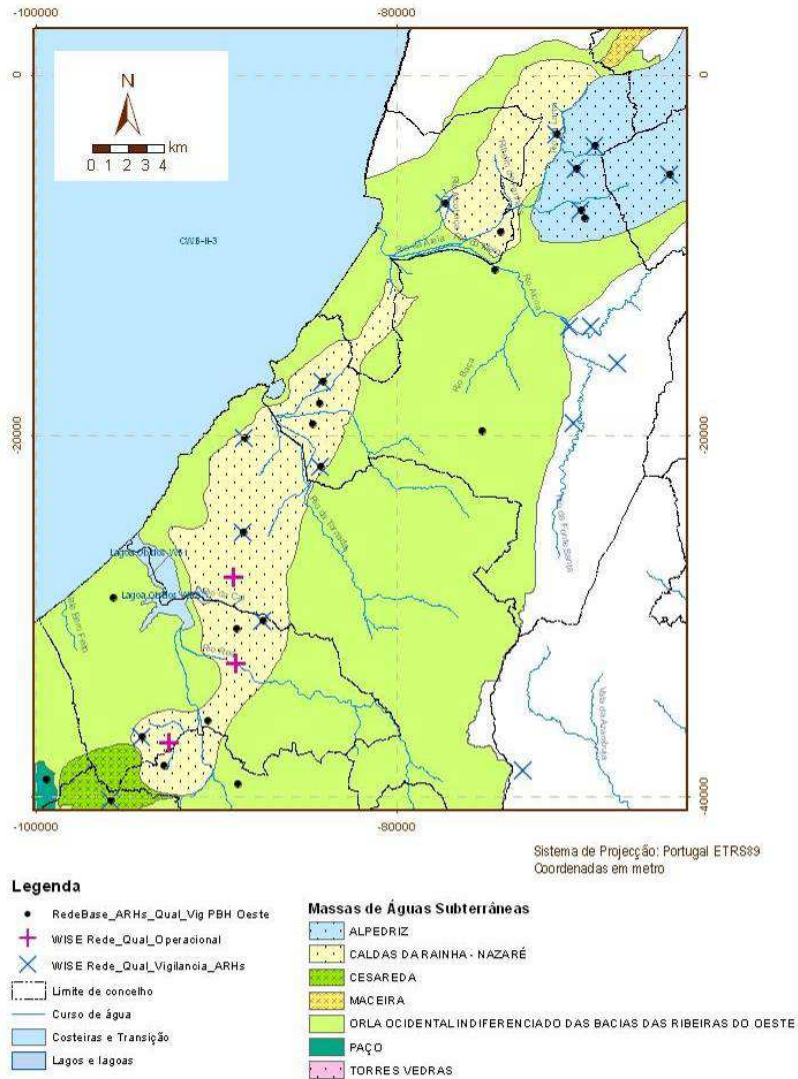
Massa de águas subterrâneas	N.º de pontos	Índice de Representatividade (%)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	10	73,4



**Figura 4-1 – Rede de Quantidade das águas subterrâneas otimizada para a massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré**

#### **4.2 REDE DE VIGILÂNCIA, AVALIAÇÃO DA REPRESENTATIVIDADE, ADEQUABILIDADE E OTIMIZAÇÃO**

Os pontos da rede são apresentados na Figura 4-2. No Quadro 4-3 apresenta-se o índice de representatividade da atual rede de qualidade. A rede vigilância apresenta valores de índice de representatividade abaixo do recomendável (80%). A Figura 4-3 mostra a rede de monitorização de vigilância da qualidade das águas subterrâneas resultante da otimização e o Quadro 4-4 o número de pontos e os índices de representatividade da rede otimizada.



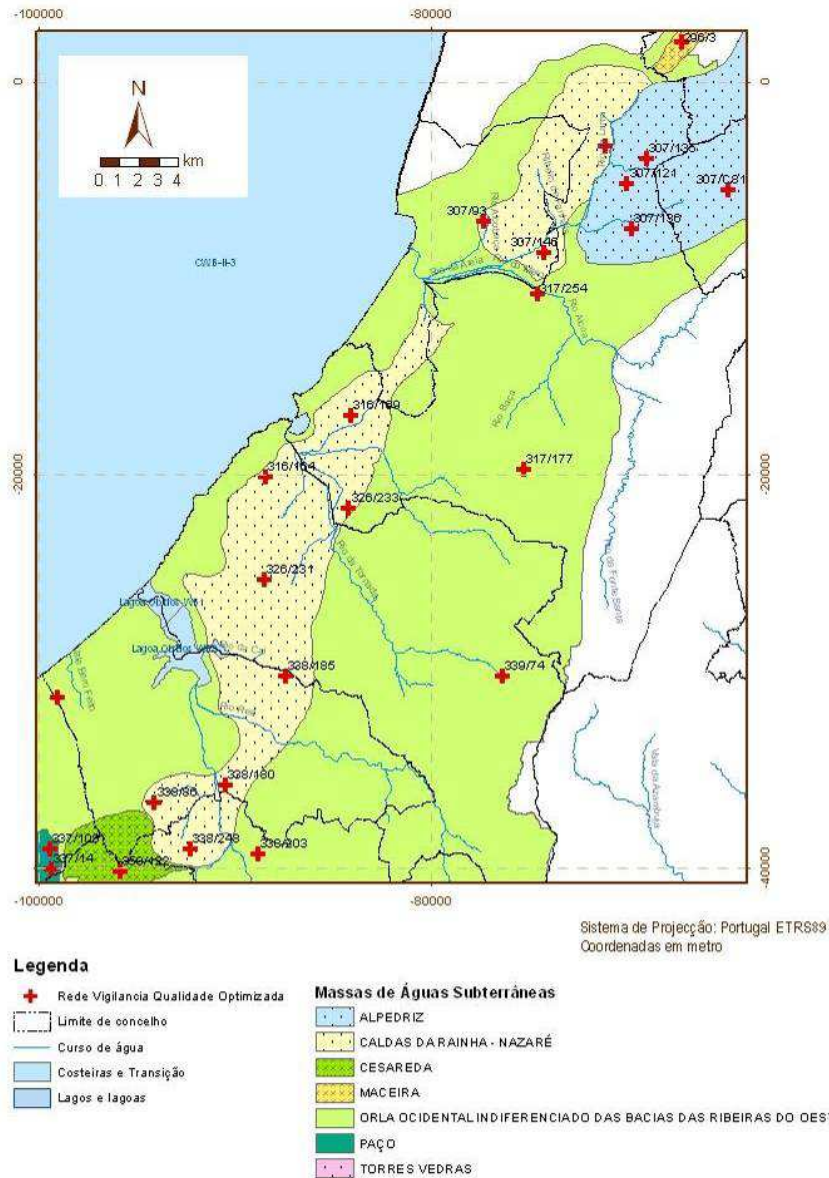
**Figura 4-2 – Pontos de monitorização da rede de vigilância e operacional para a massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré**

**Quadro 4-3 – Índice de Representatividade para as redes de qualidade**

Massa de águas subterrâneas	Área (km <sup>2</sup> )	Tamanho da Célula	Rede Operacional		Rede de Vigilância	
			N.º de Estações	Índice de Representatividade (%)	N.º de Estações	Índice de Representatividade (%)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	166,03	100X100	3	25,8	9	72,1

**Quadro 4-4 – Número de pontos da rede de vigilância da qualidade das águas subterrâneas otimizada e respetivos índices de representatividade**

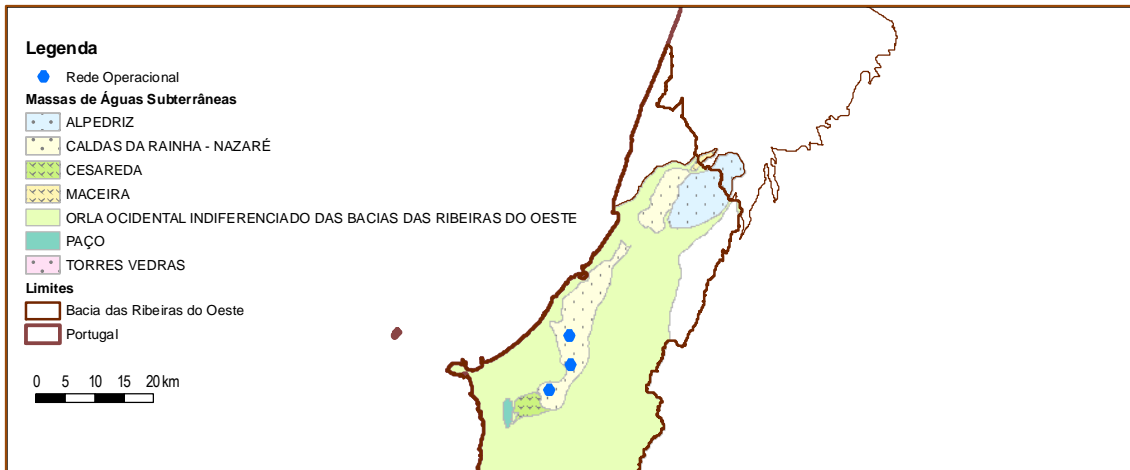
Massa de águas subterrâneas	N.º de pontos	Índice de Representatividade (%)
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	10	74,8



**Figura 4-3 – Rede de vigilância da qualidade das águas subterrâneas otimizada para a massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré**

#### **4.3 REDE OPERACIONAL, AVALIAÇÃO DA REPRESENTATIVIDADE, ADEQUABILIDADE E OTIMIZAÇÃO**

Os pontos da rede são apresentados na Figura 4-4. Não se propôs a alteração da rede dada a sua especificidade e ao facto desta já ter sido adaptada ao objetivo específico da monitorização.



**Figura 4-4 – Pontos de monitorização da rede operacional para a massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré**

#### **4.4 REDE DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS, AVALIAÇÃO DA REPRESENTATIVIDADE, ADEQUABILIDADE E OTIMIZAÇÃO**

Não se aplica a Caldas da Rainha.

#### **4.5 REDE DE NASCENTES, AVALIAÇÃO DA REPRESENTATIVIDADE, ADEQUABILIDADE E OTIMIZAÇÃO**

Não existe nenhuma rede de monitorização de nascentes em operação neste momento, não havendo quaisquer elementos relevantes, de acordo com o estado atual do conhecimento hidrogeológico, obtidos no âmbito da realização do plano, que levem a considerar o controlo de caudais em nascentes. Assim, não se encontra justificação neste momento para implementar uma rede de nascentes na massa de águas subterrâneas.

#### **4.6 ZONAS PROTEGIDAS**

##### **4.6.1 Zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano**

Não se encontra justificação neste momento para alterar este controlo.

##### **4.6.2 Zonas vulneráveis e zonas de infiltração máxima**

Não está definida nenhuma zona vulnerável na área da massa de águas subterrâneas.

## 5. AVALIAÇÃO DO ESTADO DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 5.1 ESTADO QUANTITATIVO

O Quadro 5-1 apresenta a definição do Bom estado quantitativo das águas subterrâneas, segundo a DQA e o Decreto-Lei n.º 77/2006.

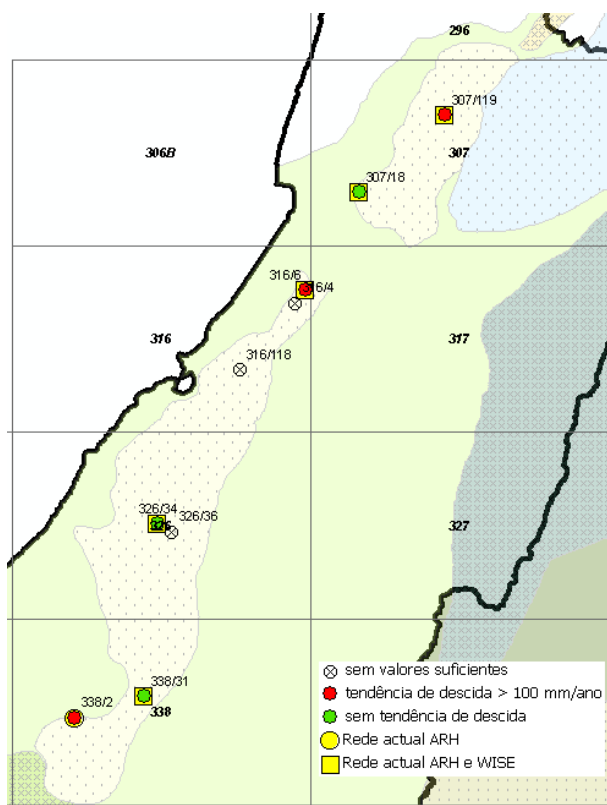
**Quadro 5-1 – Definição do estado quantitativo (Decreto-Lei n.º 77/2006, Anexo V, n.º II, ou DQA, Anexo V, n.º 2)**

Elementos	Bom estado
Nível freático	<p>O nível da água na massa de águas subterrâneas é tal que os recursos hídricos subterrâneos disponíveis não são ultrapassados pela taxa média anual de captação a longo prazo.</p> <p>Assim, os níveis freáticos não estão sujeitos a alterações antropogénicas que possam:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• impedir que sejam alcançados os objetivos ambientais especificados nos termos dos artigos 44.º e 46.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro (ou do art.º 4.º da DQA), para as águas superficiais que lhe estão associadas;</li><li>• deteriorar significativamente o estado dessas águas;</li><li>• provocar danos significativos nos ecossistemas terrestres diretamente dependentes do aquífero.</li></ul> <p>Podem ocorrer temporariamente, ou continuamente em áreas limitadas, alterações na direção do escoamento subterrâneo em consequência de variações de nível, desde que essas alterações não provoquem intrusões de água salgada, ou outras, e não indicam uma tendência antropogenicamente induzida, constante e claramente identificada, suscetível de conduzir a tais intrusões.</p>

A Figura 5-1 representa o resultado da avaliação das tendências de evolução dos níveis piezométricos (reportadas aos níveis piezométricos máximos anuais). As análises de tendências dos níveis piezométricos e do balanço hídrico foram realizadas nas secções 2.3.2 e 2.3.3, não tendo sido suficientes para classificar a massa de águas subterrâneas em estado medíocre. De referir contudo, que a avaliação das tendências de evolução dos níveis piezométricos ao longo do tempo mostrou algumas situações de descida, embora o comprimento das séries e a irregularidade dos períodos de medição dos níveis não permita com segurança confirmar uma tendência de descida. Para ultrapassar esta incerteza cruzou-se a avaliação das tendências de evolução dos níveis piezométricos com o estado dos ecossistemas dependentes, o teste do escoamento superficial e do balanço hídrico subterrâneo para se aferir o estado quantitativo da massa de águas subterrâneas.

Nesta massa de águas subterrâneas (MAS) identificaram-se oito massas de águas de superfície (MASup) associadas. Para as MASup rio da Lama (PT04RDW1152), rio da Tornada (PT04RDW1163) e rio Real (PT04RDW1169) os elementos hidromorfológicos (índice HQA) foram classificados em estado excelente. Logo esta massa de águas subterrâneas não pode considerar-se como contribuindo para a degradação da qualidade destas massas de águas superficiais associadas, com base na hipotética

diminuição do caudal de base. Os elementos hidromorfológicos da MASup rio Alcobaça (PT04RDW1155) foram classificados em estado bom ou inferior a bom. No entanto, a informação existente não permite determinar se o impacto da extração de água subterrânea contribui para uma significativa diminuição do caudal de base e consequente degradação da qualidade da massa de águas superficiais associada. As MASup rio da Areia (PT04RDW1153 e PT04RDW1158), ribeiro de Fanhais (PT04RDW1154) e afluente do rio Alcoa (PT04RDW1159) não foram alvo de monitorização pelo que não existem dados disponíveis de avaliação de estado dos elementos hidromorfológicos. O Quadro 5-2 apresenta os resultados do teste do escoamento superficial realizado para os segmentos das massas de águas superficiais considerados como estando em conexão hidráulica com esta massa de águas subterrâneas.



**Figura 5-1 – Evolução dos níveis piezométricos no PBH Oeste por ponto de monitorização**

Não foram identificados ecossistemas terrestres dependentes de águas subterrâneas na área de ocorrência desta massa de águas subterrâneas, pelo que não há justificação para a realização do respetivo teste.

As taxas de exploração calculadas são da ordem de 51,6%, de acordo com os resultados do balanço por massa de águas subterrâneas apresentados no Quadro 5-3.



Segundo este balanço, opta-se por se classificar o **estado quantitativo** da massa de águas subterrâneas como **“Bom”**. Na Figura 5-5 apresenta-se o resultado dos diversos testes de avaliação do estado quantitativo.

**Quadro 5-2 – Teste do escoamento superficial para a massa de águas subterrâneas**

Massa de águas superficiais	Segmento da massa de águas superficiais associado	Cumprido o critério do Bom Estado das MASup associadas?	Cumprido o critério da causa significativa?	Resultado do teste
PT04RDW1152	PTRIVSEG1719	Sim	-	● Bom
PT04RDW1153	PTRIVSEG1720	Sem dados	-	Sem dados
	PTRIVSEG1722	Sem dados	-	Sem dados
PT04RDW1154	PTRIVSEG1724	Sem dados	-	Sem dados
PT04RDW1155	PTRIVSEG1727	Não	Sem dados	Sem dados
PT04RDW1158	PTRIVSEG1737	Sem dados	-	Sem dados
	PTRIVSEG1738	Sem dados	-	Sem dados
PT04RDW1159	PTRIVSEG1741	Sem dados	-	Sem dados
PT04RDW1163	PTRIVSEG1749	Sim	-	● Bom
	PTRIVSEG1751	Sim	-	● Bom
	PTRIVSEG1752	Sim	-	● Bom
	PTRIVSEG1754	Sim	-	● Bom
	PTRIVSEG1762	Sim	-	● Bom
	PTRIVSEG1776	Sim	-	● Bom
	PTRIVSEG1777	Sim	-	● Bom

- Não aplicável

**Quadro 5-3 – Balanços extrações de águas subterrâneas / recarga**

Massa de águas subterrâneas	Recarga BALSEQ			Recarga ARH-Tejo		Necessidades estimadas (hm <sup>3</sup> /ano) <sup>(3)</sup>	Consumos inventariados (hm <sup>3</sup> /ano) <sup>(3)</sup>	Taxa de exploração (%) <sup>(2)</sup>
	(mm/ ano)	(hm <sup>3</sup> / ano)	% Prec.	% Prec.	(hm <sup>3</sup> / ano)			
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	218	36,07	29	20	24,88	6,193	12,84	51,6

<sup>(1)</sup> Inclui 26 mm/ano ou 0,17 hm<sup>3</sup>/ano de recarga de água proveniente do escoamento direto das áreas de drenagem das massas de águas subterrâneas. <sup>(2)</sup> Para a taxa de exploração foram utilizados os valores mais restritivos de recarga e mais elevados entre as necessidades e os consumos. <sup>(3)</sup> Estes valores são as necessidades totais satisfeitas pelas águas subterrâneas não tendo sido subtraídos os valores que são devolvidos ao meio hídrico subterrâneo pela infiltração das perdas da água de rega.

## 5.2 ESTADO QUÍMICO

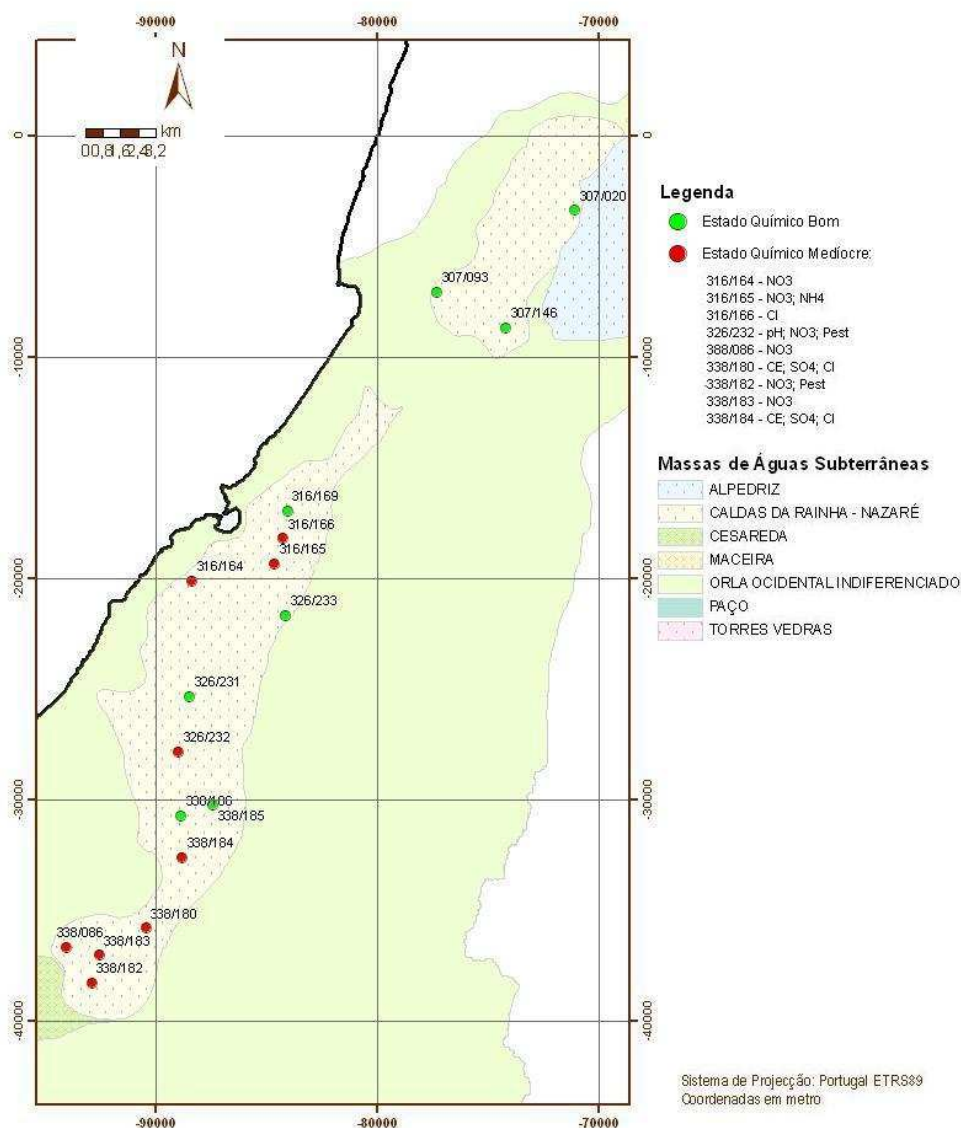
O Quadro 5-4 apresenta a definição do Bom estado químico das águas subterrâneas, segundo o Decreto-Lei n.º 77/2006 e a DQA.

**Quadro 5-4 – Definição do bom estado químico das águas subterrâneas (Decreto-Lei n.º 77/2006, Anexo V, n.º II, ou DQA, Anexo V, n.º 2)**

Elementos	Bom estado
Geral	A composição química da massa de águas subterrâneas é tal que as concentrações de poluentes: <ul style="list-style-type: none"> <li>conforme especificado adiante, não apresentam os efeitos de intrusões salinas ou outras;</li> <li>Não ultrapassam as normas de qualidade aplicáveis nos termos de outros instrumentos jurídicos comunitários relevantes de acordo com o artigo 17.º da</li> </ul>

	<p>Diretiva Quadro da Água;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Não são de molde a impedir que sejam alcançados os objetivos ambientais especificados nos termos dos artigos 46.º e 48.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, para as águas superficiais associadas, nem a reduzir significativamente a qualidade química ou ecológica dessas massas, nem a provocar danos significativos nos ecossistemas terrestres diretamente dependentes da massa de águas subterrâneas.</li> </ul> <p>Podem ocorrer temporariamente, ou continuamente em áreas limitadas, alterações na direção do escoamento subterrâneo em consequência de variações de nível, desde que essas alterações não provoquem intrusões de água salgada, ou outras, e não indicam uma tendência antropogenicamente induzida, constante e claramente identificada, suscetível de conduzir a tais intrusões.</p>
Conductividade	As modificações da condutividade não revelam a ocorrência de intrusões salinas ou outras na massa de águas subterrâneas.

A Figura 5-2 apresenta a síntese da avaliação do estado químico da massa de águas subterrâneas, com base no **critério dos limiares ou das NQA**, mostrando que nove dos 17 pontos têm as suas águas em estado químico medíocre, independentemente de nalguns casos o valor médio do conjunto de resultados da massa de água ser inferior à norma (cf. Quadro 5-5). O Quadro 5-6 apresenta os resultados da avaliação. Os parâmetros cujo valor médio se encontra acima do limiar e da NQA em algum ponto de água são os seguintes: nitratos, cloretos, pesticidas, sulfatos, condutividade elétrica, azoto amoniacal e pH (Figura 5-2). Nos pontos assinalados na Figura 5-2 com nitratos acima da norma, esta é ultrapassada em quase todas as análises, embora nalguns casos haja uma clara oscilação após o Verão e após o Inverno.



**Figura 5-2 – Mapa do estado químico da massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré, de acordo com o esquema definido no Anexo VII, 2.5 do DL n.º 77/2006**

Apenas o nitrato excedeu a percentagem de 20% da área ponderada, em que as normas de qualidade ambiental ou os **limiares** são **excedidos**. Para cada elemento individualmente:  $\text{NO}_3^-$  (6 dos 16 pontos com análises, *i.e.* 37,5%); Cl (3 dos 17 pontos com análises, *i.e.* 17,6%); pesticidas (2 dos 15 pontos com análises, *i.e.* 13,3%);  $\text{SO}_4^{2+}$  e CE (2 dos 17 pontos com análises, *i.e.* 11,8%); e pH e  $\text{NH}_4^+$  (1 dos 17 pontos com análises, *i.e.* 5,9%). O nitrato apresentou ainda tendência estatisticamente significativa de subida, tendência também verificada para cloretos, condutividade elétrica e sulfatos. Refira-se que ponto 316/165 apresentou valores de azoto amoniacal muito acima do limiar em quatro das nove análises químicas efetuadas.

**Quadro 5-5 – Síntese da informação para a avaliação do estado químico**

Parâmetro	Unidade	n.º análises	Valor					Análises > norma ou limiar	
			Mínimo	Máximo	Média	Mediana	CL95	n.º	%
CE	(µS/cm)	151	99,6	5600,0	1123,9	652,0	1308,7	19	12,6
pH		151	4,3	8,6	6,9	6,9	6,8; 7,1	3	2
Nitratos	(mgNO <sub>3</sub> /L)	77	0,82	3100,0	122,5	12,0	205,8	27	35,1
Azoto amoniacal	(mgNH <sub>4</sub> /L)	147	<3	3,70	0,3	<0,025	0,4	2	1,4
Sulfatos	(mgSO <sub>4</sub> /L)	137	<11	2000	238,1	99,4	311,6	18	13
Cloretos	(mgCl/L)	128	17	1500	151,6	84,4	192,3	15	11,7
Arsénio	(mgAs/L)	70	<0,001	0,003	0,002	<0,001	0,002	0	0
Chumbo	(mgPb/L)	123	<0,005	0,009	0,004	<0,0015	0,004	0	0
Cádmio	(mgCd/L)	124	<0,0001	0,0026	0,0005	<0,0001	0,0005	0	0
Mercúrio	(mgHg/L)	72	<0,0001	0,0001	0,0001	<0,0001	0,0001	0	0
Tricloroetileno	(µgTCE/L)	5	<0,2	<0,2	-	-	-	0	0
Tetracloroetileno	(µgPCE/L)	5	<0,3	<0,3	-	-	-	0	0
Pesticidas	(µg/L)	17	<0,396	2,82	2,27	<0,206	2,71	2	11,8

Os cloretos e sulfatos encontram-se acima de 75% do valor limite regulamentar (registando os sulfatos valores acima dos 1 500 mgSO<sub>4</sub>/L nos pontos 338/180 e 338/184), sendo necessário tomar medidas para inverter as tendências e acompanhar a sua evolução futura. A presença elevada de sulfatos, cloretos e condutividade elétrica ocorre numa área restrita da massa de águas, na zona mais a norte do último terço do setor sul. Em ambos os casos apenas o setor sul desta massa se encontra afetado. A presença de sulfatos, cloretos e condutividade elétrica elevados deverá a sua origem mais provável ao facto dos poços, onde tal acontece, estarem no bordo da estrutura diapírica delimitada por falhas que, no bordo N da Lagoa de Óbidos, têm direções NW-SE a E-W. É possível assim que as concentrações de cloretos e de sulfatos elevadas se devam à dissolução de sais de gesso e de sal-gema (provenientes das argilas saliníferas e gipsíferas do Complexo da Dagorda), e o consequente aparecimento de águas estratificadas. Talvez nesta massa fosse relevante alterar os limites de quantificação propostos pelo INAG. O pH tem valores abaixo de 5,5, no ponto 326/232. Os pesticidas totais surgiram acima dos limites de deteção em duas das 17 análises efetuadas (nos pontos de monitorização 326/232 e 338/182). Os elementos identificados foram alacloro, metalaxil e terbutilazina.

As pressões situadas a montante dos pontos de água analisados, potenciais responsáveis pelo estado medíocre devido à presença de diversas formas de nitrato, são as seguintes (Figura 5-3):

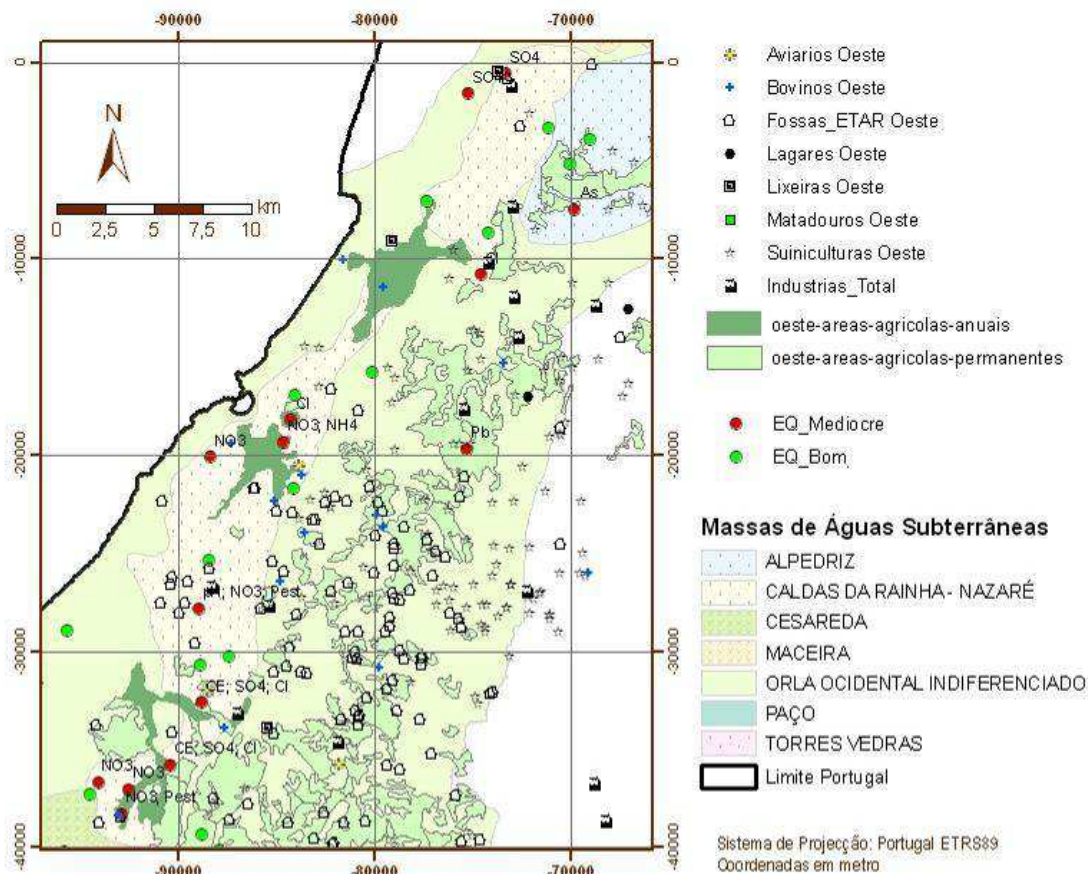
- Atividade agrícola, responsável pela entrada de 0,19 tonN/km<sup>2</sup>/ano;
- Fossas sépticas, nomeadamente em Alfeizerão e na zona de Nadadouro;

- Atividade relacionada com rejeições de bovinicultura, responsável pela entrada de 0,09 tonN/km<sup>2</sup>/ano (nomeadamente Horta C. Monteiro - Atividades Agropecuárias Lda. e Emídio Sobreiro Tavares Ribeiro).

**Quadro 5-6 – Resultado da avaliação dos critérios do teste de avaliação global do estado químico**

Parâmetro	Critério do Limiar ou NQA	Critério da Percentagem de área	Critério de confiança	Observações
CE	Não	Sim	-	Apenas 2 dos 17 pontos (11,8%) com análises apresentam média superior ao limiar
pH	Não	Sim	-	Apenas 1 dos 17 pontos (5,9%) com análises apresentam média superior ao limiar
Nitratos	Não	Não	Não	6 dos 16 pontos (37,5%) com análises apresentam média superior à NQA e em 35,1% das análises
Azoto amoniacal	Não	Sim	-	Apenas 1 dos 17 pontos (5,9%) com análises apresentam média superior ao limiar
Sulfatos	Não	Sim	-	Apenas 2 dos 17 pontos (11,8%) com análises apresentam média superior ao limiar
Cloretos	Não	Sim	-	Apenas 3 dos 17 pontos (17,6%) com análises apresentam média superior ao limiar
Arsénio	Sim	-	-	-
Chumbo	Sim	-	-	-
Cádmio	Sim	-	-	-
Mercúrio	Sim	-	-	-
Tricloroetileno	Sim	-	-	-
Tetracloroetileno	Sim	-	-	-
Pesticidas	Não	Sim	-	Apenas 2 dos 15 pontos (13,3%) com análises apresentam média superior à NQA

Refira-se que o escoamento subterrâneo ocorre aproximadamente de Leste para Oeste, embora possa localmente ser modificado devido à presença de depressões locais na superfície piezométrica, originadas pelos pólos de captação para abastecimento público.



**Figura 5-3 – Pressões e estado químico associados à massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha-Nazaré**

Para esta massa de águas subterrâneas (MAS) foram identificadas oito massas de águas de superfície (MASup) associadas.

O estado químico/ecológico da MASup rio da Lama (PT04RDW1152) é inferior a bom (estado razoável), devido ao parâmetro relacionado com a qualidade biológica; uma vez que o estado inferior a bom da massa de águas superficiais se deve à monitorização de diatomáceas, considera-se que não existem conhecimentos que permitam definir relações causa-efeito entre o estado qualitativo desta massa de águas subterrâneas e o elemento de classificação ecológica da massa de águas superficiais associada. Para as MASup rio Alcobaça (PT04RDW1155) e rio da Tornada (PT04RDW1163) o estado químico/ecológico é inferior a bom (estado razoável), devido ao parâmetro fósforo; o fósforo tem baixa mobilidade nas águas subterrâneas, sendo facilmente adsorvido nas partículas de solo e sólidos em suspensão, pelo que se considera que a MAS não contribui para o estado inferior a bom das MASup associadas. No caso da MASup rio Real (PT04RDW1169) o estado

químico/ecológico foi considerado como inferior a bom relativamente a vários parâmetros, incluindo o azoto amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ); o azoto amoniacal ultrapassa o limiar de qualidade relativamente às águas subterrâneas (0,5 mg $\text{NH}_4$ /L) no ponto de monitorização 18B/52 (Roliça; concentração de 3 mg/L), e no ponto P0040411/05 (Roliça; concentração de 2 mg/L). Existem quatro pontos de monitorização desta MAS (338/086, 338/180, 338/182, 338/183), localizados relativamente perto desta MASup, que apresentam valores de azoto amoniacal baixos em quase todas as análises químicas efetuadas; nestas circunstâncias não deverá existir relação causa-efeito entre o estado químico desta MAS e os valores de azoto amoniacal detetados no rio Real.

O Quadro 5-7 apresenta os resultados do teste de diminuição da qualidade química ou ecológica das massas de águas superficiais realizado para os segmentos das massas de águas superficiais consideradas em conexão hidráulica com esta massa de águas subterrâneas. O Quadro 5-8 sintetiza a análise realizada incluindo, incluindo, além dos casos em que o estado químico é medíocre, todos os outros casos em que nalgum ponto se detetou que a média de um elemento ultrapassou a sua norma de qualidade ambiental ou o seu limiar de qualidade. Em qualquer um destes casos indica-se, com base na análise das fontes de poluição tóxica e difusa, as situações existentes que podem pôr em causa o cumprimento dos objetivos ambientais.

Em síntese, a massa de águas subterrâneas está em **estado químico medíocre**, sendo a poluição agrícola um dos fatores que contribui para esse estado, em especial no setor sul, onde apresenta diversos problemas de qualidade, como nitratos, pesticidas, sulfatos, condutividade elétrica e azoto amoniacal. Com efeito os nitratos foram os responsáveis pelo estado químico medíocre de toda a massa de águas subterrâneas (mais de 20% da área afetada, com seis dos dezasseis pontos com valores médios acima do limiar, encontrando-se nesses locais valores muito elevados), sendo o valor da média de cerca de 122 mg $\text{NO}_3$ /L e uma mediana de 12 mg $\text{NO}_3$ /L.

Assim, os objetivos e medidas de base propostos no próximo capítulo visam restabelecer o bom estado de qualidade para os compostos de azoto, visando o cumprimento dos objetivos estratégicos e ambientais. Devem também estas medidas inverter as tendências estatisticamente significativas de subida, em particular para cloretos e sulfatos (já acima de 75% do valor limite regulamentar). De referir o elevado risco atual, proveniente dos fertilizantes usados na agricultura intensa da zona, o que, associado ao facto deste aquífero apresentar áreas com boa ligação hidráulica com a

água superficial, favorece uma rápida degradação da qualidade das águas subterrâneas.

**Quadro 5-7 - Teste de diminuição da qualidade química ou ecológica das massas de águas superficiais associadas para a massa de águas subterrâneas**

Massa de águas superficiais	Segmento da massa de águas superficiais associado	Cumprido o critério do Bom Estado das MASup associadas?	Cumprido o critério do limiar ou NQA com risco para MASup?	Cumprido o critério da% de contribuição da carga poluente para a MASup?	Resultado do teste
PT04RDW1152	PTRIVSEG1719	Sem dados	-	-	Sem dados
PT04RDW1153	PTRIVSEG1720	Sem dados	-	-	Sem dados
	PTRIVSEG1722	Sem dados	-	-	Sem dados
PT04RDW1154	PTRIVSEG1724	Sem dados	-	-	Sem dados
PT04RDW1155	PTRIVSEG1727	Sim	-	-	● Bom
PT04RDW1158	PTRIVSEG1737	Sem dados	-	-	Sem dados
	PTRIVSEG1738	Sem dados	-	-	Sem dados
PT04RDW1159	PTRIVSEG1741	Sem dados	-	-	Sem dados
PT04RDW1163	PTRIVSEG1749	Sim	-	-	● Bom
	PTRIVSEG1751	Sim	-	-	● Bom
	PTRIVSEG1752	Sim	-	-	● Bom
	PTRIVSEG1754	Sim	-	-	● Bom
	PTRIVSEG1762	Sim	-	-	● Bom
PT04RDW1169	PTRIVSEG1776	Não: NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 3 mg/L (18B/52) 2 mg/L (P0040411/05)	Sim (338/086) (338/180) (338/182) (338/183)	-	● Bom
	PTRIVSEG1777	Não: NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 3 mg/L (18B/52) 2 mg/L (P0040411/05)	Sim (338/086) (338/180) (338/182) (338/183)	-	● Bom

- Não aplicável.

**Quadro 5-8 - Estado Químico da massa de águas subterrâneas e fontes de poluição tóxica e difusa com impacto**

Massa de águas subterrâneas	Cumprido o critério do limiar ou NQA?	Cumprido o critério da % de área?	Cumprido o critério da confiança?	Estado químico	Setores relacionados
O33 Caldas da Rainha – Nazaré	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , pesticidas, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CE, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> e pH	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	● Mediocre	Pecuária (bovinicultura e avicultura); fossas sépticas; agricultura

### 5.3 TENDÊNCIAS CRESCENTES SIGNIFICATIVAS E PERSISTENTES NA CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES

A síntese da análise de tendências é apresentada no Quadro 5-9. Detetaram-se tendências de subida para os parâmetros: Cl<sup>-</sup>, CE, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.



**Quadro 5-9 – Análise de tendências**

Massa de águas subterrâneas	As	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cd	Pb	Cl <sup>-</sup>	CE	Hg	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	TCE	PCE	Pest. Total
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	-	•	-	-	↑ (0,0003)	↑ (3x10 <sup>-8</sup> )	-	↑ (0,0227)	•	↑ (0,0048)	-	-	-

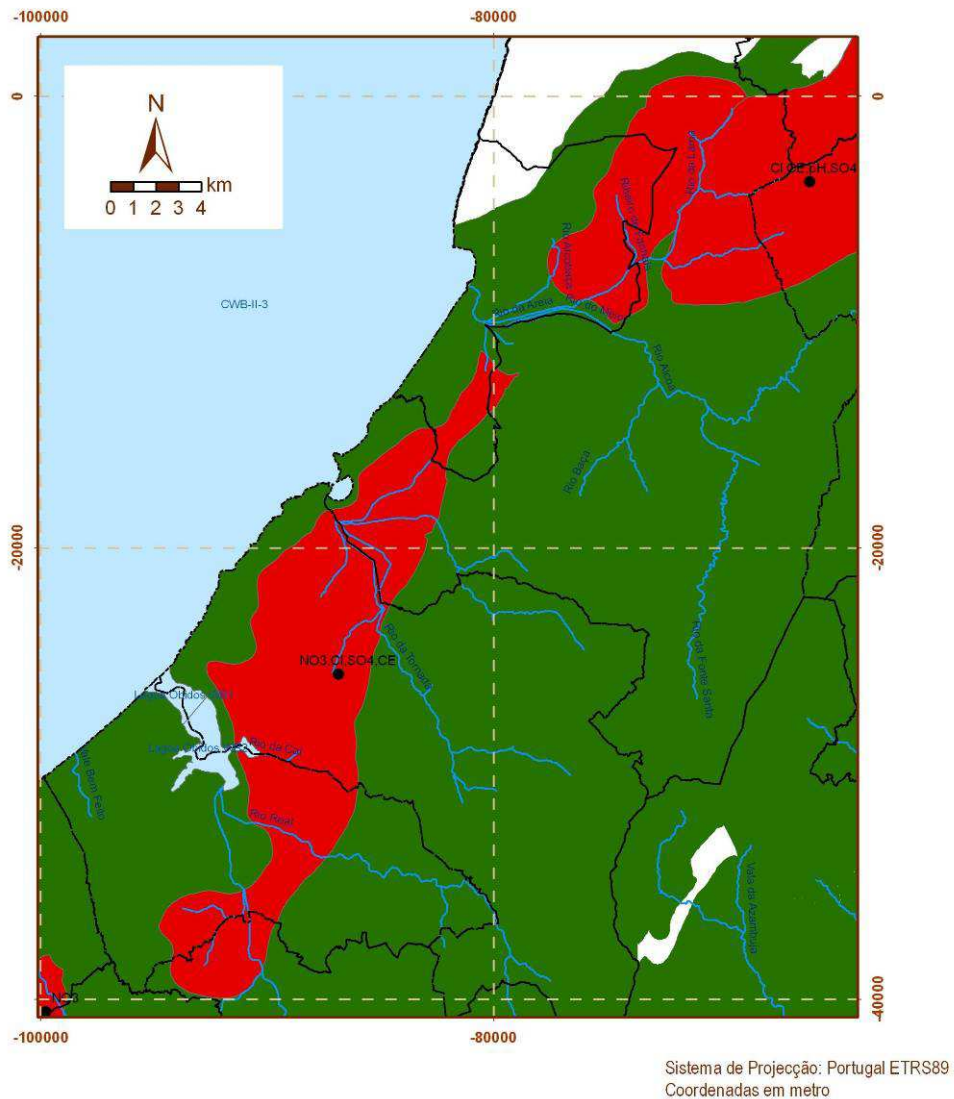
↓: tendência estatisticamente significativa de descida ( $\alpha=0,05$ ) – entre parênteses é indicado o valor de p; ↑: tendência estatisticamente significativa de subida ( $\alpha=0,05$ ); •: sem tendência estatisticamente significativa de subida ou descida ( $\alpha=0.05$ ); -: dados insuficientes para realizar o teste

Nesta massa de águas subterrâneas os cloretos e sulfatos estão já acima de 75% do valor limite regulamentar. Há, ainda, tendência de subida para os nitratos, já acima da NQA. Assim, esta massa de águas subterrâneas está em risco de incumprimento dos objetivos de qualidade da água definidos na Diretiva-Quadro da Água devido a:

- Estado Químico medíocre para: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Tendência de subida de: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CE

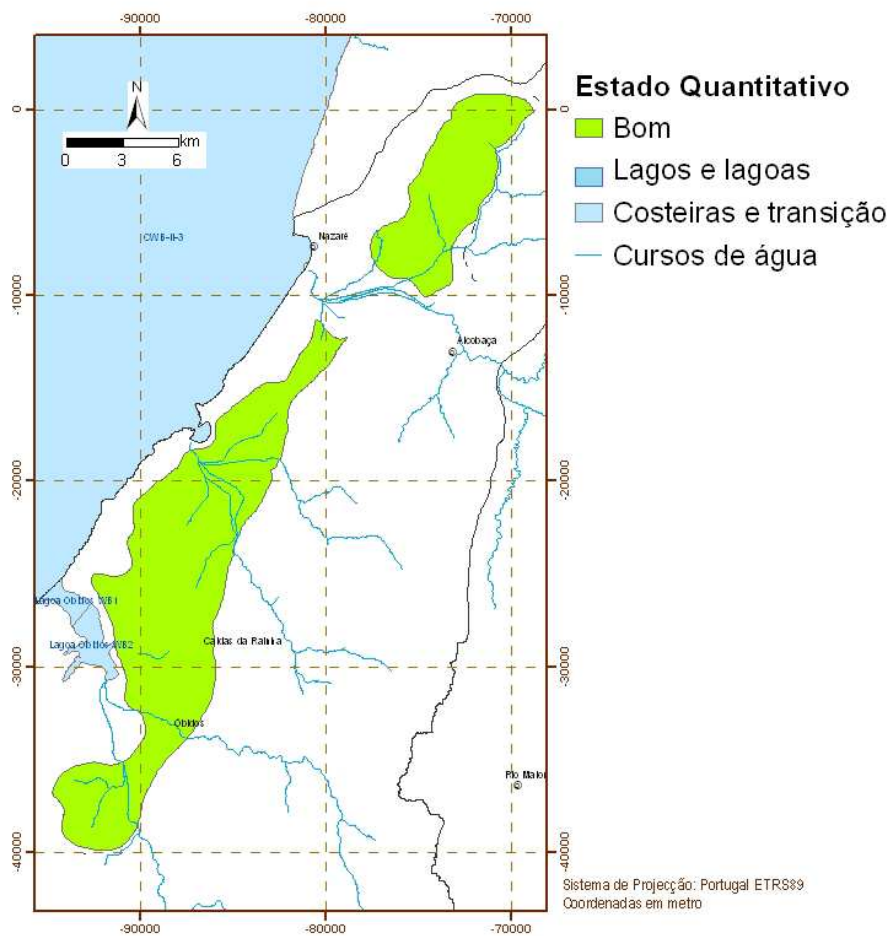
#### 5.4 SÍNTESE

Nos Quadro 5-10 a Quadro 5-18 apresenta-se a síntese do estado das águas subterrâneas, de acordo com os testes cuja metodologia foi descrita no relatório LNEC 290/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). As Figura 5-4 e Figura 5-5 apresentam uma ilustração global da síntese da avaliação do estado para o estado químico e quantitativo, respetivamente. A situação quanto ao risco passou do representado na Figura 5-6 para a situação da Figura 5-7.

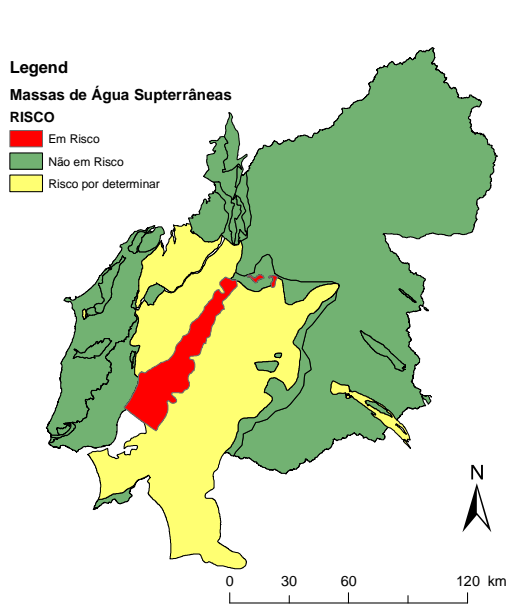


- Legenda**
- Limite de concelho
  - Costeiras e Transição
  - Lagos e lagoas
  - Curso de água
- ESTADO\_QM**
- BOM
  - MEDIocre
- TENDÊNCIA**
- SUBIDA
  - INVERSÃO

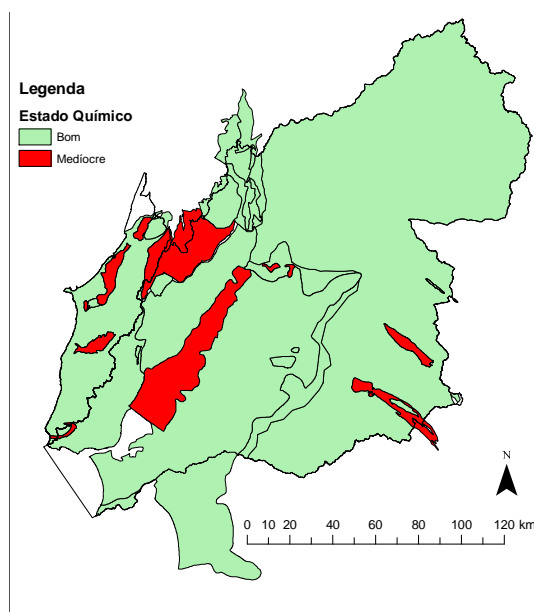
**Figura 5-4 – Síntese do Estado Químico geral e das tendências significativas e constantes da massa de águas subterrâneas (bola preta: tendência crescente; bola azul: tendência de decréscimo de pelo menos 1 parâmetro)**



**Figura 5-5 – Síntese do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas**



**Figura 5-6 – Massas de águas subterrâneas em risco, antes do PBH Oeste**



**Figura 5-7 – Massas de águas subterrâneas em risco, após o PBH Oeste**



**Quadro 5-10 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da avaliação global do estado químico**

Massa de águas subterrâneas	Cumprido o <u>critério</u> do limiar ou NQA?	Cumprido o <u>critério</u> de 20% de área?	Cumprido o <u>critério</u> da confiança?	Resultado do teste
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , pesticidas, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CE, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> e pH	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	● Médio

- Não aplicável.

**Quadro 5-11 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da intrusão salina**

Massa de águas subterrâneas	Cumprido o <u>critério</u> das pressões quantitativas?	Cumprido o <u>critério</u> do limiar (Cl <sup>-</sup> , CE e SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )?	Cumprido o <u>critério</u> das tendências?	Cumprido o <u>critério</u> de ausência de impacto significativo num ponto de extração?	Resultado do teste
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	Sim	Não: Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CE	(Não: ↑ Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CE)	Sim	● Bom

- Não aplicável.

**Quadro 5-12 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da degradação dos ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas**

Massa de águas subterrâneas	ETDAS	Cumprido o <u>critério</u> do Bom Estado dos ETDAS?	Cumprido o <u>critério</u> do limiar ou NQA com potencial dano do ETDAS?	Cumprido o <u>critério</u> dos danos causados no ETDAS?	Resultado do teste
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	- <sup>1</sup>	-	-	-	-

- Não aplicável.

<sup>1</sup> Para esta massa de águas subterrâneas não foram identificados ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas.

**Quadro 5-13 – Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste do balanço hídrico subterrâneo**

Massa de águas subterrâneas	Cumprido o <u>critério</u> de não descida dos níveis piezométricos?	Cumprido o <u>critério</u> da extração anual média < disponibilidade anual média?	Resultado do teste
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	Não <sup>1</sup>	Sim	● Bom

- Não aplicável.

<sup>1</sup> Apesar deste critério ter sido avaliado negativamente, considera-se que as séries não são suficientemente longas para se poder estabelecer com segurança uma tendência de descida. Por esse motivo aplicou-se também o critério da "extração anual média < disponibilidade anual média". É importante manter a monitorização da massa de águas subterrâneas e se se confirmar a tendência de descida desenvolver medidas.

**Quadro 5-14 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da diminuição da qualidade química ou ecológica das massas de águas de superfície associadas**

Massa de águas subterrâneas	Massa de águas superficiais associada	Segmento da massa de águas superficiais associado	Cumprido o critério do Bom Estado das MASup associadas?	Cumprido o critério do limiar ou NQA com risco para MASup?	Cumprido o critério da% de contribuição da carga poluente para a MASup?	Resultado do teste
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	PT04RDW1152	PTRIVSEG1719	Sem dados <sup>3</sup>	-	-	Sem dados
	PT04RDW1153	PTRIVSEG1720	Sem dados <sup>2</sup>	-	-	Sem dados
		PTRIVSEG1722	Sem dados <sup>2</sup>	-	-	Sem dados
	PT04RDW1154	PTRIVSEG1724	Sem dados <sup>2</sup>	-	-	Sem dados
	PT04RDW1155	PTRIVSEG1727	Sim	-	-	● Bom
	PT04RDW1158	PTRIVSEG1737	Sem dados <sup>2</sup>	-	-	Sem dados
		PTRIVSEG1738	Sem dados <sup>2</sup>	-	-	Sem dados
	PT04RDW1159	PTRIVSEG1741	Sem dados <sup>2</sup>	-	-	Sem dados
	PT04RDW1163	PTRIVSEG1749	Sim	-	-	● Bom
		PTRIVSEG1751	Sim	-	-	● Bom
		PTRIVSEG1752	Sim	-	-	● Bom
		PTRIVSEG1754	Sim	-	-	● Bom
		PTRIVSEG1762	Sim	-	-	● Bom
	PT04RDW1169	PTRIVSEG1776	Não: NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 3 mg/L (18B/52); 2 mg/L (P0040411/05)	Sim (338/086); (338/180); (338/182); (338/183)	-	● Bom
		PTRIVSEG1777	Não: NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 3 mg/L (18B/52) 2 mg/L (P0040411/05)	Sim (338/086); (338/180); (338/182); (338/183)	-	● Bom

- Não aplicável.

<sup>1</sup> Não foram identificadas massas de águas superficiais associadas.

<sup>2</sup> Não foi alvo de monitorização pelo que não existem dados disponíveis que permitam estabelecer relações causa-efeito entre o estado qualitativo da massa de águas subterrâneas e o estado da massa de águas superficiais associada.

**Quadro 5-15 – Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste do escoamento superficial**

Massa de águas subterrâneas	Massa de águas superficiais	Segmento da massa de águas superficiais associado	Cumprido o critério do Bom Estado das MASup associadas?	Cumprido o critério da causa significativa?	Resultado do teste
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	PT04RDW1152	PTRIVSEG1719	Sim: elementos hidromorfológicos (HQA)	-	● Bom
	PT04RDW1153	PTRIVSEG1720	Sem dados <sup>2</sup>	-	Sem dados
		PTRIVSEG1722	Sem dados <sup>2</sup>	-	Sem dados
	PT04RDW1154	PTRIVSEG1724	Sem dados <sup>2</sup>	-	Sem dados

Massa de águas subterrâneas	Massa de águas superficiais	Segmento da massa de águas superficiais associado	Cumprido o critério do Bom Estado das MASup associadas?	Cumprido o critério da causa significativa?	Resultado do teste
	PT04RDW1155	PTRIVSEG1727	Não: elementos hidromorfológicos	Sem dados <sup>3</sup>	Sem dados
	PT04RDW1158	PTRIVSEG1737	Sem dados <sup>2</sup>	-	Sem dados
		PTRIVSEG1738	Sem dados <sup>2</sup>	-	Sem dados
	PT04RDW1159	PTRIVSEG1741	Sem dados <sup>2</sup>	-	Sem dados
	PT04RDW1163	PTRIVSEG1749	Sim: elementos hidromorfológicos (HQA)	-	● Bom
		PTRIVSEG1751	Sim: elementos hidromorfológicos (HQA)	-	● Bom
		PTRIVSEG1752	Sim: elementos hidromorfológicos (HQA)	-	● Bom
		PTRIVSEG1754	Sim: elementos hidromorfológicos (HQA)	-	● Bom
		PTRIVSEG1762	Sim: elementos hidromorfológicos (HQA)	-	● Bom
	PT04RDW1169	PTRIVSEG1776	Sim: elementos hidromorfológicos (HQA)	-	● Bom
PTRIVSEG1777		Sim: elementos hidromorfológicos (HQA)	-	● Bom	

- Não aplicável.

<sup>2</sup> Esta massa de água superficial não foi alvo de monitorização pelo que não existem dados disponíveis de avaliação de estado dos elementos hidromorfológicos.

<sup>3</sup> A informação existente não permite determinar se o impacto da extração de água subterrânea contribui para uma significativa diminuição do caudal de base e consequente degradação da qualidade da massa de águas superficiais associada.

**Quadro 5-16 – Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste da avaliação dos ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas**

Massa de águas subterrâneas	ETDAS	Cumprido o critério do Bom Estado dos ETDAS?	Cumprido o critério das condições ambientais?	Cumprido o critério do afastamento das condições ambientais devido a extrações?	Resultado do teste
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	- <sup>1</sup>	-	-	-	-

- Não aplicável.

<sup>1</sup> Para esta massa de águas subterrâneas não foram identificados ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas.

**Quadro 5-17 – Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste da intrusão salina**

Massa de águas subterrâneas	Cumprido o critério das pressões quantitativas?	Cumprido o critério do limiar (Cl <sup>-</sup> , CE e SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )?	Cumprido o critério das tendências?	Cumprido o critério de ausência de impacto significativo num ponto de extração?	Resultado do teste
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	Sim	Não: Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CE	(Não: ↑ Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CE)	Sim	● Bom

- Não aplicável.

**Quadro 5-18 – Síntese dos testes para a avaliação do Estado da massa de águas subterrâneas**

Massa de águas subterrâneas	Estado Químico	Estado Quantitativo	Estado Global
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	● Mediocre: Teste de avaliação global do estado químico	● Bom	● Mediocre: estado químico





# ANÁLISE DAS MEDIDAS

---

## 1. MEDIDAS PROPOSTAS PARA A REPOSIÇÃO DO BOM ESTADO DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 1.1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Os objetivos a alcançar para esta massa de águas subterrâneas, que se encontra em estado medíocre, são:

- Proteção, melhoria e recuperação da qualidade das águas e controlo da poluição, de modo a resolver carências e atenuar disfunções ambientais.
- Gestão da procura de água, com equilíbrio entre as extrações e recarga, visando o abastecimento de água às populações e restantes atividades económicas.
- Proteção e valorização dos meios hídricos de especial interesse, com destaque para as origens para consumo humano e o bom funcionamento dos ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas.
- Prevenção e minimização dos impactes processos hidrológicos extremos e de variações climáticas.
- Aprofundamento do conhecimento, via monitorização e investigação, de situações cuja especificidade as torna relevantes no âmbito da qualidade e da quantidade da água.

Complementarmente aos objetivos referidos deve ser assegurado o fornecimento em quantidade suficiente de água de origem superficial e subterrânea de boa qualidade.

Em face da situação atual, caracterizada nos capítulos anteriores, não se prevê que esta massa de água atinja o estado bom até 2015, admitindo-se contudo que possa ser atingido até 2027. O Quadro 1-1 apresenta o calendário para que o estado bom

seja atingido até 2027, indicando-se as condições atuais que implicam o não cumprimento do objetivo de qualidade até 2015.

**Quadro 1-1 – Calendário com os prazos em que se prevê atingir os objetivos ambientais até 2027**

Massa de águas subterrâneas	Estado bom até 2021	Estado bom até 2027
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré		<p>Exequibilidade técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diversos problemas de qualidade (<math>\text{NO}_3^-</math>, <math>\text{Cl}^-</math>, pesticidas, <math>\text{SO}_4^{2-}</math>, CE, <math>\text{NH}_4^+</math> e pH) numa extensa área</li> <li>▪ O <math>\text{NO}_3^-</math> é o único responsável pelo estado medíocre da massa de águas subterrâneas</li> <li>▪ Tendência estatisticamente significativa de subida de: <math>\text{NO}_3^-</math>, <math>\text{Cl}^-</math>, <math>\text{SO}_4^{2-}</math>, CE</li> </ul>

Naturalmente, podem ocorrer situações de deterioração temporária, não sendo possível à priori prever quais e/ou onde poderão ocorrer efeitos de circunstâncias excepcionais. A deterioração temporária não é considerada violação dos objetivos ambientais previamente estabelecidos, se resultar de circunstâncias imprevistas e excepcionais, derivadas de causas naturais ou de força maior em relação à habitual, que não possam ser razoavelmente previstas, particularmente inundações extremas e secas prolongadas, ou acidentes.

Para levar a massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha ao estado Bom foi elaborado um conjunto de medidas, que tiveram por base (1) a caracterização atual do seu estado quantitativo e químico, (2) a identificação das pressões potencialmente associadas a esse estado e (3) as pressões admissíveis futuras em função dos cenários de evolução sócio-económica. A análise das condicionantes geológicas e hidrogeológicas, dos modelos de fluxo, das pressões na envolvente dos pontos em mau estado, da análise dos cenários de evolução sócio-económica com vista à definição da evolução das pressões (quantidade e qualidade) e das medidas propostas permitiu avaliar estratégias e estabelecer objetivos de atuação que abaixo se apresentam.

## **1.2 AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA ALCANÇAR UM ESTADO BOM EM 2027, EM FUNÇÃO DOS CENÁRIOS SÓCIO-ECONÓMICOS PROSPETIVOS**

Do cruzamento da informação apresentada relativa às características geológicas e hidrogeológicas, facilidade de infiltração, distribuição dos pontos em mau estado qualitativo das águas subterrâneas, pressões e localização das potenciais fontes de poluição (Figura 2-6, Figura 2-12, Figura 5-2, Figura 5-3) definem-se seguidamente as situações que é necessário corrigir para alcançar o estado Bom, tomando em

consideração não apenas o estado atual mas as pressões previstas pelos cenários de evolução sócio-económica deste Plano de Bacia. Estes cenários foram desenvolvidos pela DHV no âmbito deste Plano de Bacia e encontram-se no Relatório referente ao Lote 4: Parte 4 – Cenários Prospetivos (DHV, 2011).

No Quadro 1-2 são indicadas tais situações e as origens dos poluentes que as causam. Verifica-se que os pontos com valores elevados de cloretos, sulfatos e/ou condutividade elétrica, localizam-se em afloramento ou na proximidade imediata de afloramentos de rochas evaporíticas pelo que se considera que esta má qualidade se deve a condicionantes naturais. Os restantes pontos, que têm contaminação por nitratos e com frequência outros poluentes, situam-se em zonas de índice de infiltração elevado, e estão associados a fontes poluentes diversas (ETARs, pecuárias), distintas de ponto para ponto, mas em que uma fonte comum é a atividade agrícola.

Considerando os cenários propostos no Plano com maior pressão sobre o meio hídrico, antevê-se a situação apresentada no Quadro 1-3. As premissas para o cálculo destas condições são:

- **População** – a residente mantém-se; turismo aumenta entre 85% e 86%. Admitiu-se que durante os 4 meses de Verão, o consumo será 2x superior à média mensal do atual consumo para abastecimento público. Considerando a subida de 86% de consumo desses 4 meses, devido à concomitante subida do turismo, obtém-se uma subida total dos consumos de 91%. Para a carga poluente, usando um raciocínio similar, obtiveram-se valores da ordem dos 90% de subida da poluente. A carga poluente atual é de 63 kgN/ano e 157 kgP/ano.
- **Pecuária** – mantem-se em níveis similares aos atuais (redução de 2 a 4% de efetivos). A carga poluente atual é de 0,09 tonN/km<sup>2</sup>/ano e 0,04 tonP/km<sup>2</sup>/ano exclusivamente para as boviniculturas (14,95 tonN/ano e 6,69 tonP/ano considerando a área total do aquífero), correspondendo a um total de 0,84 tonN/km<sup>2</sup>/ano e de 0,40 tonP/km<sup>2</sup>/ano (139,5 tonN/ano e 66,9 tonP/ano) para a totalidade das pecuárias (boviniculturas + suiniculturas + aviários).
- **Agricultura** – prevê-se um aumento do regadio apenas nas bacias do rio Alcobaça e rio Arnóia, de respetivamente 17,5% e 25%. A carga poluente atual é de 0,19 tonN/km<sup>2</sup>/ano (32,183 tonN/ano para a totalidade da

massa de águas subterrâneas) e 0,035 tonP/km<sup>2</sup>/ano (5,747 tonP/ano para a totalidade da massa de águas subterrâneas).

- **Indústria** – prevê-se uma subida da ordem dos 35%. Não estão quantificadas cargas poluentes.
- **Campos de golfe** – prevê-se a passagem de 1 campo de golfe-equivalente em 2009 para 3 em 2027, na bacia do rio Arnóia e 1,5 campos de golfe-equivalentes na bacia do rio Alcobaça, o que corresponde a uma subida de 3,5x do n.º de campos de golfe-equivalentes. Não estão quantificadas cargas poluentes ou volumes de rega satisfeitos por origens subterrâneas. Admite-se da rubrica Outros do Quadro 3-27, que apenas aumentam os consumos relativos aos campos de golfe. Considerou-se como consumo médio de campo de golfe o de um campo de 18 buracos e cerca de 24 ha (0,152 hm<sup>3</sup>/ano, cf. [http://www.ccdr-alg.pt/ccdr/parameters/ccdr-alg/files/File/documentos/ambiente/av\\_imp\\_amb/RNT\\_Almada\\_Ouro.pdf](http://www.ccdr-alg.pt/ccdr/parameters/ccdr-alg/files/File/documentos/ambiente/av_imp_amb/RNT_Almada_Ouro.pdf)).

Em função destes cenários, o aumento dos consumos pela expansão do turismo e indústria (no cenário de maior pressão) poderá colocar problemas não apenas no estado quantitativo mas também agravar o estado qualitativo da massa de águas. Se se considerar o mesmo valor de recarga e os consumos calculados com base nas projeções do cenário de maior pressão, ***tal significa que se passa da atual taxa de exploração de cerca 51,6% para cerca de 91%*** (valores que não entram em consideração com a recarga proveniente das regas e perdas da rede de abastecimento), com alocações futuras face ao total dos consumos, de cerca de 80 % no consumo doméstico e de 35% do consumo industrial. Deste modo, é admissível que o aumento dos consumos possa constituir-se num dos principais problemas futuros da massa de águas subterrâneas. Por seu lado, considerando as cargas poluentes de azoto e fósforo devidas a (1) aumento do regadio nas bacias dos rios Arnóia e Alcobaça e (2) às fontes urbanas, verifica-se um aumento global de cerca de 90% da carga poluente devida a fontes urbanas e cerca de 23% devida à agricultura (entre +21% na bacia do rio Alcobaça, +42% na bacia do rio Arnóia e +8% no resto da massa de águas subterrâneas). Estes valores pressupõem que a pecuária se mantém estável e portanto não registará aumentos das cargas poluentes, não tendo sido contabilizada a contribuição da indústria devido à limitação dos dados. O conjunto das cargas poluentes domésticas + agrícolas + pecuárias regista aumento total de 26%

das cargas de azoto e de 62% das cargas de fósforo. Deste aumento global cerca de 60% corresponde a cargas urbanas e 23% à agricultura.

Nestes mesmos cenários, analisando as prováveis fontes de poluição futura dos pontos já em mau estado, admite-se que as áreas na envolvente dos pontos 316/164 e 316/165 possam ser pouco afetados pelo aumento do regadio, dado localizarem-se em sub-bacias onde não se prevê um aumento significativo do regadio. O ponto 326/232 sito na área do rio da Cal deverá ser pouco afetado pelo aumento do regadio no rio Arnóia, podendo contudo sofrer um aumento da carga poluente por via urbana (fossas\_ETAR). As áreas associadas aos pontos 338/086, 338/182 e 338/183 deverão ser pouco afetadas pelo regadio na bacia do rio Arnóia, se se considerar que a piezometria nesta zona parece sugerir um fluxo em direção a este rio e não em direção aos pontos em causa; podem contudo sofrer um eventual aumento da poluição de origem urbana devido ao turismo. De assinalar que o aumento do regadio, projetado pelo cenário de maior pressão, na bacia do rio Arnóia poderá afetar as áreas associadas aos pontos 338/184, 338/185 e 338/186 (os dois últimos atualmente em bom estado); o aumento do regadio no rio Alcobaça pode vir a afetar o setor Norte da massa de águas subterrâneas, atualmente em bom estado.

Deste modo os principais problemas que poderão futuramente agravar as condições dos pontos já em mau estado relacionam-se sobretudo com a poluição de origem urbana, dado que o aumento da carga poluente de origem agrícola (aqui associada ao aumento do regadio) deverá pouco significativo nesses locais. Note-se contudo que se está a admitir, de acordo com os cenários, que as pecuárias nas proximidades destes pontos não sofrem qualquer incremento.

A análise dos aumentos das cargas poluentes em função dos cenários, com os atuais dados de qualidade registados no SNIRH, permitiu definir os pontos onde futuramente poderão ocorrer novos problemas, incluindo pontos atualmente em estado bom (Quadro 1-4). Seguidamente enunciam-se um conjunto de medidas para recuperar os pontos em mau estado e evitar a degradação futura de outras áreas do aquífero. No Quadro 1-5 são apresentadas medidas adicionais para implementar em conjunto com as medidas que se apresentam para cada ponto/tipo de problema. As medidas referenciadas como “medida ARH Tejo” encontram-se explanadas na publicação “Fichas de Medidas” da ARH Tejo (2011); as medidas referenciadas como “proposta LNEC” encontram-se elencadas em Lobo Ferreira et al. (2011).



**Quadro 1-2 – Fontes da poluição e respetivas condicionantes dos pontos em estado medíocre**

Aspeto	Ponto-problema	Parâmetro-problema	Ultrapassa limiares*	Origem
Qualitativo	338/086	Nitratos	--	Da localização dos pontos, distribuição das fontes poluentes na envolvente e direções de fluxo, os <b>nitratos serão de origem essencialmente agrícola</b> ; note-se que a zona tem alto índice IFI
	338/182	Nitratos e pesticidas	4,4 vezes	Estando o ponto sobre zona de agricultura anual, na proximidade à bovinicultura Horta C. Monteiro - Atividades Agropecuárias Lda., a uma fossa_ETAR, considerando as direções de fluxo na região e o facto de tanto os <b>campos agrícolas como a bovinicultura e fossa_ETAR</b> se situarem em região com elevado índice IFI, <b>os nitratos deverão provir destas 3 fontes e os pesticidas da agricultura</b>
	338/183		5,4 vezes	
	316/164	Nitratos	--	Da localização do ponto e das fontes de poluição envolventes, das direções de fluxo e dado que a zona apresenta índice IFI elevado, admite-se que os <b>nitratos sejam de origem agrícola</b> . Poderá haver <b>alguma contribuição da bovinicultura</b> sita na envolvente embora esta se localize em zona de IFI baixo
	316/165	Nitratos e amoníaco	1,2 vezes	Considerando que o ponto se situa numa área de agricultura anual, atendendo às direções de fluxo e o fato da zona ter alto índice IFI, admite-se que <b>os nitratos sejam de origem agrícola</b> . Dada a localização do aviário e boviniculturas mais próximas, as direções de fluxo, assim como os índices IFI nas suas áreas de implantação, não se prevê que estas atividades pecuárias contribuam para o problema
	326/232	Nitratos, pesticidas e pH	1,3 vezes	Na envolvente do ponto ocorrem diversas fossas_ETAR. O fluxo dá-se nesta zona aproximadamente para N e NE donde os efluentes podem circular das fossas até ao ponto. <b>Os nitratos seriam assim de origem urbana e também de origem agrícola. Os pesticidas serão de origem agrícola</b> . Situa-se em zona com índice IFI alto, estando as fossas_ETAR em zona de índice IFI elevado
	338/184, 338/180 e 316/166	Cloretos, sulfatos, condutividade	--	Estes pontos estão sobre ou na proximidade imediata de <b>formações geológicas de natureza evaporítica</b> , pelo que os <b>valores elevados dos parâmetros dever-se-ão a estas condicionantes naturais</b> . Os pontos situam-se em zonas com índices IFI variados

\*relativamente a médias de nitratos, em conformidade com os dados SNIRH

**Quadro 1-3 – Volumes de extração e cargas poluentes em conformidade com as projeções dos cenários de maior pressão, em 2027**

Abastecimento público			Agricultura			Pecuária (1)			Indústria			Outros		
Volume (hm <sup>3</sup> /ano)	Carga poluente (ton/ano)		Volume (hm <sup>3</sup> /ano)	Carga poluente (ton/ano) (2)		Volume (hm <sup>3</sup> /ano)	Carga poluente (ton/ano)		Volume (hm <sup>3</sup> /ano)	Carga poluente (ton/ano)		Volume (hm <sup>3</sup> /ano)	Carga poluente (ton/ano)	
	N	P		N	P		N	P		N	P		N	P
18,09	120,12	299,35	0,99	34,66	6,19	0,09	140,51	66,87	1,57	--	--	1,91	--	--

(1) Considerando o total conjunto de boviniculturas, aviários e suiniculturas;

(2) Considerando a manutenção da área do regadio em 20% para a área, com exceção do Arnóia e Alcobaça, cuja área de regadio é aumentada em conformidade com os cenários.

**Quadro 1-4 – Condições atuais e eventuais problemas futuros para os cenários de maior pressão, sem medidas de atuação implementadas**

<b>Ponto</b>	<b>Situação atual</b>	<b>Problemas futuros se não houver intervenção (1)</b>
307/020	<b>Bom estado</b>	<b>Bom estado</b>
307/093	<b>Bom estado</b>	<b>Bom estado</b>
307/146	<b>Bom estado</b>	<b>Bom estado</b>
316/169	<b>Bom estado</b>	<b>Bom estado</b>
316/166	Mau estado nos cloretos	<b>Bom estado nos nitratos e azoto amoniacal</b>
316/165	Mau estado nos nitratos e amoníaco	Mau estado nos nitratos por via agrícola e urbana
316/164	Mau estado nos nitratos	Mau estado nos nitratos por via agrícola
326/233	<b>Bom estado</b>	<b>Bom estado</b>
326/231	<b>Bom estado</b>	<b>Bom estado</b>
326/232	Mau estado nos nitratos, pesticidas e pH	Mau estado nos nitratos por via agrícola e urbana
338/185	<b>Bom estado</b>	Mau estado nos nitratos por via agrícola + urbana
338/186	<b>Bom estado</b>	<b>Bom estado</b>
338/184	Mau estado nos cloretos, sulfatos e condutividade hidráulica	<b>Bom estado nos nitratos e azoto amoniacal</b>
338/180	Mau estado nos cloretos, sulfatos e condutividade hidráulica	Mau estado nos nitratos por via urbana
338/086	Mau estado nos nitratos	Mau estado nos nitratos por via urbana
338/183	Mau estado nos nitratos	Mau estado nos nitratos por via agrícola, urbana e bovinicultura
338/182	Mau estado nos nitratos e pesticidas	Mau estado nos nitratos por via agrícola, urbana e bovinicultura

(1) Com base nos dados médios da base de dados SNIRH após avaliação das pressões



**Quadro 1-5 – Medidas de especial importância a implementar, para melhoria do estado qualitativo e manutenção do estado quantitativo**

Área associada ao ponto	Problema	Medida	Observações
338/184, 338/180 e 316/166	Cloretos, sulfatos, condutividade elétrica	Estabelecimento de novas exceções de valores de qualidade na origem para a massa de águas subterrâneas de Caldas da Rainha–Nazaré (a juntar às já estabelecidas em INAG (2009b), de forma a distinguir entre a qualidade natural e a de origem antropogénica) – proposta LNEC medida MB-IV.1	O problema de qualidade derivará das características naturais do aquífero neste local. A sua resolução far-se-á pela definição de novos limiares de qualidade, com base nas características hidrogeoquímicas da zona
		Projeto-piloto para determinar: 1. A origem e possível evolução de cloretos, sulfatos e condutividade 2. Eventuais novos limiares de qualidade a serem definidos (cloreto, sulfato e condutividade elétrica) – Proposta LNEC medida MS.1	Não atua diretamente sobre o problema mas é necessário para definir as exatas características hidrogeoquímicas locais e estabelecer as novas normas de qualidade para as águas nestas condições
		Estabelecimento de condicionantes à construção de novas captações subterrâneas na área subjacente à massa de água Caldas da Rainha–Nazaré – medida ARHTejo	O controlo dos caudais extraídos permite evitar que águas de menor qualidade – de possível circulação mais profunda em níveis de evaporitos – possam vir a influenciar a qualidade das águas dos níveis explorados pelas captações
		Evitar as extrações nos níveis mais profundos	A redução as extrações reduzirá a pressão sobre o aquífero e evitará que as águas de níveis inferiores possam afetar os níveis de melhor qualidade
		Implementar medidas de redução das extrações (ver medidas de quantidade ao fim deste quadro)	
		Fazer maior uso das águas de superfície, o mesmo se aplicando a quaisquer pontos onde se verifique subida destes parâmetros	O uso das águas de superfície reduzirá a pressão sobre o aquífero e poderá ajudar a melhorar a qualidade da água

Área associada ao ponto	Problema	Medida	Observações
338/086, 338/183	Nitratos Agrícolas	Assegurar a devida aplicação do Código de Boas Práticas Agrícolas, estando envolvidas as seguintes ações (sempre que aplicável): 1. Definição de apoios financeiros, técnicos e de controlo da implementação do código; 2. Aplicação dos princípios gerais de fertilização racional; 3. Correto armazenamento e manuseamento de adubos químicos; 4. Correto armazenamento e manuseamento de efluentes pecuários; 5. Gestão e utilização do solo tendo em conta a dinâmica do azoto; 6. Gestão da rega e prevenção da poluição das massas de água causada por nitratos; 7. Elaboração de planos de fertilização utilizados na exploração agrícola – medida ARHTejo	A implementação do Código de Boas Práticas, em especial os planos de fertilização por exploração agrícola permitem reduzir de forma significativa a carga de nitratos. Dada a possibilidade (nos cenários de maior pressão) de um aumento da área regada nas bacias dos rios Alcobaça e Arnóia, este Código, devidamente ajustado a essa nova realidade, e sua implementação no campo, é fundamental. A implementação desta e das medidas seguintes é de grande importância dado o ponto estar em zona de infiltração elevada (alto índice IFI)
		Caracterização e controlo da deposição de lamas de depuração e dos efluentes pecuários – medida ARHTejo	Permite avaliar a carga efetiva das lamas e deste modo definir medidas específicas para o controle da poluição
		Realização de planos de gestão de lamas e efluentes pecuários – medida ARH Tejo	Necessário para controlar as descargas agrícolas/pecuárias. Implementação imediata, e aplicação efetiva dos planos, para atingir o bom estado em 2027
		Elaboração de estudo para identificação de áreas condicionadas à utilização agrícola de lamas de depuração e efluentes pecuários. Como resultado deste estudo será produzida cartografia das áreas condicionadas – medida ARHTejo	Permitirá proteger as áreas mais sensíveis. Para ter efeitos práticos, exige que se implementem as condicionantes identificadas pelo estudo, e de imediato, para se poder alcançar o bom estado em 2027
		Envolvimento das entrelinhas – Proposta LNEC medida MB-III.5	Permite redução efetiva das cargas de nitratos mas têm de implementar-se com a adesão dos agricultores, e o mais cedo possível, para se alcançar o estado bom em 2027
		Redefinição da rotação de culturas (com culturas menos exigentes) – Proposta LNEC medida MS.4	
		Análise de metodologias alternativas na aplicação de lamas, visando: (i) simplificar procedimentos; (ii) reduzir pressões – Proposta LNEC medida MB-II.2	Para ter efeitos práticos exige implementação imediata das metodologias viáveis que venham a ser identificadas
		Implementação de medidas, específicas para cada tipologia, de redução gradual de emissões, de valorização de resíduos e soluções alternativas de tratamento e destino final de águas residuais e poluentes gerados nas atividades agrícolas – Proposta LNEC medida MB-I.2	Exige implementação eficaz, e com carácter de urgência, para cada tipo e unidade de fonte poluidora, das medidas respetivas de redução das emissões, para em 2027 se atingir o bom estado
		Campanhas de sensibilização e apoio aos agricultores sobre a problemática da contaminação com nitratos, nomeadamente através da colocação de cartazes informativos nas cooperativas agrícolas onde são comprados os fertilizantes com compostos azotados – Proposta LNEC medida MS.4	Sem a compreensão dos intervenientes no problema e sem a sua adesão esclarecida às medidas para melhoria do meio hídrico, nenhuma das medidas anteriores terá sucesso. Para implementar continuamente
Estudos de investigação na reabilitação de aquíferos contaminados por nitratos – Proposta LNEC medida MS.5	Exige que se implementem de imediato as estratégias de reabilitação de aquíferos que venham a ser identificadas como as mais adequadas		

Área associada ao ponto	Problema	Medida	Observações
338/182	Nitratos Agrícolas	Além das medidas consideradas nos pontos 338/086 e 338/183 relativas ao controle e redução dos nitratos de origem agrícola, devem aplicar-se também as que abaixo se seguem	Neste ponto a poluição tem origem agrícola mas também de fossas e agropecuária, sendo necessário determinar a importância relativa de cada fonte
	ETARs e fossas	Proibição de rejeição de águas residuais urbanas através de sistemas de infiltração no solo – medida ARHTejo	Esta medida, a implementar de imediato para em 2027 se atingir o bom estado, permite reduzir a carga poluente de origem urbana
		Aplicação da obrigatoriedade de impermeabilização artificial de sistemas de tratamento e/ou armazenamento de águas residuais em massas de água subterrânea cársicas. Integração desta obrigatoriedade nos processos de licenciamento em massas de água cujo parâmetro responsável pelo seu estado medíocre é o nitrato – medida ARHTejo	A sua implementação deve ser imediata para em 2027 se atingir o bom estado. Estando numa área de índice IFI elevado, todas as medidas que reduzam a infiltração e a carga poluente são de especial importância
		Desenvolver um estudo onde se equacionam soluções alternativas de ETAR para as massas de água (superficiais e subterrâneas) com estado inferior a bom, com densidades populacionais baixas (<40 hab/km <sup>2</sup> ), sem captações subterrâneas para abastecimento público, e com nível de atendimento de tratamento de águas residuais inferior a 90% – medida ARHTejo	Não atua diretamente sobre o problema mas as soluções encontradas permitirão reduzir a carga poluente de origem urbana. As soluções encontradas no estudo têm de ser implementadas e de forma urgente, para se obter o bom estado em 2027. Importante dado estar-se em zona de infiltração elevada
		Ações de incentivo da alteração de sistemas de tratamento como as fossas sépticas para sistemas com maior nível de tratamento – Proposta LNEC medida MS.9	Exige implementação imediata, com a reestruturação efetiva destas unidades, para em 2027 se atingir o bom estado
		Articulação da ARH com os serviços de drenagem e tratamento de águas residuais visando a cessação gradual de fossas domésticas perdedoras – Proposta LNEC medida MS.11	Exige implementação imediata para em 2027 se atingir o bom estado
	Boviniculturas	Implementação e acompanhamento do Regime de Exercício da Atividade Pecuária (REAP) – medida ARHTejo	Para ter efeito prático exige que após a definição dos regimes de controlo, normas de gestão dos efluentes e cotas de carga máxima, seja de imediato implementado o cumprimento real destes regimes, normas e cotas
		Medidas para a redução gradual das descargas, das emissões e perdas de poluentes ou grupos de poluentes: 4. Soluções alternativas de tratamento e destino final de águas residuais e poluentes gerados nas atividades industriais, agrícolas – Proposta LNEC medida MB-I.2	Exige implementação eficaz, e com carácter de urgência, das soluções alternativas e de tratamento dos efluentes, de modo a em 2027 se atingir o bom estado
		Controlo da qualidade das águas residuais industriais descarregadas, relativamente aos parâmetros responsáveis pelo estado medíocre da massa de água subterrânea – Proposta LNEC medida MB-II.8	Para implementação imediata, para em 2027 se atingir o bom estado. Importante dado estar-se em zona de infiltração elevada

Área associada ao ponto	Problema	Medida	Observações
338/182	Boviniculturas	Aplicação da obrigatoriedade de impermeabilização artificial de sistemas de tratamento e/ou armazenamento de águas residuais em massas de água cujo parâmetro responsável pelo seu estado medíocre é o nitrato – medida ARHTejo	Reduz a carga poluente associada a estas estruturas. Para implementação imediata, para em 2027 se atingir o bom estado
		Implementação e acompanhamento da Estratégia Nacional de Efluentes Agropecuários e Agro-Industriais ENEAPAI – medida ARHTejo	Permitirá a redução das cargas poluentes associadas à pecuária. Para implementação imediata, para em 2027 se atingir o bom estado
		Projeto para determinação da origem dos nitratos e sulfatos em zonas agropecuárias, através do uso de traçadores (p.e. sulfamidas de origem veterinária, 15N) – Proposta LNEC medida MS.2	Embora não atue diretamente na resolução do problema os resultados do estudo, será a base para implementar medidas práticas de controlo dos efluentes das diferentes origens, dado que permitirá conhecer as cargas relativas de cada fonte
		Definição de programa plurianual de fiscalização – medida ARHTejo	Necessária para o controle das cargas fitossanitárias
	Pesticidas	Apresentação do Plano de Ação Nacional, definindo objetivos quantitativos, metas, medidas e calendários de implementação visando: (i) reduzir os riscos e impactes do uso de pesticidas; (ii) desenvolver e introduzir práticas de proteção integrada e abordagens alternativas para garantir a saúde fitossanitária. – Proposta LNEC medida MB-II.13	Exige que se implemente as práticas de proteção integrada e abordagens alternativas, com carácter imediato, para se obter o bom estado em 2027
		Projeto para Caldas da Rainha – Nazaré de incluir a monitorização de pesticidas nos furos localizados em áreas agrícolas e acompanhar a evolução da tendência estatisticamente significativa de subida de nitratos – Proposta LNEC medida MS.4	Não atua diretamente sobre o problema mas é necessária para verificar se as medidas tomadas para a redução dos pesticidas (e nitratos) estão a ser eficazes
		Desenvolvimento de ações de divulgação e formação, dirigidas a agricultores, focadas nas melhores práticas de proteção fitossanitária para as diferentes culturas, tendo em vista a não degradação das águas subterrâneas e solos – Proposta LNEC medida MB-II.12	Sem a compreensão dos intervenientes no problema e sem a sua adesão esclarecida às medidas para melhoria do meio hídrico, nenhuma das medidas anteriores terá sucesso. Para implementar continuamente
		Criação e implementação dum Código de Boas Práticas do Uso de Pesticidas	Necessário para uma correta aplicação dos pesticidas e efetiva redução das quantidades que entram no solo e meio hídrico. Exige implementação urgente
316/164	Nitratos Agrícolas	Devem aplicar-se as medidas propostas nos pontos 338/086 e 338/183 relativas ao controle e redução dos nitratos de origem agrícola	Neste ponto a poluição tem origem agrícola mas também agropecuária. O ponto localiza-se numa área de índice IFI elevado; assim, a implementação de todas e quaisquer medidas que controlem as entradas de poluentes na massa de água (de origem agrícola e agropecuária) terá de ser urgente
	Bovinicultura	Devem aplicar-se as medidas propostas no ponto 338/182 relativas ao controle de efluentes de origem agropecuária	

Área associada ao ponto	Problema	Medida	Observações
316/165	Nitratos e Amoníaco Agrícolas	Devem aplicar-se as medidas propostas nos pontos 338/086 e 338/183 relativas ao controle e redução dos nitratos de origem agrícola	Neste ponto a poluição tem origem agrícola. Situação similar à do ponto 316/164 no que concerne à infiltração
326/232	Nitratos Agrícolas	Devem aplicar-se as medidas propostas nos pontos 338/086, 338/183 e 338/182 relativas ao controle e redução dos nitratos de origem agrícola	Neste ponto a poluição tem origem agrícola e de fossas_ETAR. Região de índice IFI alto, pelo que a redução dos contaminantes exige implementação imediata, direcionada para a redução das cargas poluentes em todas estas fontes
	Pesticidas	Devem aplicar-se as medidas propostas no ponto 338/182 relativas ao controle de pesticidas	
	pH	Não existindo condicionantes de ordem natural que justifiquem pH baixo, admite-se que a sua origem sejam as atividades humanas na região. Deste modo admite-se que a resolução dos restantes problemas irá igualmente solucionar esta questão	
	ETARs e fossas	Devem aplicar-se as medidas propostas no ponto 338/182 relativas ao controle de efluentes de ETARs e fossas	
Toda a área	Tendência significativa de subida de nitratos, cloretos, sulfatos e condutividade elétrica	Aplicam-se na generalidade as medidas abaixo enunciadas para a redução dos volumes captados, sendo de especial importância a interdição de captação nos níveis mais profundos	Admite-se que esta poluição se deva sobretudo ao efeito da afluência de águas de circulação mais profunda (entrando em contacto com os diapiros). O controlo das extrações é de especial importância dado limitar as eventuais afluências de água dos níveis mais profundos e a consequente degradação da qualidade das águas captadas
		Aplicam-se na generalidade as medidas acima enunciadas para o controlo de cloretos, sulfatos e condutividade elétrica	
		Aplicam-se na generalidade as medidas acima enunciadas para o controlo do nitrato devido às fontes poluentes associadas à agricultura, pecuária, ETARs e fossas sépticas. Será de especial importância a implementação das medidas associadas às fontes de contaminação urbana	
Toda a área	Quantidade	Estabelecimento de condicionantes à construção de novas captações subterrâneas – medida ARHTEjo	Limita as condições de eventual sobre-exploração. Para definição imediata destas condicionantes e imediata aplicação das mesmas
		Implementação do Código de Boas Práticas Agrícolas integrando o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água – medida ARHTEjo	Permite a redução dos consumos. Para implementação imediata, exigindo consulta e participação ativa dos agricultores

Área associada ao ponto	Problema	Medida	Observações
Toda a área	Quantidade	Desenvolvimento e implementação de estudo piloto: 1. Desenvolvimento e aplicação de modelos para a gestão do sistema aquífero, nomeadamente de extração em situações de seca ou escassez e análise de impactes no meio recetor – medida ARH Tejo	Necessário para uma futura gestão eficaz do recurso e eliminação das tendências de descida dos níveis de água. Os modelos que resultem deste estudo devem se de imediato implementados
		Delimitação de áreas do território que constituam zonas de infiltração máxima para a recarga de aquíferos para captação de água para abastecimento público de consumo humano, de modo a salvaguardar a qualidade dos recursos hídricos – medida ARH Tejo	Não atua diretamente sobre as extrações mas permite proteger as zonas de recarga e impedir que possam ser ocupadas por atividades que afetem adversamente a recarga do aquífero. Para implementação imediata
		Desenvolvimento de estudo para identificação das zonas potenciais para a reutilização de águas residuais urbanas tratadas e de águas pluviais – medida ARH Tejo	Medida que tenderá a limitar as necessidades de extração de água, e deste modo conservar o recurso
		Promoção de infiltração nas zonas de recarga de massas de águas subterrâneas – Proposta LNEC medida MB-I.6	Medida tendente a reduzir os défices de recursos que possam ocorrer devido ao aumento dos consumos, em especial no Verão
		Criação de um sistema de apoio à gestão das massas de águas subterrâneas que permita evitar situações de sobreexploração, que contemple: 1. Caudais extraíveis em ano médio; 2. Caudais extraíveis em situação extrema – Proposta LNEC medida MB-I.4	Este sistema de gestão permite definir as zonas em excesso de exploração, gerir as condições de extração em situação normal e de extremo e agir em conformidade. Exige implementação imediata
		Adoção, nos Aproveitamentos Hidroagrícolas públicos, de tarifários baseados no volume consumido – Proposta LNEC medida MB-III.1	A redução potencial dos volumes de rega permite reduzir a pressão sobre o aquífero em termos de quantidade. Exige implementação imediata, com colaboração dos agricultores, tendo em vista as pressões futuras
		Reconversão dos métodos de rega – Proposta LNEC medida MB-III.2	
		Controlo dos volumes extraídos das captações de águas subterrâneas – Proposta LNEC medida MS.1	Permite definir onde e em que quantidades se está a extrair, e deste modo localizar zonas de potencial exploração excessiva, permitindo estabelecer planos de contingência. Para implementação imediata
		Desenvolvimento de investigação na área da recarga artificial passiva – Proposta LNEC medida MS.6	A implementação da recarga artificial tem o potencial de reduzir os défices de recursos que possam ocorrer devido ao aumento dos consumos. É assim necessário o estudo das condições mais favoráveis à sua implementação e condicionantes de qualidade, com vista à sua implementação a breve prazo
		Reconversão/remodelação da rede de abastecimento de modo a reduzir as perdas de água na rede	Destina-se a reduzir os volumes necessários para abastecimento, por redução das perdas na rede. Para implementação imediata
Estabelecimento de reservas estratégicas para fazer face a situações de escassez – medida ARH Tejo	Medida que tende a preservar os recursos o que tem como efeito colateral evitar a depleção do aquífero e deste modo evitar o mau estado quantitativo		

Considerando estes aspetos, para que o estado de Bom seja alcançado e mantido no futuro, mesmo com as pressões previstas nos cenários, será necessário implementar:

- *Na generalidade das áreas representadas pelos pontos em bom estado* – as pressões identificadas nos cenários indicam uma manutenção das cargas poluentes e consumos na pecuária, uma leve subida nas cargas poluentes agrícolas (cerca de 8%) e um aumento das cargas poluentes de origem urbana de 90% e de consumos urbanos de 91%. Deste modo considera-se o bom estado pode ser mantido **se a partir de 2015**:

1. Se reduzam em 11% as atuais cargas poluentes de origem agrícola e de 5% na pecuária – sendo os 5% de redução de efluentes na pecuária uma medida de precaucionaridade. Para alcançar estes objetivos é necessário a implementação de (Quadro 1-6):

**Quadro 1-6 – Medidas de redução das cargas agrícolas e pecuárias nas áreas em bom estado, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Aplicação do Código de Boas Práticas Agrícolas, de forma efetiva e rigorosa
Implementação do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
Técnicas de cultivo que reduzam a perda de nitratos
Controlo dos volumes e cargas das lamas de depuração, estrumes e chorumes a serem aplicados, com especial atenção nas zonas de infiltração mais elevada (cf. Figura 2-12)
Técnicas de construção que minimizem as necessidades de gastos de água por parte dos animais estabulados
Correto encaminhamento dos efluentes para estruturas de tratamento adequadas ao tratamento de efluentes pecuários
Impermeabilização artificial de sistemas de tratamento e/ou armazenamento de águas residuais e outros efluentes pecuários
Desenvolvimento e aplicação de soluções alternativas de tratamento das águas residuais e outros efluentes pecuários

2. Se reduzam as futuras cargas poluentes de origem urbana em 50% – considerando os valores de nitratos nas atuais zonas sem problemas de qualidade, a redução agora proposta é uma medida de precaucionaridade face ao eventual aumento das cargas de origem urbanas devidas ao aumento do turismo, de acordo com os cenários de evolução sócio-económica. Para alcançar esta redução da carga poluente é necessário (Quadro 1-7):

**Quadro 1-7 – Medidas de redução das cargas urbanas/domésticas e industriais nas áreas em bom estado, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Desativação de todas as fossas sépticas e ligação a redes de tratamento/ETAR de alta eficácia
Aplicação de soluções alternativas de ETAR para agregados populacionais baixos (<40 hab/km <sup>2</sup> ) de alta eficácia
Instalação de novas ETAR de alto desempenho e devidamente dimensionadas para a população flutuante que venha a estabelecer-se na região
Valoração dos resíduos de tratamento das ETAR para aplicação devidamente racional na atividade agrícola
Impermeabilização dos sistemas de tratamento e/ou armazenamento de águas residuais
Implementar estações de tratamento de resíduos industriais de alto desempenho
Maior controlo da qualidade das águas residuais industriais e domésticas descarregadas no meio hídrico
Valoração dos resíduos para matéria-prima de atividades industriais (indústria de fertilizantes, etc.)

- *Nas zonas localizadas nas sub-bacias onde se prevê o aumento do regadio* – atualmente os pontos localizados nas bacias onde se prevê o aumento do regadio encontram-se em bom estado. Contudo o aumento do regadio de cerca de 17,5% na bacia do rio Alcobaça, e de 25% na bacia do rio Arnóia, irá implicar um aumento das cargas poluentes de azoto e fósforo de 42% para o rio Arnóia e de cerca 21% para o rio Alcobaça. Nestas condições, pelo menos a região associada ao ponto 338/185 ficará em risco de ultrapassar os limiares para os nitratos. Deste modo, para se assegurar o bom estado até 2027, tem de se implementar **a partir da data de início dos novos regadios:**

1. Nas áreas dos perímetros de rega, medidas que reduzam as cargas poluentes em cerca de 43% para a bacia do rio Arnóia e em cerca de 22% para a do rio Alcobaça – as medidas propostas para se manter/alcançar o bom estado são (Quadro 1-8):

**Quadro 1-8 – Medidas de redução das cargas agrícolas nos futuros perímetros de rega, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Rotação de culturas menos exigentes em necessidades de nitratos
Culturas com elevado potencial e remoção de nitratos do solo
Técnicas de cultivo que permitam a remoção do excesso de nitratos (ex.: enrelvamento de entrelinhas)
Implementação eficaz do Código de Boas Práticas Agrícolas, com especial relevo para a definição adequada dos tipos de adubos, lamas e chorumes a usar e quantidades de azoto a aplicar em águas de rega
Controlo dos volumes e cargas fertilizantes aplicados nas zonas de infiltração mais elevada (cf. Figura 2-12)
Estabelecimento de mecanismos de controlo que assegurem que as águas dos excedentes do regadio tenham a qualidade adequada para não degradarem as águas superficiais e subterrâneas a jusante



2. Na envolvente dos perímetros de rega, medidas que mantenham ou melhorem o atual estado de qualidade das águas, tendo especialmente em vista a redução de eventuais impactes causados pelos perímetros de rega, através de (Quadro 1-9):

**Quadro 1-9 – Medidas de redução das cargas agrícolas na envolvente dos futuros perímetros de rega, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Implementação eficaz do Código de Boas Práticas Agrícolas
Adoção de técnicas de cultivo que permitam a remoção do excesso de nitratos
Implementação de sistemas de alerta de em tempo real da ocorrência de águas com excesso de nitratos (ex.: a chegada de águas superficiais excedentárias dos perímetros de rega, com excesso de nitratos)
Utilização para fertilização por rega (sem adição extra de fertilizantes) de águas com excesso de nitratos, provenientes dos perímetros de rega (ou outras fontes com excesso de nitratos)
Controlo dos volumes e cargas das lamas de depuração, estrumes e chorumes a serem aplicados, com especial atenção nas zonas de infiltração mais elevada (cf. Figura 2-12)

- *Nas zonas atualmente com má qualidade devido a nitratos, pesticidas e amoníaco* – atualmente estes pontos apresentam já valores de nitratos e outros parâmetros acima dos limiares (cf. Quadro 2-12 para nitratos) sendo a proporção das diferentes fontes poluidoras distinta de ponto para ponto. De acordo com os cenários futuros, o aumento dos nitratos deverá sobretudo à origem urbana sazonal, a que crescem as muito menores contribuições da agricultura, dado admitir-se que o seu crescimento máximo seja da ordem dos 8% (já que nenhum destes pontos se localiza nas bacias com eventual expansão de regadio). A pecuária não deverá contribuir com mais cargas do que as atuais, as quais são, no entanto, nalguns pontos, muito significativas. Atualmente, considerando a distribuição das fontes poluentes na envolvente destes pontos em mau estado, as ETAR contribuirão com valores de até 50% das cargas totais de azoto, a agricultura com valores médios da ordem dos 30%, a pecuária com valores da ordem dos 10% a 20% (incertezas devidas ao fraco conhecimento das cargas de aviários), e a indústria um valor residual de até 10%. Nalgumas zonas admite-se que as pecuárias possam ultrapassar os 50% do total de carga poluente (ex.: áreas representadas pelos pontos 338/182, 338/183 e 316/184) ao passo que noutros serão as ETAR as principais contribuidoras (ex.: área representada pelo ponto 326/232). Assim será necessário implementar, **de imediato (sendo “o futuro” até 2020)**, medidas que:

1. Redução até 40% das atuais cargas agrícolas, acrescidas de uma redução de 25% das futuras cargas agrícolas – de acordo com os cenários de evolução sócio-económica admite-se um aumento da carga poluente de origem agrícola de cerca 10%; considerando os valores atuais e os limiares para os nitratos, e a distribuição das fontes poluentes admite-se que seja necessária uma redução média dos nitratos de origem agrícola nos locais onde, além da agricultura, ocorram outras fontes poluentes; no caso de a principal fonte poluente ser a agricultura esta redução deverá ser da ordem dos 50% para que os valores (e nas áreas apenas afetadas pela agricultura) venham a cumprir os limiares. As medidas propostas para se alcançar o estado de bom são as indicadas no Quadro 1-10. Estas medidas devem ser também conjugadas com as que posteriormente se apresentarão para as áreas representadas pelos atuais pontos críticos 338/182 e 338/183.

**Quadro 1-10 – Medidas de redução das cargas agrícolas nas zonas com atual má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Implementação efetiva e rigorosa do Código de Boas Práticas Agrícolas
Adoção de técnicas de cultivo que permitam a remoção do excesso de nitratos e/ou reduzam as perdas de nitratos (ex.: enrelvamento de entrelinhas)
Adoção de culturas menos exigentes em nutrientes
Adoção e/ou rotação com culturas com grande apetência para extração de nitratos dos solos
Especial cuidado na dosagem de fertilizantes em adubagens por rega
Controlo rigoroso dos volumes e cargas – e calendários de aplicação – das lamas de depuração, estrumes e chorumes a serem aplicados, com especial atenção nas zonas de infiltração mais elevada (cf. Figura 2-12)
Maior rigor nas formas e locais de deposição dos resíduos de fertilização e pesticidas (recipientes dos produtos, águas de lavagem das alfaias, etc.)
Implementação de metodologias alternativas de aplicação das lamas de depuração com vista à redução das suas cargas poluentes
Monitorização dos pesticidas nos furos de zonas agrícolas e atuação sobre as fontes poluentes em caso de não cumprimento

2. Redução até 60% das atuais cargas de origem urbana e 50% das futuras cargas urbanas – os pontos que atualmente estão afetados por cargas de origem urbana+agrícola, o bom estado obtém-se pela redução simultânea da carga agrícola (acima referida) e da redução de 70% da carga urbana. De acordo com os cenários de evolução sócio-económica admite-se um aumento da carga poluente de cerca de 90%. Se esses valores

aumentados tiverem por base os valores já reduzidos da carga atual de 70% então é possível manter a poluição de origem urbana abaixo dos limiares para os nitratos, com uma redução da mesma ordem de grandeza. Para que estas reduções sejam efetivas é necessário implementar as medidas do Quadro 1-11, com especial incidência nas áreas representadas pelos pontos mais críticos (338/182 e 338/182), assim como nas zonas litorais e nas áreas interiores atualmente com maior concentração destas estruturas (cf. Figura 5-3).

**Quadro 1-11 – Medidas de redução das cargas urbanas/domésticas e industriais nas zonas com atual má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Desativação de todas as fossas sépticas e ligação a redes de tratamento/ETAR de muito alta eficácia
Aplicação de soluções alternativas de ETAR para agregados populacionais baixos (<40 hab/km <sup>2</sup> ) de muito alta eficácia
Instalação de novas ETAR de alto desempenho e devidamente dimensionadas para a população flutuante que venha a estabelecer-se na região
Impermeabilização dos sistemas de tratamento e/ou armazenamento de águas residuais
Implementar estações de tratamento de resíduos industriais de alto desempenho
Melhoramento, reconversão e posterior monitorização dos sistemas de esgotos e similares com vista a prevenir e eliminar fugas de efluentes
Valoração dos resíduos de tratamento das ETAR para aplicação devidamente racional e segura na atividade agrícola
Maior controlo da qualidade das águas residuais industriais e domésticas descarregadas no meio hídrico
Valoração dos resíduos para matéria-prima de atividades industriais (indústria de fertilizantes, etc.)
Soluções alternativas de tratamento e destino final de águas residuais urbanas
Definição de locais apropriados de descarga de efluentes, com interdição de descarga destes nas zonas de maior infiltração
Definição e cumprimento das cotas de carga máxima por infraestrutura

Redução até 60% das cargas poluentes de origem pecuária – estes cenários não preveem um aumento da carga poluente por via pecuária. Da análise dos atuais valores dos pontos em mau estado conclui-se que a redução simultânea de 40% da carga agrícola, 60% da carga urbana e de 60% da atual carga pecuária permite que se atinja o bom estado, se se implementarem as seguintes medidas (Quadro 1-12):

**Quadro 1-12 – Medidas de redução das cargas pecuárias nas zonas com atual má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Impermeabilização artificial de sistemas de armazenamento e tratamento de resíduos pecuários
Aplicação eficaz e estrita do Código de Boas Práticas Agrícolas, no que se refere à atividade pecuária
Soluções alternativas de tratamento e destino final dos resíduos das pecuárias
Definição da cota de carga poluente máxima por unidade de exploração e controlo das respetivas descargas
Caraterização das lamas de depuração e efluentes pecuários e controlo das formas e zonas da sua deposição
Identificação de áreas com restrições ao uso de lamas de depuração e implementação destas restrições
Instalação de estações de tratamento de efluentes pecuários nas unidades de maior carga poluente
Correto encaminhamento dos efluentes para estruturas de tratamento adequadas ao tratamento de efluentes pecuários

- *Nas áreas representadas pelos pontos críticos (pontos 338/182 e 338/183), onde os nitratos são muitíssimo elevados, de acordo com os dados do SNIRH – são necessárias medidas mais restritivas. Assim tem de se **implementar de imediato**, medidas que:*

1. Redução das cargas agrícolas em 70% tanto nas atuais como nas futuras – considerando os eventuais aumentos de carga poluente pela expansão da agricultura, conforme aos cenários de evolução sócio-económica de maior pressão, as medidas propostas com vista a alcançar o estado bom apresentam-se no Quadro 1-13:

**Quadro 1-13 – Medidas de redução das cargas agrícolas nos pontos críticos em termos de má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Implementação estrita e rigorosa do Código de Boas Práticas Agrícolas
Adoção de técnicas de cultivo que permitam a remoção do excesso de nitratos e/ou reduzam as perdas de nitratos (ex.: enrelvamento de entrelinhas)
Adoção de culturas menos exigentes em nutrientes
Adoção e/ou rotação com culturas com grande apetência para extração de nitratos dos solos
Adoção de técnicas agrícolas “de ponta” como por exemplo cultivos hidropónicos
Especial cuidado na dosagem de fertilizantes em adubagens por rega, espalhamento no solo ou soterramento
Controlo rigoroso dos volumes e cargas – e calendários de aplicação – das lamas de depuração, estrumes e chorumes a serem aplicados, com especial atenção nas zonas de infiltração mais elevada (cf. Figura 2-12)
Elevado rigor nas formas e locais de deposição dos resíduos de fertilização e pesticidas (recipientes dos produtos, águas de lavagem das alfaias, etc.), e fiscalização regular e rigorosa destas práticas
Implementação de metodologias alternativas de aplicação das lamas de depuração com vista à redução das suas cargas poluentes
Monitorização dos pesticidas nos furos de zonas agrícolas e atuação sobre as fontes poluentes em caso de não cumprimento

2. Redução das cargas pecuárias em 80% – embora, de acordo com os cenários de evolução sócio-económica, mesmo os mais otimistas, não se preveja a expansão futura da atividade pecuária,

a situação atual é já de significativa gravidade, pelo que se propõem as seguintes medidas, para se poder alcançar o estado bom (Quadro 1-14):

**Quadro 1-14 – Medidas de redução das cargas pecuárias nos pontos críticos em termos de má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Instalação de unidades de tratamento de efluentes pecuários de alto desempenho, para redução total das cargas poluentes
Impermeabilização artificial de sistemas de armazenamento e tratamento de resíduos pecuários
Aplicação eficaz e muito estrita do Código de Boas Práticas Agrícolas, no que se refere à atividade pecuária
Desenvolvimento e aplicação de soluções alternativas de tratamento e destino final dos resíduos das pecuárias
Técnicas de construção que minimizem as necessidades de gastos de água por parte dos animais estabulados
Definição da cota de carga poluente máxima por unidade de exploração e controlo das respetivas descargas
Caraterização das lamas de depuração e efluentes pecuários e controlo das formas e zonas da sua deposição
Definição de locais apropriados de descarga de efluentes, com interdição de descarga destes nas zonas de maior infiltração
Identificação de áreas com restrições às descargas de efluentes pecuários e implementação destas restrições
Fiscalização das descargas

3. Redução das cargas de origem urbana em 80% – considerando os eventuais aumentos de carga poluente pela considerável expansão do turismo, conforme aos cenários de evolução sócio-económica de maior pressão, propõe-se as seguintes medidas para atingir o estado bom (Quadro 1-15):

**Quadro 1-15 – Medidas de redução das cargas urbanas/domésticas e industriais nos pontos críticos em termos de má qualidade, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Identificação e encerramento de todas as fossas ou outros sistemas de resíduos domésticos ilegais e canalização destas descargas para sistemas de tratamento de muito elevada eficácia (como os abaixo referidos)
Desativação de todas as fossas sépticas e ligação a redes de tratamento/ETAR de muito alta eficácia, que façam a remoção total da carga poluente dos efluentes
Instalação de novas ETAR de alto desempenho e devidamente dimensionadas para a população flutuante que venha a estabelecer-se na região
Impermeabilização dos sistemas de tratamento e/ou armazenamento de águas residuais
Melhoramento, reconversão e posterior monitorização dos sistemas de esgotos e similares com vista a prevenir e eliminar fugas de efluentes
Valoração dos resíduos para matéria-prima de atividades industriais (indústria de fertilizantes, etc.)
Definição de locais apropriados de descarga de efluentes, com interdição de descarga destes nas zonas de maior infiltração
Soluções alternativas de tratamento e destino final de águas residuais urbanas
Definição e cumprimento das cotas de carga máxima por infraestrutura

- *Nas áreas atualmente com má qualidade devida aos cloretos, sulfatos e condutividade elétrica e/ou com tendências de subida destes parâmetros – considera-se que o bom estado pode ser alcançado **se até 2021**:*

1. Se estabelecerem novos limiares de qualidade devidamente definidos em função das características hidrogeoquímicas destes locais, dado esta poluição estar relacionada com a natureza geológica dos estratos onde se localizam os pontos de água.
2. Se inverterem as tendências de subida de cloretos, sulfatos e condutividade elétrica, através das medidas indicadas no Quadro 1-16. O objetivo destas medidas é essencialmente o de evitar a influência de águas que circulem em formações evaporíticas sobre águas de níveis mais superficiais.

**Quadro 1-16 – Medidas de inversão de tendências de subida de parâmetros em zonas de má qualidade de cloretos, sulfatos e condutividade elétrica, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Evitar ou proibir a extração de água nos níveis aquíferos mais profundos
Reduzir os volumes de extração de água subterrânea
Recorrer preferencialmente a águas de superfície

3. Se reduzirem as futuras cargas para valores da ordem dos 40% de carga urbana e da ordem dos 30% da carga agrícola, sendo estes valores adotados como medida de precaucionaridade. Assim as medidas a implementar seriam (Quadro 1-17):

**Quadro 1-17 – Medidas de redução de cargas de origem agrícola e doméstica em zonas de má qualidade de cloretos, sulfatos e condutividade elétrica, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Aplicação efetiva e estrita do Código de Boas Práticas Agrícolas
Adoção de técnicas de cultivo que permitam a remoção do excesso de nitratos, sulfatos e cloretos
Adoção de técnicas de rega desfavoráveis à concentração de cloretos nos solos
Adoção de horários de rega (em especial em espaços públicos e jardins privados) que evitem a evapotranspiração e a possível mobilização de sais
Uso preferencial de águas de rega com baixos teores em sais e cloretos (ex.: de origem superficial de reconhecido baixo teor salino)
Obrigatoriedade de impermeabilização artificial de sistemas de tratamento e/ou armazenamento de águas residuais
Uso restritivo de fertilizantes e fitossanitários cujas fórmulas sejam baseadas em cloretos e sulfatos e que permitam a fácil mobilização destes no meio hídrico
Implementação do uso de fertilizantes e fitossanitários com composições onde os cloretos e sulfatos estejam ausentes ou em percentagens muito reduzidas
Desativação de todas as fossas sépticas e ligação a redes de tratamento/ETAR de alta eficácia
Aplicação de soluções alternativas de ETAR de alto desempenho para agregados populacionais baixos (<40 hab/km <sup>2</sup> )
Instalação de novas ETAR de alto desempenho, devidamente dimensionadas para a população flutuante que venha a estabelecer-se na região

- *Em toda a massa de água, com especial destaque para as zonas mais próximas do litoral* – considera-se que o bom estado quantitativo poderá ser mantido, podendo as taxas de exploração passar para valores da ordem dos 39% (ao invés dos previstos 91% se não houver redução de consumos), se se reduzirem os consumos urbanos e na indústria (ou em alternativa se se compensar alguns destes gastos com recarga artificial) e, eventualmente, nos campos de golfe. Considerando o volume de consumos agrícolas e pecuários definidos no Plano como sendo satisfeitos pelas águas subterrâneas não se considera relevante proceder à redução dos seus gastos, embora a implementação do Código de Boas Práticas e a modificação de algumas regras nos atuais/futuros regadios possa promover algumas reduções de consumos. Assim considera-se que é possível manter o bom estado quantitativo, se se **implementarem desde já** as seguintes medidas:

1. Se reduzam até 65% os volumes futuros explorados para consumo urbano – conforme os cenários sócio-económicos, a população permanente mantém-se mas haverá um forte aumento do turismo, ou seja, um grande aumento dos consumos durante os meses de Verão. Assim é necessário estabelecer estratégias de reservas para esses períodos de ponta e racionalizar os consumos. Para atingir este limiar de exploração, fazendo face o aumento previsível de 91% dos consumos urbanos é necessário que se implemente (Quadro 1-18):

**Quadro 1-18 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, para os consumos urbanos, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Restruturação e manutenção adequada da rede de distribuição de modo a reduzir em 70% as perdas na distribuição
Reutilização de águas de pior qualidade (ex.: provenientes de ETARs) para regas de relvados e outros espaços públicos, descargas de sistemas sanitários ou outros usos onde a água não necessite de ter igual qualidade à de consumo humano
Reconversão de métodos de rega, em especial os destinados a espaços públicos e de lazer
Horários estritos de rega de espaços públicos, privados e de lazer, coincidentes com as horas de menor evapotranspiração, de modo a reduzir as perdas de água
O recurso a fontes alternativas de água (águas superficiais, águas residuais tratadas com qualidade para consumo humano, etc.) para o abastecimento doméstico
O eventual recurso a águas provenientes de zonas fora da região
Distribuir as extrações de modo a não originar zonas de rebaixamentos acentuados e limitar as extrações ou colocar em reserva estratégica captações em áreas já atualmente em declínio piezométrico (ex.: zona de Nadadouro, Vau, setor Norte do sistema aquífero)
Estabelecer condicionantes à construção de novas captações, em especial nas regiões já afetadas e/ou passíveis de rebaixamentos piezométricos

Medida
Delimitação de áreas de infiltração máxima com vista à sua proteção e eventual utilização como áreas preferenciais de recarga artificial
Proteção das zonas de infiltração máxima, impedindo a realização de infraestruturas que levem à sua impermeabilização ou redução das capacidades de infiltração
Desenvolver a recarga artificial do aquífero, nas zonas de maior infiltração
Implementar eventuais planos de contingência similares aos de situação de seca para os períodos de pico de turismo
Implementação do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

2. Se reduzam até 30% futuros os volumes explorados para consumo industrial – neste caso os aumentos são relativamente pouco expressivos em termos de hm<sup>3</sup> consumidos, pelo que se considera que esta redução é possível se se mantiverem os níveis atuais de consumo, o que pode ser obtido por (Quadro 1-19):

**Quadro 1-19 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, para os consumos industriais, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Implementação do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
Investimento em processos de fabrico economizadores de água, incluindo eventuais novas tecnologias de produção
Reestruturação (e manutenção regular) das redes de distribuição de água dentro das instalações fabris de modo a reduzir-se as perdas de água
Reciclagem e reutilização das águas usadas nos processos de fabrico, e com qualidade ainda significativa, para aplicação em sistemas de refrigeração ou outros, que não exijam água com qualidade para consumo humano
Reutilização das águas de qualidade inferior, rejeitadas das instalações, para aplicações menos restritivas (ex.: abastecimento a casas de banho, lavagens de pavimentos, etc.)

3. Se reduzam até 35% futuros os volumes explorados para campos de golfe – dada a prevista expansão do n.º de campos de golfe é necessário adotar medidas que permitam uma redução dos consumos, da ordem acima assinalada, o que pode ser obtido por (Quadro 1.20):

**Quadro 1.20 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, para os consumos de campos de golfe, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

Medida
Utilização de sistemas de rega de alta eficiência (baixo consumo)
Adoção de horários de rega que permitam a redução dos volumes perdidos por evapotranspiração sem comprometer a qualidade dos enrelvamentos
Utilização para rega de águas de pior qualidade (ex.: provenientes de ETARs), mas que não comprometam a qualidade das águas subterrâneas da área subjacente ao campo de golfe
Redução do escoamento superficial e promoção, com estruturas adequadas, da infiltração dos escoamentos
Adoção de espécies resistentes à seca e/ou com menores necessidades de rega
Adoção do Manual de Boas Práticas Ambientais para Campos de Golfe (Almeida et al., 2009)



Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
Junho de 2012

**VISTOS**



J.P. Cárcamo Lobo Ferreira  
Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

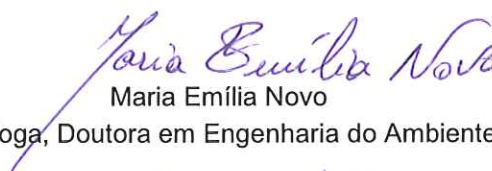


Rafaela de Saldanha Matos  
Directora do Departamento de Hidráulica e  
Ambiente  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

**AUTORIAS**



J.P. Cárcamo Lobo Ferreira  
Dr.-Ing. Habil. em Engenharia Civil



Maria Emília Novo  
Geóloga, Doutora em Engenharia do Ambiente



Teresa E. Leitão  
Doutora em Hidrogeologia



Manuel Mendes Oliveira  
Doutor em Hidrogeologia



Maria José Henriques  
Geóloga



Luís S. Oliveira  
Eng. do Ambiente e Mestre pelo IST



Tiago Martins  
Geólogo

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (inclui a bibliografia dos anexos)

- [http://www.ccdr-alg.pt/ccdr/parameters/ccdr-  
alg/files/File/documentos/ambiente/av\\_imp\\_amb/RNT\\_Almada\\_Ouro.pdf](http://www.ccdr-alg.pt/ccdr/parameters/ccdr-<br/>alg/files/File/documentos/ambiente/av_imp_amb/RNT_Almada_Ouro.pdf) - *Resumo não Técnico da Reformulação do Estudo de Impacte Ambiental do Campo de Golfe “Almada de Ouro Golf & Country Club*). Ecosistema, Iberbio, Outubro de 2007, pp. 12.
- Almeida, C., Mendonça, J.J.L., Jesus, M.R., Gomes, A.J. (2000). *Actualização do Inventário dos Sistemas Aquíferos de Portugal Continental*. Centro de Geologia e Instituto da Água, Dezembro 2000, 661 p.
- Almeida, A.B., Almeida, J., Cabelreira, H., Calixto, V., Clemente, A.M., Correia, O., Correia, P., Ebert, M., Ferreira, P., Goulão, J., Grave, R., Machado, P., Manso, J.P., Morais, S., Pais, M.S., Pinto, A.P., Rebelo, P., Rebelo, V.Q., Ribeiro, D., Santos, H.P., Silva, A.B., Silva, J.M., Silva, S.P., Tenreiro, R. (2009). *Manual de Boas Práticas Ambientais para Campos de Golfe: Normas para Planeamento, Projecto, Obra e Exploração de Campos de Golfe numa Perspectiva de Sustentabilidade Ambiental*. Agência Portuguesa do Ambiente, 338 pp. In: [http://www.turismodeportugal.pt/Portugu%C3%AAs/AreasAtividade/ProdutoseDestinos/Documents/Doc5\\_ManualBoasPraticasAmbientaisCamposGolfe.pdf](http://www.turismodeportugal.pt/Portugu%C3%AAs/AreasAtividade/ProdutoseDestinos/Documents/Doc5_ManualBoasPraticasAmbientaisCamposGolfe.pdf)
- ARH Tejo (2011). *Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste. Fichas de Medidas. Síntese para Consulta Pública – Versão Extensa*. Lisboa, Setembro 2011, pp. 177.
- Cabral, J. (1995). *Neotetónica em Portugal Continental*. Memórias do Instituto Geológico e Mineiro, n.º 31, 265 pp.
- Ferreira, A.M. (2009). *Modelo de Gestão de afluência a Digestor Anaeróbio*. Tese de Mestrado. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente. Universidade Nova de Lisboa.
- França, J.C., Zbyszewski, G. (1963). *Carta Geológica de Portugal, 1:50 000, Notícia Explicativa da Folha 26-B: Alcobaça*. Serviços Geológicos de Portugal, pp. 51.
- INAG (2009a). *Memorando Substâncias Perigosas - 80/68/CEE - Diretiva do Conselho de 17 Dezembro 1979*. Memorando Interno. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Instituto da Água, I. P. 2 pp.

- INAG (2009b). *Estabelecimento de Limiares nas Águas Subterrâneas*. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Instituto da Água, I. P., Departamento de Monitorização e Sistemas de Informação do Domínio Hídrico, Divisão de Qualidade da Água, 261 pp.
- INSAAR (2008). *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e da Drenagem e Tratamento de Águas Residuais Sistemas Públicos Urbanos (dados 2008)*. Maio, 2010.
- Leitão, T.E., Barbosa, A. E., Henriques, M.J., Ikävalko, V.M., Meneses, J. T. (2005). *Avaliação e Gestão Ambiental das Águas de Escorrências de Estradas*. Relatório Final. Relatório 109/05 - NAS, LNEC.
- Lobo Ferreira, J.P., Oliveira, M.M., Leitão, T. E., Novo, M.E., Moinante, M. J., Henriques (2001). *Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste. 1.ª Fase – Análise e Diagnóstico da Situação Actual. Contribuição da Componente Águas Subterrâneas para as Secções 3 - Recursos Hídricos e 7 - Qualidade dos Meios Hídricos. Volume I - Síntese*. Fevereiro de 2001, 21 pp.
- Lobo Ferreira, J.P., Vaz Pinto, I., Monteiro, J.P., Oliveira, M.M., Leitão, T.E., Nunes, L., Novo, M.E., Salvador, N., Pombo, S., Silva, M.F., Igreja, A., Nunes, J.F., Leal, G., Henriques, M.J., Silva, D., Oliveira, L., Martins, T., Martins, R., Monte, M., Martins, J., Braceiro, A., Henriques, R.S., Quaresma, M. (2011). *Plano das bacias hidrográficas das Ribeiras do Oeste - Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos (Versão de Agosto de 2011)*. Consórcio Hidroprojeto/LNEC/ICCE. Rel. 290/2011 – NAS. Estudo realizado para a Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I.P., 597 pp.
- MAOT (2001). *Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste. 1.ª Fase - Análise e Diagnóstico da Situação de Referência. Volume Síntese*. Setembro de 2001. 568 pp.
- Oliveira, M. M., Novo, M. E., Moinante, M. J., Henriques, M. J., Lobo Ferreira, J.P. (2001). *Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste – 1.ª Fase – Análise e Diagnóstico da Situação Actual. Anexo Temático 4 - Recursos Hídricos Subterrâneos*. Estudo realizado para a Hidrotécnica Portuguesa – Consultores para Estudos e Projetos, Lda. Relatório PBH - Ribeiras do Oeste, Proc. 607/1/13022, LNEC.DH.GIAS, Lisboa, Janeiro/2001, 299 p.

- Oliveira, M.M. (2004, 2006). *Recarga de Águas Subterrâneas: Métodos de avaliação*. Doutoramento em Geologia (Hidrogeologia), Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, 440 pp., 2004. Também: Teses e Programas de Investigação - TPI 42, ISBN 972-49-2093-3, Editora LNEC, 2006.
- Oliveira, M.M., Lobo Ferreira, J.P.C. (2002a). *Proposta de uma Metodologia para a Definição de Áreas de Infiltração Máxima*. Comunicação apresentada no 6º Congresso da Água: A água é d'ouro, organizado pela Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), realizado no Centro de Congressos da Alfândega, Porto, 18 a 22 de Março de 2002, 16 pp.
- Oliveira, M.M., Lobo Ferreira, J.P.C. (2002b). *Proposta de uma Metodologia para a Definição de Áreas de Infiltração Máxima*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Revista Recursos Hídricos, Vol. 23 n.º 1, Maio 2002 pp. 63-74.
- Paz, M. (2009). *Modelação Matemática do Escoamento e da Poluição do Sistema Aquífero Caldas da Rainha – Nazaré, Setor Correspondente ao Vale Tifónico de Caldas da Rainha*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, IST.
- Saraiva, M.P.; Peixinho de Cristo, F. (1994). *Aquífero do Vale Tifónico das Caldas da Rainha – Sua Importância para o Abastecimento Público*. 2.º Congresso da Água - O Presente e o Futuro da Água em Portugal. Lisboa, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.
- Zbyszewski, G. (1959). *Étude Structurale de L'Aire Typhonique de Caldas da Rainha*. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal, Memória n.º 3.
- Zbyszewski, G., Moitinho de Almeida, F. (1960). *Carta Geológica de Portugal, Escala 1:50 000, Notícia Explicativa da Folha 26-D: Caldas da Rainha*. Serviços Geológicos de Portugal, pp. 56.

## **ANEXOS**

---



## ANEXO 1 – PERFIS ESQUEMÁTICOS DAS MASSAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Este sistema aquífero é constituído por 2 setores separados em área: o vale tifónico de Caldas da Rainha, a S, e o vale tifónico da Nazaré, a N. É um sistema multicamada, de porosidade intergranular, livre a confinado (Almeida *et al.*, 2000). É alimentado através de recarga direta ou eventualmente, rios influentes (Almeida *et al.*, 2000) como por exemplo o rio Arnóia (Paz, 2009). Estes rios influentes podem estabelecer assim ligações hidráulicas entre este e outros sistemas aquíferos; poderá ser este o caso das ribeiras da Areia e da Lama que, vindo do sistema de Alpedriz contactam e/ou atravessam o setor Norte do sistema Caldas da Rainha-Nazaré (vale tifónico de Nazaré); o mesmo poderá talvez ocorrer para as ribeiras de Arnóia e outras que provenham de leste e atravessem o vale tifónico das Caldas da Rainha. Poderá eventualmente ocorrer também recarga, neste último setor, a partir de descargas ocultas do sistema aquífero de Cesareda.

As descargas naturais principais situam-se na região do Ameal (Almeida *et al.*, 2000) e São Martinho do Porto (Paz, 2009) no setor de Caldas da Rainha, embora Zbyszewski (1959) assinale a existência de diversas outras nascentes, entre elas as que abastecem a Poça dos Ninhos, zona húmida mantida pela presença a pequena profundidade do substrato hetangiano. Deste modo o fluxo ocorre aproximadamente de Leste para Oeste (Paz, 2009), embora possa localmente ser modificado devido à presença de depressões locais na superfície piezométrica, originadas pelos pólos de captação para abastecimento público. Além das nascentes o aquífero descarrega também em direção aos cursos de água que as drenam e, no caso das massas de águas costeiras, em direção ao mar, casos das massas de águas subterrâneas O04RH4 – Orla Ocidental indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste e O33 – Caldas da Rainha-Nazaré junto a S. Martinho do Porto. Na zona de contacto com a água do mar pode haver situações de intrusão marinha, que não se preveem importantes.

De acordo com Paz (2009) o vale tifónico de Caldas da Rainha pode ser dividido em três zonas de condutividades distintas, sendo a mais condutiva situada a N, diminuindo progressivamente para S:  $K1 = 4,00 \times 10^{-3}$  m/s,  $K2$  (setor central) =  $6,40 \times 10^{-4}$  m/s e  $K3$  (setor S) =  $7,20 \times 10^{-4}$  m/s.

Dos trabalhos de simulação matemática do vale tifónico das Caldas da Rainha, Paz (2009) conclui-se que o regime de interação rios/aquíferos pode ser modificado pelos regimes de bombagem. Deduz-se, do trabalho desta autora, que os rios mais sensíveis neste aspeto poderão ser os de Tornada e Alfeizerão.

De referir ainda que as águas mais profundas, e que entram em contacto com as formações hetangianas, têm características hidroquímicas específicas.

A análise da informação dos logs de sondagens com vista a um melhor conhecimento da geometria e funcionamento deste sistema aquífero mostrou a seguinte estrutura geométrica para cada um dos dois setores que o definem:

#### **A. Setor Norte**

Este setor Norte é uma bacia alongada segundo a direção NE-SW, constituída por areias predominantemente finas mas com intercalações admissivelmente lenticulares de areias grosseiras, areias médias, arenitos e lenhites (Figura A-1, Figura A-2 e Figura A-3). A espessura das unidades areníticas aumenta para leste, em direção ao centro da bacia, que se constitui na área mais profunda intersectada pelas sondagens, podendo atingir espessuras da ordem dos 70 a 80 m (Figura A-2). Apesar de não se possuir informação da bordadura oriental deste setor do vale tifónico, as unidades detríticas deverão diminuir de espessura em direção a este bordo.

Desde a zona Norte até ao centro deste setor do diapiro, a sucessão de areias é interrompida por uma unidade de argilas, que parece assim definir duas subunidades (uma mais superficial e outra mais profunda) de areias. Este nível de argilas, que parece prolongar-se para leste, está ausente na zona sul deste setor do diapiro (cf. Figura A-4, Figura A-5, Figura A-6 e Figura A-7). Na zona central do diapiro ocorre ainda uma unidade lenticular de apreciável extensão, constituída por areias médias a grosseiras (Figura A-1, Figura A-3, Figura A-4, Figura A-5, Figura A-6 e Figura A-7; cf. Figura A-8 para a localização dos cortes geológicos que originaram os blocos diagrama).

A base da sequência relativamente monótona de areias é definida por uma espessa unidade argilosa, que se prolonga de modo contínuo ao longo de toda a área intersectada pelas sondagens. Existe contudo uma anomalia no setor intersectado pelo corte B (Figura A-3), onde não foi registada a presença deste nível de argilas. Contudo, a sondagem mais a NW (Figura A-3, ponto 1190) é demasiado superficial e poderá não ter intersectado a ocorrência destas argilas. A sua ausência na sondagem



intermédia deste corte poderá sugerir apenas não uma ausência total das argilas mas simplesmente que nesta região central do diapiro as argilas definem uma estrutura lenticular que não se prolonga para leste.

Subjacentemente a esta unidade de argilas, que constitui a base do sistema aquífero, ocorre uma unidade de margas, admissivelmente muito espessa. Refira-se que os indícios desta grande espessura surgem apenas num ponto na Figura A-1 (assinalado com círculo a verde) dado que as restantes sondagens, quando atingem margas, sitas quase sempre em profundidade<sup>1</sup>, se limitam a atravessar os primeiros metros do seu topo.

Se se extrapolar a informação do ponto mais a S do corte A (cf. Figura A-1, ponto 1091), abaixo das margas ocorrem unidades argilosas e arenosas que poderão corresponder a depósitos triásicos. Esta elevação das margas até à superfície origina admissivelmente uma barreira à circulação, separando este setor do corpo principal do diapiro das Caldas da Rainha, sito a Sul, pelo que este setor Norte poderá considerar-se como tendo funcionamento hidráulico basicamente independente.

A bordadura do diapiro é definida por contacto tetónico com os calcários jurássicos inclinando no sentido inverso da direção do diapiro (Figura A-2 e Figura A-7).

Assim, resumidamente, pode definir-se a sucessão litológica deste setor do sistema aquífero em:

4. **Unidade 1** – unidade de areias finas, constitui a unidade aquífera, sendo uma sucessão monótona de areias. No setor N está dividida numa subunidade superficial e uma subunidade mais profunda separada por um nível de argilas; no setor sul, onde este nível de argilas já não ocorre, a sucessão de areias é essencialmente contínua até à base. Na zona central ocorre ainda uma lentícula de areias médias a grosseiras de alguma extensão em área.
5. **Unidade 2** – unidade de argilas, subjacente à unidade de areias finas, constitui a base do sistema aquífero, em conjunto com as formações subjacentes de margas.

---

<sup>1</sup> Exceção é o ponto no extremo S do corte A, já no limite setentrional deste setor do vale tífónico.

6. **Unidade 3** – unidade de margas, subjacente à Unidade 2, constitui com esta a base do sistema aquífero. É a responsável pela tectónica diapírica e consequente formação das depressões em que o sistema aquífero se desenvolve. O seu afloramento na região S interrompe eventuais ligações hidráulicas que se pudessem estabelecer entre este setor Norte e o setor Sul do diapiro das Caldas da Rainha.

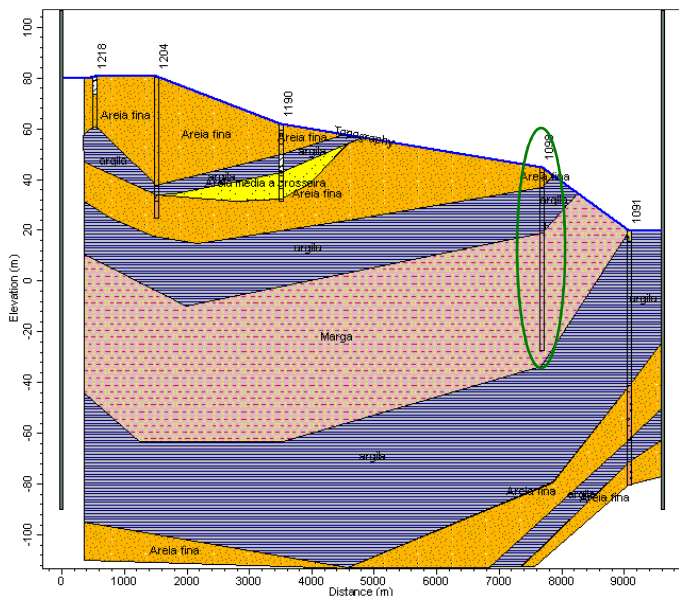


Figura A-1 – Corte A (NE-SW)

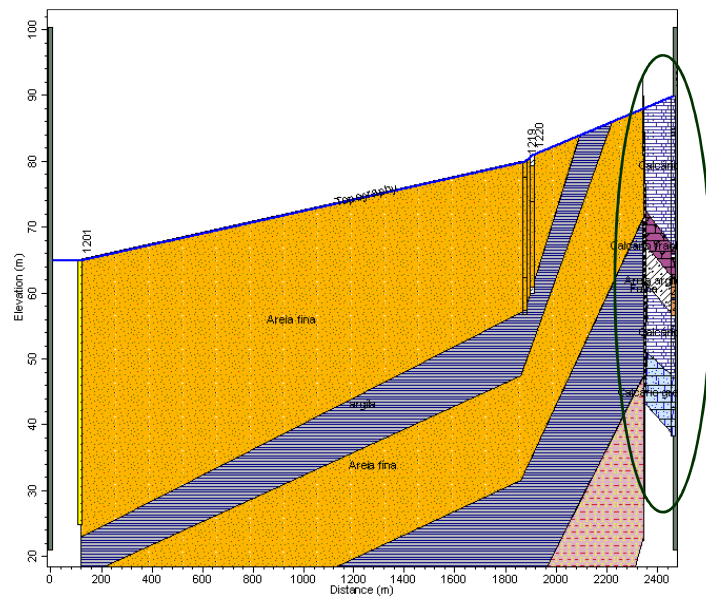


Figura A-2 – Corte B1 (SE-NW)

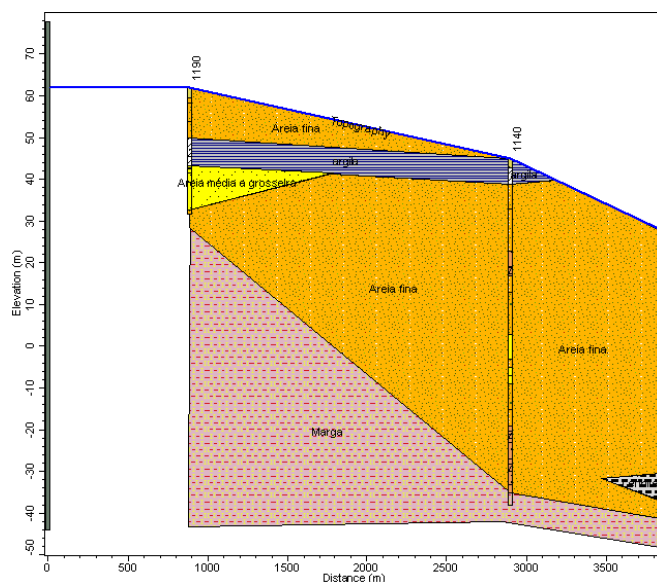
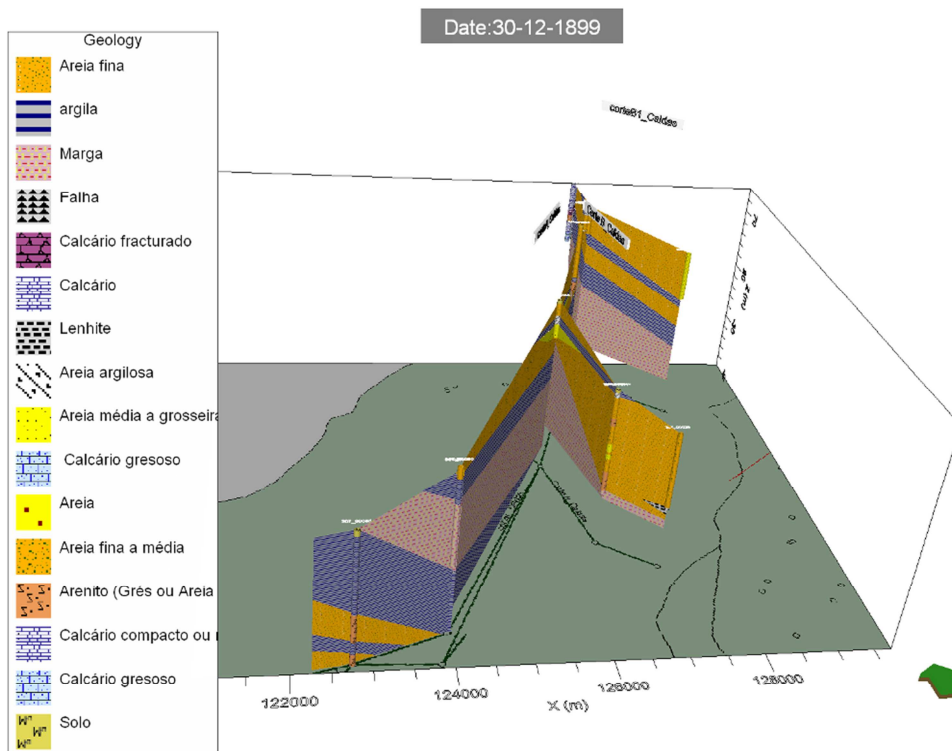
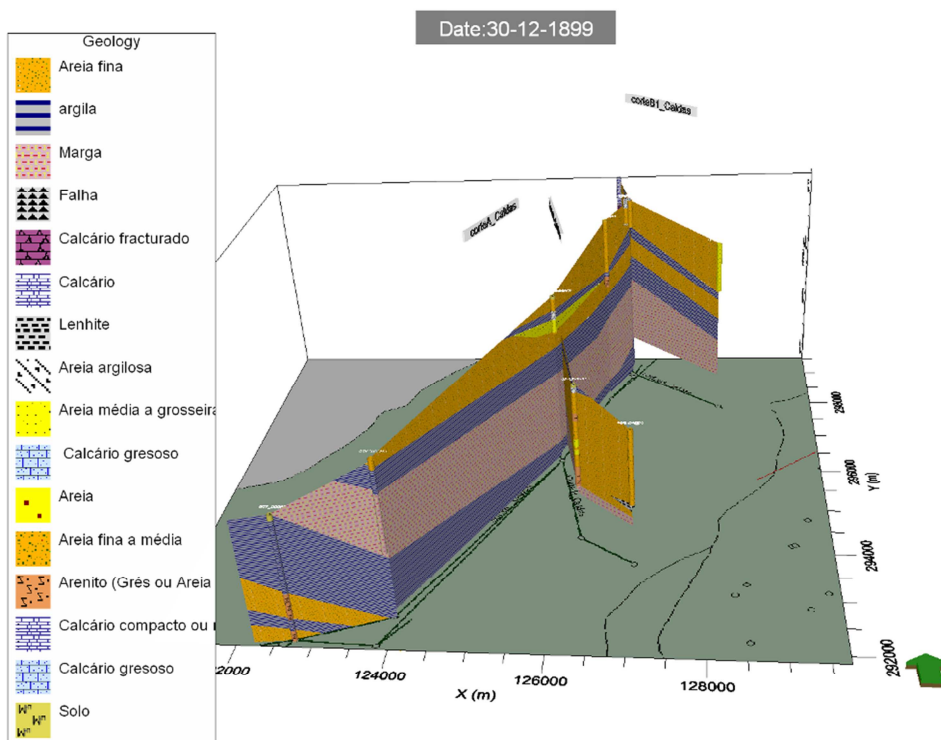


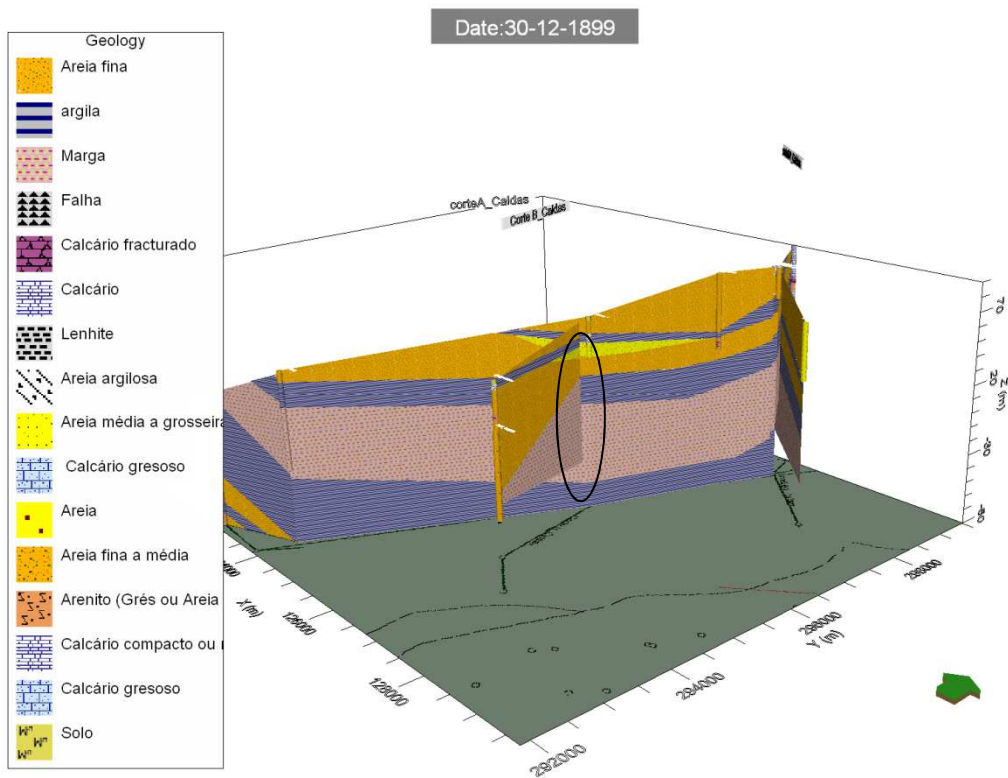
Figura A-3 – Corte B (NW-SE)



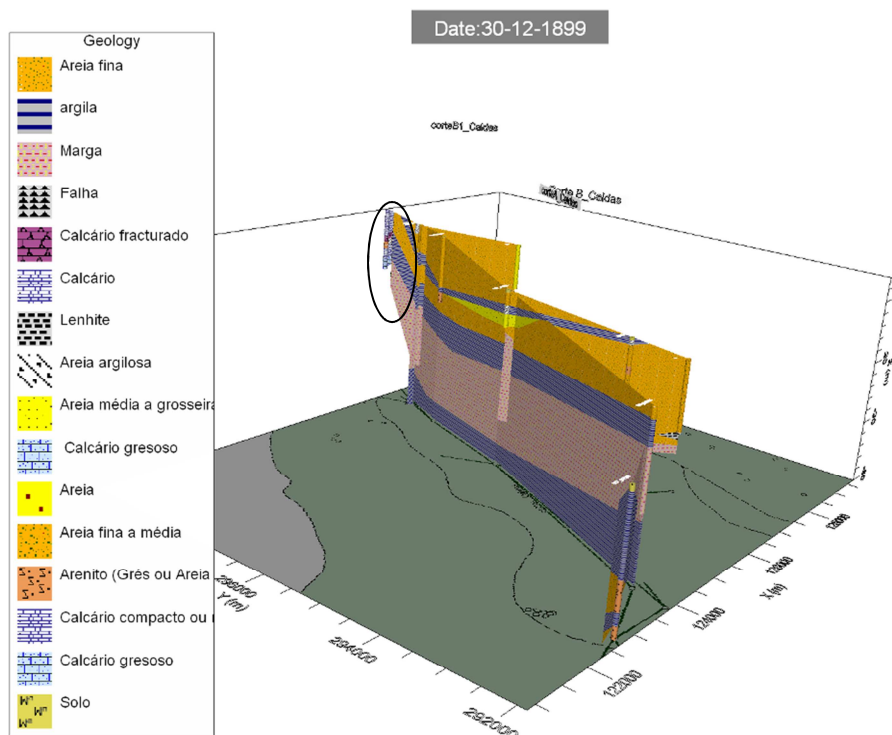
**Figura A-4 – Bloco diagrama cortes AB1B vista SSE-NNW**



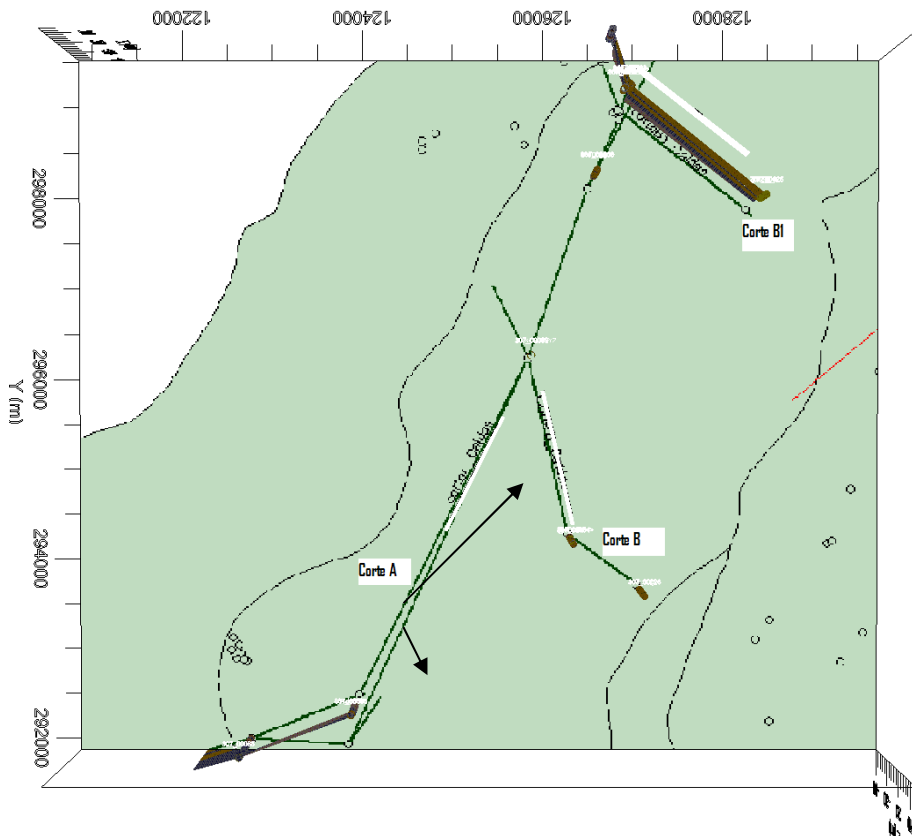
**Figura A-5 – Bloco diagrama cortes AB1B vista SE-NW**



**Figura A-6 – Bloco diagrama cortes AB1B vista quase E-W**



**Figura A-7 – Bloco diagrama cortes AB1B vista SW-NE**



**Figura A-8 – Mapa de localização dos cortes geológicos (setor norte)**

## **B. Setor Sul**

Este setor Sul é uma bacia alongada segundo a direção NE-SW, constituída predominantemente por areias finas e níveis de argilas e argilas arenosas. A sucessão de areias finas é intercalada por unidades mais ou menos lenticulares de areias médias, grés, siltes, argilas e lenhites (estas últimas poderão localmente ter alguma importância; *cf.* Figura A-16), as quais, por simplificação, se incluíram dentro da unidade das areias finas.

A espessura das unidades areníticas aumenta, na direção N-S, de Norte em direção à zona central do diapiro (setor S. Martinho do Porto-Serra de Bouro), reduzindo-se para Sul (Figura A-9). Contudo esta redução faz-se de forma complexa, dependendo do levantamento e rebaixamento de blocos de margas, como consequência da tetónica diapírica; esta complexidade está representada no Corte longo, onde é possível verificar as relações entre o setor Norte e setor Sul do diapiro de Caldas da Rainha, assim como com os sistemas aquíferos Cesareda e Paço.

Na direção E-W a espessura é mais variável, dado que na região central do diapiro tende a ocorrer o levantamento de um bloco de margas que nalguns locais parece interromper completamente a sequência de unidades arenosas, definindo assim uma zona ocidental e uma zona oriental no sistema aquífero (Figura A-10, Figura A-11, Figura A-12, Figura A-13, Figura A-14 e Figura A-16). Nalguns locais este levantamento do bloco de margas não atinge a superfície (Figura A-11) mas provoca uma redução acentuada da espessura da unidade de areias, o que terá efeitos no fluxo subterrâneo. O levantamento deste bloco de margas parece, pelo menos nalguns locais e de acordo com os dados das sondagens, ser provocado por falhas (Figura A-13 e Figura A-14).

O diapiro está atravessado por numerosas falhas, algumas das quais intersectadas pelos perfis geológicos representados nas Figura A-13, Figura A-14 e Figura A-18. Admissivelmente poderão separar o aquífero em blocos (Figura A-13, Figura A-14 e Figura A-18), em especial as que se associam ao levantamento de blocos de margas. A este propósito refira-se que a zona de Olho Marinho-Roliça (extremo Sul do diapiro) parece estar no seu essencial separada da região principal do sistema aquífero pela elevação de unidades margosas na região de Óbidos e ao longo do estrangulamento a sul desta localidade, elevação esta que parece igualmente dever-se à existência de falhas (Figura A-18; cf. zona marcada com círculo vermelho). As espessuras da unidade arenítica no setor de Olho Marinho-Roliça podem, na zona central mais profunda, atingir cerca de 100 m (Figura A-17).

As bordaduras Sul, Leste, Oeste e muito presumivelmente Norte são definidas igualmente por falhas, que põem em contacto as formações detríticas com os calcários envolventes. Estes calcários inclinam no sentido inverso do diapiro.

Na zona mais a norte do diapiro ocorrem níveis de argilas/argilas arenosas (Figura A-9 e Figura A-11) que dividem a unidade de areias finas em diversas subunidades relativamente superficiais, a que se sucede uma unidade de areias finas mais profunda, bastante espessa (mais de 100 m de espessura), localmente intercalada por níveis de argilas sem grande continuidade lateral aparente (Figura A-9). Intercalações de argila ocorrem igualmente ao longo do diapiro (Figura A-13, Figura A-14, Figura A-15 e Figura A-16), em profundidade, sendo de especial continuidade lateral na região de Foz do Arelho-Caldas da Rainha onde definem um nível com considerável extensão para leste (Figura A-16).

Nos blocos diagrama são ilustrados os aspetos acima referidos, nomeadamente a grande variabilidade de espessura, sendo nalguns casos visível o efeito das falhas sobre a geometria do sistema aquífero (Figura A-19 a Figura A-30). Uma perspetiva geral da geometria do sistema aquífero é dada na Figura A-31. Na Figura A-32 apresenta-se o mapa da localização dos cortes geológicos que originaram os blocos diagrama.

Resumidamente, pode definir-se a sucessão litológica deste setor do sistema aquífero em:

7. **Unidade 1** – unidade de areias finas, constitui a unidade aquífera, sendo uma sucessão de areias finas com intercalações lenticulares de areias médias, grés, siltes, argilas e lenhites. Níveis de argilas, com maior continuidade lateral, ocorrem também intercalados nestas areias, definindo localmente uma sucessão vertical de subunidades areníticas. Na região mais a norte deste setor do diapiro de Caldas da Rainha os níveis argilosos e argilo-arenosos parecem apresentar uma continuidade significativa. Esta unidade tem espessuras muito variáveis, havendo na generalidade dos casos uma diminuição na zona central do diapiro ao longo das direções E-W, podendo mesmo ocorrer em diversas regiões o seu total a quase total desaparecimento (ex.: região de Campo, região de Nadadouro-Caldas da Rainha, região de Caldas da Rainha-Óbidos-Roliça).
8. **Unidade 2** – unidade de argilas, subjacente à unidade de areias finas, constitui a base do sistema aquífero, em conjunto com as formações subjacentes de margas. Esta unidade está porém pouco representada, sendo intersectada apenas na região de S. Martinho do Porto-Alfeizerão. Em toda a restante área do diapiro as sondagens tipicamente registam uma passagem direta da unidade de areias finas para a unidade de margas.
9. **Unidade 3** – unidade de margas, na generalidade dos casos ocorre imediatamente subjacente à unidade de areias finas, constituindo a base do sistema aquífero. Tende a aflorar flora na zona central do diapiro, ao longo do trajeto N-S (ex.: região de Capo e região de Caldas da Rainha-Óbidos-Roliça), apresentando uma zona de afloramento semi-contínuo na região de Caldas da

Rainha-Óbidos-Roliça, praticamente isolando o extremo sul do corpo principal do diapiro. Dada a ocorrência de extensas áreas de afloramento das margas nesta última região, ocupando a maior parte da zona de estreitamento Óbidos-Pinhal-Dagorda, é de admitir que a ligação hidráulica entre o corpo principal do sistema aquífero e esta zona terminal Sul esteja muito condicionada ou possa ser mesmo quase inexistente.

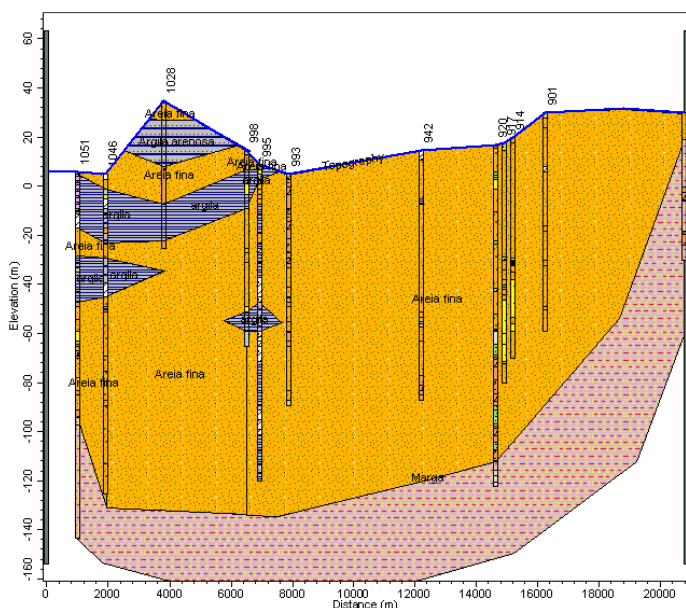


Figura A-9 – Corte D1 (NE-SW)

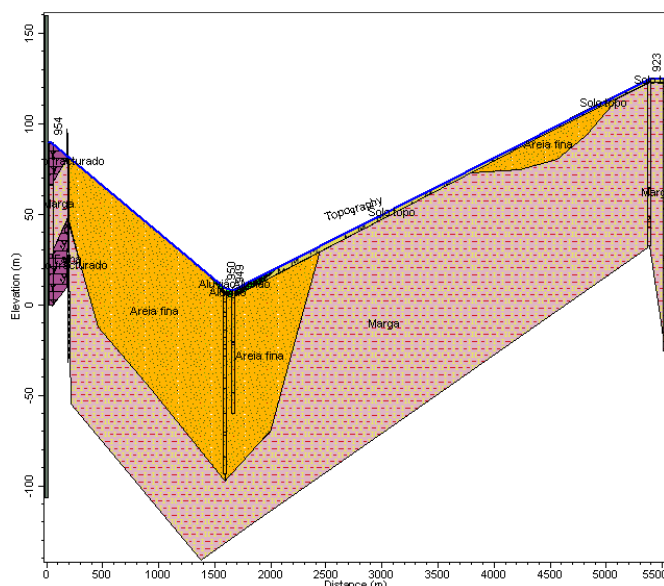
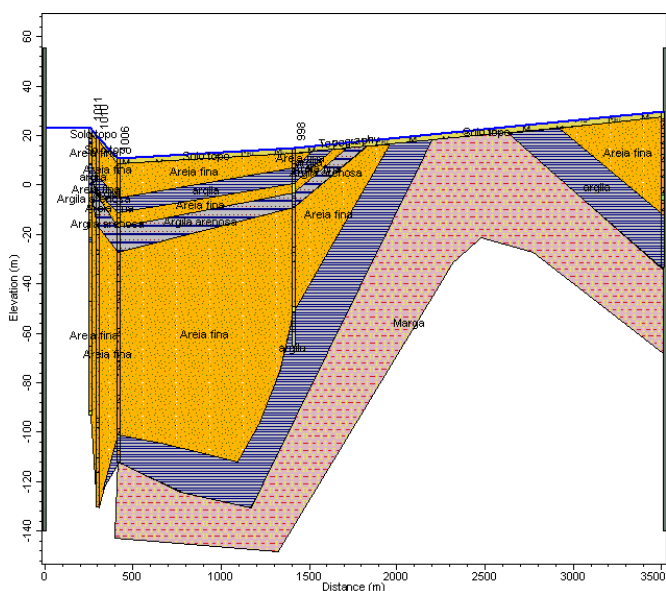


Figura A-10 – Corte E1 (W-E)





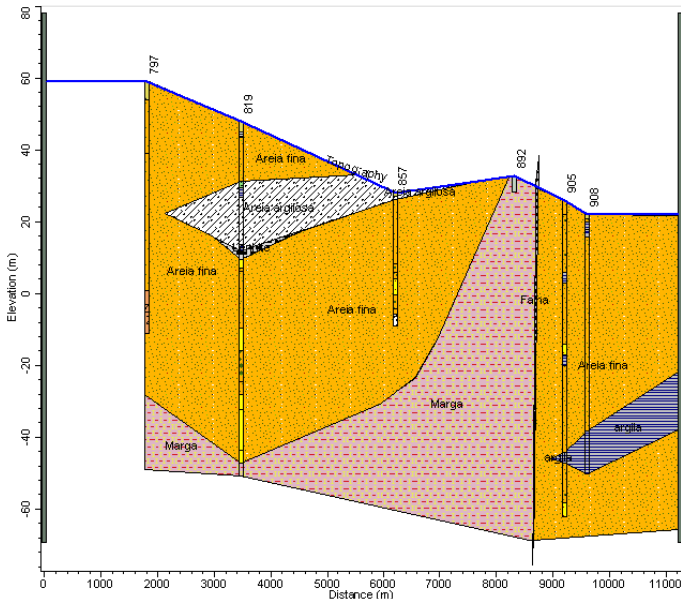


Figura A-13 – Corte G1 (SE-NW)

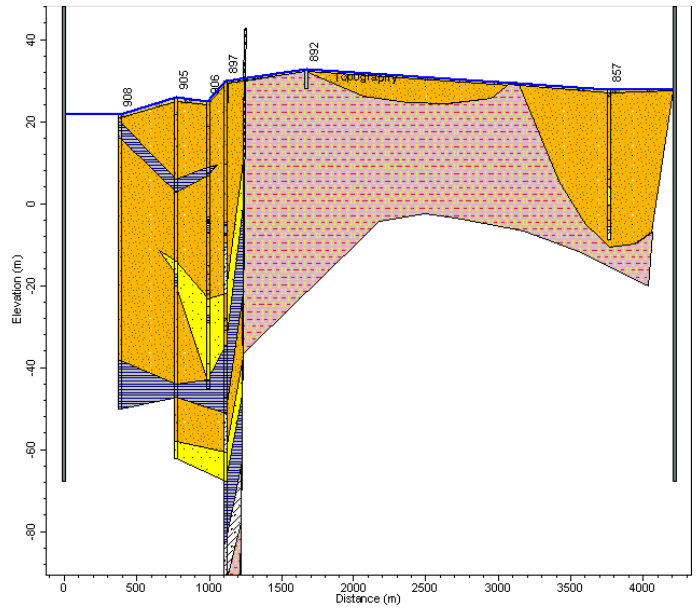


Figura A-14 – Corte G (W-E)

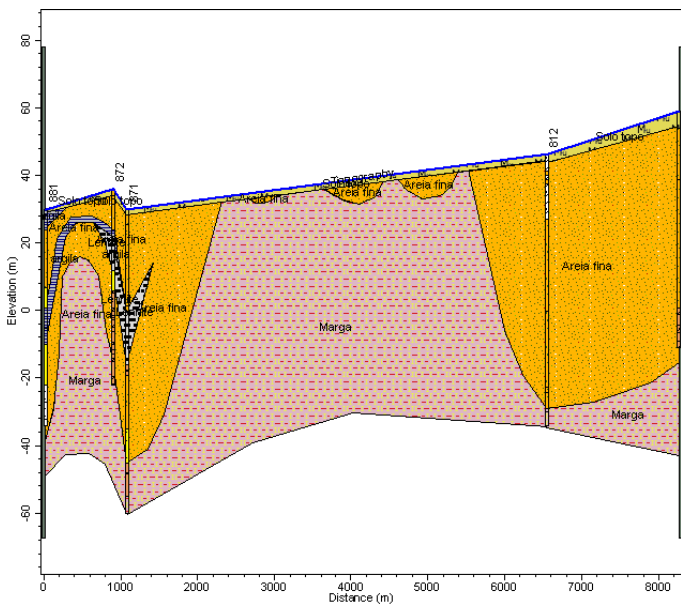


Figura A-15 – Corte H1 (W-E)

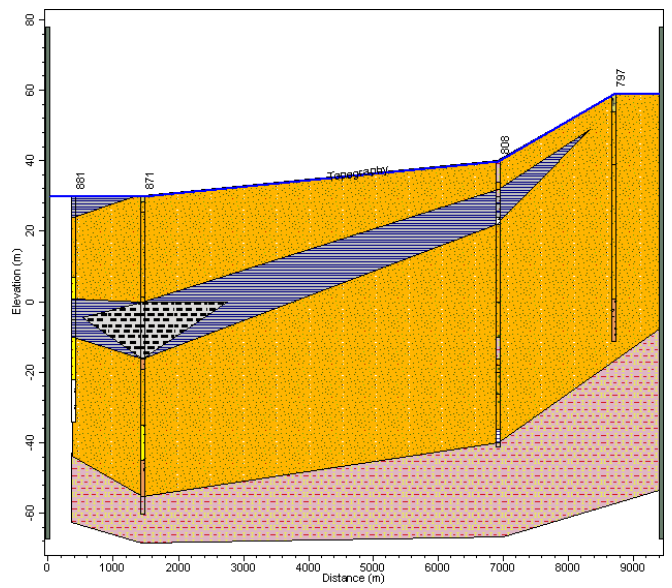


Figura A-16 – Corte H (NW-SE)

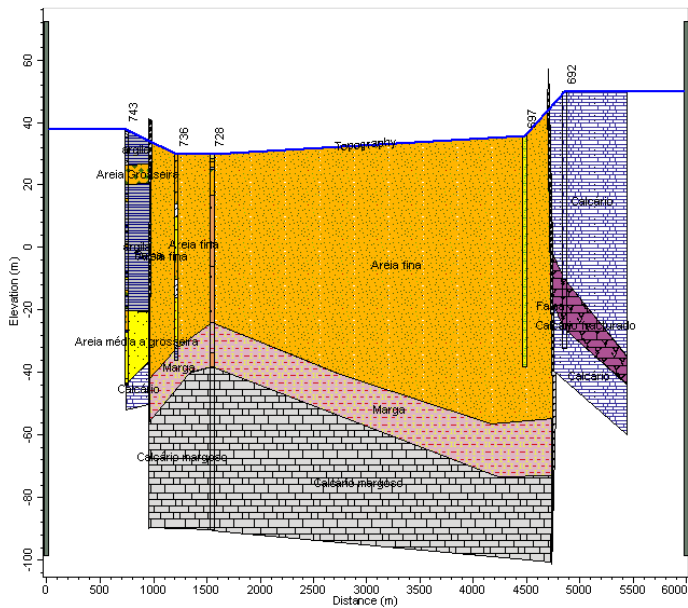


Figura A-17 – Corte I (NW-SE)

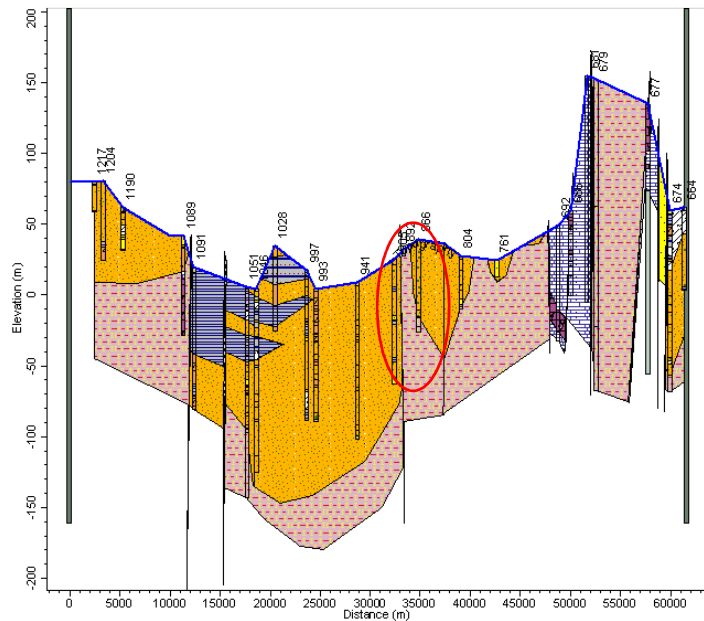


Figura A-18 – Corte longo (NE-SW)

Nota: a zona de lacuna nos blocos diagrama refere-se não a ausência de dados mas a limitações gráficas, correspondendo à unidade de areias finas.

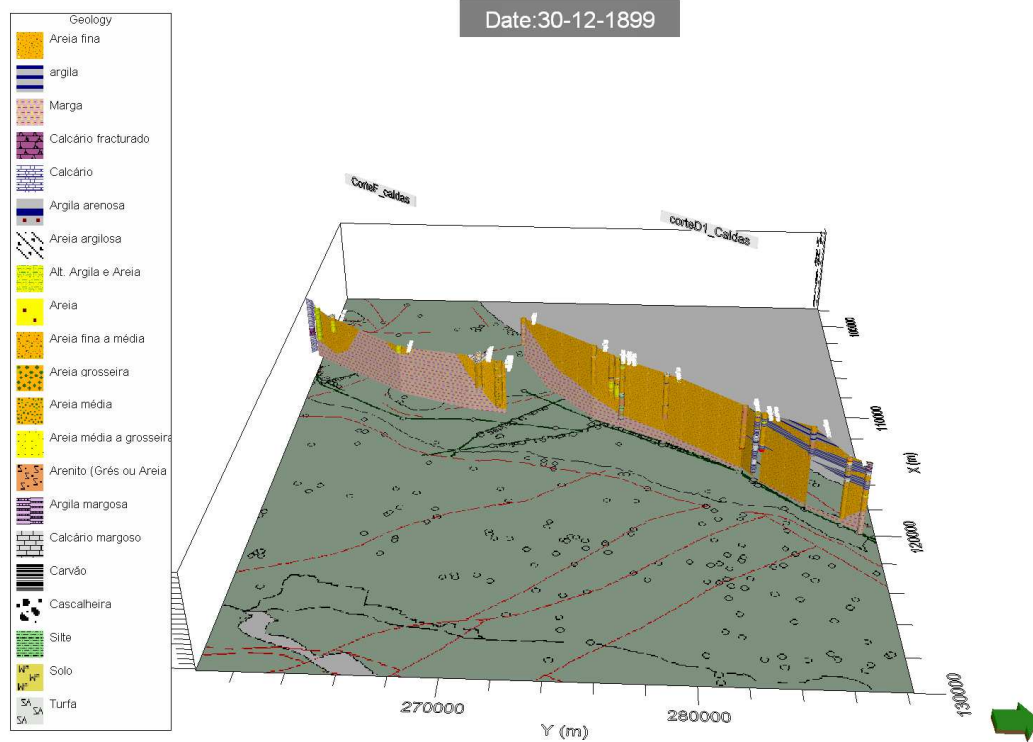
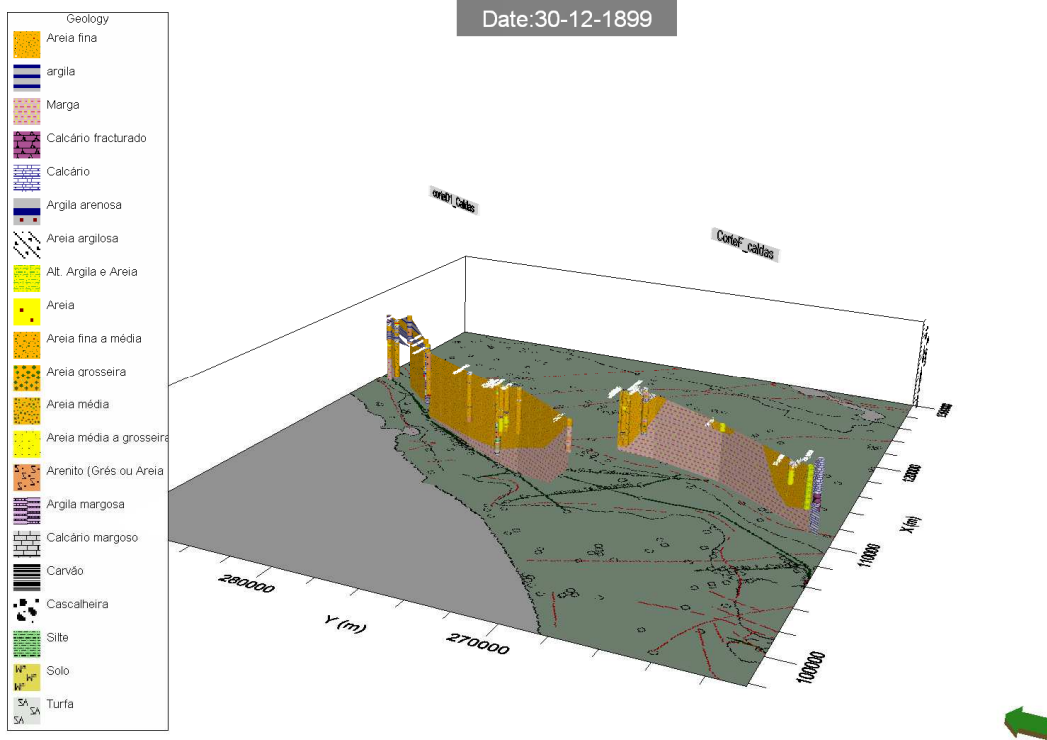
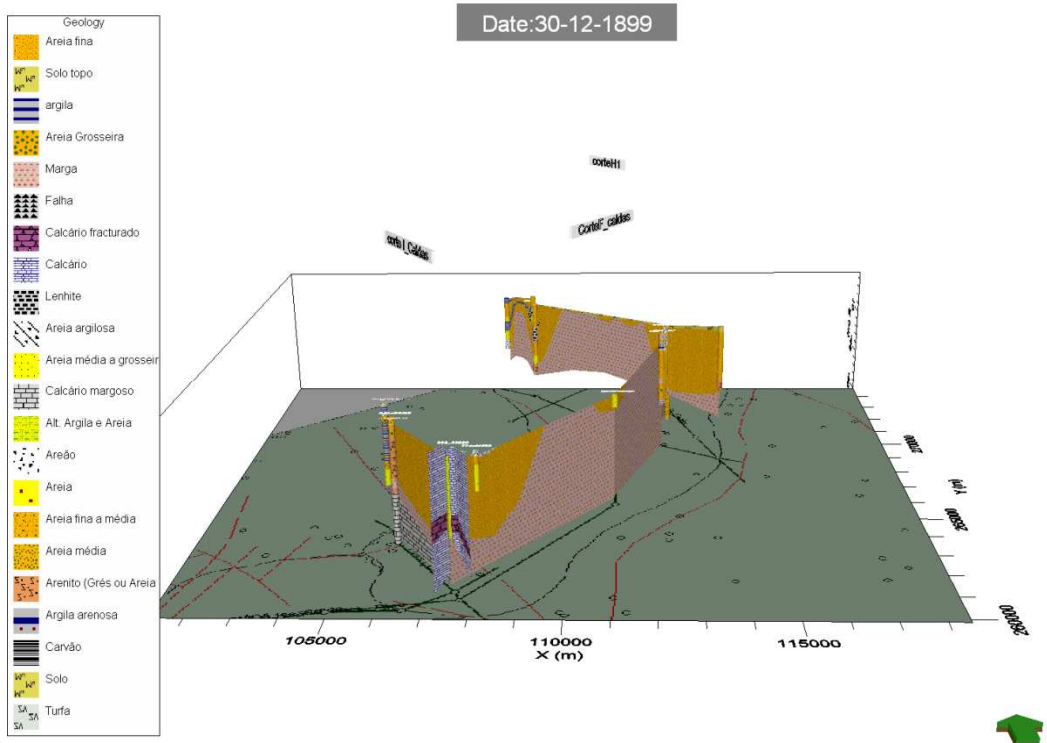


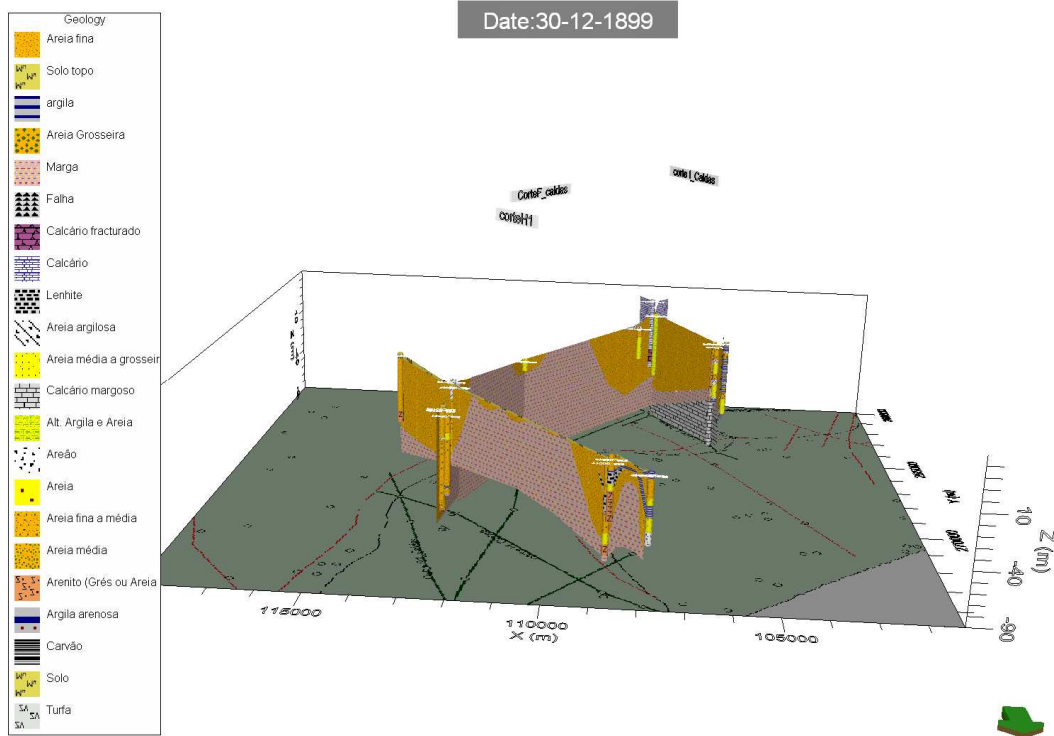
Figura A-19 – Bloco diagrama cortes F1D1 vista ENE-WSW



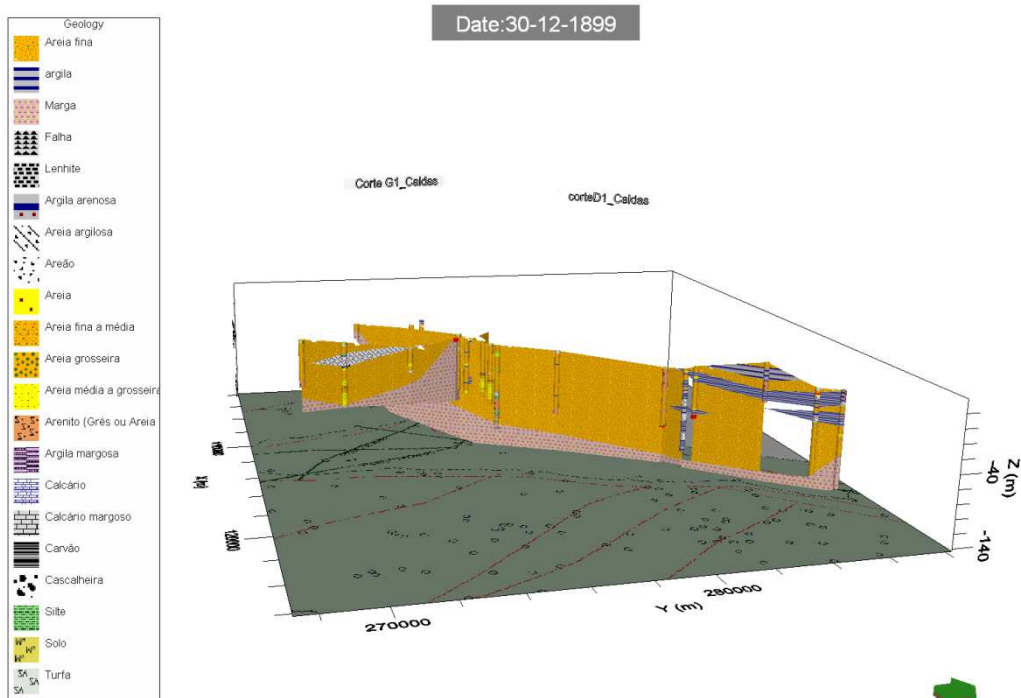
**Figura A-20 – Bloco diagrama cortes F1D1 vista SW-NE**



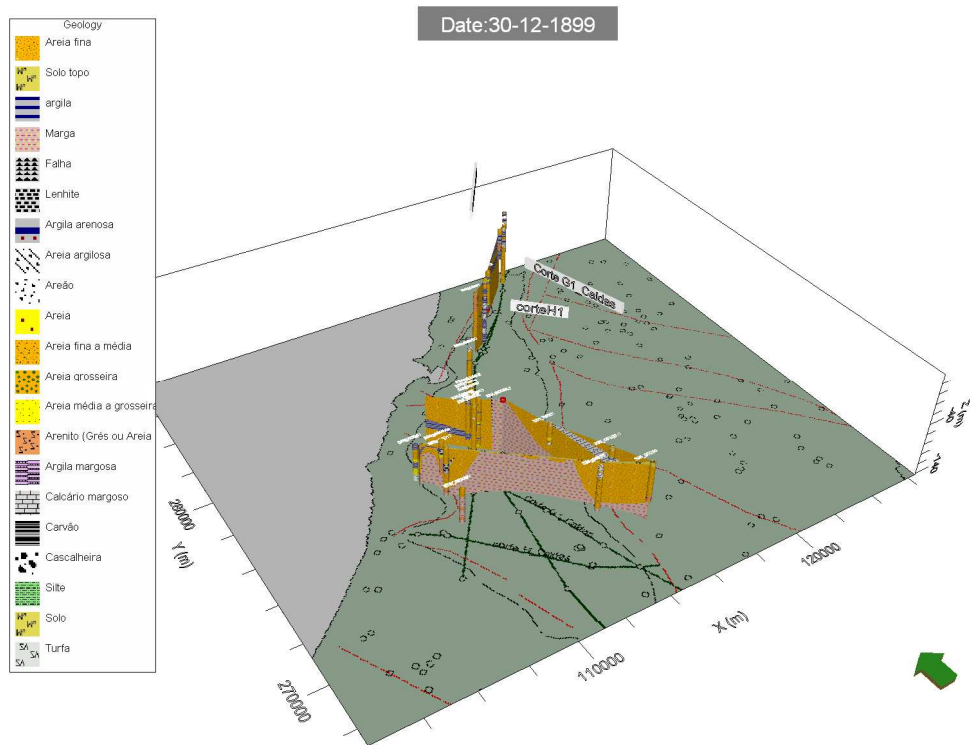
**Figura A-21 – Bloco diagrama cortes H1FI vista SSE-NNW**



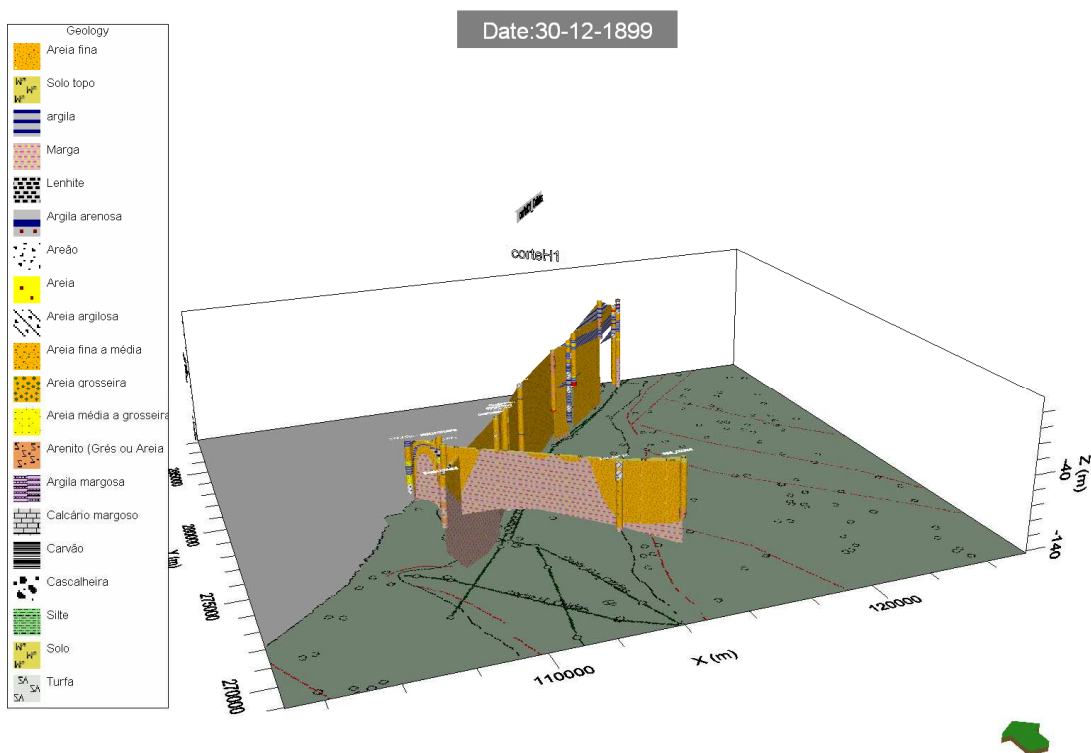
**Figura A-22 – Bloco diagrama cortes H1FI vista NNW-SSE**



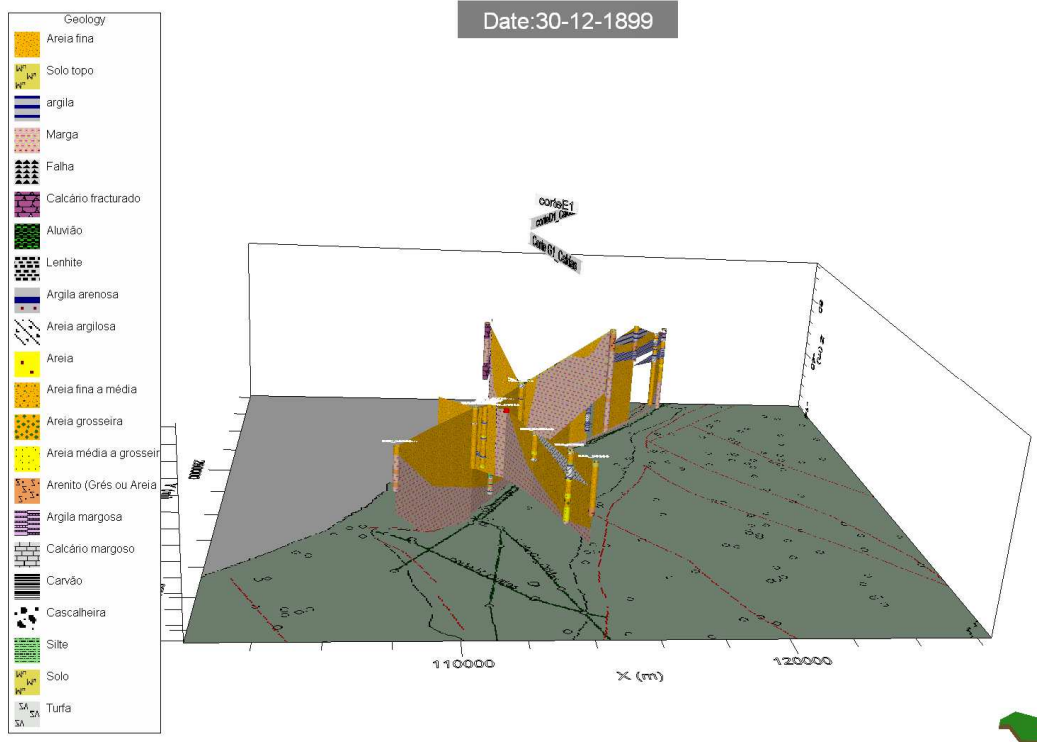
**Figura A-23 – Bloco diagrama cortes D1G1 vista NE-SW**



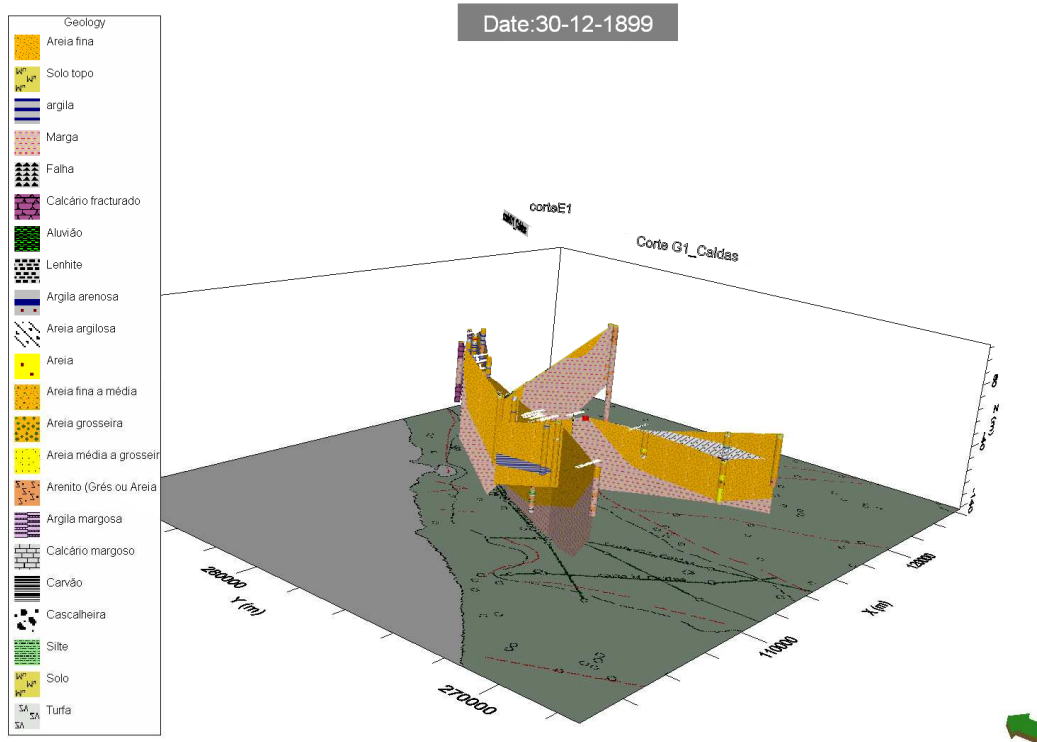
**Figura A-24 – diagrama cortes G1H1D1 vista SW-NE**



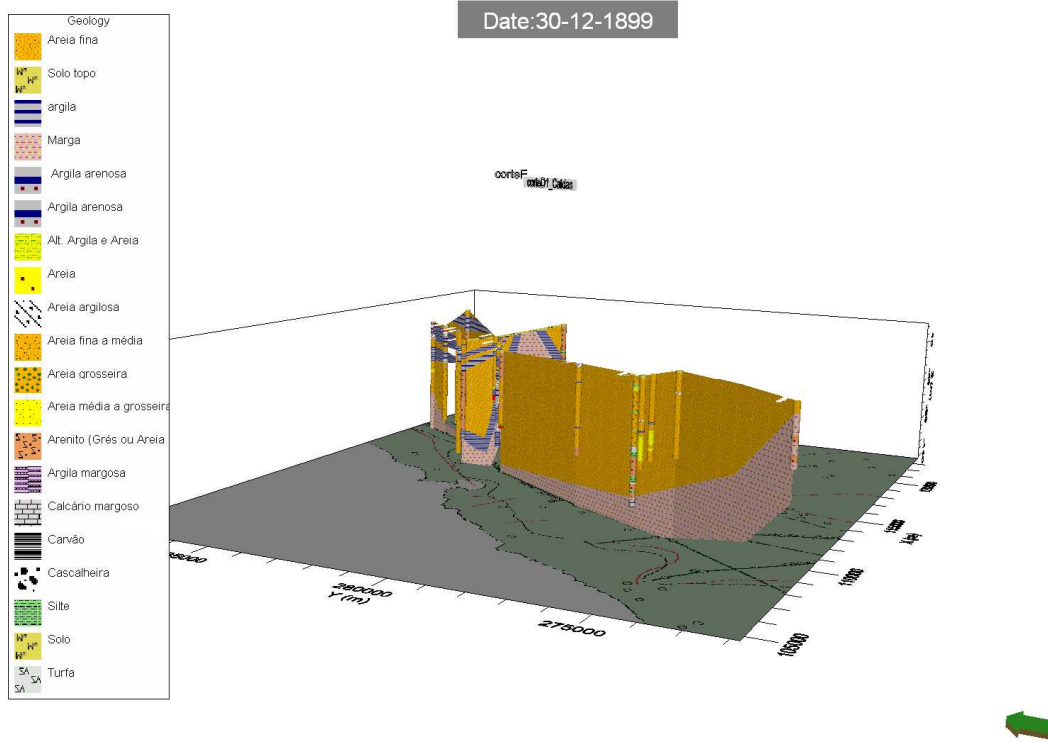
**Figura A-25 – Bloco diagrama cortes D1H1 vista SSE-NNW**



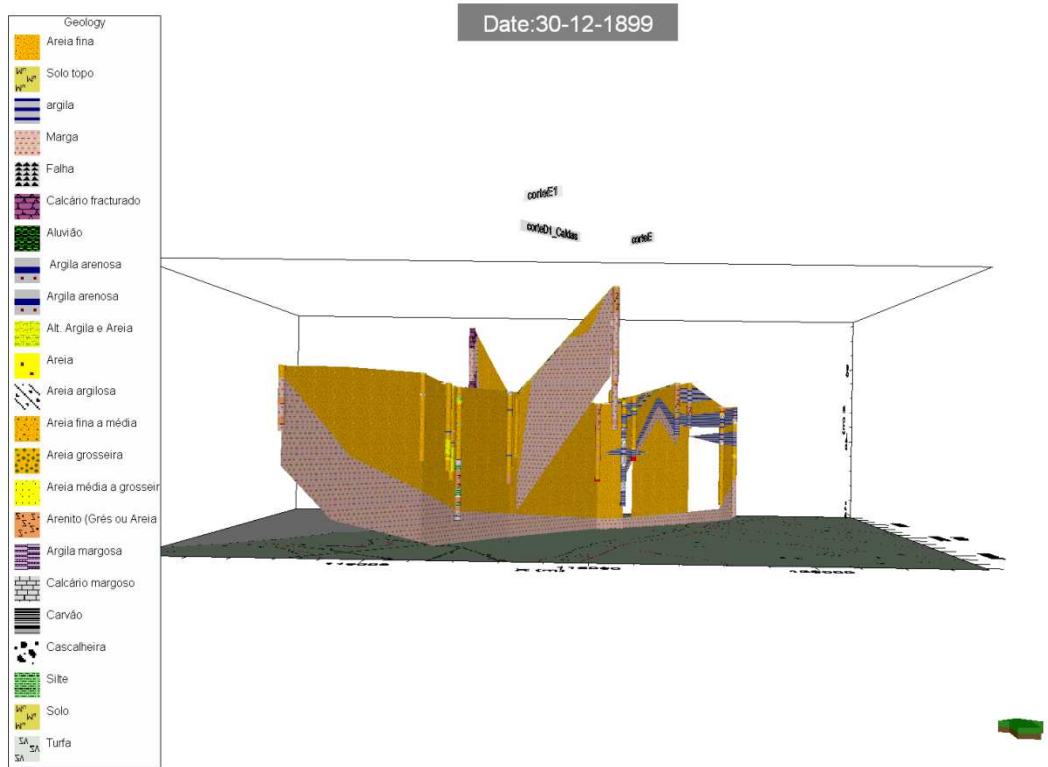
**Figura A-26 – Bloco diagrama cortes G1E1D1 vista S-N**



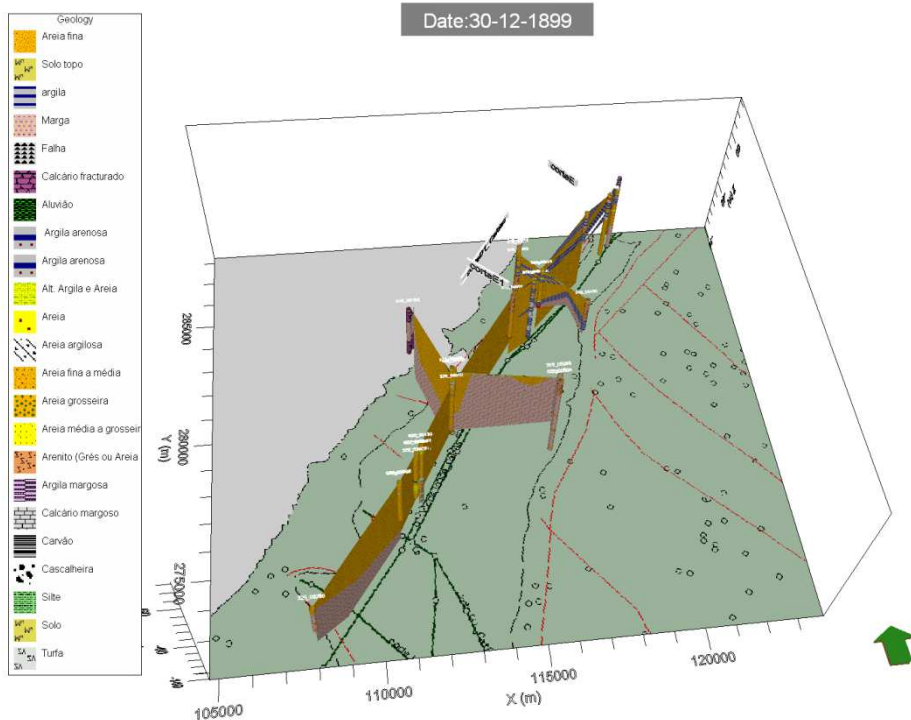
**Figura A-27 – Bloco diagrama cortes G1E1D1 vista SW-NE**



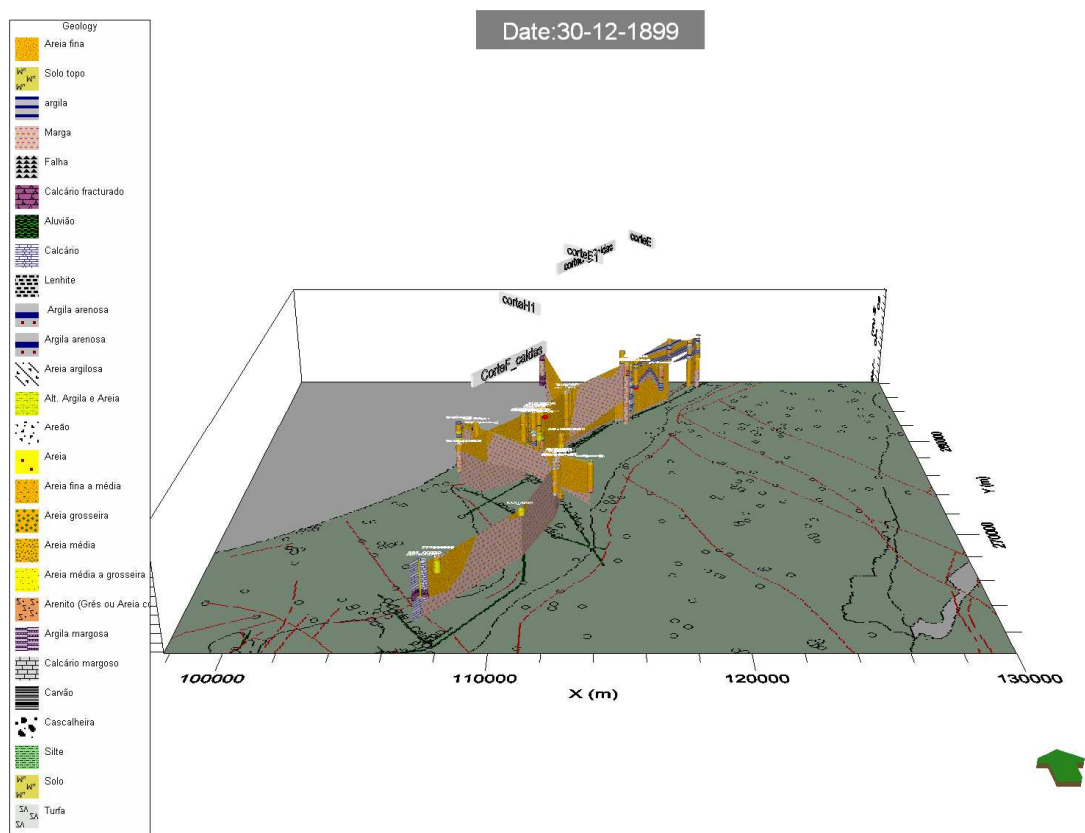
**Figura A-28 – Bloco diagrama cortes ED1 vista SW-NE**



**Figura A-29 – Bloco diagrama cortes EE1D1 vista SE-NW**



**Figura A-30 – Bloco diagrama cortes EE1D1 vista do topo**



**Figura A-31 – Perspetiva global do sistema aquífero: Bloco diagrama cortes FH1EE1D1 vista SSE-NNW**



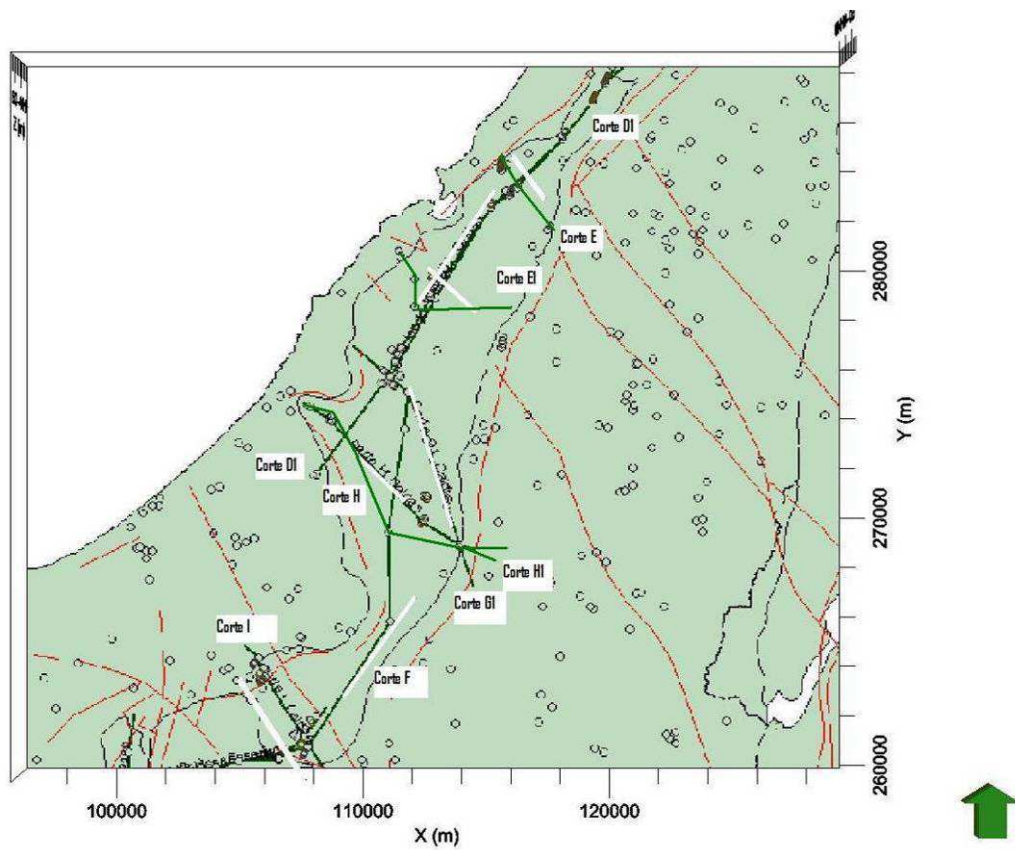


Figura A-32 – Mapa de localização dos cortes geológicos (setor sul)



## ANEXO 2 – RECARGA PARA CADA ASSOCIAÇÃO DE SOLO / OCUPAÇÃO DO SOLO / SETOR

**Quadro A-1-21 – Recarga da massa de águas subterrâneas para cada associação de solo / ocupação do solo / setor**

Setor	CLC	SROA	Área (m <sup>2</sup> )	Precipitação (mm/ano)	Evapotranspiração real (mm/ano)	Escoamento direto (mm/ano)	Recarga (mm/ano)	Recarga (hm <sup>3</sup> /ano)	N.º de anos
Caldas da Rainha	111	Pz	761640	740	28	680	32	0.025	30
Caldas da Rainha	112	A	1178106	740	284	315	141	0.166	30
Caldas da Rainha	112	Pz	9770177	740	242	315	183	1.792	30
Caldas da Rainha	112	Vcm	1608291	740	184	526	30	0.049	30
Caldas da Rainha	121	Pz	1233617	740	109	498	133	0.164	30
Caldas da Rainha	121	Vcm	286464	740	97	620	23	0.007	30
Caldas da Rainha	131	Pz	91661	740	243	195	302	0.028	30
Caldas da Rainha	131	Vcm	622160	740	213	473	55	0.034	30
Caldas da Rainha	211	A	4252150	740	431	137	170	0.721	30
Caldas da Rainha	211	Pz	4429808	740	347	136	257	1.140	30
Caldas da Rainha	211	Vcm	1754560	740	283	443	14	0.024	30
Caldas da Rainha	212	A	10563072	740	440	136	164	1.727	30
Caldas da Rainha	212	Cb	116107	740	298	442	1	0.000	30
Caldas da Rainha	212	Pz	4001236	740	316	135	289	1.156	30
Caldas da Rainha	212	Vcm	669762	740	278	443	19	0.013	30
Caldas da Rainha	221	A	392867	740	392	137	211	0.083	30
Caldas da Rainha	221	Pz	623863	740	292	136	312	0.194	30
Caldas da Rainha	221	Vcm	531892	740	262	446	32	0.017	30
Caldas da Rainha	222	A	1507678	740	421	135	184	0.278	30
Caldas da Rainha	222	Pz	2858062	740	328	136	276	0.789	30
Caldas da Rainha	222	Vcm	2827195	740	268	439	33	0.094	30
Caldas da Rainha	241	A	117033	740	439	136	165	0.019	30
Caldas da Rainha	241	Pz	555128	740	320	135	285	0.158	30
Caldas da Rainha	241	Vcm	1677702	740	273	444	23	0.038	30
Caldas da Rainha	242	A	4168077	740	409	136	195	0.811	30
Caldas da Rainha	242	Cb	20864	740	291	442	7	0.000	30
Caldas da Rainha	242	Pz	14115338	740	304	135	301	4.251	30
Caldas da Rainha	242	Vcm	4668007	740	269	443	28	0.132	30
Caldas da Rainha	243	A	954095	740	360	136	245	0.234	30
Caldas da Rainha	243	Pz	9987565	740	299	135	306	3.054	30
Caldas da Rainha	243	Vcm	3517718	740	228	445	67	0.237	30
Caldas da Rainha	311	A	690	740	440	132	168	0.000	30
Caldas da Rainha	311	Pz	2846139	740	365	135	240	0.682	30
Caldas da Rainha	311	Vcm	142217	740	249	436	55	0.008	30
Caldas da Rainha	312	Pz	807610	740	391	134	215	0.174	30
Caldas da Rainha	312	Vcm	224003	740	286	430	25	0.006	30
Caldas da Rainha	313	A	1064034	740	441	132	167	0.178	30
Caldas da Rainha	313	Pz	20591601	740	367	135	239	4.915	30
Caldas da Rainha	313	Vcm	1658060	740	250	435	56	0.092	30
Caldas da Rainha	322	Vcm	6924	740	242	447	51	0.000	30
Caldas da Rainha	324	A	277406	740	374	135	231	0.064	30
Caldas da Rainha	324	Pz	5516672	740	321	136	284	1.565	30
Caldas da Rainha	324	Vcm	273519	740	235	441	64	0.018	30

Setor	CLC	SROA	Área (m <sup>2</sup> )	Precipitação (mm/ano)	Evapotranspiração real (mm/ano)	Escoamento direto (mm/ano)	Recarga (mm/ano)	Recarga (hm <sup>3</sup> /ano)	N.º de anos
Caldas da Rainha	331	A	35819	740	336	136	269	0.010	30
Caldas da Rainha	411	A	313037	740	0	740	0	0.000	30
Caldas da Rainha	411	Pz	166879	740	0	740	0	0.000	30
Caldas da Rainha	521	A	349764	740	0	740	0	0.000	30
Caldas da Rainha	521	Pz	34244	740	0	740	0	0.000	30
Caldas da Rainha	521	Vcm	553	740	0	740	0	0.000	30
Nazaré	112	Pz	1320342	821	256	355	210	0.277	30
Nazaré	112	Vcm	54702	821	192	593	35	0.002	30
Nazaré	121	Pz	1166958	821	114	555	151	0.176	30
Nazaré	122	A	22172	821	140	556	125	0.003	30
Nazaré	122	Pz	1699342	821	114	555	151	0.257	30
Nazaré	131	Pz	303302	821	253	224	343	0.104	30
Nazaré	133	Pz	285109	821	198	356	266	0.076	30
Nazaré	211	A	975294	821	445	161	210	0.205	30
Nazaré	211	Pz	1477645	821	358	159	302	0.447	30
Nazaré	212	A	6948	821	461	159	200	0.001	30
Nazaré	212	Pz	195224	821	327	158	335	0.065	30
Nazaré	212	Rg	217429	821	336	0	484	0.105	30
Nazaré	212	Vcm	13238	821	292	504	24	0.000	30
Nazaré	222	A	1478972	821	442	158	220	0.325	30
Nazaré	222	Pz	161334	821	342	160	318	0.051	30
Nazaré	242	A	265534	821	426	159	235	0.062	30
Nazaré	242	Pz	1418144	821	315	158	347	0.492	30
Nazaré	242	Vcm	144403	821	280	505	35	0.005	30
Nazaré	243	Pz	593542	821	315	159	347	0.206	30
Nazaré	312	A	105257	821	528	154	138	0.015	30
Nazaré	312	Pz	21729375	821	413	158	249	5.419	30
Nazaré	312	Rg	422032	821	435	0	386	0.163	30
Nazaré	312	Vcm	87699	821	303	490	28	0.002	30
Nazaré	324	A	71394	821	401	158	262	0.019	30
Nazaré	324	Pz	7589236	821	340	159	321	2.440	30
Nazaré	324	Rg	15449	821	363	0	457	0.007	30
Nazaré	324	Vcm	44350	821	247	503	71	0.003	30

