

SISTEMA AQUÍFERO ESTREMOZ-CANO

Carla Pinto Midões & Augusto Marques da Costa

LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Unidade de Águas Subterrâneas.
Estrada da Portela – Zambujal. Apartado 7586. 2720–866 ALFRAGIDE. Tel. 214718922

O sistema aquífero Estremoz-Cano, situa-se no Nordeste Alentejano, nas bacias hidrográficas do Tejo e do Guadiana. Corresponde a um aquífero carbonatado de grande importância regional, uma vez que, é responsável pelo abastecimento público de cinco concelhos: Sousel, Estremoz, Borba, Vila Viçosa e Alandroal, sendo ainda vital para as actividades agrícola e indústria extractiva fortemente implantadas na região.

Com uma área total de 202,1 Km² o sistema aquífero alonga-se segundo uma direcção NW-SE entre a região do Cano e o Alandroal, sendo constituído, essencialmente pelo denominado anticlinal de Estremoz e a aplanção do Cano.

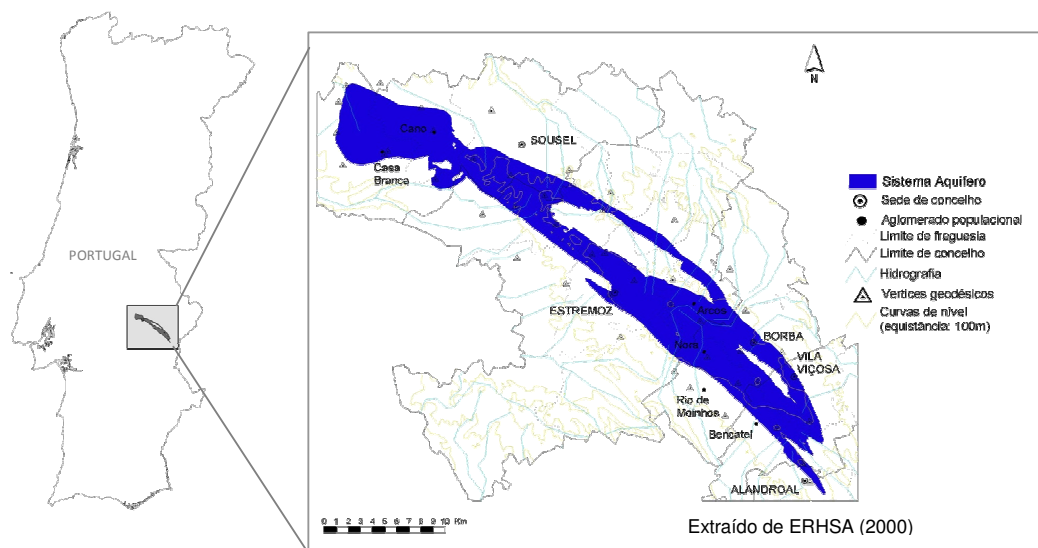


Figura1 – Enquadramento geográfico do sistema aquífero Estremoz-Cano.

O sistema aquífero Estremoz-Cano, dado o seu interesse e importância regional, já foi alvo de inúmeros estudos, teses e projectos em que o LNEG esteve envolvido, dos quais se destacam:

- ERHSA – (1996/1999) - Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo. Projecto financiado pela Comissão de Coordenação da Região Alentejo, que teve como objectivo principal dotar as entidades da gestão dos recursos hídricos da região de instrumentos que lhes permitissem gerir os recursos existentes.
- Cartografia Temática do Anticlinal como Instrumento de Ordenamento do Território e Apoio à Indústria Extractiva, o qual teve acolhimento financeiro no Eixo Prioritário 2 do Programa Operacional da Região Alentejo 2000-2006, no âmbito da medida AIZM – Acção Integrada da Zona dos Mármore (FEDER). Os estudos decorreram entre 2000-2008 tendo sido desenvolvidos pelo LNEG (então IGM) e Cevalor em quatro unidades de ordenamento do Anticlinal de Estremoz: UNOR 1 - CRUZ DOS MENINOS/GLÓRIA; UNOR 2 - CARRASCAL/ENCOSTINHA, UNOR 3 - VIGÁRIA/MONTE D`EL REI e UNOR 5 – PARDAIS. Este projecto teve por objectivo construir um instrumento que desse apoio na tomada de decisão da gestão e planeamento da actividade

extractiva. A metodologia desenvolvida teve presente a necessidade de compatibilização da actividade mineira com a preservação ambiental no ordenamento territorial, e baseou-se na análise de indicadores geológicos, hidrogeológicos e ambientais, indispensáveis na melhoria do uso e organização do espaço, na protecção do ambiente e no aumento da qualidade de vida das populações.

No que se refere a estudos académicos poderão ser citados os seguintes:

- CUPETO, C. (2003) – A água como factor de gestão planeamento e desenvolvimento integrado. Sistema Aquífero Estremoz-Cano (A4) Zona dos Mármore. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, para obtenção do grau de Doutor em Geologia Aplicada e do Ambiente. Lisboa.
- CUPETO, C. (1991) – Contribuição para o conhecimento hidrogeológico do maciço calcário de Estremoz (Cano-Sousel). Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, para obtenção do grau de Mestre em Geologia Aplicada e do Ambiente. Lisboa.
- FIALHO, A. (2009) - Caracterização Piezométrica do Sistema Aquífero Estremoz-Cano Utilizando Métodos Geomatemáticos. Dissertação apresentada ao Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, para obtenção do grau de Mestre em Georrecursos. Lisboa.
- MIDÕES, C. (1999) – Contribuição para o conhecimento hidrogeológico das formações carbonatadas paleozóicas do anticlinal de Estremoz. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, para obtenção do grau de Mestre em Geologia Aplicada e do Ambiente. Lisboa.

Climatologia

Climatologicamente a região estudada apresenta um clima temperado, moderadamente chuvoso com períodos plurianuais de seca. A precipitação média anual ronda os 637 mm e a temperatura média anual é de 16,2°C. Esta região caracteriza-se pela existência de fortes amplitudes térmicas diurnas e anuais, consequência da forte influência da massa continental Ibérica, da reduzida altitude e da forte insolação estival. Origina-se assim clima seco, sujeito a fortes geadas, sendo o Inverno frio e o Verão muito quente.

Geologia

O sistema aquífero Estremoz-Cano está inserido na zona estrutural designada por Ossa Morena (ZOM) – uma das principais unidades tectono-estratigráficas do orógeno hercínico que se desenvolveu entre o Devónico e o Carbónico (Ribeiro *et al.*, 1979; Oliveira *et al.*, 1991).

O anticlinal de Estremoz constitui uma estrutura hercínica que deve a sua forma actual á segunda fase de dobramento que originou dobras que apresentam vergência para NE, planos axiais subverticais e eixos com orientação geral NW-SE, mergulhando para os fechos em periclinal nas extremidades NW e SE (Carvalhosa *et al.*, 1987).

O maciço carbonatado de Estremoz é constituído pela formação dolomítica, datada do Câmbrio inferior, com espessura superior a 300 m, sendo formada por calcários dolomíticos, mármore (segundo Vintém) e na base por conglomerados, arcoses e vulcanitos ácidos (Lopes, 1995).

No topo desta formação surge um horizonte silicioso, descontínuo, actualmente interpretado como marcador de importante lacuna resultante da exposição sub-aérea dos calcários dolomíticos durante o Câmbrio médio e superior, o que terá provocado, localmente, carsificação e silicificação.

Sobre o horizonte silicioso ocorre o Complexo Vulcano - Sedimentar Carbonatado de Estremoz. A sedimentação deste complexo inicia-se com um episódio vulcânico, seguido de deposição carbonatada que, progressivamente, vai ganhando maior importância, até atingir espessuras bastante elevadas. A deposição destes sedimentos, hoje transformados em mármore pelo metamorfismo regional, termina com um novo episódio vulcânico bimodal (Vintém *et al.*, 2003). Os vulcanitos e os sedimentos carbonatados sucedem-se de forma irregular ao longo do anticlinal.

A aplanção do Cano é representado pela formação detrítica de Vale de Guizo de idade Paleogénica e corresponde a uma alternância de conglomerados, arenitos arcóicos e sedimentos silto - argilosos, frequentemente calchificados.

A alteração do maciço carbonatado de Estremoz está principalmente ligada a fenómenos de dissolução, que originam a formação de solos residuais do tipo “terra rossa”, de desenvolvimento muito irregular e a formação de cavidades e condutas cársicas.

Estes fenómenos de dissolução da rocha carbonatada são promovidos pela circulação de água subterrânea através de diaclases e falhas, originando o consequente alargamento destas estruturas, podendo conduzir ao colapso da estrutura cársica.



Figura 2 – (A) Espessura irregular de solo de alteração; (B) Exemplos de dissolução do mármore devido à circulação subterrânea; (C) Circulação subterrânea activa.

Hidrogeologia

O sistema aquífero Estremoz-Cano associado ao anticlinal de Estremoz, correspondendo a um aquífero do tipo cársico/fissurado com um comportamento essencialmente livre. As intercalações de metavulcanitos no seio das formações carbonatadas constituem, por vezes, níveis confinantes, comportando-se então o aquífero, localmente, como um sistema confinado.

Os calcários de Cano suportam um aquífero do tipo poroso com comportamento livre, recarregado subterraneamente na zona de fecho do anticlinal de Estremoz (Costa, 1985; Cupeto, 1991). Trabalhos posteriores revelam a existência de grandes heterogeneidades neste meio, provavelmente relacionadas com a alteração pedogénica desta formação.

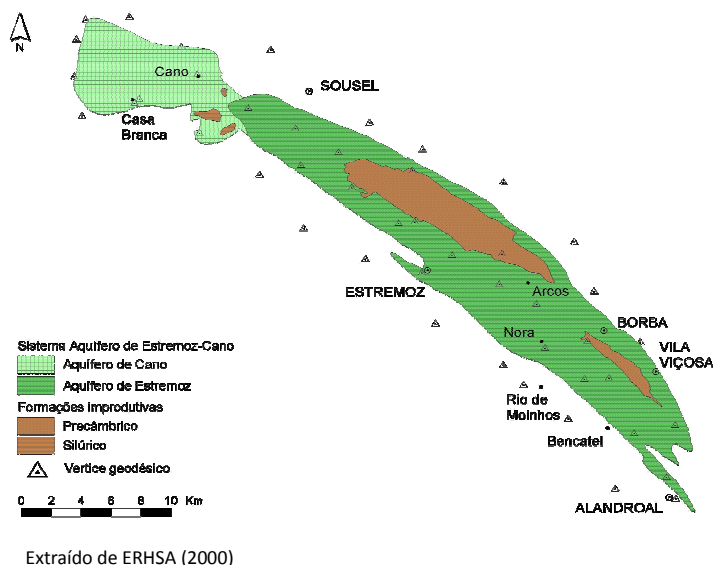


Figura 3 - Enquadramento hidrogeológico do Sistema Aquífero Estremoz-Cano.

Caracterização hidrodinâmica

A produtividade média das captações é da ordem dos 7 L/s. O volume anual de recursos hídricos subterrâneos renováveis calculado foi da ordem dos 38.6 hm³/ano, para a área total de sistema aquífero considerada, onde a rede de drenagem é incipiente e o valor de precipitação ocorrida é de 637 mm/ano.

Os valores de transmissividade obtidos neste sistema variam entre 53 e 2847 m²/dia e o coeficiente de armazenamento, sendo menos variável, situa-se entre os 10⁻³ e os 10⁻².

A definição da superfície piezométrica neste tipo de sistemas aquíferos reveste-se de grandes dificuldades, uma vez que, os fenómenos de fracturação e carsificação conferem elevada variabilidade ao fluxo hídrico subterrâneo.

Contudo as observações efectuadas, do nível piezométrico, ao longo de mais de 10 anos, permitiram elaborar algumas hipóteses no que se refere às direcções preferenciais de circulação da água subterrânea.

Verifica-se neste sistema a existência de 2 sectores com comportamentos distintos no que se refere à circulação subterrânea. Esta divisão faz-se a partir de Estremoz, correspondendo um sector à metade SE do anticlinal de Estremoz, até ao Alandroal e outro à área do anticlinal que se estende até ao contacto com os calcretos da povoação do Cano.

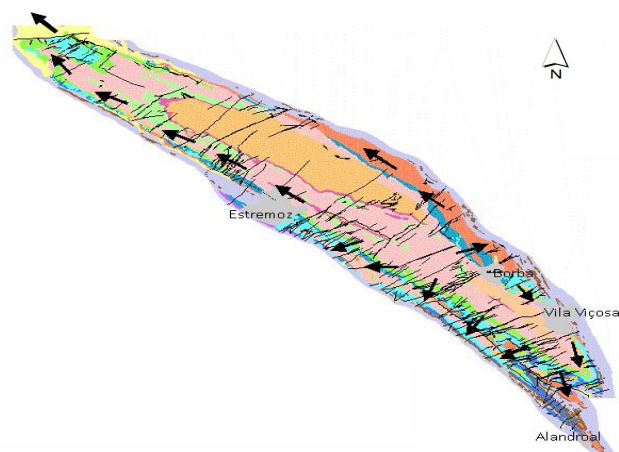


Figura 4 - Representação esquemática das direcções preferenciais do sentido de fluxo da água subterrânea no anticlinal de Estremoz (Midões, 1999).

Na metade SE do anticlinal, a compartimentação desta estrutura é particularmente evidente na piezometria, através da qual se podem definir vários subsistemas de escoamento subterrâneo radial em direcção aos flancos do anticlinal. Os filões transversais (NE-SW), designados localmente por “cabos reais”, comportam-se preferencialmente como barreiras hidráulicas. As falhas constituem condutas hidráulicas, que tendem a promover a carsificação, estando relacionadas com inúmeras emergências naturais, situadas no contacto entre as rochas carbonatadas e as de natureza xistenta.



Figura 5 – (A) Intercepção de um filão pela indústria extractiva; (B) Água subterrânea a circular por fracturas interceptadas numa frente de exploração de rocha ornamental.

Na metade NW do anticlinal os níveis piezométricos medidos e a inexistência de nascentes nos flancos do anticlinal sugerem que o sentido de fluxo da água subterrânea se processe de SE para NW. Este comportamento actual do fluxo hídrico subterrâneo estará na origem de um aporte considerável de água subterrânea para a formação dos calcretos do Cano. Provavelmente, terá sido um comportamento semelhante no passado que esteve na origem de fenómenos de calichificação das formações paleogénicas que se localizam a NW do anticlinal de Estremoz. Esta alteração pedogénica e epigénica sobre-imposta aos sedimentos, na zona de Casa-Branca-Cano, deu origem a calcários e/ou crostas calcárias (calcretos), concreções e margas carbonatadas, de cor esbranquiçada, cujas características hidráulicas, principalmente nos primeiros 40 metros de profundidade, lhes conferem elevado interesse hidrogeológico (Notícia explicativa da Folha 32-C Avis, 1/50 000, *in press*).

As variações litológicas laterais e verticais da unidade dos calcretos, conferem-lhe elevada heterogeneidade em particular na condutividade hidráulica, o que leva a que nesta formação haja captações com caudais consideráveis mas também uma elevada percentagem de furos improdutos.

Caracterização hidroquímica

Do ponto de vista hidroquímico as águas subterrâneas do sistema aquífero Estremoz-Cano apresentam uma fácies bicarbonatada cálcica a calco-magnésiana.

Os vários estudos realizados nos últimos anos, revelaram que cerca de 20% das águas analisadas neste sistema excedem o teor de 50 mg/L em nitratos. De um modo geral, as concentrações mais elevadas encontram-se em pontos de água localizados em terrenos agrícolas.

No que se refere aos restantes iões principais (Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-}) analisados, estes encontram-se, de uma maneira geral, dentro dos valores paramétricos legislados.

A condutividade eléctrica obtida na totalidade das águas analisadas apresenta valores acima dos 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Os metais pesados analisados (Cu, Cr, Fe, Ni, Mn, Zn e Al) apresentaram teores dentro dos valores máximos admitidos para consumo humano, impostos por lei, com excepção do ferro que apresentou situações de incumprimento.

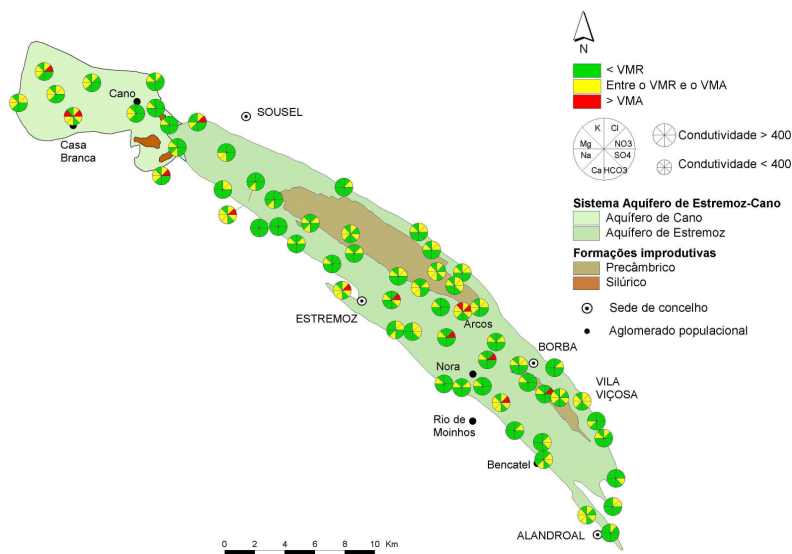


Figura 6 – Representação da qualidade química das águas analisadas, tendo em conta os valores legislados para consumo humano.

Qualidade da água para uso agrícola

A classificação da água quanto à sua aptidão para uso agrícola (rega) foi feita com base na classificação do U. S. Salinity Laboratory Staff. As classes encontradas, são do tipo $\text{C}_2\text{-S}_1$ e $\text{C}_3\text{-S}_1$. Neste sistema a água subterrânea não apresenta qualquer perigo de alcalinização, no entanto apresenta perigo médio a alto de salinização no caso de solos com drenagens deficientes.

Vulnerabilidade à poluição

Os factores intrínsecos do sistema aquífero Estremoz-Cano, conferem-lhe elevada vulnerabilidade à poluição. Destes factores destacam-se a reduzida espessura de solo de alteração, a ocorrência de numerosos sumidouros/algares e a existência de desenvolvidas condutas cársicas resultantes de fenómenos de carsificação, onde a propagação de poluentes se faz rapidamente.

As actividades agrícola e pecuária que se praticam na região constituem importantes focos de poluição, o que é comprovado pelos resultados analíticos de alguns dos pontos de água, que apresentavam fortes indícios de contaminação por nitratos. Os casos mais preocupantes foram detectados nas regiões de, Casa Branca (113 mg/l), Romeiras (120 mg/l), Sta. Vitória do Ameixial (85 mg/l), Cardeais (113 mg/l), Arcos (92 mg/l), Álamo (80 mg/l) e Barro Branco (75 mg/l).

Tendo por base inúmeros estudos já realizados e de forma a salvaguarda os recursos hídricos subterrâneos, parte do sistema aquífero Estremoz – Cano irá ser proposta como Zona Vulnerável (ZV) em relação aos nitratos.

Principais focos potenciais de contaminação

No sistema aquífero Estremoz - Cano os principais focos potenciais de contaminação prendem-se com a existência de lixeiras, matadores, lagares, fossas sépticas, descargas de efluentes industriais e domésticos e com a existência de explorações agrícolas.

No que se refere à indústria extractiva, não foram detectados quaisquer indícios de contaminação associados directamente às técnicas de extracção de rocha ornamental. De facto, as análises realizadas em pontos de água situados nos principais núcleos de extracção, não revelaram quaisquer valores acima dos valores paramétricos ou valores anómalos. Foram pesquisados iões maioritários e vestigiários, incluindo metais pesados, hidrocarbonetos totais, fenóis, óleos e gorduras. Apenas em pedreiras inactivas se constatou alguma degradação da qualidade microbiológica da água.

Podemos então referir que as principais consequências da indústria extractiva estão relacionadas com:

- aumento da concentração de partículas sólidas em suspensão nas linhas de água, resultantes da serragem de blocos de açções de remoção de solo, etc.;
- poluição provocada por derrame accidental de óleos ou combustíveis;
- degradação da qualidade microbiológica da água em pedreiras inactivas (pedreiras são transformadas em depósitos de entulhos, sucata, resíduos industriais, animais mortos, etc.)
- degradação paisagística da região provocada pelo tipo de explorações a céu aberto (na paisagem alternam escombrecas e pedreiras).
- rebaixamento do nível piezométrico (pedreiras prof.>100m), que conduz à diminuição da produtividade de furos, poços e nascentes.

Conclusões

O sistema aquífero Estremoz-Cano apresenta algumas particularidades hidrogeológicas resultantes do enquadramento estrutural e geomorfológico que lhes confere características comuns às dos aquíferos do tipo cársico-fissurados. Este tipo de aquíferos concilia uma elevada

capacidade de armazenamento com uma capacidade de regularização superior à dos aquíferos cársicos “clássicos”.

Os aquíferos cársicos-fissurados como o sistema aquífero Estremoz-Cano, possuem uma pequena capacidade de auto-depuração devido a uma ausência quase total de filtração e a uma velocidade de circulação elevada, que pode atingir vários quilómetros por dia. Por esta razão, e sendo a água subterrânea um recurso estratégico para esta região, aterros sanitários, postos de abastecimento de combustível ou qualquer outra infra-estrutura susceptível de poluir, deve ser localizada preferencialmente no exterior deste maciço carbonatado; caso não seja viável evitar uma localização no interior do maciço, haverá que avaliar devidamente os possíveis processos de contaminação e prever um plano de monitorização e de intervenção adequados.

Atendendo à vulnerabilidade destas formações carbonatadas, e ao facto do abastecimento público e actividades agrícola e industrial dependerem exclusivamente das águas subterrâneas várias medidas devem ser tomadas de forma a preservar a qualidade deste recurso na região:

- execução de captações com isolamento dos níveis iniciais;
- definição de perímetros de protecção no que respeita às origens de água para abastecimento;
- controlo de equipamentos abandonados nas pedreiras (activas e inactivas);
- recolha de óleos usados e outras medidas de segurança respeitantes ao funcionamento de infra - estruturas como as oficinas e serviços gerais;
- recolha e tratamento de efluentes associados à actividade pecuária;
- recuperação ambiental das pedreiras abandonadas, por forma a não constituírem depósitos de materiais obsoletos e a reduzirem a área de contacto directo entre o meio superficial e subterrâneo.

Neste sistema aquífero os furos para abastecimento público são, geralmente, antigos e pouco profundos. A captação de caudais significativos a pequena profundidade, faz com que estes sistemas sejam vulneráveis a quaisquer descidas de níveis piezométricos relacionadas com períodos de seca prolongados. Como medida de adaptação face a possíveis cenários resultantes das alterações climáticas, deveria fazer-se um diagnóstico da vulnerabilidade dos vários sistemas de abastecimento público, nomeadamente através da identificação da posição das zonas produtivas de cada furo em relação ao respectivo nível dinâmico (furo em exploração).

Concelho	Nº de Captações	Captações de Abastecimento Público no Sistema Aquífero Estremoz-Cano (INSAAR 2008)
Sousel	2	100%
Estremoz	19	74%
Borba	7	86%
Vila Viçosa	16	100%
Alandroal	16	44%

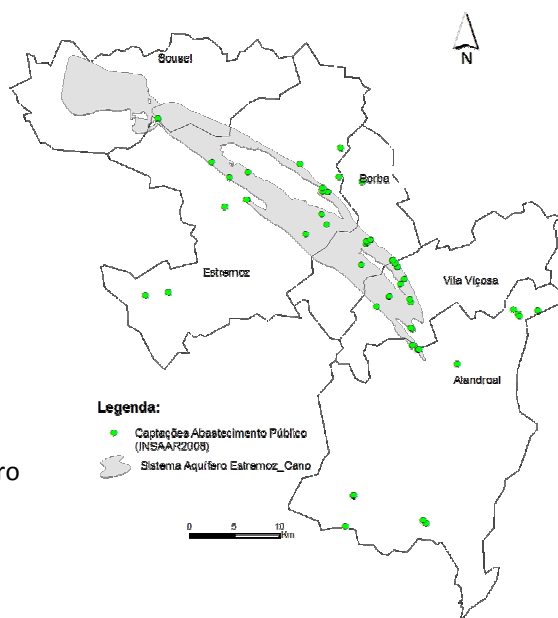


Figura 7 - Distribuição dos sistemas de abastecimento público no sistema aquífero Estremoz - Cano.

Bibliografia

Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000. Notícia explicativa da Folha 32-C Avis (*in press*). Laboratório Nacional de Energia e Geologia.

Carvalhosa, A. B., Gonçalves, F. e Oliveira, V. (1987) - *Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000. Notícia explicativa da folha 36-D do Redondo*. Lisboa, Serv.Geol. de Portugal.

Costa, A. (1985) - Características Hidrogeológicas dos Principais Afloramentos de Formações Carbonatadas do Substrato Hercínico no Alentejo. *Congresso sobre o Alentejo*. Semeando novos Rumos, vol. II. Évora, p.657-665

Lopes, J. L. (1995) - *Caracterização geológico-estrutural do flanco Sudoeste do anticlinal de Estremoz e suas implicações económicas*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.

Midões, C. (1999) - Contribuição para o conhecimento hidrogeológico das formações carbonatadas paleozóicas do Anticlinal de Estremoz. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 155p.

Oliveira, J.T., Oliveira, V. & Piçarra, J.M. (1991) – Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa Morena, em Portugal: síntese crítica do estado actual dos conhecimentos. *Comun. Serv. Geol. Portugal, Tomo 77*, pp. 3-26.

Ribeiro, A., Antunes, M.T., Ferreira, M.P., Rocha, R.B., Soares, A.F., Zbyszewsky, G., Moitinho de Almeida, F., Carvalho, D. & Monteiro, J.H. (1979) – Introduction à la géologie générale du Portugal. pp. 114. Serviços Geológicos de Portugal.

Vintém, C., Sobreiro, S., Henriques, P., Falé, P., Saúde, J., Luís, G., Midões, C., Antunes, C., Bonito, N., Dill, AC. & Carvalho, J. (2003) - Cartografia Temática do Anticlinal como Instrumento de Ordenamento do Território e Apoio à Indústria Extractiva. Relatório Interno de Instituto Geológico e Mineiro e CEVALOR para “AIZM – Acção Integrada da Zona dos Mármore (FEDER), Eixo Prioritário 2 do PORA – Programa Operacional Regional do Alentejo 2000-2006”.