



PROSPECÇÃO HIDROGEOLÓGICA NO SISTEMA AQUÍFERO DO TEJO-SADO PARA O NOVO AEROPORTO DE LISBOA

Técnicas, Metodologias e Resultados

Eduardo PARALTA; Sara DOMINGUES; Pedro MIMOSO; Mário BASTOS

VISA - Consultores de Geologia Aplicada e Engenharia do Ambiente, S. A. Rua do Alto da Terrugem, n.º 2, 2770-012 Paço de Arcos, Portugal. Tel: (+351) 214461420, Fax: (+351) 214461421. E-mail: geral@visaconsultores.com

RESUMO

No âmbito dos estudos relativos ao Novo Aeroporto de Lisboa (NAL), desenvolvidos para a NAER-Novo Aeroporto S.A., realizou-se um importante projecto de investigação de Águas Subterrâneas sob a fiscalização do LNEC.

Os trabalhos foram realizados pelo Consórcio constituído pelas empresas M. MOURA Consultores Associados, VISA Consultores e GEOÁREA (Consórcio MVG).

Foram construídos, pelo método "rotary" com circulação inversa de lamas bentoníticas, três furos de captação de 300 m de profundidade e três piezómetros múltiplos com 300 m de profundidade com seis piezómetros incorporados, ambos em ferro. Paralelamente foram construídos dois furos em PVC com 100 m de profundidade e recolhidas amostras de terreno não deformadas até 150 m de profundidade.

Realizaram-se aproximadamente 800 horas de ensaios de caudal e 450 horas de ensaios de recuperação, com caudais constantes e escalonados e medição de níveis de água nas captações e nos piezómetros multicamada.

Através da interpretação dos ensaios de caudal determinaram-se os parâmetros hidráulicos fundamentais do aquífero: Transmissividade (T); Coeficiente de Armazenamento (S); Drenância (C) e



Condutividade hidráulica (K), fundamentais na elaboração do esquema conceptual e numérico da relação hidráulica entre camadas aquíferas sucessivas e as camadas aquíferas.

A interpretação da amostragem litológica, das diagrfias e dos ensaios de caudal, permitiu obter grande quantidade de dados de natureza hidrogeológica, que em muito contribuem para a melhoria do conhecimento científico do Sistema Aquífero do Tejo-Sado e suporte na tomada de decisões de planeamento e gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos.

Palavras-chave: Aquífero; furo de captação; piezómetros; ensaios de caudal; parâmetros hidráulicos.

1. INTRODUÇÃO

No âmbito dos estudos relativos ao Novo Aeroporto de Lisboa (NAL) desenvolvidos para a NAER-Novo Aeroporto S.A., realizou-se uma empreitada de investigação das Águas Subterrâneas, inédita em Portugal pela envergadura dos meios técnicos, científicos e humanos envolvidos e que contou com a fiscalização do LNEC.

Os trabalhos foram realizados pelo Consórcio constituído pelas empresas M. MOURA Consultores Associados, VISA Consultores e GEOÁREA (Consórcio MVG).

O objectivo dos trabalhos foi adquirir informação hidrogeológica quantitativa, ao nível da produtividade dos aquíferos e de parâmetros hidráulicos, bem como informação qualitativa sobre a aptidão da água para produção de água para consumo humano.

Foram investigados três aquíferos, até profundidades de 300 m, correspondente ao topo do Miocénico superior. Os trabalhos de campo tiveram início em Outubro de 2008 e terminaram em Março 2009.

A interpretação da amostragem litológica, de diagrfias e dos ensaios de caudal, permitiu obter grande quantidade de dados de natureza hidrogeológica que em muito contribuem para a melhoria do conhecimento do Sistema Aquífero do Tejo-Sado e para a tomada de decisões de planeamento e gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos.

2. ENQUADRAMENTO HIDROGEOLÓGICO

A área abrangida pelos trabalhos insere-se no sistema aquífero da Margem Esquerda (T3) pertencente à Unidade Hidrogeológica da Bacia do Tejo-Sado (Almeida et al., 2000), que constitui o maior sistema aquífero nacional, desenvolvendo-se numa área aproximada de 6900 km² (Fig. 1).

Este sistema é responsável pelo abastecimento público aos concelhos da Península de Setúbal, o que é indicador da importância a atribuir aos aspectos relacionados com a caracterização hidrogeológica e preservação da qualidade da água para consumo humano. As características do sistema variam em função da importância das camadas pliocénicas e da constituição e espessura das formações miocénicas. De forma simplificada, podem assumir-se três grandes conjuntos aquíferos:

Aquífero superior - aquífero superior livre, instalado nas camadas do topo do Pliocénico e do Quaternário,

Aquífero intermédio – aquífero semi-confinado a confinado, multicamada, formado pelas camadas detríticas da base do Pliocénico e arenítico-calcárias do Miocénico superior;

Aquífero inferior – aquífero confinado multicamada constituído por formações areníticas calcárias da base do Miocénico e separado do anterior por formações margosas espessas.

Os trabalhos de prospecção hidrogeológica abrangem o aquífero superior e intermédio sem atingir as formações margosas do tecto do aquífero inferior.

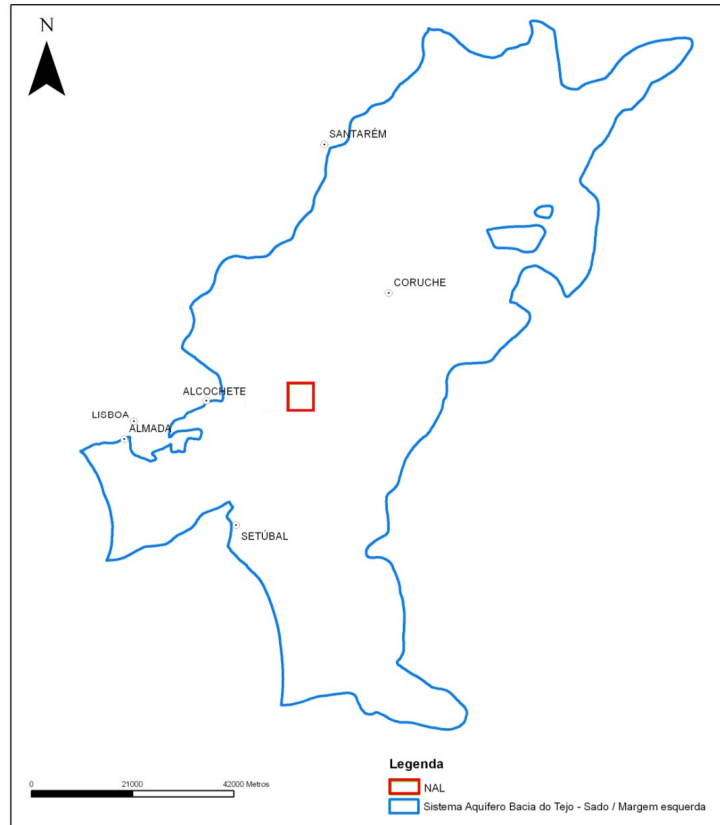


Figura 1 – Enquadramento dos trabalhos de prospecção hidrogeológica do CTA no Sistema Aquífero da Margem Esquerda da Bacia do Tejo-Sado.

3. TRABALHOS DESENVOLVIDOS

No âmbito dos trabalhos de prospecção hidrogeológica, foram construídos, pelo método “rotary” com circulação inversa de lamas bentoníticas, três furos de captação de 300 m de profundidade e diâmetro de entubamento entre Ø14” e Ø8” em ferro, com três sectores isolados entre si. Os furos para piezómetros com Ø20” foram equipados com seis piezómetros de Ø4” em ferro, isolados entre si, correspondendo cada um a um conjunto de camadas aquíferas.

A figura 2 elucida o projecto de entubamento de um furo de produção e respectivo piezómetro multicamada.

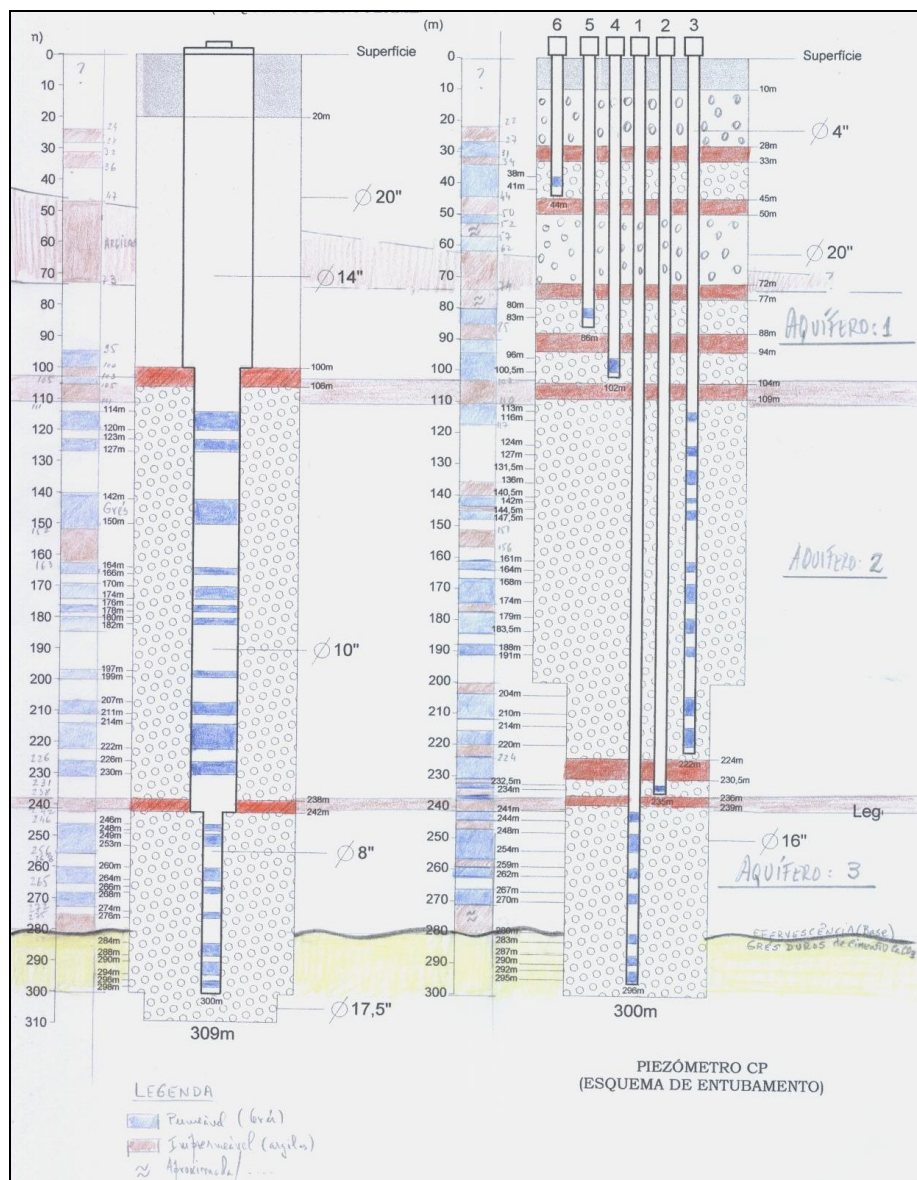


Figura 2 – Esquema preliminar de entubamento de furo e respectivo piezómetro com sectores individualizados.

Para a caracterização hidráulica do aquífero superior não confinado foram construídos 2 furos com 106 m de profundidade em PVC Ø315 mm.

Realizaram-se aproximadamente 800 horas de ensaios de bombeamento e 450 horas de ensaios de recuperação, com caudais constantes e escalonados e medição de níveis de água nas captações e nos piezómetros multicamada.

Os ensaios de bombeamento totais dos furos de 300 m realizaram-se com caudais de 100 L/s. Para a realização de ensaios sectoriais foram desenvolvidos protótipos de packers e colunas com empanques especiais que permitiram ensaiar apenas o troço final dos furos (sector Ø8") com caudais entre 40 e 50 L/s. Os furos em PVC foram bombeados com caudais entre 15 e 30 L/s.

Durante os ensaios de bombeamento foram recolhidas amostras de água dos vários sectores isolados dos furos de produção e dos respectivos piezómetros para caracterização hidroquímica e isotópica.

No âmbito dos trabalhos de prospecção hidrogeológica, foram ainda recolhidas amostras de terreno não deformadas com amostradores apropriados, até 150 m de profundidade, para ensaios laboratoriais.

Os trabalhos realizados, em regime de empreitada e com grande envolvimento de meios humanos e técnicos, podem ser avaliados pelos seguintes indicadores de quantidades realizadas:

- Comprimento de sondagens hidrogeológicas = 2 032 m
- Comprimento de sondagens carotadas = 150 m
- Total de amostras remexidas = 2 032 un
- Comprimento de carotes não remexidas = 150 m
- Entubamento em Aço = 3 869 m
- Entubamento em PVC = 374 m
- Seixo = 200 m³
- Material Detrítico Argiloso = 40 m³
- Calda de Cimento = 30 m³
- Compactonite = 10 m³

Paralelamente aos trabalhos de prospecção hidrogeológica, realizou-se a caracterização dos 50 m superiores do sistema aquífero, com base em 160 sondagens geotécnicas e respectivas amostras (LNEC, 2009).

4. RESULTADOS

A análise das diagrfias e das amostras remexidas das sondagens hidrogeológicas permitiu definir três unidades aquíferas (subsistemas) até aos 300 m de profundidade.

Na área do CTA, o aquífero superior livre terá uma espessura entre 44 e 100 m (base à cota 0 e -36m, respectivamente). É constituído por argilas arenosas acastanhadas, com finas intercalações de grés grosseiro esbranquiçado e argilas arenosas cinzentas.

O aquífero intermédio tem espessuras entre 120 e 200 m e prolonga-se até cotas entre -35 e -160 m. A partir destas profundidades ocorrem formações essencialmente argilosas ou greso-argilosas, com cimento calcário e fósseis que marcam o topo de uma formação com características hidrogeológicas diferentes das formações acima, normalmente referida como a separação entre o Plio-Quaternário (acima) e o Miocénico (abaixo), que foi designado localmente como aquífero inferior, captado pelo troço terminal dos furos de produção (sector Ø8").

Foram utilizados cinco métodos de interpretação de ensaios de bombagem:

- método de Theis para aquífero confinado;
- método de Theis com correcção de Jacob para aquífero livre;
- método de Hantush para aquífero semi-confinado;

- método de Boulton para aquífero livre com drenagem diferida;
- método de Theis para a recuperação do ensaio de bombagem.

Os métodos de interpretação dos ensaios foram aplicados quer aos rebaixamentos observados no furo de bombagem quer aos rebaixamentos observados no piezómetro instalado nas camadas solicitadas pelo ensaio. A descrição dos métodos utilizados pode ser consultada na bibliografia da especialidade (Kruseman & De Rieder, 1990; Röhrich, T. & SWS, 2007).

A interpretação dos ensaios de caudal através de várias metodologias aponta para os seguintes valores de Transmissividade (T): entre 115 m²/dia e 186 m²/dia para o aquífero superior; entre 590 m²/dia e 1075 m²/dia para o aquífero intermédio; e entre 200 m²/dia e 1100 m²/dia para o aquífero inferior.

O valor do Coeficiente de Armazenamento (S) determinado para o aquífero superior, através da metodologia de Theis, é de 5×10^{-4} . Os valores de S determinados para o aquífero intermédio variam entre 6×10^{-4} e 1×10^{-3} e, para o aquífero inferior, variam entre 1×10^{-4} e 4×10^{-4} .

Os valores de Drenância (C) determinados para o aquífero superior, com ensaio em piezómetro, através da metodologia de Hantush, variam entre 3×10^6 e $2,6 \times 10^6$ minutos. Para o aquífero intermédio, os valores de drenância variam entre $3,2 \times 10^6$ minutos e $4,9 \times 10^9$ minutos e, para aquífero inferior, variam entre 5×10^5 e $1,7 \times 10^{10}$ minutos.

Os valores de Condutividade hidráulica (K) obtidos foram os seguintes: para o aquífero superior variam entre 2,5 e 3,8 m/d; para o aquífero intermédio entre 5,4 e 11,4 m/d; e para o aquífero inferior oscilam entre 2,8 e 17,9 m/d.

Durante os ensaios constatou-se o efeito de Noordbergum em alguns piezómetros, que está relacionado com o abaixamento da pressão da água nas camadas em bombagem, que induz compressão nas camadas adjacentes, levando assim a um aumento do nível piezométrico (Delgado Rodrigues, 1983).

A partir de várias amostras das sondagens carotadas foi possível realizar ensaios laboratoriais e identificar alguns parâmetros importantes relacionados com as propriedades hidráulicas dos terrenos.

Em 4 amostras de material com textura franco-arenoso obteve-se condutividade hidráulica entre 0.004 e 0.346 mm/dia e porosidade entre 26 e 38%.

Em 4 amostras de material com textura franco-argiloso obteve-se condutividade hidráulica entre 0.006 e 0.950 mm/dia e porosidade entre 28 e 30%.

Em 5 amostras de material com textura argilo-siltoso obteve-se condutividade hidráulica entre 0.003 e 0.760 mm/dia e porosidade entre 32 e 38%.

A análise da piezometria indica que os aquíferos superiores têm potencial hidráulico mais elevado, originando drenância vertical descendente nas áreas de maior permeabilidade. Constatou-se uma diferença de potencial hidráulico entre 12.5 a 19 m entre os aquíferos superiores e o aquíferos mais profundo.

O gradiente hidráulico regional médio do aquífero superior livre é de 0,1° (0,2 %) para W. Para os aquíferos subjacentes, o gradiente hidráulico regional do aquífero confinado e semiconfinado é de 0,07° (0,1 %) para WNW.

Relativamente à qualidade da água subterrânea, as águas analisadas apresentam características distintas para os três níveis analisados: superior, intermédio e inferior. Regra geral, observa-se um aumento dos valores da condutividade eléctrica em profundidade, sendo as águas mais

antigas, dos níveis inferiores, as mais mineralizadas. A maioria dos valores situa-se entre 100 e 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo chegar aos 617 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para as origens de água que captam as camadas mais profundas

A fácies hidroquímica apresenta características diferentes, passando de águas com fácies cloretada sódica, nos níveis mais superiores, para águas de fácies bicarbonatada sódica e cálcica nos estratos mais profundos. Apesar da boa qualidade global das águas, observa-se a presença de concentrações em Ferro acima do VMA nalguns locais, característica das águas com circulação em formações psamíticas.

5. CONCLUSÕES

No âmbito dos estudos para Novo Aeroporto de Lisboa (NAL) realizou-se uma empreitada de investigação das Águas Subterrâneas, inédita em Portugal pela envergadura dos meios técnicos, científicos e humanos envolvidos e que contou com a fiscalização do LNEC.

Como resultado dos trabalhos efectuados foram produzidos extensos relatórios com diversa informação geológica e hidrogeológica sobre a natureza dos aquíferos, espessuras, parâmetros hidráulicos, gradientes e direcções de escoamento subterrâneo, qualidade da água para consumo humano e produtividades aquíferas, que constituem elementos fundamentais para o avanço do conhecimento científico do maior reservatório aquífero de Portugal.

BIBLIOGRAFIA

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 da Faculdade de Ciências de Lisboa e Instituto da Água.

DELGADO RODRIGUES, J., 1983 – The Noordbergum effect and characterization of aquitards at the Rio Maior mining project. LNEC, Memória nº 607, 19 pp.

KRUSEMAN, G.P. & DE RIDDER, N.A., 2000 - Analysis and Evaluation of Pumping test data. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen. Publication 47. 377 pp.

LNEC, 2009 – Estudo hidrogeológico síntese sobre o local do Novo Aeroporto de Lisboa no Campo de Tiro de Alcochete. Relatório Final. Lisboa, LNEC. Proc. Int. 0607/541/5648. Lisboa, Junho, 2009, 186 pp.

MVG, 2009 - Prospecção hidrogeológica na zona de implantação do novo aeroporto de Lisboa (NAL). Relatório Final. Consórcio MMoura, Lda., VISA Consultores, S.A. e Geoárea, Lda. Maio 2009. 50 pp + 10 anexos + 1 registo fotográfico.

RÖHRICH, T., SWS, 2007 – AquiferTest v.4.2 user's manual – Advanced pumping test & slug test analysis software. Schlumberger Water Services, 300 pp.