

Pesquisa e Captação de Água Mineral em Melgaço

M. Antunes da Silva

Introdução

Geomorfologicamente a área desta concessão enquadra-se na Meseta Ibérica ou Meseta Central, correspondendo a terrenos Pré-Câmbricos e Paleozóicos afectados por diversas fases orogénicas, aparecendo os movimentos alpinos evidenciados por uma tectónica de fracturação.

A morfologia regional é marcada pela oposição entre relevos elevados que correspondem a planaltos contínuos preservados no topo de blocos individualizados e vales cavados que seguem um reticulado rígido a sugerir o controle por fracturas. A zona da concessão assume estes dois aspectos morfológicos, passando de cotas próximas dos 100 metros, junto ao rio Minho, para valores da ordem dos 800-900 metros para Sul e Este.

A fracturação está na origem da individualização das grandes unidades topográficas desta região.

Os sistemas de desligamento tardi-hercínico foram essenciais na disposição dos volumes montanhosos, tendo alguns deles rejogado durante os movimentos alpinos, sendo as principais direcções tectónicas ENE-WSW a E-W (bética), N-S (atlântica) e NW-SE (hercínica).

A primeira é a mais frequente, orientando os principais rios, nomeadamente o Minho, a segunda acompanha vários rios secundários, e a terceira corresponde a acidentes de menor importância no interior de grandes blocos e cujas escarpas são raramente contínuas.

A área de trabalho integra-se nos terrenos da Unidade Parautoctone do Norte do Minho e Galiza da Zona Centro Ibérica - Sub-Zona Galiza Média e Trás-os-Montes.

Predominam as formações antigas com as rochas magmáticas a formarem as maiores manchas, aparecendo alguns retalhos de rochas metassedimentares, alongados segundo a direcção NW-SE.

A geologia regional (Figura 1) é dominada pela associação dos granitos sintectónicos com as rochas metassedimentares e migmatíticas com as quais estão geneticamente relacionados.

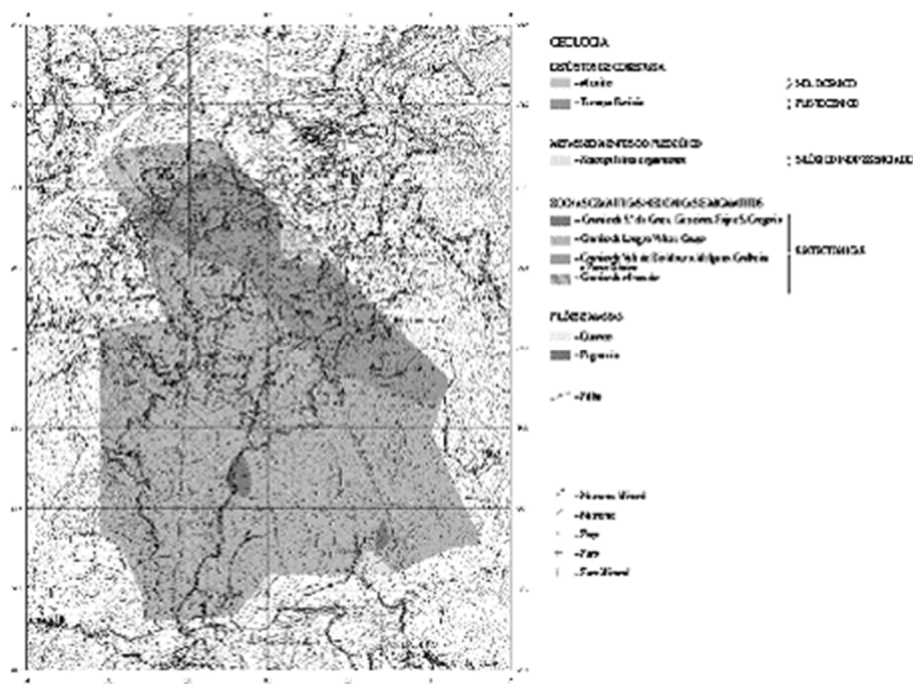


Figura 1 – Cartografia Geológica da Concessão Hidromineral de Melgaço (adquirida ao Instituto Geológico e Mineiro).

As rochas magmáticas são essencialmente granitóides de diferentes tipos. Trata-se de granitos Hercínicos que assumem por vezes um aspecto gnáissoso, ocorrendo na zona envolvente alguns granitos póstectónicos.

As metassedimentares, de idade Silúrica, são de natureza psamopéltica por vezes grauvacóide com intercalações de xistos negros, quartzitos, quartzofilitos, metavulcanitos e rochas calcossilicatadas. As formações sedimentares aparecem representadas por terraços indiferenciados do Plistocénico e por aluviões do Holocénico.

A Prospecção e Pesquisa

A água mineral que nasce na Concessão de Melgaço é mesosalina, com reacção ácida e função pronunciadamente alcalina. É uma gasocarbónica, bicarbonatada cálcica e ferruginosa.

O reduzido caudal das emergências ali existentes levou á necessidade de conceber um plano de prospecção na tentativa de avaliar o potencial hidromineral existente.

Tomou-se como base de trabalho toda a informação existente em bibliografia diversa. Dos trabalhos consultados foram de especial importância:

- o esboço da fotogeologia da região (Nunes, A.M. 1978) (Figura 2);
- uma interpretação sumária da geologia dentro do Parque (Cortês, Simões 1978);
- dados de 4 sondagens efectuadas em 1985.

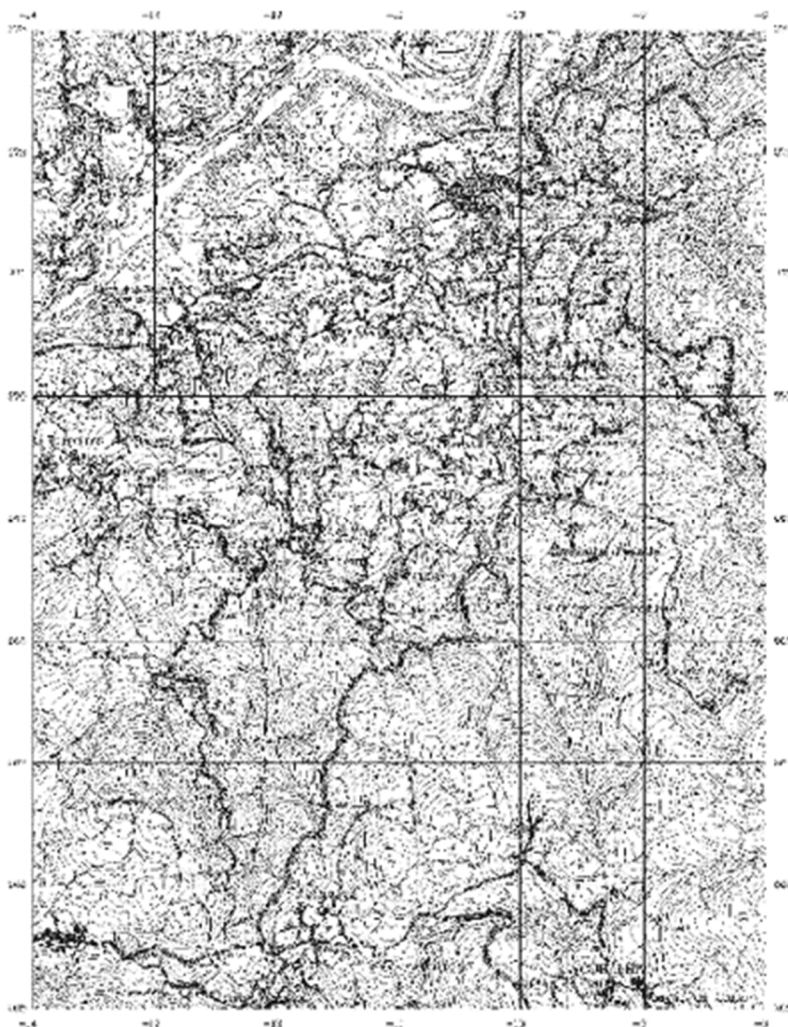


Figura 2 – Esboço fotogeológico da Concessão Hidromineral de Melgaço (executado pelo Sr. Dr. Martins Nunes).

Geofísica

Dimensionou-se uma campanha de prospecção geoelectrica a abranger toda a área disponível (Figura 3).

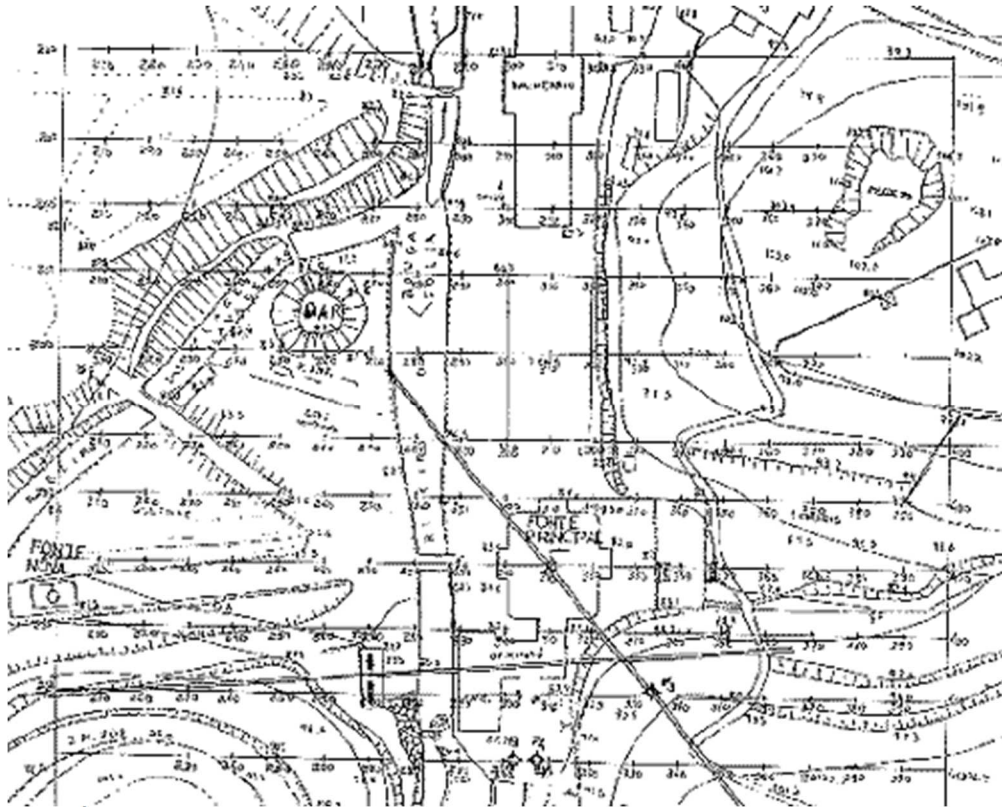


Figura 3 - Área abrangida pelos trabalhos de prospecção geoelectrica no Parque de Melgaço. Numa primeira fase, iniciada em Setembro de 1997, utilizou-se um dispositivo em rectângulo orientado a E-W com $AB = 600$ metros, $MN = 10$ metros e passo de 10 metros, que possibilitou a definição de várias orientações de descontinuidades.

Posteriormente, no intuito de detalhar uma zona mais pequena, seguindo a informação adquirida, definiu-se um segundo rectângulo, perpendicular ao primeiro.

Aplicando o mesmo equipamento realizaram-se ainda duas sondagens eléctricas verticais (SEV). Através da interpretação dos dados obtidos, na qual foi essencial a colaboração e orientação do senhor Dr. Martins de Carvalho, conclui-se que ambos os rectângulos evidenciaram uma anomalia E-W passando pela duas emergências existentes, Fonte Nova e Fonte Principal. Detectaram-se também, em especial no sector desta ultima, alinhamentos de baixa resistividade próximos de N-S (Figura 4).

As SEV realizadas sugeriram a ocorrência do maciço granítico relativamente alterado até profundidades de 20 a 30 metros.

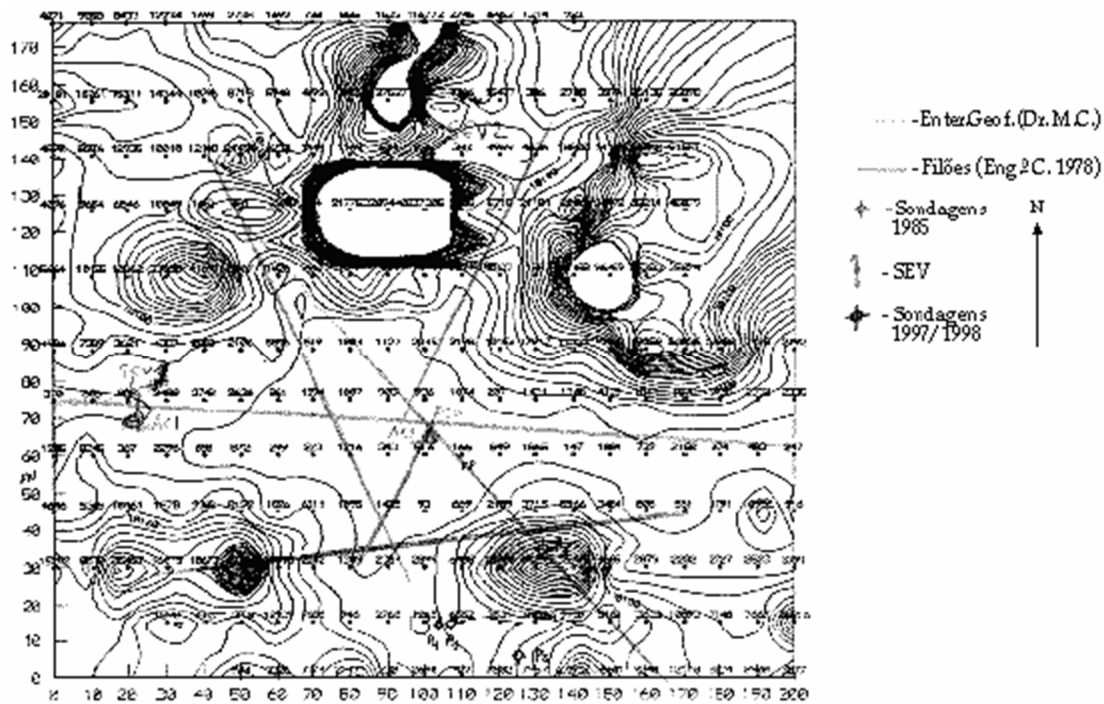


Figura 4 - Carta de Síntese elaborada sob orientação do Sr. Dr. Martins de Carvalho. Resultou deste trabalho a definição de dois locais para a realização de sondagens de pesquisa que eventualmente pudessem vir a ser transformadas em captação.

1.ª Sondagem

No final de Novembro de 1997 deu-se início à primeira das duas sondagens. Foi uma tarefa difícil de levar a bom termo uma vez que nenhuma da informação disponível deixava antever as dificuldades encontradas, essencialmente devidas à existência de uma zona de fragmentos graníticos arredondados de dimensões muito variáveis (centimétricos a métricos), provavelmente pertencentes ao leito antigo da ribeira que corre ali próximo (ribeira de Lages), envolvidos por uma mistura de terra vegetal e material areno-argiloso.

Para ultrapassar este depósito, que apareceu entre os 2 e os 10-11 metros de profundidade, foi necessário recorrer a repetidas operações de cimentação e reperfuração com enorme dispêndio de tempo e recursos, e aplicando algumas metodologias um pouco fora do habitual neste tipo de obra (Figura 5), nomeadamente a utilização de uma máquina retroescavadora para abrir uma vala inicial até aos 4 metros, a betonagem de um tubo de 10" dentro da vala e a realização de várias cimentações a diferentes profundidades dentro da sondagem usando uma bomba de cimento.

Melgaço 1

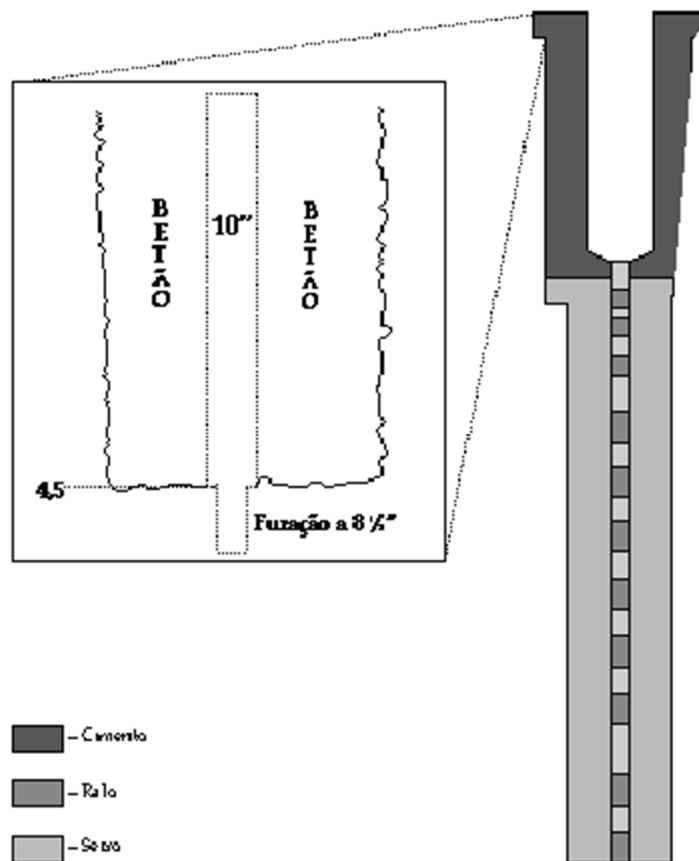


Figura 5 - Pormenor do início do "Melgaço 1" e sua composição final.

Não se pode deixar de referir que a transposição deste obstáculo foi possível não só devido aos equipamentos disponibilizados mas também e, na nossa opinião, essencialmente, devido à capacidade técnica do Empreiteiro e à excelente interligação entre a fiscalização, o técnico responsável (Sr. Eng.º Manuel Areias) e a equipa de sondagem.

O resto da furação, dos 12 aos 184 metros, decorreu de forma normal, utilizando-se martelo de fundo-de-furo, enquanto na fase inicial se tinha recorrido à circulação de lamas bentoníticas.

A litologia atravessada pela sondagem revelou-se monótona, sendo fundamentalmente constituída por um granito claro de duas micas, apresentando ligeiras variações de tonalidade e em alguns troços "restites".

A metodologia empregue nesta parte da furação permitiu acompanhar a par e passo os vários aparecimentos de água, tornando possível avaliá-los quanto à sua quantidade e qualidade. Começaram a aparecer indícios de água mineral aos 14,5 metros, registando-se o último acréscimo aos 162 metros, altura em que, por air-lift, se obteve um caudal de cerca de 23 l/s.

Considerando toda a informação recolhida durante a execução da sondagem foi definida a coluna de revestimento em aço INOX a descer na furação.

Privilegiando a qualidade, com o sacrifício da quantidade, apenas se fez o aproveitamento do recurso existente dos 58 metros para baixo (zona de tubo-ralo).

Concluída a captação foi realizado um ensaio de bombagem escalonado (Figura 6).

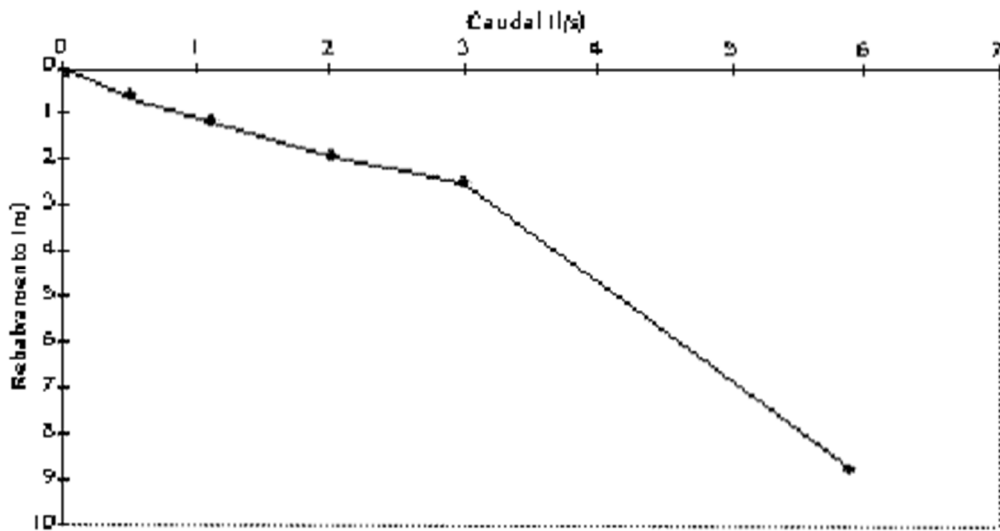


Figura 6 – Curva característica da captação Melgaço 1.

2.ª Sondagem

Na execução da segunda sondagem a experiência e ensinamentos recolhidos durante a primeira reduziu, substancialmente, o tempo e recursos empregues na fase inicial (Figura 7).

Melgaço 2

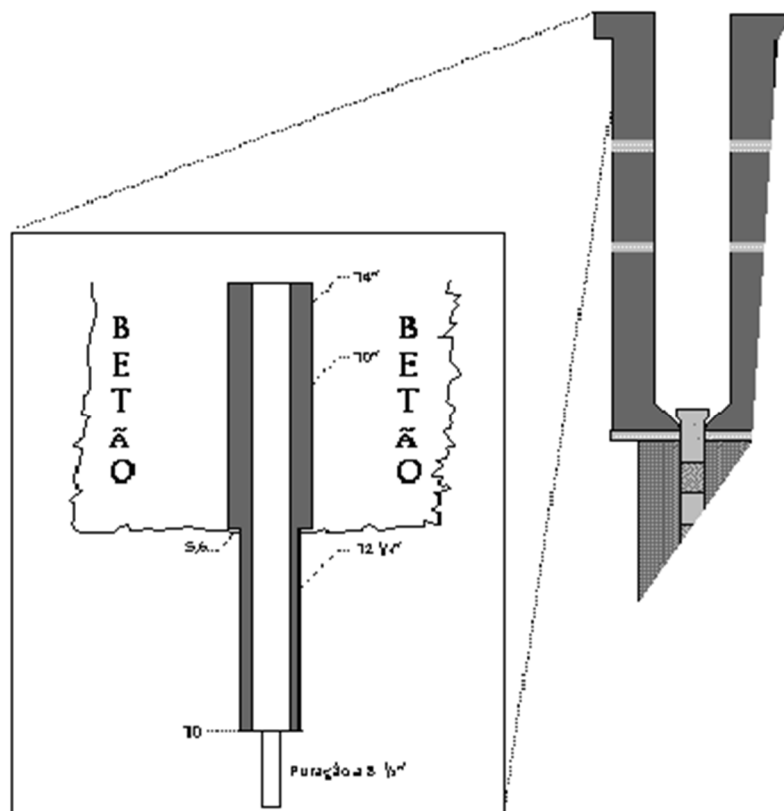


Figura 7 – Pormenor do início do "Melgaço 2" e sua composição final.

Toda a furação decorreu sem contratempos de maior, sendo de realçar a grande quantidade de "restites" intersectadas e o facto de até aos 80 metros quase não haver água (0,2 l/s), aparecendo daí, até ao fim da furação, 145 metros, em grande quantidade (27,5 l/s em air-lift no final) e com óptima qualidade. Logo de início, por forma a permitir o correcto aproveitamento de caudais da ordem de grandeza dos obtidos na primeira captação, dimensionou-se o troço inicial de modo a permitir, caso viesse a ser necessário, uma finalização com um diâmetro capaz de suportar uma unidade de bombagem ligeiramente mais potente.

O caudal obtido veio a justificar o posterior alargamento de toda a furação para 10" até aos 80 metros. A coluna de revestimento, construída totalmente em aço INOX, não foi descida como habitualmente, como único conjunto de troços de tubagem soldados topo com topo, para possibilitar o aproveitamento máximo do espaço disponível na furação.

Assim, desceu-se em primeiro o conjunto de 4" (zona com ralos) cujo pé ficou aos 141 metros e possui no topo (74,30 metros) uma rosca.

Após a execução da zona filtrante (até aos 80 metros), do respectivo desenvolvimento e da cimentação que se realizou dos 78 aos 76 metros, sobre cerca de dois metros de bentonite, desceu-se então uma tubagem com 168 mm de diâmetro cuja base foi enroscar no topo do 4".

Terminou-se a construção da captação com a intercalação de várias camadas de cimento e de bentonite. Não foi possível realizar um ensaio de bombagem imediatamente após a conclusão da captação uma vez que a simples agitação da água pelo funcionamento da turbina da electrobomba provocava um artesianismo, impulsionado pela libertação de CO₂, com um caudal inicial de 11 l/s que ia gradualmente diminuindo ao longo das 24 a 48 horas seguintes.

Actualmente ambas as captações têm unidades de bombagem electrosubmersíveis instaladas, estabilizando o seu N.H.D., quando se encontram as duas em funcionamento, a cerca de 6 metros ao fim de poucas horas.

Neste momento o recurso obtido nas duas captações está a ser estudado por forma a ser constituído o processo para o seu reconhecimento como água mineral natural tipo Melgaço.

Em colaboração com os Srs. Drs. Nemésio Perez e José Salazar do I.T.E.R. (Tenerife) efectuaram-se algumas medições do fluxo de CO₂ no solo, na zona junto das emergências e dos furos.

Os valores obtidos embora não permitam extrapolações, devido ao reduzido número de dados recolhidos, situam-se entre 10 a 20 vezes o valor médio continental para este parâmetro.

Bibliografia

A. Cavaco – Estudo Geoelectrico em Melgaço

Cortês, Simões – Dados de trabalho de campo 1978

Hidrorumo/Union Fenosa – Aproveitamento Hidroelectrico de Sela – Estudo de Impacte Ambiental.

Lima, Alberto; Pamplona, Jorge; Alves, Carlos – Aproveitamento Hidroelectrico de Sela – Estudo Hidrogeológico.

Nunes, Martins – Esboço Fotogeológico da Área de Alimentação Próxima das Águas Minerais de Melgaço.

In Prospecção, Pesquisa e Captação de Águas Minerais Naturais, Recursos Geotérmicos e Águas de Nascente (2002)

Reconhecimento e Prospecção Hidrogeológica

José Cruz

I - Introdução

Nas últimas três décadas tem havido um enorme crescimento de estudos de reconhecimento hidrogeológicos nas áreas concedidas para exploração de recursos hidrominerais. Estes estudos têm sido consequência da necessidade de se realizarem captações profundas que substituam as emergências naturais.

As áreas concedidas, no âmbito do Decreto-Lei 15 401, de 17 de Abril de 1928, tinham no mínimo 50 hectares. De realçar que os estudos hidrogeológicos que se têm realizado, normalmente, restringem-se às mediações das captações, portanto o potencial da maior parte das áreas concedidas não está perfeitamente conhecido.

II - Enquadramento Legal

O Decreto-Lei 15 401, de 17 de Abril de 1928, já fazia menção à realização de trabalhos de prospecção e pesquisa, nomeadamente no seu Art.º 24.º. "A cada nascente ou grupo de nascentes de águas minerais será concedida uma área reservada, mínima de 50 hectares, dentro da qual só o respectivo concessionário poderá proceder a trabalhos de pesquisa ou de captação de novas nascentes mediante autorização do Governo".

Embora a natureza dos trabalhos de pesquisa tenha evoluído muito desde 1928, pois na altura os trabalhos de pesquisa restringiam-se quase sempre em colocar a descoberto as fracturas por onde a água das nascentes emergia.

Nos princípios da década de 70 começam-se a executar furos de prospecção e pesquisa de alguma profundidade, tentando captar a água mineral natural. Na sua maioria esses furos de prospecção e pesquisa eram transformados em captação.

Com a publicação da legislação dos recursos geológicos em 16 de Março de 1990, clarificou-se o conceito de prospecção e pesquisa, nomeadamente, na alínea c) do n.º 1 do Art.º 2.º do Decreto-Lei 86/90, quando define "*PROSPECÇÃO E PESQUISA - As actividades que visam a descoberta e caracterização de águas minerais até à revelação da existência de valor económico*".

Para além da legislação de 1990 definir o conceito de prospecção e pesquisa, ela própria utiliza-se com duas finalidades:

1 - Quando o recurso hidromineral não está revelado e qualificado, um dos acessos à actividade é através de um contrato de prospecção e pesquisa, pois o Art.º 9.º do Decreto-Lei 90/90, de 16 de Março refere: "*Quanto aos recursos que se integram no domínio público, podem ser constituídos os seguintes direitos: a) De prospecção e pesquisa, permitindo a prática de operações visando a descoberta de recursos e a determinação das suas características, até à revelação da existência de valor económico*";

2 - Quando o recurso hidromineral já está outorgado, o concessionário poderá executar trabalhos para revelação de novos recursos e/ou para aumento de caudais disponíveis, pois o Art.º 28.º do Decreto-Lei 86/90, de 16 de Março confere-lhe esses direitos quando afirma: "*Nas zonas imediata e intermédia de protecção só o concessionário poderá proceder a trabalhos de prospecção e pesquisa, mediante prévia autorização do Ministro, devendo o respectivo requerimento ser entregue no IGM, instruído com a necessária fundamentação técnica.*"

Assim, podemos afirmar que o conceito de prospecção e pesquisa tanto se aplica a recursos não outorgados como àqueles que já se encontram qualificados e em exploração, pois ele visa sempre a execução de um conjunto de actividades que conduzem ao seu aproveitamento.

III - Reconhecimento

O reconhecimento é o conjunto de actividades a desenvolver antes de se avançar para os trabalhos de prospecção e pesquisa. Visam obter o maior conhecimento hidrogeológico e geofísico do local a fim de garantir com sucesso os trabalhos de prospecção e pesquisa que se lhes seguem.

Os trabalhos de reconhecimento deverão ser iniciados por um estudo da geologia regional da área escolhida, devendo seguir-se um estudo cada vez mais refinado, ou seja, passar-se para um estudo local. Dado que a grande maioria das ocorrências hidrominerais estão localizadas no sistema fracturado, deverá ser feito um estudo geológico-estrutural minucioso, por forma a se definirem os vários sistemas de fracturação responsáveis pela circulação da água mineral natural.

O estudo geomorfológico da região é uma outra ferramenta essencial, pois para além de nos poder fornecer informações geológico-estruturais importantes, o conhecimento da rede hidrográfica também nos dá uma importante visão regional e local.

O estudo hidrológico da região é um outro mecanismo importante do reconhecimento, pois os dados da precipitação, da evapotranspiração, da escorrência e da infiltração dá-nos informação muito importante do estudo das águas subterrâneas de uma determinada região.

O levantamento dos pontos de água da região onde se pretende fazer o reconhecimento é um outro modo de fazer o estudo das águas subterrâneas de uma determinada área. Dever-se-á fazer uma caracterização o mais pormenorizada possível das características físico-químicas dessas águas.

Enfim, com tudo o que foi anteriormente referido, poder-se-á dizer que deverá ser feito um estudo hidrogeológico de âmbito regional e local, que contemple, o máximo de informação disponível. Este estudo hidrogeológico deverá avançar para a elaboração de um modelo conceptual de funcionamento do sistema aquífero, nomeadamente o sistema hidrogeológico objecto dos futuros trabalhos de prospecção e pesquisa.

A fase de reconhecimento deverá terminar por perspectivar a execução de trabalhos de prospecção e pesquisa.

IV - Prospecção e Pesquisa

Feito o reconhecimento do local, poderemos avançar para os trabalhos de prospecção e pesquisa. A prospecção deverá ser iniciada por trabalhos de geofísica, que nos permitem esclarecer algumas dúvidas levantadas pelos trabalhos de reconhecimento e nos irão fornecer dados complementares à tomada de decisão, ou seja, de poder projectar com mais rigor os trabalhos de prospecção mecânica.

Feita a confrontação dos dados do reconhecimento com os obtidos na campanha de geofísica, estaremos em condições de poder projectar os trabalhos de prospecção mecânica, ou seja, de realização dos furos de sondagem.

Estes furos de sondagem deverão ser sempre acompanhados por técnicos especializados, nomeadamente por hidrogeólogos para garantir com sucesso a sua execução.

Dever-se-á ter sempre presente que os trabalhos a realizar, deverão conduzir à obtenção de uma água com elevada estabilidade físico-química e bacteriológica, ou seja, como é hábito referir que interessa mais a qualidade do que a quantidade”, perspectiva esta não muitas vezes seguida por algumas empresas de sondagens.

Os pormenores dos trabalhos de prospecção e pesquisa são abordados por outros colegas no âmbito dos seus trabalhos específicos.

V - Estudo das Áreas Concedidas

Como foi anteriormente referido, cada recurso hidromineral tem uma área demarcada, chamada área de concessão, dentro da qual só o concessionário detém os direitos de exploração desse mesmo recurso. Por outro lado, os recursos hidrominerais, detêm ainda um perímetro de protecção para garantir a disponibilidade e características da água, bem como das condições para uma boa exploração. Este perímetro é composto por três áreas: imediata, intermédia e alargada. Também como foi referido anteriormente, nas áreas imediata e intermédia só o concessionário pode fazer prospecção e pesquisa.

De um modo geral as áreas intermédias andam muito próximas das áreas de concessão, ou seja, são normalmente superiores a 50 hectares.

Feito o levantamento das áreas concedidas, pois muitas concessões não possuem ainda perímetro de protecção, podemos constatar que o valor médio das áreas de concessão, ronda os 84 hectares.

N.º de concessões	Total das áreas de concessão (ha)	Área média de concessão (ha)
63	5 263	83,5

Considerando que se trata de uma área muito extensa, podemos dizer que se conhece razoavelmente somente uma pequena extensão de cada uma dessas áreas, pois os estudos que se têm desenvolvido restringem-se, normalmente, às áreas junto das captações existentes.

Com a exigência de todas as concessões hidrominerais terem Director Técnico, penso que este poderá ser um meio de se avançar para alargar o conhecimento hidrogeológico a toda a extensão das áreas concedidas.

A ATISO, no Contexto da Captação de Água Subterrânea

Martins Ferreira

A ideia da constituição duma associação reunindo os principais agentes que interviessem na área da pesquisa e captação das nossas águas subterrâneas data do início dos anos 70 quando do aparecimento dos primeiros equipamentos de perfuração por ar comprimido.

Houve desde logo a percepção que tais equipamentos, aliados às facilidades de aquisição proporcionadas pelas principais empresas vendedoras, iria introduzir nesta actividade imprevisíveis alterações.

As modificações profundas que vieram a afectar a sociedade portuguesa em meados daquela data provocaram um afastamento àquela primitiva intenção a qual só foi retomada cerca de 15 anos depois, em 1987.

Por esta altura juntaram-se num hotel em Lisboa cerca de três dezenas de empresários e técnicos para troca de impressões sobre a pesquisa de águas subterrâneas tendo já em conta a grande proliferação de sondas em actividade.

Foi pois neste dia que se lançou realmente a primeira pedra, escolhendo-se a Comissão Instaladora e escolhendo-se desde logo o nome da associação: ATISO, Associação Nacional dos Técnicos e Indústrias de Sondagens.

Depois vieram os anos de muitas discussões e análises e da preparação dos Estatutos, da sua aprovação, dos contactos infundáveis com quem actuava no sector, até que...

Em finais de 1996 fez-se o necessário registo notarial para legalização da associação.

Em Março/97 elegeram-se os primeiros corpos gerentes.

Começaram então os contactos oficiais com as diversas entidades que tutelam o sector.

Aceita perfeitamente a ATISO, e acha mesmo imprescindível, que seja o Estado a impor as regras para pesquisa, captação e utilização das nossas águas subterrâneas, mas para que tal política tenha êxito ela terá que ter em conta quem, no terreno e no dia a dia, executa as principais tarefas relacionadas com o aproveitamento desse bem que deveria ser de todos nós.

Pretendia-se antes de mais alterar o actual quadro legal em vigor que não serve de modo algum os fins que pretende atingir conhecimento e gestão dos aquíferos subterrâneos. Com efeito este quadro contém em si disposições pouco claras e algumas incumpríveis.

Exemplo flagrante é o Decreto-Lei 46/94, principal instrumento que pretende controlar essa actividade o qual falha completamente, quanto a nós, o seu objectivo: disciplinar a actividade através da figura do licenciamento, aliás já conhecida desde a década de 60, e obter dados hidrogeológicos sobre os trabalhos de pesquisa e, conseqüentemente, sobre as potencialidades e qualidade dos aquíferos atingidos e das águas captadas.

Apesar dos esforços do Ministério do Ambiente que licencia e condiciona a pesquisa de águas subterrâneas muito pouco se conseguiu. Com efeito, e entre outras situações:

- i) a maior parte dos furos executados foge ao licenciamento;
- ii) mesmo muitos dos que se sujeitam a esta obrigação não apresentam dados fiáveis nos seus "relatórios finais" – exigidos por lei. Ensaios de caudal e análises químicas são elementos que a lei exige mas raramente integram esses relatórios";
- iii) o número de pedidos de licenciamento para exploração de água (2.ª fase do licenciamento) é reduzidíssimo.

Como conclusão pode afirmar-se que apesar da dezena (mais certamente) de milhar de furos que anualmente se executam entre nós talvez menos de 10% cumprem integralmente a lei...

Deste modo é possível caracterizar e gerir as nossas águas subterrâneas?

A ATISO está disposta a colaborar no estudo, análise e discussão das próximas leis que irão afectar os sectores da actividade de consultoria hidrogeológica e da captação e exploração das águas subterrâneas. Mas para que tal se concretize é fundamental que sejamos considerados interlocutores imprescindíveis e privilegiados na discussão dessas alterações e que sejam atendidas algumas das nossas reivindicações.

- simplificação e rapidez no processo de licenciamento; a licença de pesquisa deve ser praticamente automática face ao pedido. As limitações fariam parte da licença de exploração em função das características de cada captação;
- uniformidade de critérios em todo o País na concessão dos licenciamentos;
- eliminação da distância de 100 metros entre captações;
- apoio a acções de formação quer junto dos agentes intervenientes na pesquisa e captação quer junto dos utilizadores da água;
- recenseamento desses agentes e equipamentos nas DRA's, INAG ou IGM, conforme os locais ou finalidade da pesquisa para se conseguir uma responsabilidade mais clara na execução dos trabalhos;

- igualdade no cumprimento da lei para todos os intervenientes na captação e utilização da água sem o que continuará a imperar a penalização no mercado dos que cumprem em favor dos que a ignoram que, por este simples facto, oferecem custos mais baixos os quais correspondem, com certa frequência à má execução da captação e à conseqüente deterioração dos aquíferos.

Se tal se vier a verificar, a ATISO consegue atingir parte importante dos seus objectivos e as entidades de tutela poderão colher os necessários dados para a implementação duma política séria de gestão e protecção dos nossos recursos hídricos subterrâneos: Como consequência poderá iniciar-se a recuperação das nossas reservas hídricas subterrâneas hoje tão afectadas pela poluição dos terrenos de cobertura.

Investigação Hidrogeológica das Termas de Santa Comba e Três Bicas

Augusto Marques da Costa

Palavras-chave: Hidrogeologia, termas, aquífero, piezómetro, sondagem.

Resumo: São apresentados os resultados da Investigação hidrogeológica da concessão termal de Santa Comba e Três Bicas, incluindo os resultados de uma sondagem com mais de 700 metros, realizada no interior do castelo de Moura. O conjunto dos ensaios realizados indicam condições favoráveis para uma exploração termal de dimensão superior à antiga.

I - Introdução

O termalismo tem um papel importante a desempenhar no desenvolvimento económico de regiões, em particular as que sofrem de interioridade. Se esta actividade for tecnicamente sustentada e enquadrada num plano de desenvolvimento turístico regional/local, pode contribuir, decisivamente, para o desenvolvimento de vários sectores da actividade económica, combatendo esse isolamento geográfico, com a conseqüente criação de postos de trabalho não efémero, contribuindo, ainda, para a melhoria das condições de vida das populações, enriquecendo toda a herança cultural de um povo.

A cidade de Moura, situada no Baixo Alentejo, na margem esquerda do Guadiana, dispõe de instalações balneares, ligadas à exploração da concessão termal de "Santa Comba e Três Bicas", cuja designação resulta de duas nascentes situadas no interior do castelo desta cidade. A localização destas infra-estruturas e o respectivo enquadramento paisagístico, justificam a importância deste estabelecimento termal em finais do século XIX e início do século XX.

As concessões de "Santa Comba e Três Bicas" e de "Pisões Moura" estão historicamente ligadas, razão pela qual esta água mineral ainda é conhecida como "Água Castello", contudo na actualidade tratam-se de duas concessões distintas, cada uma explorando um aquífero diferente, embora geograficamente próximos.

A actividade termal em Moura encontra-se, actualmente, suspensa, devido a situações de contaminação orgânica, detectadas em análises bacteriológicas efectuadas às águas das nascentes de Santa Comba e Três Bicas.

A origem desta contaminação e as potencialidades do recurso são factores a ter em conta no desenvolvimento desta actividade. Neste sentido, foi estabelecido um Acordo de Cooperação entre o Instituto Geológico e Mineiro (IGM) e a Câmara Municipal de Moura (CMM), em 18 de Fevereiro de 1997, beneficiando do suporte financeiro do Projecto de Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA), promovido e financiado pela CCR Alentejo.

II - Antecedentes

A região já tinha constituído objecto de estudos geológicos e estruturais, nomeadamente Oliveira, J.T., Oliveira, V. & Piçarra (1991), Piçarra, J. M. (1991) Carvalhosa, A. (1965, 1968), não só mercê dos recursos hídricos subterrâneos que a caracterizam, como das respectivas potencialidades mineiras. Foi contudo com o início do ERHSA, em finais de 1996 início de 1997, que foi possível avançar com os métodos directos de prospecção, através de sondagens mecânicas, que confirmaram e detalharam, o modelo conceptual de funcionamento hidráulico do sistema aquífero da região (Costa, A. M., 1989, 1991, 1992, 1997).

III - Objectivos

- a) As ocorrências de Santa Comba e Três Bicas, objecto de exploração das termas de Moura, têm origem no Aquífero Moura-Ficalho;
- b) A característica de temperatura, da ordem dos 22°C, com que a água atinge a superfície resulta da própria profundidade de circulação desta água;
- c) A pureza bacteriológica desta água é garantida, desde que convenientemente captada e explorada, consistindo o elevado potencial hidráulico do aquífero (superior à cota do terreno no interior do castelo) a principal defesa natural contra fontes superficiais de contaminação;
- d) A quantidade de recurso explorável é elevada para o fim a que se destina, carecendo de um dimensionamento adequado, de acordo com os resultados que se vierem a obter na sondagem, destinada à construção da captação definitiva;
- e) Prevê-se que a captação definitiva para exploração do recurso possa consistir num furo vertical de profundidade igual ou inferior a 100 metros, de acordo com as especificações que constam do Caderno de Encargos, preparado para efeito de concurso de empreitada.

Face a estes resultados, estão criadas as condições para dinamizar a exploração deste recurso hidromineral, tendo já a CMM manifestado o seu empenho nesta missão. Pensa-se que, se esta acção for devidamente integrada num projecto de desenvolvimento turístico da região, poderá contribuir para a melhoria das condições de vida neste concelho, contribuindo para o combate à desertificação humana da margem esquerda do Guadiana.

VI - Referências Bibliográficas

- Carvalhosa, A. (1965) - "Contribuição para o conhecimento geológico da região entre Portel e Ficalho (Alentejo)". Mem. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, N.S., n.º 11, 130 pp.
- Carvalhosa, A. (1968)- Notícia explicativa da folha 44-CD - Vila Verde de Ficalho. S e r v. Geol. de Portugal, Lisboa, 1968, 23 pp.
- Carvalhosa, A. & Carvalho, A.M.G. (1985)- Notícia explicativa da folha 43-B - Moura. Serv. Geol. de Portugal, Lisboa, 1985, 30 pp.
- Costa, A.M. (1985) - "Características hidrogeológicas dos principais afloramentos de rochas carbonatadas do substrato hercínico no Alentejo". Congresso sobre o Alentejo, Assoc. Municípios de Beja, II; 1985, pp 657- 665.
- Costa, A.M. (1988) - "Ensaio de um aquífero profundo próximo de Moura, utilizando uma sondagem com artesianismo repuxante". Comun. Serv. Geol. Portugal, t. 74, Lisboa, 1988, pp. 29-34.
- Costa, A.M. (1991) - "Sistemas aquíferos da região de Moura". Comun. Serv. Geol. de Portugal, t 77, Lisboa, 1991, pp. 133-146.
- Costa, A.M. (1992) - "Características hidrogeológicas dos «Calcários de Moura»". Comun. Serv. Geol. de Portugal, t 78, fasc.1, Lisboa, 1992, pp. 3-11 .
- Costa, A.M (1997), - "Sistema aquífero Moura-Ficalho", Seminário sobre Águas Subterrâneas - LNEC - 10 a 12 de Dezembro de 1997.
- Costa, F.E., (1994)- Notícia explicativa das folhas 7 e 8 da Carta Hidrogeológica de Portugal na escala 1/200 000. IGM, Lisboa, 1994.
- Oliveira, J.T. (Coord.) (1991) - Folha 8 da carta geológica de Portugal na escala 1/200 000. Serv. Geol. de Portugal, Lisboa, 1991.
- Oliveira, J.T., Oliveira, V. & Piçarra, J. M. (1991) - "Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa-Morena, em Portugal". Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe. Vol. 16, Coruña, 1991, pp. 221-250.
- Piçarra, J.M. (1991) - "Descoberta de graptólitos silúricos em liditos da Formação dos «Xistos de Moura», Maciço de Évora-Beja: Implicações tectono-estratigráficas", in Resumos da XI Reunião sobre a «Geologia do Oeste Peninsular», Huelva, 1991., pp. 34-35.

Desenvolvimento e Gestão de Recursos Hidrominerais

EurGeol José Martins Carvalho

Resumo: O desenvolvimento e gestão dos recursos hidrominerais engloba numerosas actividades de carácter geológico, hidrogeológico, de controlo ambiental e ordenamento do território que são supervisionadas, a nível da concessão, pelo Director Técnico.

Para além da actividade de gestão técnica corrente e prospectiva, o Director Técnico estabelece a ligação entre o concessionário e o Instituto Geológico e Mineiro e outros organismos públicos e privados.

Entre as actividades que é necessário desenvolver contam-se a avaliação dos recursos hidrominerais, a condução da prospecção e pesquisa, a definição dos caudais de exploração, a elaboração do plano de exploração e a proposta de definição do perímetro de protecção. Em relação a estes temas são discutidas estratégias e sugeridas algumas abordagens.

I - Introdução

Em Julho de 1998 o Instituto Geológico e Mineiro realizou as II Sessões Técnicas integradas nas Comemorações dos 150 anos da Criação da 1.^a Comissão Geológica. Foi, então, solicitada a colaboração do autor que apresentou uma breve comunicação. Este documento retoma nuns casos, e amplia noutros, a exposição oral que então foi proferida.

Tendo as II Sessões Técnicas sido dirigidas essencialmente aos Concessionários de águas minerais naturais ² e aos detentores de licenças de exploração de águas de nascente, o auditório foi constituído maioritariamente por técnicos e empresários do sector. Foi, por isso, julgado oportuno apresentar os problemas que, na óptica do autor, mais condicionam o exercício da Direcção Técnica de Exploração, em concessões de água mineral natural, nos termos do Art.º 30.º do Dec-Lei 86/90 ³.

2 - As águas minerais naturais e outros recursos hidrominerais, de acordo com o dec-lei 90/90, constituem um bem dominial e a sua exploração é concessionada pelo Estado. Este regime jurídico vigora desde a promulgação do decreto de 1892, publicado no Diário do Governo 225 de 5 de Outubro (Calado 1995).

3 - E ainda: (i) do artigo 25.º do Dec-Lei 85/90 que se ocupa de águas minero-industriais e (ii) do artigo 25.º do Dec-Lei 87/90 que se ocupa de recursos geotérmicos. O Dec-Lei 84/90 referente a águas de nascente não prevê a figura de Director Técnico. No entanto, na prática, muitas das exigências da tutela em relação ao controlo de qualidade e metodologias de desenvolvimento destes recursos são semelhantes aos das águas minerais. Ao Director Técnico, nos termos legais, cabe a direcção da exploração da concessão. As actividades da direcção técnica de exploração incluem: (i) gestão técnica, (ii) gestão institucional e, naturalmente, (iii) ligação à tutela, o Instituto Geológico e Mineiro 4. Para gerir é necessário conhecer. Por isso, o Director Técnico, para exercer cabalmente a sua função a nível da gestão técnico-económica, deve:

4 - E em muitos casos à Direcção-Geral de Saúde e aos órgãos regionais da Administração da Saúde.

- conhecer o modelo conceptual do sistema hidromineral (zonas de recarga, mecanismos de circulação e descarga), interacções com outros aquíferos ou corpos de água superficial lóticos ou lênticos, recursos qualitativos e quantitativos e a vulnerabilidade e riscos de contaminação e poluição 5.
- Estabelecer programas sistemáticos de desenvolvimento e protecção
- Avaliar os recursos da concessão ou do aquífero hidromineral 6, e propor a fixação do caudal de exploração das captações 7.
- Impor metodologias e práticas de monitorização qualitativa e quantitativa.

5 - O conhecimento do modelo conceptual deve ser exaustivo mas em termos práticos é limitado por dificuldades técnicas e económicas. Ao Director Técnico de Exploração cabe a definição das estratégias e políticas de desenvolvimento, que, num dado estágio da exploração, são julgadas suficientes para o aproveitamento racional e económica do recurso.

6 - A maioria das concessões foi fixada em épocas na qual o conhecimento sobre o modelo conceptual do recurso era incipiente. Por isso, algumas áreas são desajustadas e apenas nalgumas há sobreposição espacial completa entre recurso hidromineral e concessão.

Outras, de concessionários distintos, partilham o mesmo aquífero hidromineral

7 - Deve ser incluída, também, a problemática da captação de água industrial para apoio às utilizações da água mineral, que, por vezes, em zonas com recursos renováveis pequenos e irregulares constitui um problema complexo.

A nível da gestão institucional as intervenções previstas na lei, que devem a cada momento ser accionadas pelo Director Técnico em articulação com o Instituto Geológico e Mineiro visando a valorização do recurso e sua correcta exploração, são:

- O Plano de Exploração da concessão, fixado em função das captações existentes.
- A definição do Perímetro de Protecção.
- O eventual ajustamento da Área de Concessão.
- A negociação de contratos de Prospecção e Pesquisa de recursos adicionais de água mineral.

O presente texto, sem a pretensão de esgotar o tema, desenvolve alguns tópicos seleccionados entre os referidos anteriormente.

1.1 - O que são recursos hidrominerais

Na óptica do especialista das águas subterrâneas, o conceito de recurso hidromineral confunde-se com o de água mineral. E, águas minerais são, claramente, as que por qualquer característica físico-química, se distinguem das águas "normais" de uma dada região. São, geralmente, águas de circulação profunda e/ou de circuito hidrogeológico longo. Os caracteres distintivos mais frequentes são a mineralização e a temperatura. Assim, para alguns, águas minerais terão de apresentar mineralizações totais ou de determinados componentes específicos (pH, sulfuração, sílica, CO₂, etc.) superiores aos valores correntes ou temperaturas mais altas que a temperatura média do ar. (Schoeller 1962) considera como termais as águas cuja temperatura excede em 4°C a temperatura média do ar. (Calado 1995) discute em detalhe esta questão. (Carvalho 1993a) aborda, também, o assunto.

De acordo com a legislação Portuguesa (Anon 1990) que segue, com subtilezas diferenças, a regulamentação comunitária, recursos hidrominerais são as águas que têm interesse económico devido às suas características físico-químicas estando incluídas nesta categoria as águas minerais naturais e as águas minero-industriais (Art.º 3.º do Dec-Lei 90/90 relativo a recursos geológicos). De acordo com o mesmo diploma, uma água mineral natural é uma água bacteriologicamente própria, de circulação profunda, com particularidades físico-químicas estáveis na origem dentro da gama de flutuações naturais, de que resultam propriedades terapêuticas ou simplesmente efeitos favoráveis à saúde ⁸. Algumas águas minerais naturais podem constituir recursos geotérmicos, regulamentados pelo Dec-Lei 87/90.

8 - Águas minero-industriais, segundo o mesmo diploma são águas naturais subterrâneas que permitem a extracção económica de substâncias nelas contidas. O Dec-Lei 156/98 veio alterar de forma substancial a definição anterior no que respeita às águas minerais naturais destinadas a engarrafamento. Água mineral natural passa a ser entendida (Art.º 2.º) como água de circulação subterrânea, considerada bacteriologicamente própria, com características físico-químicas estáveis na origem, dentro da gama de flutuações naturais, de que podem eventualmente resultar efeitos favoráveis à saúde e que se distingue da água de beber comum: (i) pela sua pureza original; (ii) pela sua natureza, caracterizada pelo teor de substâncias minerais, oligoelementos ou outros constituintes.

No passado, até 1990, o conceito de água mineral estava estreitamente ligado a água minero-medicinal.

Foi assim com a primeira legislação Portuguesa de águas minerais (Decreto de 1892 inserido no Diário do Governo n.º 225 de 5 de Outubro, Decreto 5787-F de 10 de Maio de 1919 e Decreto-Lei 15 401 inserido no Diário do Governo de 17 de Abril de 1928).

Nesta matéria, Portugal seguiu a tradição dos países mediterrânicos que se opõe à dos países do Norte onde o conceito de água mineral está ligado essencialmente a elevadas mineralizações da água.

A actual legislação comunitária, conforme foi anteriormente exposto, tenta conciliar as duas tendências. Uma leitura lógica da definição administrativa de água mineral natural sugere que a grande característica distintiva deste recurso geológico em relação às águas comuns e às águas de nascente ⁹ é a ocorrência de "características físico-químicas constantes", ainda assim "dentro da gama das flutuações naturais".

9 - De acordo com os Dec-Lei 84/90 e 90/90 entende-se por águas de nascente as águas subterrâneas naturais que se não integrem no conceito de recursos hidrominerais, desde que na origem se conservem próprias para beber. Ao contrário dos recursos hidrominerais, que pertencem ao domínio público do Estado, as águas de nascente são do domínio privado. Tendo em conta a evolução da procura, não espanta que existam actualmente em Portugal águas minerais naturais com mineralizações totais variando entre 30 e 3500 mg/l. A própria líder do

mercado de águas engarrafadas apresenta uma mineralização total de apenas 47 mg/l. Nalguns países da Europa (Espanha, Itália, França e mesmo Bélgica) ocorrem, embora com menos incidência, situações em que águas com baixa mineralização são consideradas como minerais naturais.

É na óptica do mercado, e não na perspectiva puramente geológica, que este trabalho é elaborado.

Por isso, neste documento é seguido o conceito de recurso hidromineral tal como definido na Lei Portuguesa.

1.2 - Tipos de Aquíferos Hidrominerais

As águas minerais são classificadas, frequentemente, de acordo com a respectiva tipologia físico-química e, até, conforme as aplicações terapêuticas, no caso da hidrologia médica.

A classificação dos aquíferos onde ocorrem águas minerais tende a seguir a classificação das águas neles contidas.

Recentemente, (Albu et al 1997) propuseram uma classificação de águas minerais ¹⁰ que compreende as categorias seguintes: (i) águas de evolução normal, (ii) águas de origem marinha: intrusivas, congénitas, fósseis e lixiviadas, (iii) águas de formação ou diagenéticas, (iv) águas relacionadas com ocorrências minerais: de sulfuretos, de drenagem de minas e de evaporitos, e (v) águas geotérmicas. Quanto aos mecanismos de ascensão os mesmos autores consideram os grupos seguintes: (i) hidroestratigráficos (ii) "confined incisional" (vales em aquíferos confinados), (iii) de abstracção artificial (furos e poços) e (iv) injectionais (zonas de fractura, diques).

10 - Baseada na origem da composição química e nos mecanismos de ascensão. Conforme foi anteriormente referido, tendo em conta o contexto Português, a classificação dos aquíferos hidrominerais, poderia ser feita recorrendo ao esquema simplista seguinte: (i) aquíferos hidrominerais "normais", isto é, aqueles em que a água que neles circula não apresenta nenhuma diferença notável em relação à dos aquíferos comuns, ¹¹ e (ii) aquíferos de circulação profunda ou com velocidades de circulação lentas que dão origem a águas claramente distintas das dos aquíferos comuns. Adicionalmente, estes aquíferos têm de ser estudados, conceptualizados e classificados, como os demais, em termos geológicos, hidrodinâmicos e hidroquímicos.

11 - Estes aquíferos podem ser classificados de acordo com vários critérios, como: (i) Textura / Estrutura - aquíferos porosos, fissurados e carsificados, (ii) Modo de Jazida - aquíferos livres, confinados e semiconfinados e (iii) Localização Geográfica - aquíferos costeiros e interiores ou continentais.

A ascensão das águas minerais em aquíferos de circulação profunda é geralmente atribuída à ocorrência de um ou vários dos factores seguintes: (i) emergência gravítica, obedecendo aos princípios hidráulicos de Darcy, dominantes em aquíferos hidrominerais "normais", (ii) emergência cumulativamente condicionada pela sua densidade mais baixa, devida à temperatura elevada ou à presença de gases dissolvidos, como acontece em muitas das águas de circulação profunda.

(Moret 1946) incluiu todas estas causas com a designação de termosifão para explicar a ascensão de águas minerais, termais, de circulação profunda.

Recentemente, discute-se o papel dos mecanismos de bombagem sísmica na génese de algumas destas águas. De facto, é hoje evidente que muitas emergências naturais de águas minerais naturais de origem profunda se situam em zonas de tectónica activa, associadas a sismicidade elevada.

II - Desenvolvimento de Recursos Hidrominerais

As metodologias básicas de desenvolvimento dos recursos hidrominerais não difere substancialmente da das águas normais. No entanto deve ser realçado que dado o valor económico deste recurso geológico as disponibilidades financeiras para o seu estudo são geralmente mais importantes. São também muito maiores as exigências em termos de qualidade e rigor das operações de prospecção, das obras de pesquisa e captação e a nível de protecção ambiental.

(Carvalho 1995b e 1996) descreve com algum detalhe as metodologias e resultados obtidos em pólos de águas minerais Portuguesas do Maciço Hespérico. Algumas dificuldades específicas referentes às águas minerais naturais são abordadas seguidamente.

2.1 - A dessacralização dos modelos

A necessidade de compreensão do funcionamento hidrogeológico dos aquíferos hidrominerais leva ao estabelecimento de modelos conceptuais. Estes destinam-se a fundamentar intervenções de desenvolvimento e conservação nos sistemas hidrominerais com vista ao seu aproveitamento económico.

Dada a interdisciplinaridade a que a gestão dos recursos hidrominerais obriga, os modelos conceptuais tanto podem ser globais, tentando caracterizar no espaço todo o circuito hidráulico, como parcelares cobrindo actividades, sectores ou domínios da ciência avulsos.

O avanço das ciências da computação permitiu o desenvolvimento acelerado dos modelos matemáticos que hoje estão acessíveis, gratuitamente, ou a preços modestos a todos os investigadores e profissionais.

Desta situação ao insucesso vai um pequeno passo: não é possível construir modelos matemáticos credíveis e úteis sem que haja domínio dos modelos conceptuais que lhe servem de base. Ironizando com alguma maldade: todos os modelos são maus. Alguns são úteis! Tudo depende do uso que se lhes dá. É normal, que para explicar um determinado fenómeno ou situação, os investigadores e os profissionais procurem jogar com os dados disponíveis de forma a que no final o puzzle dê certo. Infelizmente nem sempre é assim. A incerteza é grande, o risco geológico (ou mineiro) subsistirá sempre e muitas vezes há que recomençar de novo construindo cenários alternativos de intervenção sobre hipóteses diferentes.

No caso dos recursos hidrominerais o maior esforço, entre nós, tem sido feito no domínio da detecção das zonas de circulação, particularmente nas zonas de descarga. Começa, também, a tentar conceptualizar-se modelos de circulação, à escala do circuito hidrogeológico completo, recorrendo a análises isotópicas.

Será interessante referir que, por exemplo, os resultados dos modelos de fracturação de escolas diferentes sobre as mesmas zonas de investigação nem sempre convergem. Esta circunstância apoia a tese de que a nível da prospecção e pesquisa local, tática, a sorte dos projectos se joga, geralmente à escala métrica ou decamétrica.

Daí dever afirmar-se que um dos problemas mais graves que o Director Técnico encontra no exercício das suas funções, em Portugal, onde predominam águas minerais naturais em aquíferos fissurados é o da desmistificação das falhas. Não bastam uns riscos a cheio num mapa, obtido muitas vezes por simples fotointerpretação, por uma personalidade prestigiada, para considerar-se resolvido um problema de identificação de locais para execução de sondagens mecânica ¹². Muitas vezes um desses traços é apenas o início de uma grande aventura. Um traço a cheio num mapa pode, com alguma sorte, corresponder a uma falha ou outra estrutura planar com uma função hidrogeológica: é preciso compreendê-la. A inocência dos que vêm nas falhas em rochas fissuradas eternos factores de favorabilidade à circulação de fluidos deve ser ponderada. Veja-se no decorrer deste documento, em 2.2.2, mais algumas achegas sobre este assunto.

12 - A hidrogeologia das rochas cristalinas não é apenas um exercício de geologia estrutural. O funcionamento dos circuitos hidrominerais é complexo. Daí, na maioria dos casos os modelos (matemáticos ou não) serem redutores da realidade, devendo ser utilizados como a ferramenta nova que complementa os instrumentos tradicionais.

2.2 Estratégias de prospecção, pesquisa e exploração

Por prospecção, pesquisa e exploração entende-se aqui o sentido do artigo 9.º do Dec.-Lei 90/90, a saber: (i) prospecção e pesquisa a prática de operações visando a descoberta dos recursos e a determinação das suas características, até à revelação da existência de valor económico e (ii) exploração o exercício da actividade posterior à prospecção e pesquisa, ou seja, o aproveitamento económico dos recursos.

A terminologia hidrogeológica mais corrente usa as designações prospecção e pesquisa no sentido que lhe é dado pela lei. O termo captação é mais usado que o de exploração mas há que reconhecer que é mais restritivo que este último pois engloba, geralmente, apenas as estruturas físicas de extracção da água.

Em termos práticos, a prospecção engloba apenas meios indirectos: reconhecimentos e cartografia geológica e hidrogeológica, fotointerpretação, inventário hidrogeológico, rastreios hidroquímicos e levantamentos geofísicos. A pesquisa engloba a realização de trabalhos de perfuração com meios mecânicos ¹³ que permitam a realização de ensaios de caracterização geológica, hidroquímica e hidrodinâmica dos aquíferos interceptados.

13 - Hoje estes métodos são quase exclusivos estando em desuso a pesquisa com escavações manuais ou mesmo mecânicas.

A exploração, ou seja, o aproveitamento económico do recurso, engloba a construção de estruturas captantes (geralmente furos verticais, inclinados ou horizontais) e a monitorização ¹⁴ da exploração.

14 - Físico-química, microbiológica e hidrodinâmica.

Os condicionamentos técnico-económicos levam a que cada vez mais as estruturas de pesquisa tendam a ser também de captação pois há que procurar um compromisso, nem sempre fácil, entre as necessidades da pesquisa e o dimensionamento da captação. Na maioria dos aquíferos hidrominerais Portugueses, porque se situam em rochas compactas e fissuradas, o método de perfuração mais utilizado, desde 1974 é o de percussão pneumática ¹⁵ com martelo de fundo de furo. Nalguns casos tem-se justificado a realização de sondagens carotadas, quer em furos de pesquisa quer em obras de avaliação-produção (pesquisa e captação) profundas em condições complexas. Como exemplo de metodologias representativas usadas no desenvolvimento de recursos hidrominerais (Carvalho et al 1995a) apresenta e discute resultados obtidos no polo hidromineral de Vilarelho da Raia.

15 - Também às vezes designado por rotopercussão, mas menos correctamente, pois a acção destrutiva da rocha é feita, basicamente, à percussão.

A localização de armadilhas hidrogeológicas circuladas com águas minerais naturais tem sido conseguida com abordagens clássicas com maior ou menor sobreposição de técnicas de prospecção. Convém enfatizar que o modelo geológico que serve de base à prospecção, pesquisa e captação deve resultar do cruzamento do máximo possível de aproximações metodológicas.

A evolução das condicionantes tecnológicas e sociológicas exige, também, um olhar diferente sobre as estratégias a seguir. A este respeito é particularmente importante sublinhar os progressivos aumentos do custo da mão-de-obra e o embaratecimento das sondagens com percussão pneumática.

Desta forma, neste momento, pode questionar-se, por exemplo, a relação relativa óptima de investimento em geofísica e em sondagens num dado programa. A geofísica dá inferências, permite formular cenários; as sondagens fornecem dados objectivos sobre as condições geológicas, hidrodinâmicas e hidroquímicas, isto é, sobre a quantidade e qualidade da água. E com alguma competência uma sondagem de pesquisa pode ser transformada em captação. O risco, neste caso, é o de uma simplificação excessiva: por isso, e por maioria de razão, as sondagens têm de ser bem projectadas e executadas e o controlo da perfuração exaustivo.

Neste domínio, o papel do Director Técnico é insubstituível a avaliar a relação eficácia/custos de investimento e na selecção das técnicas e operadores.

2.2.1 Especificidades do desenvolvimento de recursos de águas minerais naturais

O desenvolvimento dos recursos hidrominerais pretende satisfazer os objectivos seguintes, que podem ser cumulativos: (i) aumentar o caudal disponível, (ii) manter a qualidade química e melhorar ou manter a qualidade microbiológica, e, (iii) manter ou aumentar a temperatura ¹⁶.

16 - Alguns concessionários de águas de temperatura elevada, pouco conhecedores das possibilidades geotérmicas de alguns recursos, podem, porventura, pedir que se baixe a temperatura de captação...

Estes objectivos devem ser encarados à luz das diferenças que podem ser atribuídas à prática da hidrogeologia de águas minerais e de águas normais. Assim: a prospecção e pesquisa de águas minerais naturais é mais fácil ¹⁷ pois as armadilhas hidrogeológicas condicionadoras da ascensão e das zonas de descarga estão melhor expressas e os contrastes com métodos geofísicos são geralmente bons, particularmente em águas muito mineralizadas ¹⁸.

17 - Particularmente a nível da prospecção táctica, nos pólos conhecidos. A prospecção estratégica, tal como a que decorre da execução de contratos de prospecção e pesquisa tem dificuldades acrescidas ao nível das de recursos geológicos escassos e raros.

18 - Deste ponto de vista assinala-se que os métodos geoelectrónicos clássicos (e particularmente o das resistividades) continuam a ser uma excelente escolha pois dão informação sobre a estrutura geológica e a qualidade das águas.

No entanto, por outro lado, na prospecção e pesquisa de águas minerais naturais concorrem as dificuldades seguintes: (i) é imperativo obter o mesmo tipo específico de água sem contaminação antrópica ou outra, (ii) é muito frequente as ocorrências ficarem situadas em vales onde o aquífero hidromineral está em ligação hidráulica com águas superficiais ou aquíferos "freáticos" contaminados e (iii) podem registar-se interferências hidráulicas com águas subterrâneas normais ocorrentes perto da superfície, ou em profundidade.

2.2.2. O papel das falhas

Tradicionalmente o papel das falhas em meios fissurados é visto como o meio privilegiado para a circulação de águas subterrâneas e, obviamente, também, de recursos hidrominerais.

Metodologicamente é assim, mas algumas reservas devem ser colocadas em relação ao seu comportamento hidrogeológico que decorre da sua génese e tipologia, idade, formações interessadas e tipo de água procurado. O papel do Director Técnico na prospecção de águas minerais naturais não pode ser o de apenas procurar as ditas falhas e mandar perfurar "em cima" não importa de que forma.

A implantação "cega" de sondagens de pesquisa (ou de pesquisa e eventual captação) sobre falhas é questionável. A selecção dos locais deve atender a uma análise cuidada do previsível comportamento hidrogeológico das falhas e sua implicação na quantidade e qualidade da água, às características de vulnerabilidade e risco, às dificuldades de perfuração e até à acessibilidade aos equipamentos, a saber:

(i) As zonas do "traço" de uma estrutura fracturada com a topografia correspondem, também, quase sempre às cotas mais baixas. Assim, as zonas mais fracturadas, mais produtivas, são igualmente as zonas de maior vulnerabilidade à poluição.

(ii) A maioria dos ensaios de caudal e os resultados da monitorização em campos hidrominerais Portugueses mostram que o caudal de exploração a prazo não é controlado pela transmissividade ao longo das fracturas principais, mas por fracturação menor associada aquelas. (Carvalho, 1993b) demonstrou que a relação entre as duas transmissividades atinge valores até 36:1 com mediana de 5:1. Os ganhos de caudal instantâneo obtidos pela colocação de captações sobre as fracturas principais não tem correspondência nos caudais de exploração a prazo ¹⁹. Assim, é muitas vezes preferível localizar as pesquisas, nas proximidades da falha principal, em estruturas secundárias. A localização relativa em relação à falha terá de ser deduzida do modelo conceptual de fluxo no aquífero.

19 - A consequência prática é a de que é errado, absurdo e eticamente incorrecto, pelas expectativas que gera, associar os caudais de exploração aos caudais instantâneos durante a perfuração ou mesmo a ensaios de caudal de curta duração.

(iii) Em muitas falhas (mesmo das "verdadeiras" que nas cartas geológicas são apresentadas a traço muito grosso e são infirmadas ou confirmadas por anomalias vincadas de baixa resistividade) o núcleo é argiloso. A porosidade pode ser elevada; no entanto a função transmissiva é irrelevante e, nessas condições, os caudais de exploração resultam muito pequenos. Noutros casos, correspondentes a falhas de compressão e em falhas antigas, sem movimentação recente, a porosidade e permeabilidade são muito baixas porque não há descontinuidades circuladas.

(iv) Rochas muito fracturadas (muitas vezes fortemente alteradas) induzem grandes dificuldades à perfuração com percussão pneumática. Muitas vezes são inevitáveis operações como entubamentos parciais, cimentações ou mesmo mudança de método de perfuração. É muito negativo o impacto económico destes problemas na economia do projecto.

(v) A composição físico-química das águas captadas em falhas com mineralizações (pirite, por exemplo) pode ser diferente da água mineral que se busca.

Uma norma genérica que pode ser retida é a de que a zona captante de uma nova obra de captação de águas minerais em rochas compactas e fissuradas deve ficar o mais afastada possível da zona de emergência da nascente tradicional. Consegue-se, assim, diminuir as interferências da nova captação com a primitiva nascente, geralmente muito vulnerável à contaminação. Outra vantagem que se consegue, particularmente se a nova captação for realizada em profundidade, é a do fomento de um cap-rock de rocha não fissurada que diminui a vulnerabilidade do sítio.

O melhor compromisso para a implantação de uma captação sobre uma estrutura reconhecidamente produtiva do tipo falha (ou filão) obriga a um bom conhecimento da geometria do maciço, eventualmente resultante de sondagens de pesquisa prévias. Em casos específicos podem mesmo ser necessárias sondagens de prospecção.

III. Gestão de Recursos Hidrominerais

Na gestão de recursos hidrominerais há que atender, conforme foi referido na introdução, a aspectos estritamente técnicos e outros de gestão institucional e até financeira como é o caso do acompanhamento de contratos de prospecção e pesquisa de água mineral natural. Importa reter aqui, sobretudo, o problema da gestão técnica.

A gestão técnica é principalmente um problema de engenharia dos recursos hídricos - e particularmente, de aquíferos e captações - de um recurso geológico com um valor económico muito acrescido em relação às águas normais.

Como já foi referido na indústria de águas minerais e de nascente, termalismo e engarrafamento, a tolerância em relação a desvios à qualidade química e microbiológica é muito pequena. Daí ser natural a exigência de grandes cuidados, superiores aos exigidos para águas comuns, em relação às questões de qualidade e constância de composição.

3.1 - Regras Básicas de Gestão de Aquíferos Hidrominerais

Considerando o alto nível qualitativo que deve ser posto ao serviço do desenvolvimento e exploração de águas minerais naturais é absolutamente indispensável que sejam escrupulosamente cumpridas as regras gerais de gestão de aquíferos e captações conforme seguidamente se enumera:

- (i) A nível de gestão global do aquífero as extracções não devem ultrapassar 70 a 80% dos recursos renováveis (ver 3.3).
- (ii) Numa captação situada num aquífero confinado o rebaixamento não deve ser levado abaixo da base da camada confinante.
- (iii) Numa captação situada num aquífero livre o rebaixamento não deve exceder 50 a 60% da espessura saturada.
- (iv) Os tubos-ralo das captações nunca devem ficar a descoberto e deve ser respeitado o critério da velocidade de entrada da água na captação ²⁰ não exceder 3 cms⁻¹.
- 20 - Não é objectivo deste documento entrar em pormenores no domínio das normas do projecto e execução de captações. Os interessados pelo tema poderão encontrar suporte exaustivo em (Driscoll 1987) e (Harlan et al 1989), por exemplo.
- (v) Não deve ser feita sobrebombagem relativamente à capacidade do aquífero e ao dimensionamento da captação.
- (vi) A operação das captações deve prever a colocação da bomba vários metros abaixo do nível dinâmico.
- (vii) Deve ser evitada a bombagem intermitente ainda que para isso seja necessário instalar capacidade de armazenamento suplementar à superfície.
- (viii) Deve ser monitorada sistematicamente a qualidade da água, os caudais e os níveis estático e dinâmico.
- (ix) As captações, mesmo as abandonadas, devem ser inspeccionadas regularmente para verificar o comportamento hidrodinâmico e prevenir riscos de contaminação.
- (x) Devem existir procedimentos de rotina para fazer face a qualquer emergência ²¹.

21 - Uma norma básica, por exemplo, é a da existência de, pelo menos, uma captação de reserva.

O cumprimento sistemático destas normas leva a uma diminuição drástica de ocorrências negativas ligadas com a qualidade e quantidade da água captada e sua constância no tempo, afinal princípios básicos inerentes à condição de água mineral natural.

3.2 - O Caudal de Exploração de captações

O caudal de exploração de uma captação de água mineral natural ou água de nascente constitui o caudal que é possível extrair tendo em conta constrangimentos técnicos, económicos e institucionais. Não corresponde, por isso, ao caudal máximo captável de uma obra ou aquífero hidromineral mas antes ao que as condições hidrogeológicas, a captação, o enquadramento ambiental e as interacções com outros aquíferos permitem. Finalmente, para ser efectivo, o caudal de exploração é consagrado, legalmente, no Plano de Exploração, aprovado pelo Instituto Geológico e Mineiro.

As notas seguintes são achegas para o estabelecimento de Caudal de Exploração de uma dada captação:

- (i) Realizar ensaios de caudal escalonados e de longa duração ²².

22 - Para aquíferos hidrominerais a duração do ensaio pode alcançar vários meses. O próprio Dec-Lei 86/90, Art.º 16, ao exigir a apresentação de 12 análises químicas e bacteriológicas com periodicidade mensal para que uma água seja considerada água mineral natural, sugere a necessidade de um controlo temporal muito alargado.

- (ii) Tentar manter níveis dinâmicos estabilizados.

(iii) Tentar manter o fluxo laminar na captação e no aquífero ²³.

23 - Esta condição é particularmente importante em águas gasocarbónicas para que não se verifique uma rápida degradação da qualidade físico-química da água.

(iv) Controlar a influência dos caudais e dos rebaixamentos na temperatura, quimismo e qualidade bacteriológica da água.

(v) Ter em conta a vulnerabilidade e risco de contaminação

(vi) Manter a superfície piezométrica do aquífero hidromineral acima da superfície livre de aquíferos "freáticos" (ou da superfície potenciométrica de outros aquíferos) de forma a diminuir riscos de interferência na qualidade química e microbiológica da água mineral natural ²⁴.

24 - Esta condição, porventura considerada excessiva, poderá ser mitigada caso se prove, com controlo analítico adequado, que as condições hidráulicas subterrâneas locais permitem soluções menos penalizantes para as extracções.

Conforme foi anteriormente expresso resulta claro que a fixação do caudal de exploração de uma captação de água mineral natural não corresponde à simples determinação do caudal crítico com um ensaio escalonado. Este caudal crítico será o limite superior fictício, o valor máximo, eventualmente aceitável.

Corresponderá ao caudal de exploração se não houver sobreposição de outras limitações como: interferências com outras captações da mesma concessão ou de concessões vizinhas, interferências com aquíferos não minerais ou águas superficiais e mesmo eventuais imposições do Instituto Geológico e Mineiro.

3.3 - O caudal seguro de um aquífero hidromineral. O Plano de Exploração

O caudal seguro de um aquífero hidromineral pode ser encarado de forma semelhante ao de um aquífero normal. Corresponde ao caudal que pode ser extraído de um dado aquífero hidromineral sem induções de efeitos ambientais negativos.

Nesta asserção, que não corresponde à proposta inicialmente por (Lee 1915), o caudal seguro não coincide com a recarga média anual do sistema, isto é, os recursos renováveis. Atente-se que a extracção da globalidade dos recursos médios infiltrados poderia induzir, em reservatórios com pequena função capacitiva, sobre-explorações temporárias, com todo o cortejo conhecido de efeitos ambientais negativos e alterações na própria qualidade físico-química da água.

Na determinação do caudal seguro terá de atender-se às limitações que são impostas pela manutenção absoluta da composição físico-química e microbiológica da água, à tipologia dos reservatórios geológicos, às variações temporais e espaciais do regime hidrológico e ao conhecimento do circuito hidromineral. O caudal seguro pode ser função da metodologia e estratégias de exploração.

Mesmo para águas "normais" este não é um tema simples. Os modelos matemáticos, obviamente, vieram trazer um novo fôlego à questão, ao permitir a realização de simulações que é necessário calibrar e validar adequadamente.

Para obviar a surpresas resultantes da margem de incerteza no cálculo dos recursos renováveis, é normal considerar um coeficiente de segurança de 20 a 30% ao estabelecer o limite máximo de exploração de um determinado aquífero.

Para avaliação do caudal seguro de aquíferos de água mineral natural ou de nascente de evolução normal pode partir-se das metodologias clássicas para determinação de recursos renováveis, a saber:

(i) Métodos Hidrometeorológicos: Balanço hidrológico sequencial e Decomposição de hidrogramas de cursos de água superficiais.

(ii) Técnicas Hidrogeológicas: Análise da flutuação de níveis; Lei de Darcy e redes de fluxo; Ensaio de caudal e redes de fluxo; Análise de hidrogramas de nascentes; Balanço de cloretos e modelos matemáticos (e outros).

Uma descrição compreensiva destes métodos pode encontrar-se em (Hamill & Bell 1986) e (Custódio & Llamas 1983).

Quanto às águas minerais de origem profunda ou circuito hidráulico longo, as dificuldades para determinação dos recursos são maiores pois em muitos casos é grande a indefinição sobre o modelo conceptual. As áreas de recarga são generalizadamente desconhecidas bem como o tempo de residência das águas. No limite, no caso português, para águas sulfúreas e gasocarbónicas, com tempos de residência de centenas (ou milhares) de anos pode mesmo questionar-se a

sustentabilidade do recurso para extracções superiores às das descargas naturais dos sistemas hidrogeológicos.

É esta a leitura que pode ser feita dos critérios apresentados por (Albu et al 1996) que por serem menos conhecidos referimos aqui com um pouco mais de detalhe:

(i) Método das extracções escalonadas crescentes: É considerado aplicável em sistemas de extensão limitada, com poucos pontos de investigação e para os quais o comportamento do sistema é razoavelmente inferido.

O sistema é testado no conjunto, simultaneamente, em todas as possíveis captações ou grupos de captações. São mantidas extracções contínuas durante um período de vários dias, em escalões crescentes, cada um com a mesma duração. O ensaio termina quando a influência nas emergências naturais é observada. Os recursos disponíveis correspondem ao caudal total obtido sem induzir influências adversas nas captações clássicas, mantendo, assim, as condições naturais de escoamento ²⁵.

25 - Valeria a pena meditar, com base neste método e numa perspectiva de longo prazo, na sustentabilidade de muitos dos sistemas de captação instalados, a partir dos anos 70, em pólos hidrominerais Portugueses em aquíferos de ciclo longo, do Maciço Hespérico.

(ii) Método das produtividades: este método é considerado útil para aquíferos extensos, relativamente uniformes onde os dados recolhidos são representativos de largos volumes e onde não se conhece o comportamento do sistema no seu conjunto.

Com base no comportamento hidrogeológico, e particularmente hidrodinâmico do aquífero hidromineral, são definidos blocos dentro dos quais se admite uma certa homogeneidade de características. Esses blocos são caracterizados pela produtividade por unidade de volume de aquífero Q^y_i/V_i que é a razão entre o caudal de exploração ²⁶ Q^y_i e o volume V_i do bloco de aquífero correspondente a cada captação i para a qual a extracção está a ser considerada. O caudal de exploração é determinado a partir de ensaios de caudal em regime de equilíbrio ou quasi-equilíbrio, considerando, também, as relações das extracções com as características físico-químicas ²⁷. É assim tida em conta a taxa de renovação dos recursos, isto é, os recursos renováveis. O volume de cada bloco é determinado por aproximações geométricas ao modelo hidrogeológico. Os recursos totais Q^y do sistema hidromineral vêm dados pela equação seguinte:

$$Q^y = \sum Q^y_i / \sum V_i, \text{ em que } i \text{ varia de } 1 \text{ a } n.$$

26 - Caudal óptimo no original.

27 - Dentro dos limites qualitativos requeridos pelas utilizações que são dadas à água. Este método, pode ser usado, conforme o grau de conhecimento do sistema hidromineral, para a determinação de recursos medidos ou inferidos.

(iii) Método gasohidrodinâmico: este método pode ser usado para águas minerais bifásicas (líquido e gás) em que o gás, geralmente dióxido de carbono, tem um movimento vertical e a água pode mover-se lateralmente na horizontal.

É particularmente útil, portanto, na determinação de recursos de águas com alto teor de gases, como são as nossas águas gasocarbónicas. A dificuldade é que esta técnica exige uma completa caracterização dos reservatórios hidrominerais a saber:

(a) Fluxo horizontal no aquífero: condutividade hidráulica horizontal, gradiente hidráulico e secção de escoamento, e ,

(b) Fluxo vertical de águas gasocarbónicas: relação entre a densidade do líquido e a densidade do fluido bifásico e área horizontal de descarga.

Pode concluir-se que a avaliação dos recursos em aquíferos hidrominerais não é tarefa fácil. (Carvalho & Silva 1989) retomaram a definição de recurso de (Fetter 1994): volume de água naturalmente ocorrente que pode ser extraído dum aquífero ou sistema aquífero atendendo a condicionalismos económicos e legais, sem alteração das qualidades intrínsecas da água ou indução de danos ambientais. Baseados nesse conceito foi proposta por aqueles autores, para avaliação dos recursos geotérmicos de Trás-os-Montes uma adaptação da metodologia de McKelvey modificada por (Varet 1982) fundamentada em resultados de ensaios de caudal ²⁸. Foram consideradas as seguintes categorias, que estendemos, agora, à generalidade dos recursos hidrominerais:

28 - Considera-se relevante voltar a referir aqui esta proposta pois ela foi formulada em termos hidrogeológicos puros, considerando-se que é a disponibilidade de fluido hidromineral que efectivamente condiciona a quantidade de calor. Ver, também, (Carvalho 1995 c) a propósito de recursos geotérmicos Portugueses.

(i) **Recurso provado:** a parte do recurso económico identificado por sondagens e por medidas directas do reservatório podendo ser explorado economicamente. De forma cautelosa julgamos recomendável a utilização de um subdomínio desta categoria que definimos como recurso disponível: parte do recurso provado cuja exploração é compatível e limitada pelo dimensionamento das captações existentes e por critérios de defesa ambiental. Corresponde ao caudal de exploração das captações, que é condicionado pelo dimensionamento das colunas de revestimento e ainda por critérios de defesa da qualidade química e microbiológica da água.

(ii) **Recurso provável:** a parte do recurso económico identificado por extrapolação geológica, geofísica e geoquímica de dados de sondagens. Consideramos nesta categoria os caudais totais que foram bombados, em ensaios de longa duração.

(iii) **Recurso possível:** a parte do recurso económico identificado por critérios geológicos e hidrogeológicos.

Em Portugal, a prática tem consagrado uma aproximação step-by-step, por avanços sucessivos na qual o recurso disponível, tal como foi atrás definido, tem sido, passo a passo, ano a ano, aumentado em muitos locais. Trata-se, no fundo, de uma interpretação não sistemática, mas consistente do método das extracções escalonadas crescentes de (Albu et al 1996). Cabe aqui referir que a metodologia praticada, graças à monitoração qualitativa que tem sido imposta vem apresentando resultados positivos. No entanto nalgumas concessões de recursos de circuito hidrológico longo poderemos legitimamente questionarmo-nos se os limites de exploração não ultrapassam já os critérios decorrentes da aplicação do método das extracções escalonadas crescentes. Se assim for, isto é, se as influências nas captações tradicionais forem irreversíveis e a sustentabilidade do recurso for posta em causa para as extracções praticadas, há que decidir estratégias de exploração de longo prazo ²⁹.

29 - Neste domínio valerá a pena insistir na imprescindibilidade da monitoração sistemática das características físico-químicas do recurso e da evolução hidrodinâmica do reservatório. Caberá aqui referir que não será exigível aos concessionários que o investimento neste ramo do conhecimento avance muito para além do que as perspectivas de valorização económica das concessões permite. Poderá, também, dizer-se que não foi a falta de conhecimento hidrogeológico a impedir na generalidade dos casos o desenvolvimento económico das concessões. De resto, pensamos que tem sido adequada a estratégia de avanços sucessivos, porventura não decidida a priori, mas eficaz, que tem sido levada a cabo nas nossas concessões.

Será legítimo dizer-se que, neste domínio, sob a tutela da Direcção-Geral de Geologia e Minas primeiro, e mais tarde do Instituto Geológico e Mineiro o trabalho realizado (e financiado pelos concessionários) nas concessões hidrominerais Portuguesas pode ser considerado de notável. No entanto as exigências de crescimento sustentado do nosso património hidromineral exigem que se avance um pouco mais no conhecimento dos recursos, para além da gestão dos recursos disponíveis (na aceção acima proposta).

O Plano de Exploração, tal como previsto no Art.º 26.º do Dec-Lei 86/90, deve conter "a memória descritiva sobre as características do recurso e a descrição pormenorizada dos processos de exploração e a indicação dos caudais". Trata-se, portanto, do documento que exige um conhecimento adequado sobre o recurso de forma a justificar as metodologias de exploração propostas. Não pode, por isso, ser elaborado sem que o Director Técnico tenha ideias claras sobre a disponibilidade do recurso hidromineral e suas metodologias de desenvolvimento e protecção.

3.4 - Área de Concessão e Perímetro de Protecção

De acordo com artigo 22.º do Dec-Lei 86/90 a demarcação da área de concessão "deverá ter a forma que permita o melhor aproveitamento do recurso, não excedendo a área razoável para esse fim". Desta forma é pacífico que a área de concessão deverá corresponder à zona terminal do circuito hidromineral onde for possível o seu aproveitamento. Muitas das concessões foram demarcadas no início do século XX.

A evolução do conhecimento hidrogeológico mostra que muitas delas tem uma dimensão desajustada que haverá que adaptar paulatinamente. De facto não faz sentido manter servidões administrativas baseadas em pressupostos desactualizados.

Conforme estipula o n.º 1 do artigo 27.º do Dec-Lei 86/90 o perímetro de protecção e as respectivas zonas, previstas no n.º 4 do artigo 12.º do Dec-Lei 90/90 de 16 de Março, são fixados por portaria dos membros do Governo competentes, sob proposta do concessionário³⁰. No referido n.º 4 refere-se que "nos casos de exploração de recursos hidrominerais, será fixado, com fundamento em estudo hidrogeológico, um perímetro de protecção para garantir a disponibilidade e características da água, bem como condições para uma boa exploração". Finalmente o n.º 1 do Art.º 28.º do Dec-Lei 86/90 refere que "nas zonas imediata e intermédia do Perímetro de

Protecção só o concessionário poderá proceder a trabalhos de prospecção e pesquisa, mediante prévia autorização do Ministro, devendo o respectivo requerimento ser entregue na Direcção-Geral, instruído com a necessária fundamentação ³¹ técnica".

30 - Está também prevista a eventual constituição de um perímetro de protecção para água de nascente no n.º 4c) do Art.º 12 do Dec-Lei 90/90.

31 - Os comentários feitos aqui a propósito de águas minerais naturais são de igual modo válidos para perímetros de protecção para captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público tornados obrigatórios através do Dec-Lei 382/99. Veja-se, este propósito (Carvalho 1999).

Esta actividade de proposta de definição do Perímetro de Protecção é sem dúvida, cumulativamente, com a da elaboração do Plano de Exploração, a que mais dificuldades coloca ao Director Técnico pela delicadeza e consequências das opções tomadas.

Lembremo-nos que os constrangimentos administrativos à utilização da terra ditados pela fixação de Perímetros de Protecção diminuem claramente o valor da propriedade!... Não pode ser aceite uma definição destes perímetros com recurso a critérios tecnicamente pouco defensáveis no terreno, cientificamente incorrectos, ou fixados, na prática, quase aleatoriamente, de tal forma que podem empolar as tensões locais.

As metodologias utilizáveis são numerosas e podem ser, por exemplo, consultadas em (Anon 1994). Não nos deteremos por essa razão, detalhadamente, na questão técnica, preferindo, antes referir que o estabelecimento de Perímetros de Protecção pressupõe a consideração das questões seguintes (Custódio 1994):

- Como estabelecê-los tecnicamente?

Haverá que considerar que a aplicação depende: (i) do aquífero e seu estado, (ii) do caudal a extrair por meios mecânicos ou aproveitando, simplesmente, a pressão do aquífero, (iii) do efeito de outras captações, (iv) das interacções com outros aquíferos, eventualmente de outros domínios hídricos, e (v) das interacções com águas superficiais.

- Como aplicá-los no terreno ?
- Como chegar a acordo com a população, proprietários, municípios e outros corpos administrativos?
- Como avaliar eventuais indemnizações e respectivos critérios de fixação?
- Como fazer respeitar os perímetros fixados para que não sejam letra morta?
- Como vão reagir os proprietários e habitantes locais?
- As reacções serão iguais quer a concessão seja explorada por uma empresa publica ou privada ou por uma autarquia ?
- Deve-se estabelecer perímetros na previsão de novas captações ou mesmo estabelecer perímetros de protecção a aquíferos, ou concessões?

O mundo real em que a definição dos perímetros de protecção é posto em prática em Portugal é o dos cidadãos aos mais variados níveis de decisão que permitiram ³² a realização de dezenas de milhar de furos sem qualquer projecto, com projecto inadequado, e com condições de construção deploráveis.

32 - E, muitas vezes, fomentaram.

Existem muitas centenas de captações em largas dezenas de câmaras de que não se conhece qualquer dado. Este panorama decorre do clima em que a hidrogeologia, e a Engenharia dos Recursos Hídricos em geral, foi praticada a nível local com a displicência dos decisores e dos cidadãos.

Daí dever pensar-se que a fixação dos Perímetros de Protecção, para além de ter de atender a uma leitura correcta da lei, terá de ser executada com o maior rigor técnico possível e atender às condições sociais objectivas locais.

(Carvalho 1999) salienta que as águas minerais naturais constituem uma verdadeira riqueza nacional. Frequentemente ocorrem em áreas ecologicamente protegidas, nalguns casos em zonas da Reserva Ecológica Nacional (REN). Mobilizam, geralmente, caudais muito pequenos, abaixo das estimativas mais prudentes do caudal do seguro dos aquíferos. Nalguns desses aquíferos hidrominerais (ou outras zonas eventualmente existentes, disponíveis para a prospecção e com potencial para o fim em vista) será de encarar a possibilidade de criação de reservas naturais hidrogeológicas que viabilizem para o futuro a utilização controlada desses aquíferos. Eles poderiam constituir reservas estratégicas de água de valor económico acrescentado, por via da

elevada qualidade química e pureza microbiológica, para utilização nas indústrias do engarrafamento, ou do termalismo. O mercado nacional e internacional da água engarrafada, geralmente, água subterrânea, continua em expansão. A qualidade ambiental ainda ocorrente nalgumas áreas do País permite, neste momento, pensar nessa possibilidade que, no futuro, se pode revelar do maior valor ecológico e económico.

IV - Referências Bibliográficas

Albu M. Banks D. & Nash H. 1997. Mineral and Thermal Groundwater Resources . Chapman & Hall. 447 pag.

Anon (1990) Recursos Geológicos. Legislação. Secretaria de Estado da Energia. DGGMinas. 326 pag.

Anon (1994) Handbook of Ground Water and Wellhead Protection. EPA/625/r-94/001. US EPA. 269 pag.

Calado C M A. 1995. Carta de Nascentes Minerais. Direcção-Geral do Ambiente. 44 pag.

Carvalho J. M. & Silva L. F. 1989. Polos Geotérmicos de Trás os Montes: Recursos e Metodologias de Desenvolvimento. Anais da UTAD, Vol 2, pp 23-46. Vila Real.

Carvalho. J. M. 1993a: Recursos Hidrotermais. O Ponto de Vista do Geólogo, Anais da Universidade de Évora, (3), pp 91-98. Évora.

Carvalho. J. M. 1993b: Mineral and Thermal Water Resources Development In the Portuguese Hercynian Massif, Hydrogeology of Hard Rocks. IAH, (XXIV) Part 1, pp 548-561. Oslo.

Carvalho J. M, M. A. V da Silva, B. C. Rodrigues, A. G. Dias e M. M. Cabeleira. 1995a: Um Exemplo de Prospecção e Captação de Água Mineral Gaso-carbónica no Maciço Hespérico, IV Congresso Nacional de Geologia, Porto. Resumos Alargados. Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico, Memória 4, pp 439-444.

Carvalho J. M. 1995b: Desenvolvimento de Recursos Hidrominerais no Maciço Hespérico, IV Congresso Nacional de Geologia, Porto. Resumos Alargados. Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico, Memória 4, pp 445-450.

Carvalho J. M. 1995c: Recursos Geotérmicos de Portugal Continental: Da Utopia à Realidade, IV Congresso Nacional de Geologia. Porto. Resumos Alargados. Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico, Memória 4, pp 851-856.

Carvalho J. M. 1996. Mineral Water Exploration and Exploitation at the Portuguese Hercynian Massif, Environmental Geology, 27:252-258. Springer-Verlag. Berlim.

Carvalho J. M. 1999. Águas Subterrâneas e Ordenamento do Território. Geonovas, revista da APG, nº 13 pp 5 a 9.

Custódio E. & Llamas 1983. Hidrologia Subterrânea. Ed Omega 2 tomos. Barcelona. 2359 pag.

Custódio, E 1994. Consideraciones sobre las areas de proteccion de captaciones de agua subterrânea destinada al consumo humano. Seminário de Proteccion de Captaciones de Águas Subterrâneas: Experiência en Países Europeos. Fundación Centro Internacional de Hidrologia Subterrânea. Barcelona. 7 pag.

Driscoll F. 1987. Ground Water and Wells . Johnson Division. St Paul Minnesota. 1089 pag.

Fetter C. W. 1994. Applied Hydrogeology. Mac Milan College Publishing Company. New York. 691 pag.

Harlan R L, Kolm K.E.&Gutentag E. D. 1989. Water Well Design and Construction. Elsevier. Amsterdam. 205 pag.

Hamill L. & Bell. 1986. G roundwater Resource Development. Butterwoths. Londres. 344 pag.

Lee D. R. 1915. The determination of safe yield of underg round reservoirs of the closed basin type. Transactions, American Society of Civil Engineers 78:148-51.

Moret L. 1946. Les Sources Thermominérales. Masson et Cie Editeurs. Paris.141 pag.

Schoeller, H. 1962. Les Eaux Souterraines. Masson et Cie Editeurs. Paris.642 pag.

Varet J. 1982. Geohermie Basse Energie . Usage Directe de la Chaleur. Masson. Paris.

Pesquisa e Captação de Água Mineral em Melgaço

M. Antunes da Silva

Introdução

Geomorfologicamente a área desta concessão enquadra-se na Meseta Ibérica ou Meseta Central, correspondendo a terrenos Pré-Câmbricos e Paleozóicos afectados por diversas fases orogénicas, aparecendo os movimentos alpinos evidenciados por uma tectónica de fracturação.

A morfologia regional é marcada pela oposição entre relevos elevados que correspondem a planaltos contínuos preservados no topo de blocos individualizados e vales cavados que seguem um reticulado rígido a sugerir o controle por fracturas. A zona da concessão assume estes dois aspectos morfológicos, passando de cotas próximas dos 100 metros, junto ao rio Minho, para valores da ordem dos 800-900 metros para Sul e Este.

A fracturação está na origem da individualização das grandes unidades topográficas desta região.

Os sistemas de desligamento tardi-hercínico foram essenciais na disposição dos volumes montanhosos, tendo alguns deles rejogado durante os movimentos alpinos, sendo as principais direcções tectónicas ENE-WSW a E-W (bética), N-S (atlântica) e NW-SE (hercínica).

A primeira é a mais frequente, orientando os principais rios, nomeadamente o Minho, a segunda acompanha vários rios secundários, e a terceira corresponde a acidentes de menor importância no interior de grandes blocos e cujas escarpas são raramente contínuas.

A área de trabalho integra-se nos terrenos da Unidade Parautóctone do Norte do Minho e Galiza da Zona Centro Ibérica - Sub-Zona Galiza Média e Trás-os-Montes.

Predominam as formações antigas com as rochas magmáticas a formarem as maiores manchas, aparecendo alguns retalhos de rochas metassedimentares, alongados segundo a direcção NW-SE.

A geologia regional (Figura 1) é dominada pela associação dos granitos sintectónicos com as rochas metassedimentares e migmatíticas com as quais estão geneticamente relacionados.

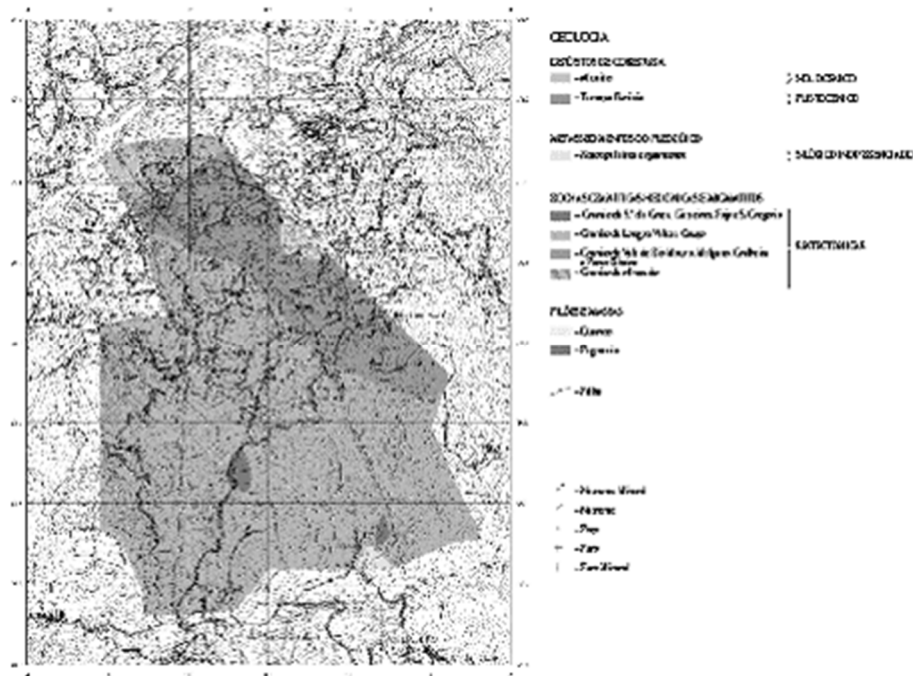


Figura 1 – Cartografia Geológica da Concessão Hidromineral de Melgaço (adquirida ao Instituto Geológico e Mineiro).

As rochas magmáticas são essencialmente granitóides de diferentes tipos. Trata-se de granitos Hercínicos que assumem por vezes um aspecto gnaissoso, ocorrendo na zona envolvente alguns granitos póstectónicos.

As metassedimentares, de idade Silúrica, são de natureza psamopelítica por vezes grauvacóide com intercalações de xistos negros, quartzitos, quartzofilitos, metavulcanitos e rochas calcossilicatadas. As formações sedimentares aparecem representadas por terraços indiferenciados do Plistocénico e por aluviões do Holocénico.

A Prospecção e Pesquisa

A água mineral que nasce na Concessão de Melgaço é mesosalina, com reacção ácida e função pronunciadamente alcalina. É uma gasocarbónica, bicarbonatada cálcica e ferruginosa.

O reduzido caudal das emergências ali existentes levou á necessidade de conceber um plano de prospecção na tentativa de avaliar o potencial hidromineral existente.

Tomou-se como base de trabalho toda a informação existente em bibliografia diversa. Dos trabalhos consultados foram de especial importância:

- o esboço da fotogeologia da região (Nunes, A.M. 1978) (Figura 2);
- uma interpretação sumária da geologia dentro do Parque (Cortês, Simões 1978);
- dados de 4 sondagens efectuadas em 1985.

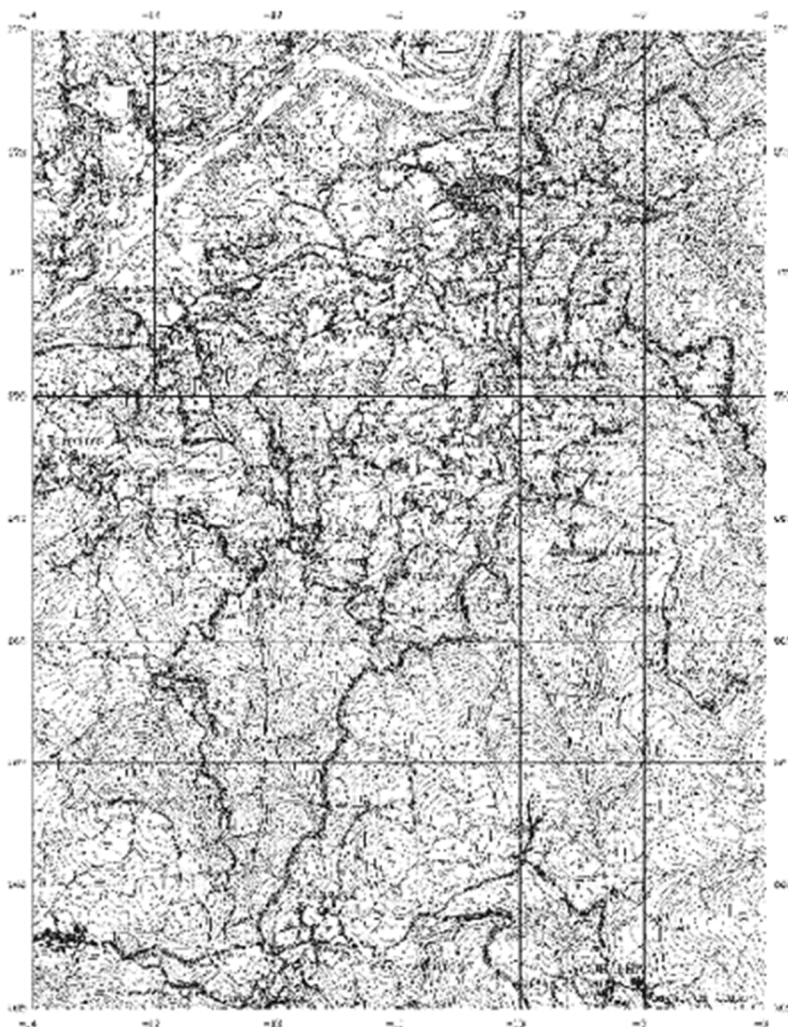


Figura 2 – Esboço fotogeológico da Concessão Hidromineral de Melgaço (executado pelo Sr. Dr. Martins Nunes).

Geofísica

Dimensionou-se uma campanha de prospecção geoelectrica a abranger toda a área disponível (Figura 3).

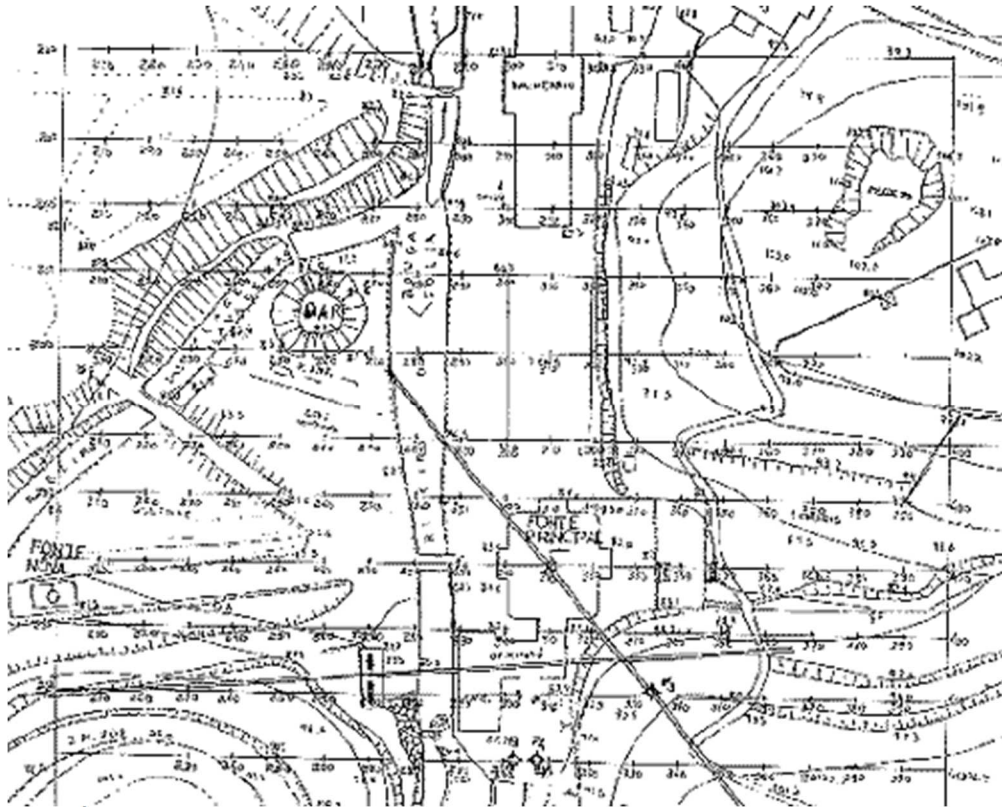


Figura 3 - Área abrangida pelos trabalhos de prospecção geoelectrica no Parque de Melgaço. Numa primeira fase, iniciada em Setembro de 1997, utilizou-se um dispositivo em rectângulo orientado a E-W com $AB = 600$ metros, $MN = 10$ metros e passo de 10 metros, que possibilitou a definição de várias orientações de descontinuidades.

Posteriormente, no intuito de detalhar uma zona mais pequena, seguindo a informação adquirida, definiu-se um segundo rectângulo, perpendicular ao primeiro.

Aplicando o mesmo equipamento realizaram-se ainda duas sondagens eléctricas verticais (SEV). Através da interpretação dos dados obtidos, na qual foi essencial a colaboração e orientação do senhor Dr. Martins de Carvalho, conclui-se que ambos os rectângulos evidenciaram uma anomalia E-W passando pela duas emergências existentes, Fonte Nova e Fonte Principal. Detectaram-se também, em especial no sector desta ultima, alinhamentos de baixa resistividade próximos de N-S (Figura 4).

As SEV realizadas sugeriram a ocorrência do maciço granítico relativamente alterado até profundidades de 20 a 30 metros.

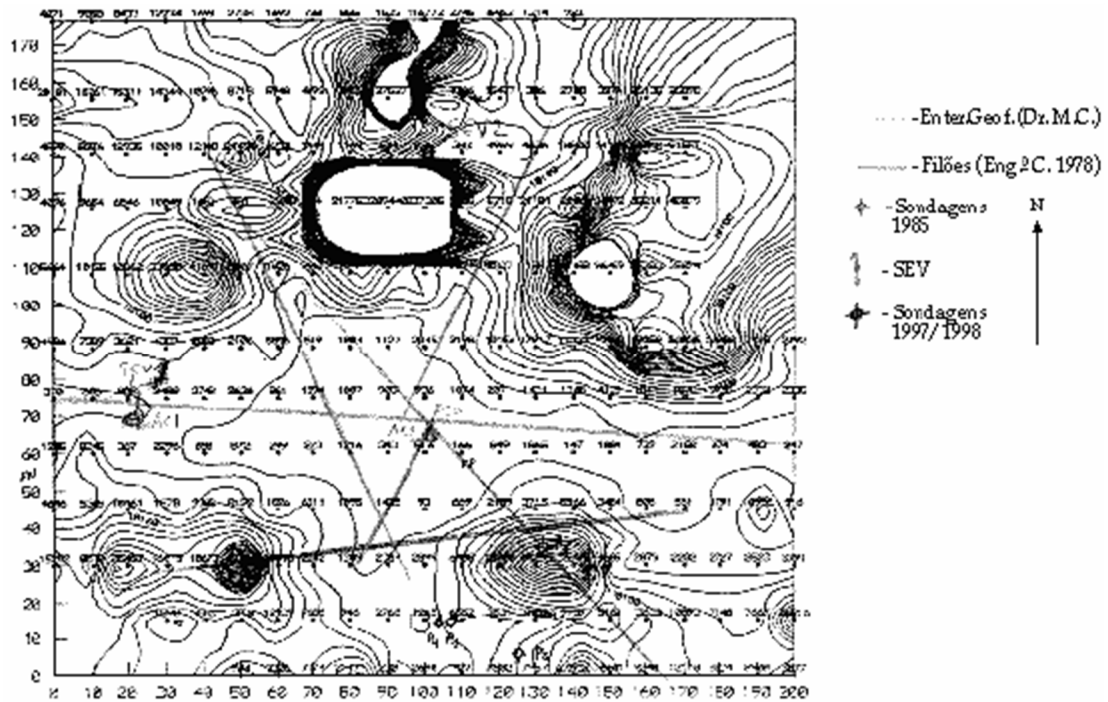


Figura 4 - Carta de Síntese elaborada sob orientação do Sr. Dr. Martins de Carvalho. Resultou deste trabalho a definição de dois locais para a realização de sondagens de pesquisa que eventualmente pudessem vir a ser transformadas em captação.

1.ª Sondagem

No final de Novembro de 1997 deu-se início à primeira das duas sondagens. Foi uma tarefa difícil de levar a bom termo uma vez que nenhuma da informação disponível deixava antever as dificuldades encontradas, essencialmente devidas à existência de uma zona de fragmentos graníticos arredondados de dimensões muito variáveis (centimétricos a métricos), provavelmente pertencentes ao leito antigo da ribeira que corre ali próximo (ribeira de Lages), envolvidos por uma mistura de terra vegetal e material areno-argiloso.

Para ultrapassar este depósito, que apareceu entre os 2 e os 10-11 metros de profundidade, foi necessário recorrer a repetidas operações de cimentação e reperfuração com enorme dispêndio de tempo e recursos, e aplicando algumas metodologias um pouco fora do habitual neste tipo de obra (Figura 5), nomeadamente a utilização de uma máquina retroescavadora para abrir uma vala inicial até aos 4 metros, a betonagem de um tubo de 10" dentro da vala e a realização de várias cimentações a diferentes profundidades dentro da sondagem usando uma bomba de cimento.

Melgaço 1

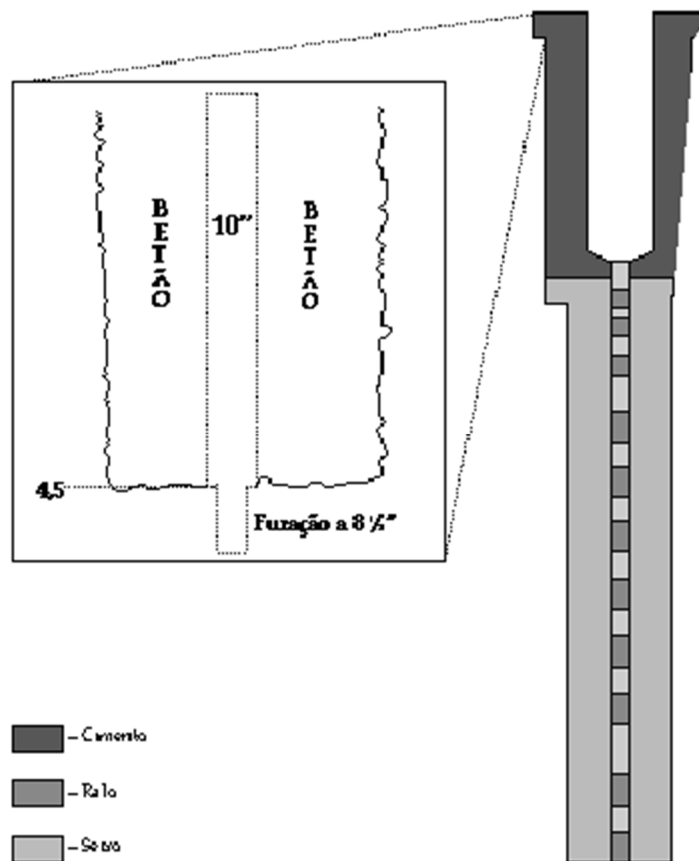


Figura 5 - Pormenor do início do "Melgaço 1" e sua composição final.

Não se pode deixar de referir que a transposição deste obstáculo foi possível não só devido aos equipamentos disponibilizados mas também e, na nossa opinião, essencialmente, devido à capacidade técnica do Empreiteiro e à excelente interligação entre a fiscalização, o técnico responsável (Sr. Eng.º Manuel Areias) e a equipa de sondagem.

O resto da furação, dos 12 aos 184 metros, decorreu de forma normal, utilizando-se martelo de fundo-de-furo, enquanto na fase inicial se tinha recorrido à circulação de lamas bentoníticas.

A litologia atravessada pela sondagem revelou-se monótona, sendo fundamentalmente constituída por um granito claro de duas micas, apresentando ligeiras variações de tonalidade e em alguns troços "restites".

A metodologia empregue nesta parte da furação permitiu acompanhar a par e passo os vários aparecimentos de água, tornando possível avaliá-los quanto à sua quantidade e qualidade. Começaram a aparecer indícios de água mineral aos 14,5 metros, registando-se o último acréscimo aos 162 metros, altura em que, por air-lift, se obteve um caudal de cerca de 23 l/s.

Considerando toda a informação recolhida durante a execução da sondagem foi definida a coluna de revestimento em aço INOX a descer na furação.

Privilegiando a qualidade, com o sacrifício da quantidade, apenas se fez o aproveitamento do recurso existente dos 58 metros para baixo (zona de tubo-ralo).

Concluída a captação foi realizado um ensaio de bombagem escalonado (Figura 6).

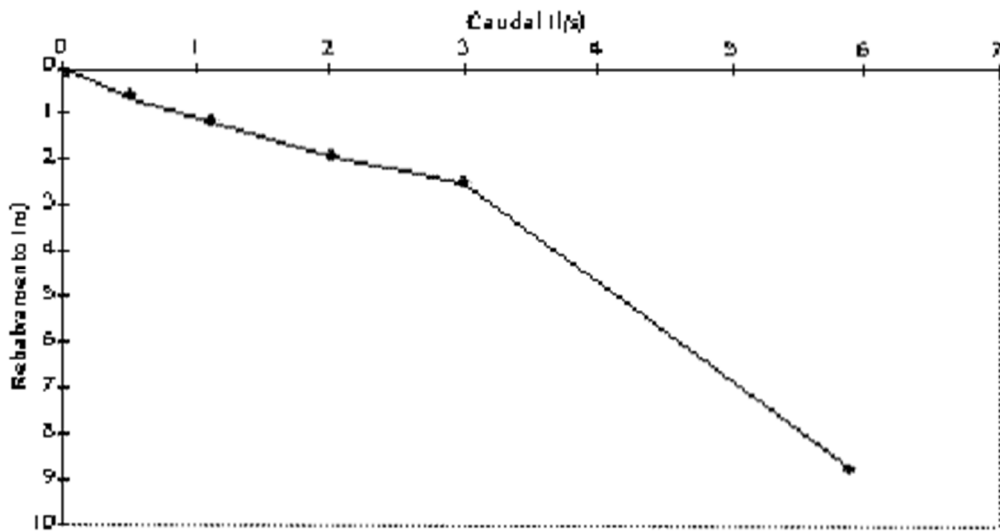


Figura 6 – Curva característica da captação Melgaço 1.

2.ª Sondagem

Na execução da segunda sondagem a experiência e ensinamentos recolhidos durante a primeira reduziu, substancialmente, o tempo e recursos empregues na fase inicial (Figura 7).

Melgaço 2

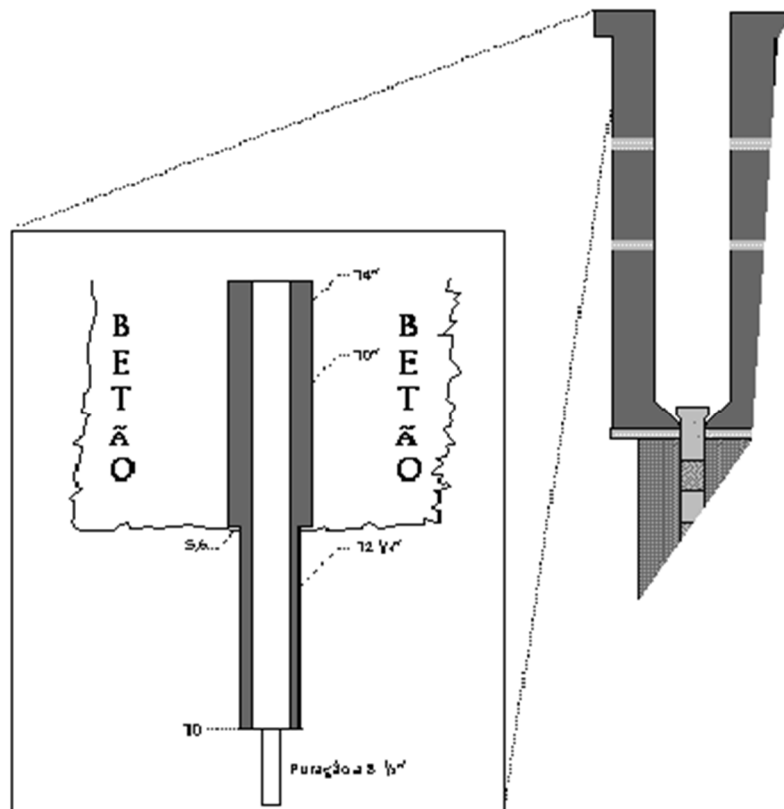


Figura 7 – Pormenor do início do "Melgaço 2" e sua composição final.

Toda a furação decorreu sem contratempos de maior, sendo de realçar a grande quantidade de "restites" intersectadas e o facto de até aos 80 metros quase não haver água (0,2 l/s), aparecendo daí, até ao fim da furação, 145 metros, em grande quantidade (27,5 l/s em air-lift no final) e com óptima qualidade. Logo de início, por forma a permitir o correcto aproveitamento de caudais da ordem de grandeza dos obtidos na primeira captação, dimensionou-se o troço inicial de modo a permitir, caso viesse a ser necessário, uma finalização com um diâmetro capaz de suportar uma unidade de bombagem ligeiramente mais potente.

O caudal obtido veio a justificar o posterior alargamento de toda a furação para 10" até aos 80 metros. A coluna de revestimento, construída totalmente em aço INOX, não foi descida como habitualmente, como único conjunto de troços de tubagem soldados topo com topo, para possibilitar o aproveitamento máximo do espaço disponível na furação.

Assim, desceu-se em primeiro o conjunto de 4" (zona com ralos) cujo pé ficou aos 141 metros e possui no topo (74,30 metros) uma rosca.

Após a execução da zona filtrante (até aos 80 metros), do respectivo desenvolvimento e da cimentação que se realizou dos 78 aos 76 metros, sobre cerca de dois metros de bentonite, desceu-se então uma tubagem com 168 mm de diâmetro cuja base foi enroscar no topo do 4".

Terminou-se a construção da captação com a intercalação de várias camadas de cimento e de bentonite. Não foi possível realizar um ensaio de bombagem imediatamente após a conclusão da captação uma vez que a simples agitação da água pelo funcionamento da turbina da electrobomba provocava um artesianismo, impulsionado pela libertação de CO₂, com um caudal inicial de 11 l/s que ia gradualmente diminuindo ao longo das 24 a 48 horas seguintes.

Actualmente ambas as captações têm unidades de bombagem electrosubmersíveis instaladas, estabilizando o seu N.H.D., quando se encontram as duas em funcionamento, a cerca de 6 metros ao fim de poucas horas.

Neste momento o recurso obtido nas duas captações está a ser estudado por forma a ser constituído o processo para o seu reconhecimento como água mineral natural tipo Melgaço.

Em colaboração com os Srs. Drs. Nemésio Perez e José Salazar do I.T.E.R. (Tenerife) efectuaram-se algumas medições do fluxo de CO₂ no solo, na zona junto das emergências e dos furos.

Os valores obtidos embora não permitam extrapolações, devido ao reduzido número de dados recolhidos, situam-se entre 10 a 20 vezes o valor médio continental para este parâmetro.

Bibliografia

A. Cavaco – Estudo Geoelectrico em Melgaço

Cortês, Simões – Dados de trabalho de campo 1978

Hidrorumo/Union Fenosa – Aproveitamento Hidroelectrico de Sela – Estudo de Impacte Ambiental.

Lima, Alberto; Pamplona, Jorge; Alves, Carlos – Aproveitamento Hidroelectrico de Sela – Estudo Hidrogeológico.

Nunes, Martins – Esboço Fotogeológico da Área de Alimentação Próxima das Águas Minerais de Melgaço.

A Construção de Captações de Água Mineral

Manuel José Areias

I - Introdução

De acordo com a orientação temática que, amavelmente me foi sugerida pelo IGM (Instituto Geológico e Mineiro), selecionei a abordagem da construção de duas captações de água mineral que, pelas suas características singulares, me deram especial satisfação realizar.

Vou descrever muito sucintamente a execução de um Furo Vertical e de um Furo Horizontal, escolhidos entre os vários trabalhos efectuados ao longo dos meus anos de "métier".

II - Furo Vertical

Está localizado num complexo xisto-quartzítico do centro do país.

Antes de iniciar a sua execução sabíamos que no mesmo local já havia sido tentada a execução de dois furos sem sucesso, e que o aquífero, constituído por quartzitos muito fracturados, se previa a cerca de 130,00 a 135,00 metros de profundidade, podendo ser o seu artesianismo repuxante, da ordem dos 15 l/s.

Para conseguir um resultado positivo, as operações realizadas foram as seguintes:

FASE 1 (Desenho 1)

- Perfuração à rotary no Ø de 17 1/2" até 6,00 metros;
- Colocação e cimentação de um tubo de aço Ø 16";
- Perfuração à rotary, com lama no Ø de 12 1/4" até 127,00 metros com coluna de perfuração estabilizada.

FASE 2 (Desenhos 2 e 3 - Fotos 1 e 2)

a) Descida de uma coluna de tubos de aço Ø de 10" a 124,00 metros.

- Cimentação total do espaço anular de 10 x 12 1/4". Injecção de calda de cimento.
- a) Deslocamento da calda de cimento com lamas e secagem do cimento.

FASE 3 (Desenhos 4 e 5 - Foto 3)

a) Perfuração no Ø de 8 1/2" com martelo de fundo de furo até aos 137,00 metros, onde se detectou o tecto do aquífero (saída de água e amostra quartzítica).
Medição da pressão à cabeça.

a) Perfuração com "rock bit" do aquífero (quartzitos muito fracturados) até 150,00 metros, inicialmente com circulação de água, mas depois só à rotação. A limpeza dos detritos "cuttings" foi conseguida com o caudal da água da formação (50 l/s) que era suficiente para provocar a velocidade ascensional necessária. Isto é, bastava o artesianismo para limpar o furo.

FASE 4 (Desenho 6 - Fotos 4, 5, 6, e 7)

A. 1) Descida da coluna definitiva em aço inox Ø de 5" entre os 103,00 e os 150,00 metros, suspendendo-a através de uma peça especial (larga) com uma coluna de aço normal Ø de 4" em troços roscados (provisória)

2) Execução do filtro de seixo.

Tal como os detritos da perfuração "cuttings" foram expelidos pela força da água também o seixo o seria.

Para se conseguir colocar o seixo no espaço anular de 5" x 8" na zona do aquífero, "gravel pack" foi, por isso, necessário fechar, na cabeça do furo, o anular onde o seixo tinha de descer (tubo de aço de 10" x 4" de aço roscado).

Como a pressão à cabeça nesse anular era de 1 bar foi necessário injectar o seixo a uma pressão superior, tendo-se conseguido colocar no sítio todo o seixo com uma pressão de cerca de 2 a 3 bar, utilizando um reservatório especial, de onde o seixo era aspirado pela corrente de água que uma bomba centrífuga injectava no anular, com essa pressão.

A entrada do seixo no furo foi controlada visualmente através de um troço transparente da conduta de 2" por onde era injectada.

B. Isolamento com argila e cimentação do topo do seixo (Desenho 7 - Foto 8)

1) Depois de o seixo se encontrar no anular foi necessário mantê-lo lá sem exercer pressão sobre ele, isto é, com o anular aberto para se poder introduzir a argila e o cimento.

Como o artesianismo nessas circunstâncias expulsava o seixo, foi necessário vencer essa força com uma força de sentido contrário.

2) Para o efeito encheu-se o anular com uma lama pesada de densidade suficiente.

Estando o anular "morto" procedeu-se à colocação directa de bentonite em bolas "pellets" na extensão de 6,00 metros, e fez-se depois uma cimentação com 10,00 metros.

FASE 5 (Desenhos 8 e 9)

A. Depois de o cimento do anular estar seco, isto é, passado o tempo suficiente, retirou-se a coluna de tubos de 4" desapertando a rosca esquerda no larga. A água ficou a sair com o caudal de 55 l/s em jacto no tubo de 5", no larga

B. Desceu-se o resto da coluna definitiva com o Ø de 8", em aço inox, na intenção de ir roscá-la no larga, como previsto, mas como o jacto de água era muito forte não se conseguiu fazer essa ligação, e tivemos de retirar a coluna de 8" de Ø.

Foi necessário descer uma coluna de tubos de Ø 3" em aço, com um empanque preparado no troço da base para fechar a saída da água dentro do tubo inox de 5". A água ficou a sair com o caudal de 55 l/s em jacto no tubo de 5", no larga.

FASE 6 (Desenhos 10 e 11 - Fotos 9 e 10)

- A. Eliminada a saída de água no larga, por efeito do empanque (rolha) que foi introduzido, procedeu-se novamente à colocação de uma coluna definitiva em aço inox (parte de 8" com um tê). Desceu-se por fora dos tubos de 3" de aço e roscou-se facilmente no larga, como pretendido.
- B. Depois de conseguida a ligação entre as duas partes da coluna definitiva, 8" e 5" de Ø, retirou-se a coluna de tubos de aço de 3" e, portanto, o empanque, ficando o furo a artesianar cerca de 55 l/s.
Para completar a captação preencheu-se o espaço entre 10" e 8" com seixo e cimento.

III - Furo Horizontal

(Desenhos 12 e 13 - Fotos 11 e 12)

Localização:

- Rochas graníticas do norte

Pesquisa:

- Perfuração à percussão pneumática no Ø de 6 1/2" até aos 150,00 m.

As zonas produtivas foram assinaladas depois dos 33,00 metros (10 000 l/h)

Captação:

- Revestimento com tubo inox AISI 304 Ø de 3" até 57,00 metros, sendo este fechado de 0,00 a 33,00 e em ralo dos 33,00 aos 57,00 m.
- Isolamento com cimentação do anular 6 1/2" x 3" entre os 0,00 m e 33,00 metros (zona de granito alterado sem água), com a ajuda de um empanque insuflável colocado no tubo de 3" antes do ralo e de uma cabeça especial em aço inox na boca do furo.
- Adaptando um T especial, por meio de uma flange apropriada, fez-se a introdução e fixação de um tubo inox Ø de 1" até aos 130,00 metros, cujos 2 últimos metros são em ralo.
- Tal como a foto evidencia, as condições naturais foram devidamente repostas, não se notando perdas de água do aquífero.
- Como exemplo negativo apresento uma foto do que não deve ser permitido fazer.

VI - Conclusões

A análise da descrição feita, embora de uma forma muitíssimo resumida, torna evidente os pontos seguintes:

- A. Os sucessos dos casos apresentados foi obtido porque, para além do respeito pelas regras da arte, na sequência das dificuldades imprevistas surgidas durante a execução destes trabalhos, se foram aplicando as medidas mais ajustadas à solução de cada ocorrência depois da correcta interpretação dos fenómenos em presença.

É por este conjunto de razões que eu vejo a construção de uma captação de água subterrânea, especialmente nas formações não sedimentares, não como um projecto rigidamente definido, a executar por um qualquer operador de máquinas de sondagem, por mais competente que seja na sua profissão, mas sim como a gestão permanente das circunstâncias envolventes, feita por um técnico cientificamente preparado para dar no local as respostas adequadas, ditadas também pela sua experiência, o que neste tipo de actividade se deve sempre exigir.

- B. Por outro lado se salienta também que, sem a existência de uma organização com a capacidade de mobilização de meios, tanto materiais como humanos, em todas as áreas de actividade de apoio directo e indirecto, como o que a A. CAVACO foi capaz de proporcionar, não seria possível atingir o nível de eficácia conseguido.
- C. Estes trabalhos tiveram como objectivo a obtenção de água de qualidade, destinada ao consumo humano, sem tratamento, e, portanto, nas máximas condições de segurança possíveis. Essa foi sempre a preocupação que em primeiro lugar presidiu às decisões que se tomaram, considerando que, tratando-se de uma matéria-prima tão importante, justificaria bem os custos com os cuidados a ter nesse sentido.

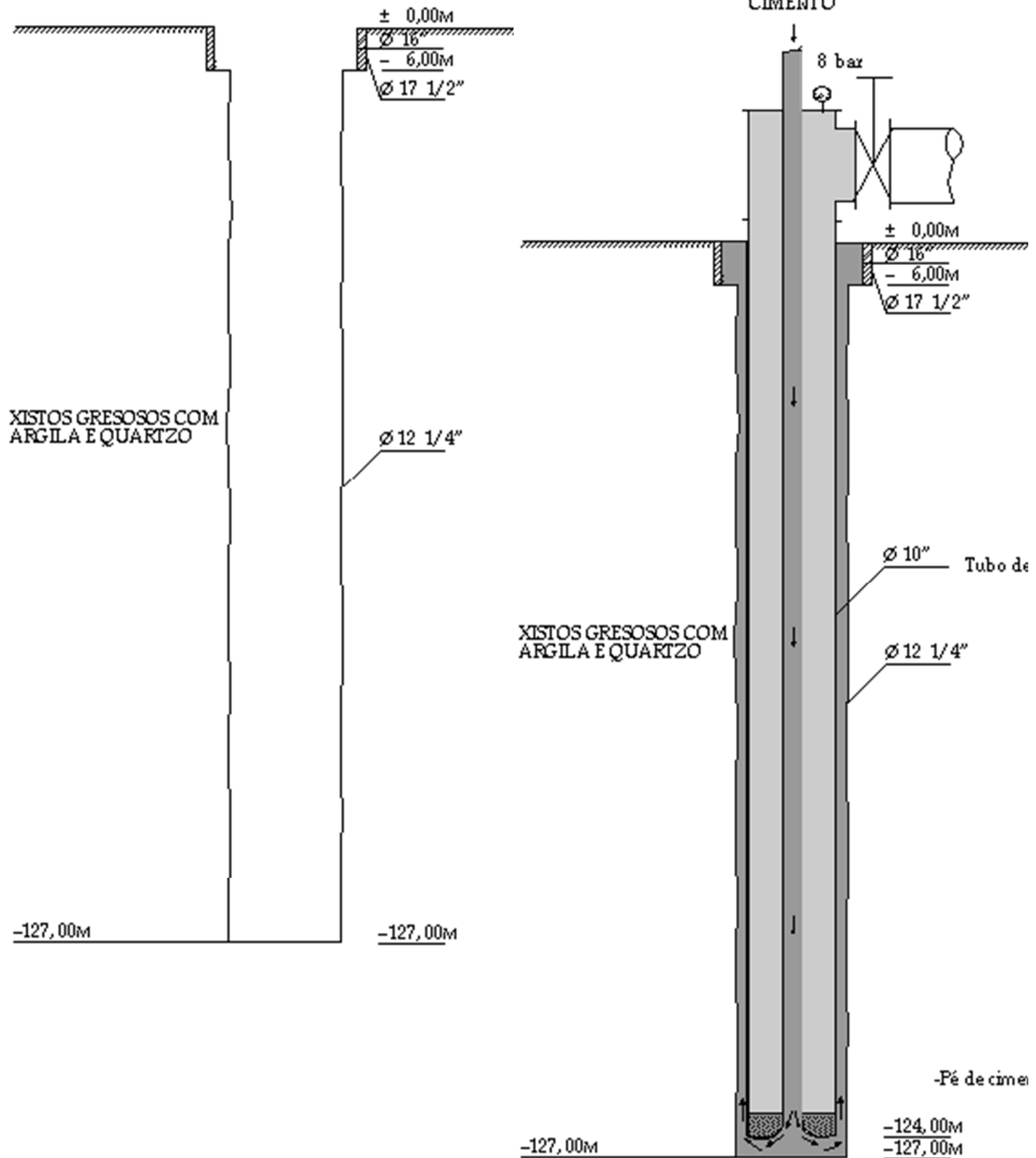
No entanto, é minha convicção, que, na construção de qualquer captação de água, mesmo não destinada ao consumo

humano, os cuidados a ter com a sua qualidade, deverão ser também a primeira preocupação de todos os intervenientes no processo, desde hidrogeólogos, engenheiros de sondagens e sondadores, sob pena de se correr o risco de estragar as reservas aquíferas subterrâneas do país, a prazo não muito longo.

Penso que, na verdade, este tipo de obras quando são efectuadas sem respeito pelas mais elementares normas de segurança e qualidade, elas próprias constituem a principal fonte de problemas futuros.

Anexo

Desenho 1 - Perfuração; cimentação do tubo guia - Fase 1 Desenho 2 - Cimentação total do espaço anular - fase 2 a)



Desenho 3 - Deslocação e secagem do cimento - fase 2 b)

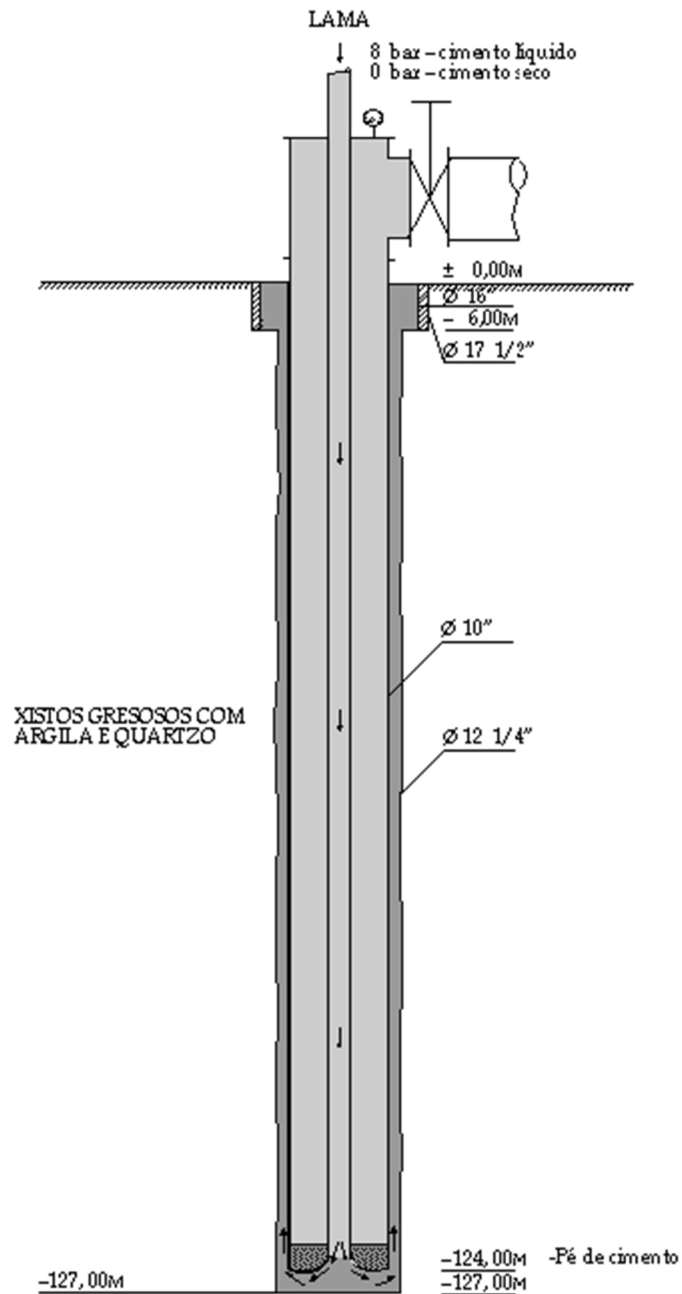
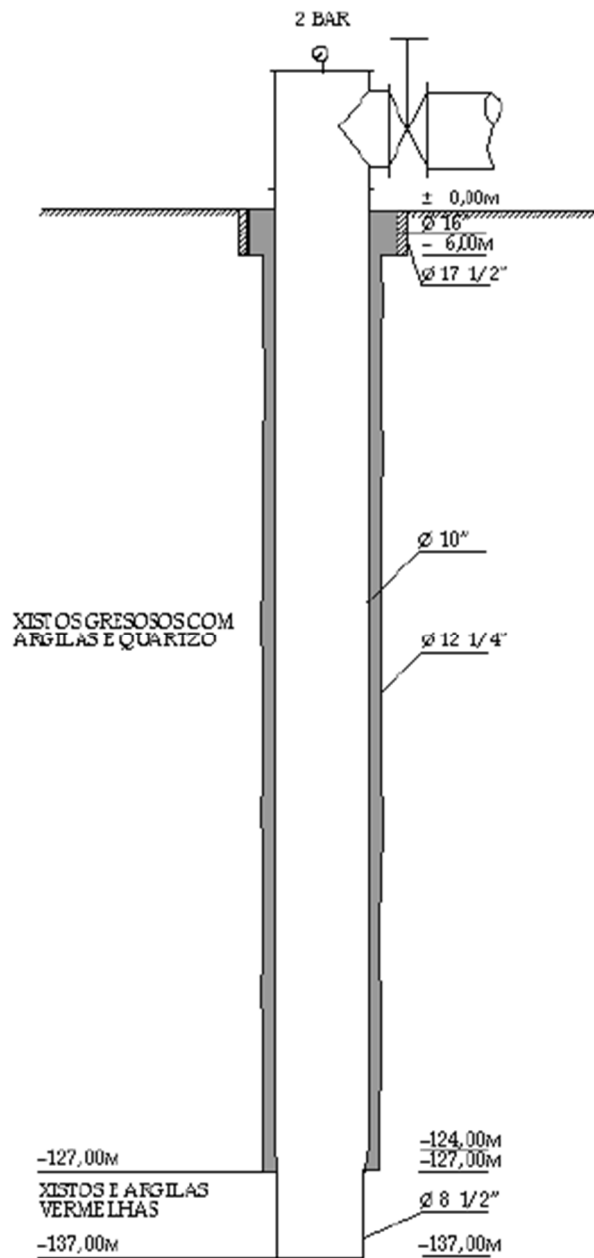


Foto 1 - Equipamento de perfuração



Foto 2 - Descida da coluna 10", com válvula de controlo de artesanismo

Desenho 4 - Perfuração MFF até ao tecto do aquífero - fase 3 a)



Desenho 5 - Perfuração à "rotary" no aquífero - fase 3 b)

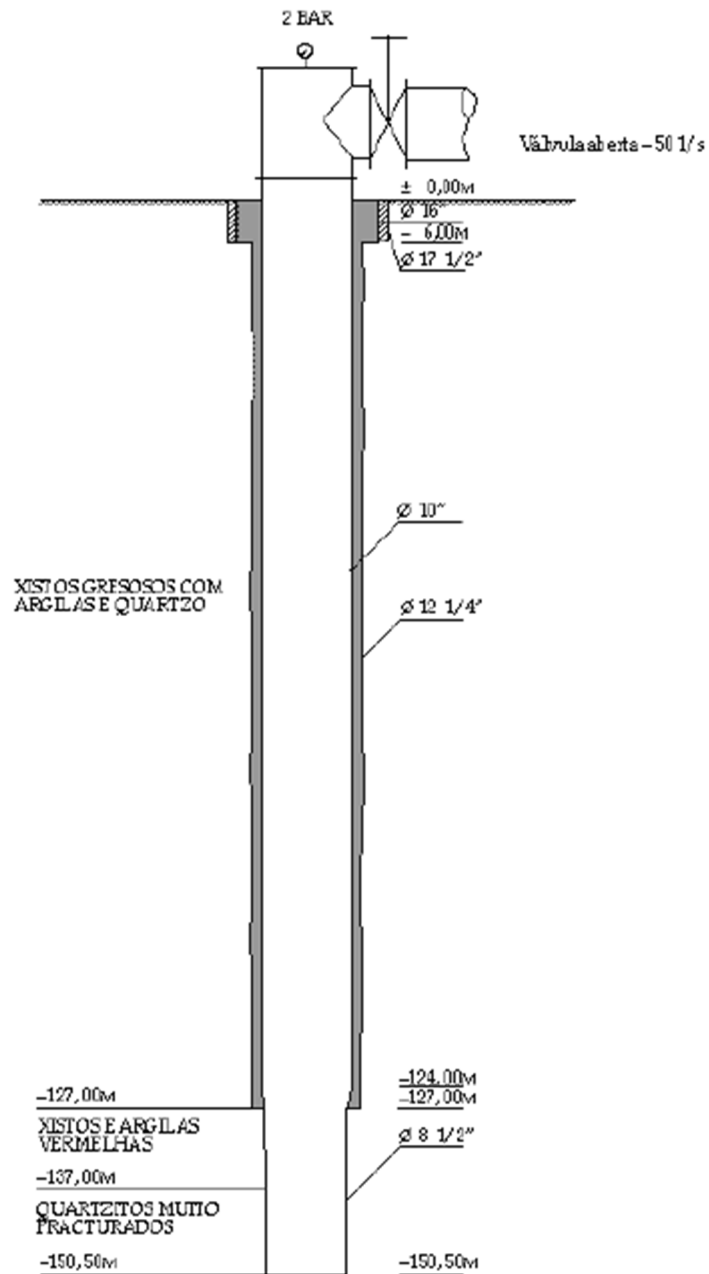


Foto 3 - Perfuração à "rotary" sem injeção, com controlo de artesanismo repuxante

Foto 4 - Injeção de seixo calibrado

Desenho 6 - Descida da coluna definitiva e execução do filtro de serviço - fase 4 A

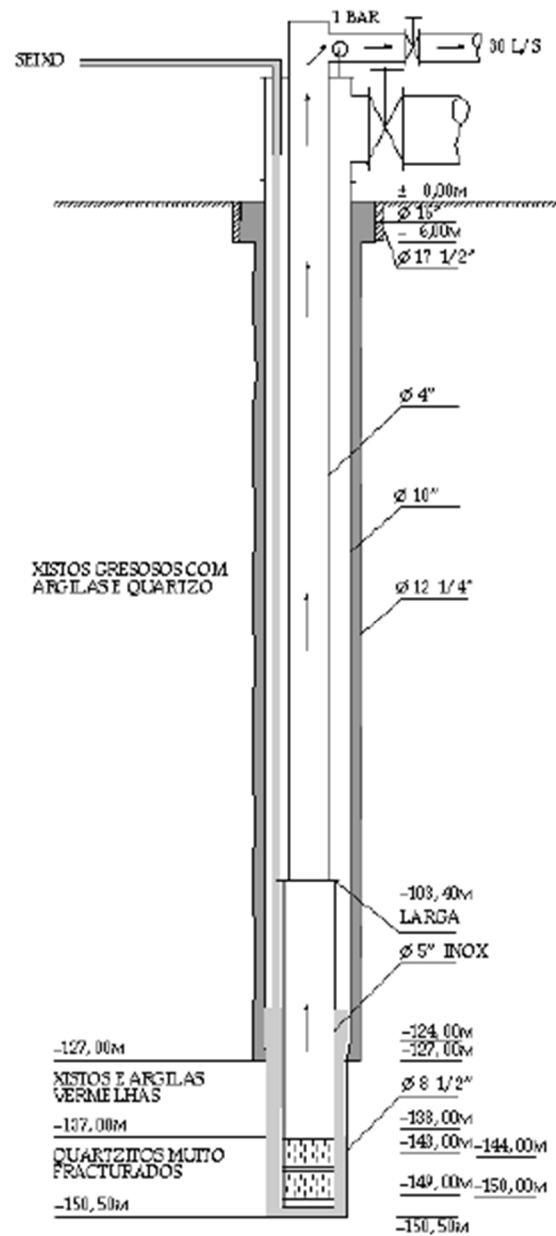


Foto 5 - Controlo visual da entrada do seixo



Foto 6 - Controlo do nível do seixo

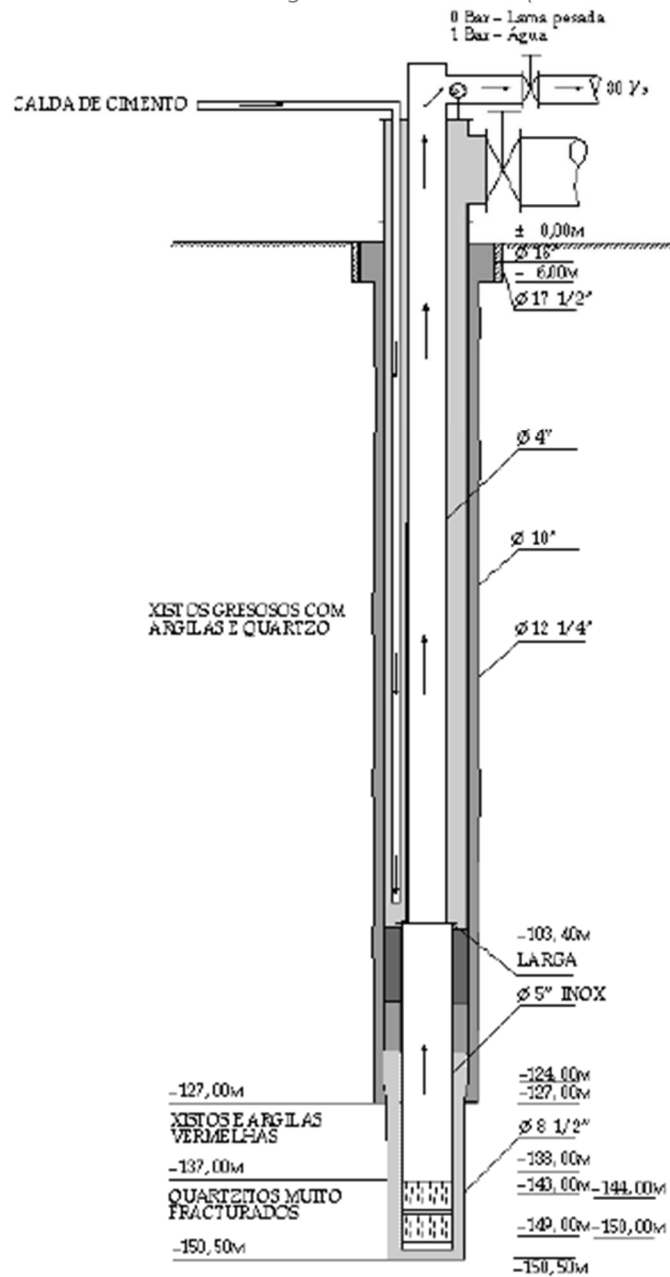


Foto 7 - Comando da entrada do seixo

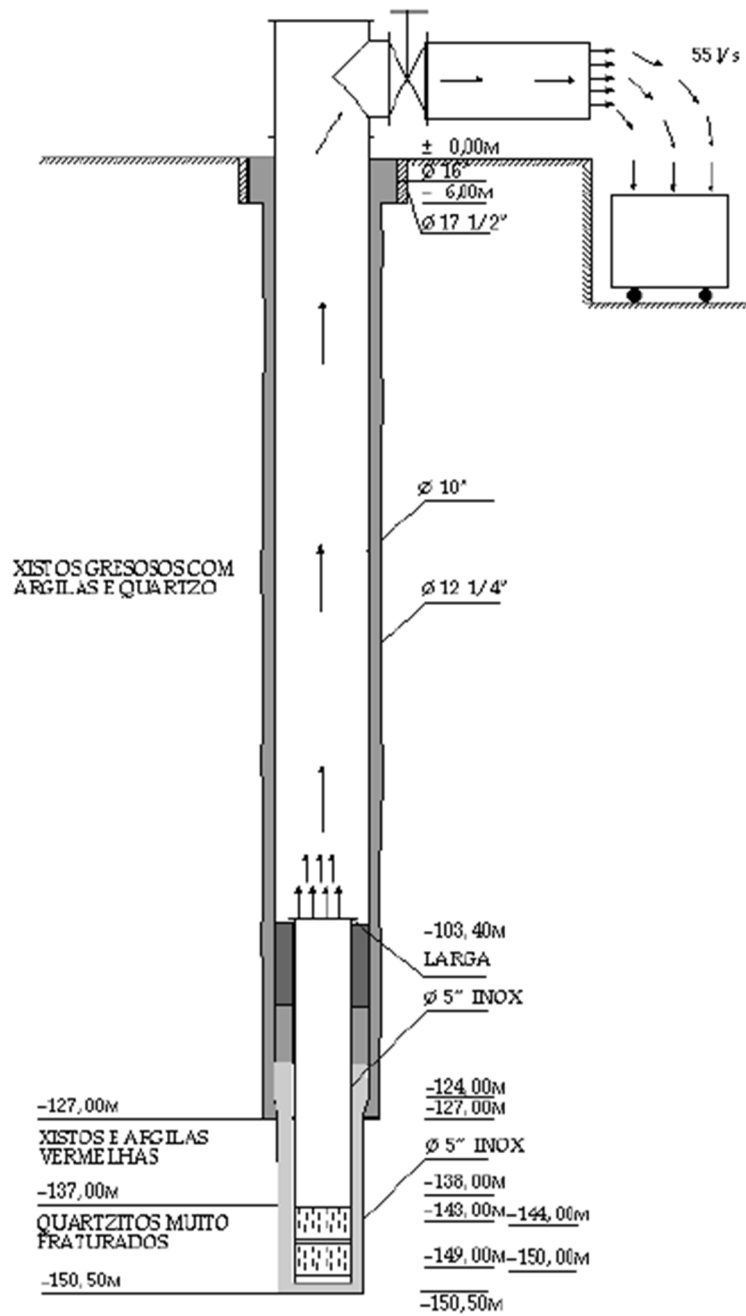


Foto 8 - Indicador de pressão no espaço anular

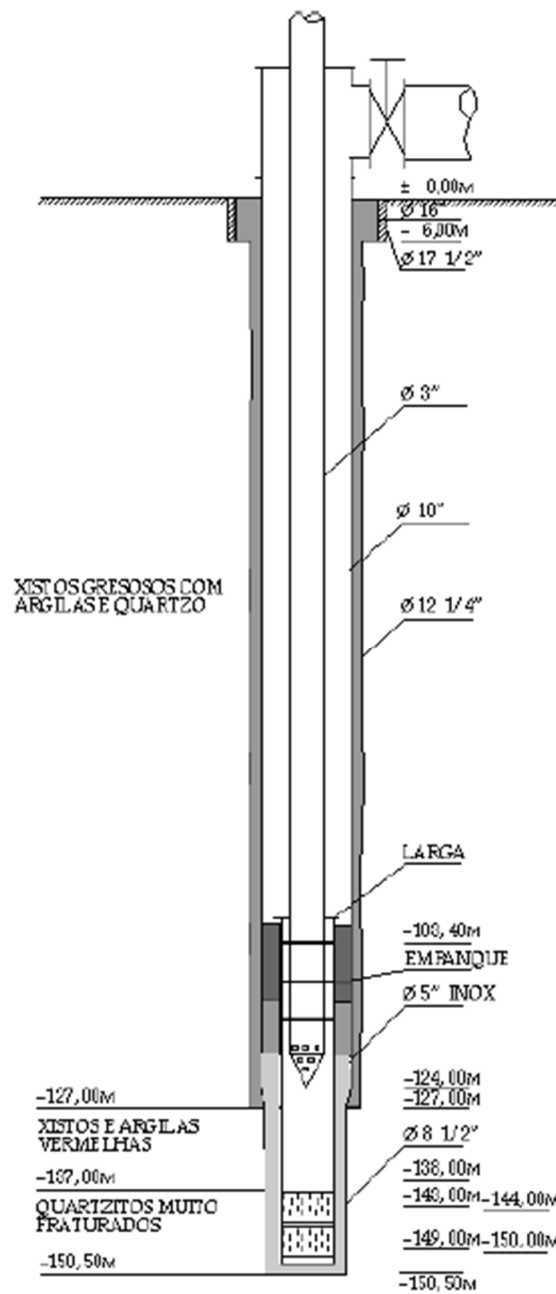
Desenho 7 - Isolamento com argila e cimento do topo do seixo - fase 4 B



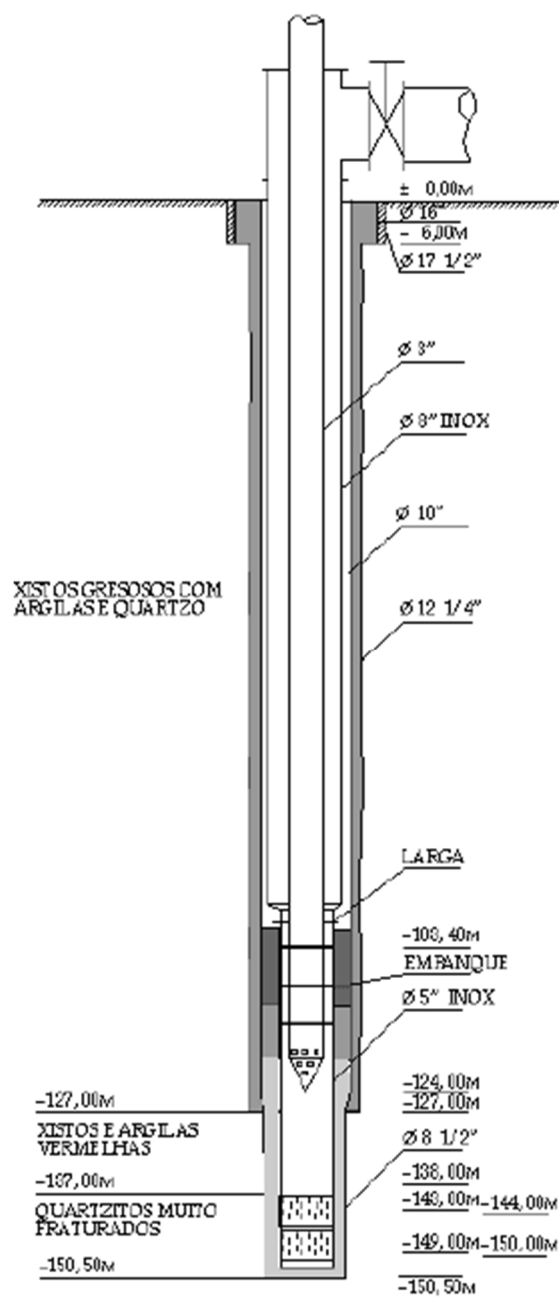
Desenho 8 - Retirada da coluna de tubos de 4" - fase 5 A



Desenho 9 - Descida da coluna de tubos 3" em aço - fase 5 B



Desenho 10 - Descida da coluna definitiva 8" em aço inox - fase 6 A



Desenho 11 - Retirada da coluna 3" em aço - fase 6 B

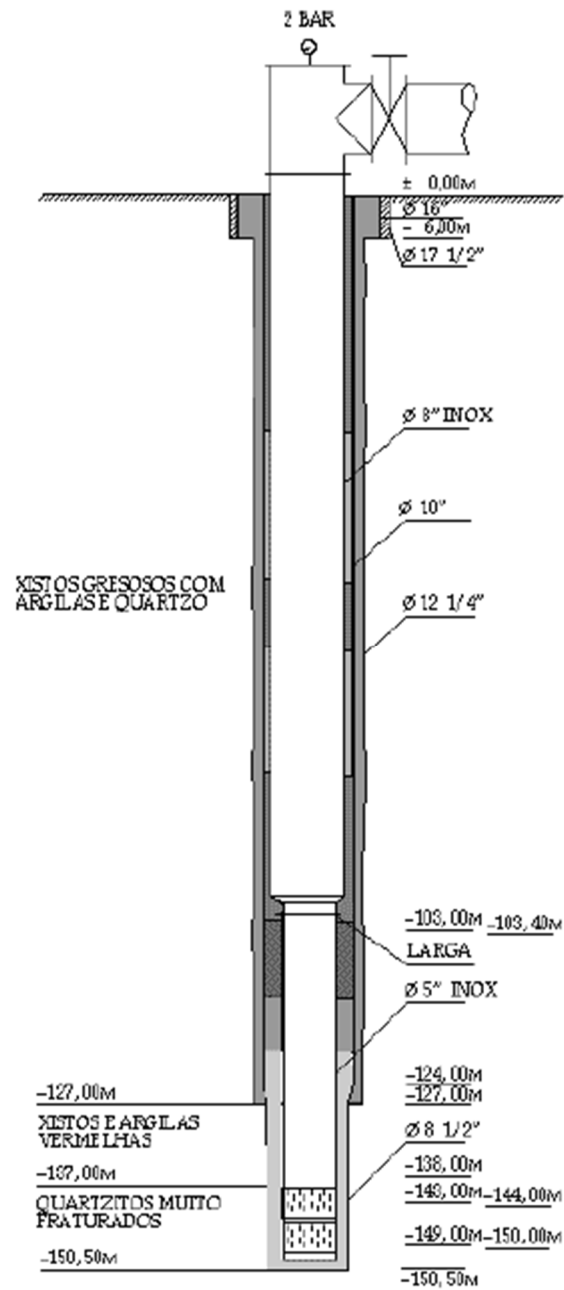
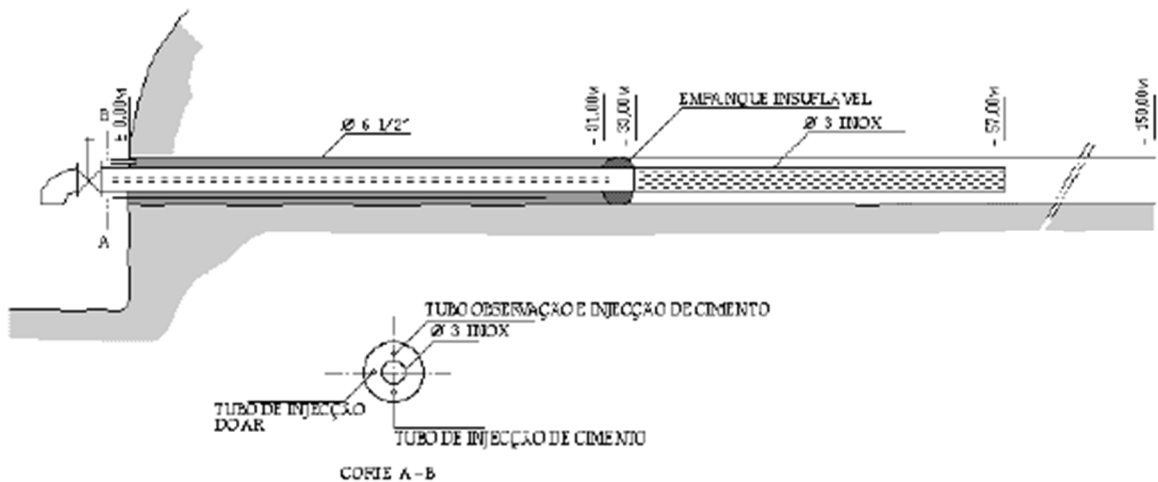


Foto 9 - Cabeça da captação, em aço inox 8"



Foto 10 - Caudal de artesianismo repuxante anular

Desenho 12 - Captação simples a 3" - Furo Horizontal



Desenho 13 - Captação dupla a 3" e 1" - Furo Horizontal

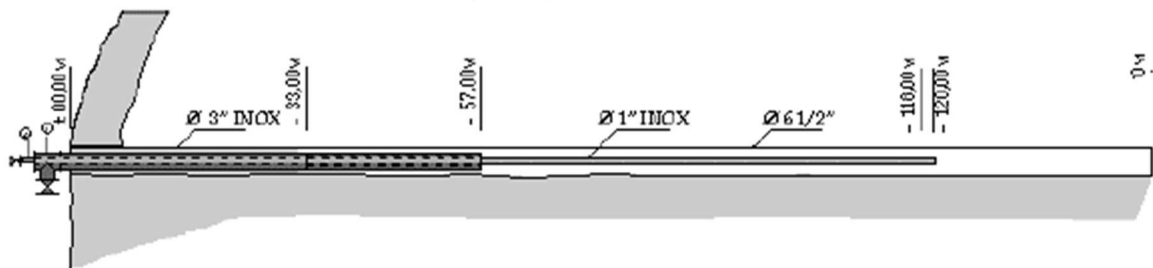


Foto 11 - Cabeça da captação dupla - Furo Horizontal



Foto 12 - Exemplo de má captação horizontal

Valorização da Captação, Tipo Furo: Desenvolvimento e Ensaios

Daniel Pires de Carvalho

As águas minerais naturais são águas de circulação profunda, cuja ascensão até à superfície, através de emergências naturais ou de obras de captação, é muito complexa e, em grande parte dos casos, susceptível de contaminação com águas de níveis mais superficiais, ou menos profundas, poluídas ou, pelo menos, com características físico-químicas diferentes.

O reconhecimento e exploração do recurso hidromineral, outrora limitado à emergência natural por carência de conhecimento hidrogeológico, metodologia e técnicas de captação, deixou de satisfazer as exigências actuais.

Os novos conhecimentos científicos e tecnológicos, postos à disposição, para intervenção na definição das características geológico-estruturais, geométricas e hidráulicas das formações e dos aquíferos implicados, bem como das propriedades físico-químicas dos fluidos em circulação, permitem racionalizar a exploração do recurso através de captações, tipo furo, criteriosamente

implantadas e dimensionadas, que salvaguardam e acautelam a sua utilização e evitam a degradação e poluição dos aquíferos (recursos).

A captação por furos profundos, já neste momento amplamente utilizada, que tem ultrapassado a questão da contaminação das águas minerais na parte terminal do percurso ascensional, com recurso a técnicas especializadas de isolamento e captação, é o esteio para a melhoria da capacidade de resposta às exigências de qualidade e de quantidade, com eventual revelação de novos e maiores caudais.

A implantação dos furos de sondagens de pesquisa e eventual captação, deve fugir aos focos polidores e inserir-se em estruturas geológicas ligadas aos mecanismos de emergência das águas, isto é, dada a sua origem profunda deve atender-se às condições geológico-estruturais que controlam, quase exclusivamente, os mecanismos da emergência. Tornam-se, assim, indispensáveis os estudos geo-estruturais, geofísicos e hidrogeológicos, com modelo de fluxo incluído, de forma a poder-se localizar e dimensionar, criteriosamente, a captação profunda, que intercepte, em profundidade, os fluidos hidrominerais, e que permita a sua ascensão até à superfície, com muito menores perdas de carga que ao longo do percurso natural, segundo os mecanismos locais de emergência do circuito.

A realização da sondagem deverá ser precedida de um projecto (ou anteprojecto) detalhado que contemple, entre outros: os elementos técnicos de execução e respectivo controlo hidrogeológico; as eventuais armadilhas, associadas a zonas de intensa fracturação que funcionam como zonas preferenciais de circulação subterrânea; as operações especiais a levar a efeito (cimentações, entubamentos...),

com o objectivo de eliminar interferências perniciosas sobre os níveis mais profundos onde se admite a circulação de água mineral. Dado que os programas de sondagens têm carácter evolutivo que poderão, e normalmente assim acontece, sofrer alterações substanciais, se tal for julgado conveniente, a sua execução deverá ser acompanhada, sistematicamente, por hidrogeólogo qualificado, de forma a que a tomada de todas as decisões seja realizada de uma forma devida e atempada, tecnicamente suportada.

A avaliação do recurso explorável a partir de uma captação em aquífero fissurado (sendo que a maior parte dos nossos recursos hidrominerais ocorrem em meios fissurados, em formações "cristalinas", onde sabemos quão difícil é quantificar o escoamento e, em particular, adoptar um modelo que o simule), é, ainda, actualmente, bastante imprecisa, apesar do importante progresso do conhecimento hidrogeológico nos últimos anos. E isto porque nestes meios descontínuos, as redes condutoras são de geometria complexa e apresentam propriedades hidráulicas variáveis no espaço. Torna-se, assim, difícil de definir o domínio de alimentação de uma captação e difícil de calcular a água contida no "armazenamento" e mobilizável pela captação, por um lado, e, os caudais de recarga por infiltração, por outro.

O sucesso de uma captação, está associado à profundidade e à qualidade do trabalho realizado em cada uma das fases da sua construção, desde os estudos prévios que conduziram à sua implantação até à metodologia e técnicas adoptadas, a saber: dimensionamento; selecção do ou dos métodos de perfuração; selecção do equipamento; controlo dos elementos de perfuração e das camadas atravessadas; selecção dos tubos, lisos e ralos, e sua instalação; dimensionamento do maciço filtrante; isolamento das camadas nocivas; *selecção e aplicação do método ou métodos de desenvolvimento; realização de ensaios concludentes quanto ao caudal óptimo de exploração da captação e da respectiva eficiência; selecção e instalação do equipamento de extracção.*

Todas estas fases convergem num único bloco – o furo de captação, cuja eficiência jamais será melhor que o somatório da qualidade de cada uma delas. Mesmo se a localização, a selecção e o dimensionamento de todas as operações das fases acima referidas forem as mais correctas e forem excelentes as características hidráulicas e geométricas do sistema aquífero, a captação pouco ou nada produzirá se o desenvolvimento não for devidamente seleccionado e correctamente aplicado. Isto porque, por exemplo, os materiais finos que se encontram em redor dos drenos e mesmo nas camadas adjacentes, podem obstruir a passagem da água.

Desenvolvimento de uma Captação, Tipo Furo

O desenvolvimento de uma captação é o conjunto das operações técnicas que devolvem, pelo menos, as características hidráulicas ao aquífero na zona periférica da captação, entretanto adulteradas, essencialmente, pelos processos de perfuração, e optimizam o fluxo de água no maciço filtrante instalado, fundamentalmente pela remoção das partículas finas do maciço filtrante e da estabilização da formação periférica.

É fundamental retirar essas partículas finas do aquífero, em redor dos drenos, e da captação. É necessário estabilizar a formação adjacente aos drenos. Em caso contrário, os "finos" acabarão

por colmatar o maciço filtrante e entrar na captação à medida da sua exploração, ainda que com um pequeno caudal, contribuindo drasticamente para o envelhecimento da obra.

O desenvolvimento deve ser realizado logo que termine a introdução do seixo calibrado (maciço filtrante) e se tenha procedido ao isolamento das camadas nocivas. Não esqueçamos que mesmo em furos efectuados à percussão mecânica se forma uma "crosta", de siltes e argilas, nas paredes do furo a qual deve ser destruída o mais rapidamente possível. Nos métodos rotativos trabalha-se, normalmente, com um fluído de circulação, cujos elementos formam uma película, por vezes bastante espessa, impermeável sobre as paredes do furo. Há pois que apressar a sua destruição. No método rotopercutivo, as fissuras/fracturas são colmatadas com os detritos resultantes da perfuração os quais, se não forem removidos, dificultarão o fluxo de água.

É importante lembrar que "fazer" a limpeza da captação, não é fazer o seu desenvolvimento. A limpeza é tão somente a fase inicial e final do desenvolvimento. Entre estas duas fases, muitas outras operações devem ser efectuadas.

A tipologia do desenvolvimento eficiente varia de captação para captação. Os processos são inúmeros, contudo baseados nos mesmos princípios:

- devolução das características hidráulicas às formações aquíferas, com a remoção dos factores estranhos nelas introduzidos nas fases de construção da captação ("crostas", compactação, bentonite, detritos e outros);
- remoção das partículas finas do aquífero, nas proximidades das zonas filtrantes, quer expulsando-as através dos drenos e tubagem de revestimento quer afastando-as e mantendo-as para lá do maciço filtrante;
- remoção das partículas finas do maciço filtrante, seixo calibrado e seus "contaminantes", fazendo-os entrar na coluna de revestimento através dos drenos;
- estabilização da formação aquífera, à periferia da zona de captação, com a distribuição adequada do seixo calibrado. Os grãos devem distribuir-se de forma decrescente, desde os mais grosseiros aos mais finos, à medida que se afastam dos drenos.

Os três últimos princípios têm como objectivo aumentar as características hidráulicas do aquífero à periferia da captação de modo a reduzir a velocidade do fluxo de água e, conseqüentemente, a turbulência do movimento.

No desenvolvimento há que criar, provocar, diferenças de pressão, fluxos e refluxos da água muito vigorosos. Estas situações podem "fazer-se" ocorrer com recurso à utilização de ferramentas, equipamentos e operações apropriadas, entre as quais destacamos a utilização de pistões, de água, de ar comprimido, de espumas, etc.

O desenvolvimento com ar comprimido (mais água e espuma), para além de ser bastante eficaz, desde que bem controlado, é um método de aplicação relativamente simples com resultados rápidos, que se aconselha para todas as captações, sempre que possível.

O Sistema "Air Lift"

O método de desenvolvimento com ar comprimido é baseado no sistema "air lift", isto é, elevação da água da captação com injeção de ar comprimido através de uma tubagem de pequeno diâmetro. Interessa, assim, referir os princípios do sistema "air lift":

- o ar comprimido é injectado através de uma tubagem de pequeno diâmetro, colocada o mais abaixo possível dentro da captação;
- o ar comprimido injectado na captação vai criar uma emulsão com a água, tornando-a mais leve, provocando a sua elevação até à superfície;
- a extensão dessa tubagem de ar dentro da água corresponde ao valor da submergência;
- a relação, RS , entre a submergência, S , e a altura de elevação, H , deve estar compreendida entre 0,3 e 0,7, isto é:

$$0,3 < RS = S / (S + H) > 0,7$$

- a melhor relação de submergência é encontrada, em cada captação, subindo e descendo a coluna de injeção de ar comprimido; esta operação é então relacionada com o caudal que sai à superfície.

A necessidade de uma boa relação de submergência, obriga a que, por vezes, se aprofunde mais o furo, mesmo em formação não aquífera, a fim de, posteriormente se conseguir obter uma bombagem com este sistema.

Como se pode facilmente inferir, o dimensionamento da unidade de produção de ar comprimido é fulcral para a elevação do caudal de água que flui à superfície.

A capacidade de um compressor exprime-se, habitualmente, em litros/minuto e a sua potência, que pode ser calculada, numa primeira aproximação, como sendo 1 % da sua capacidade, é referida em Cv.

As relações entre a tubagem de saída de água, a coluna de injeção do ar e as características do compressor necessário, podem ser calculadas com base em métodos analíticos ou através de ábacos/gráficos, neles suportados.

Note-se que os valores da relação de submergência, atrás referidos, são os aconselháveis para se utilizar o sistema "air lift" como meio de elevação de água e não como meio de desenvolvimento; o desenvolvimento pode ser eficiente com relações de submergência bastante inferiores. Não se deve confundir bombagem com desenvolvimento, apesar de existirem bombagens e, mesmo, sobrebombagens em quase todos os métodos de desenvolvimento.

Desenvolvimento com Sistema "Air Lift"

De entre os métodos de desenvolvimento de captações, tipo furo, o mais difundido e eficiente, nomeadamente, nas captações que se inserem em formações "cristalinas" é, sem dúvida, o que se apoia no sistema "air lift" e seus dois processos base a que denominaremos de "sistema directo" e "sistema inverso".

Em qualquer destes processos utiliza-se, com frequência, mesmo de uma forma generalizada, a "espuma" (sabão líquido concentrado) de modo a abreviar e a tornar mais eficiente o desenvolvimento. Pode acontecer que a relação de submergência não esteja dentro dos limites atrás referidos ($0,3 < RS < 0,7$), devido à pequena profundidade dos furos com níveis, estáticos e dinâmicos, relativamente profundos.

No desenvolvimento com "air lift", o que é fundamental não é haver uma boa relação de submergência mas sim criar fluxos e refluxos vigorosos do fluido no interior da captação bem como à sua periferia, isto é, no maciço drenante e na zona aquífera adjacente aos drenos.

A acção da emulsão, ar/água/espuma, é sentida e é eficaz mesmo com RS inferior a 0,3 uma vez que os fluxos e refluxos se fazem sentir.

Um aspecto "crucial", na aplicação de qualquer método de desenvolvimento, para além de termos presente o corte técnico da captação, é a certificação da entrada em funcionamento dos drenos, isto é, da entrada de água da formação na captação através dos drenos.

Ao iniciarmos o desenvolvimento, seja qual for o método, devemos provocar fluxos e refluxos, suaves, dos fluídos no interior da captação sem que haja saída á superfície. Se, na fase inicial do desenvolvimento, se provocar uma saída, repentina, do fluído do interior do furo para a superfície, poderá ocorrer o chamado "colapso" da tubagem de revestimento. A saída da água ou do fluído à superfície só deverá ocorrer após a entrada em funcionamento dos drenos.

Quer o chamado "sistema directo", quer o chamado "sistema inverso", baseiam-se, como referimos, na elevação dos fluídos por "air lift". Cada um deles tem as suas funções, o seu próprio domínio de actuação, mas acabam por ser complementares um do outro .

"Sistema Inverso"

É um processo utilizado para a limpeza da captação (por vezes as captações estão assoreadas de alguns metros) e para o desenvolvimento com sobreexploração de caudal.

O fluxo provocado tem apenas o sentido aquífero-dreno-tubagem de saída de água-superfície.

O material e equipamento acessório normalmente usado é simples e de fácil instalação: guincho de elevação; compressor; tubagem para injeção de ar comprimido; cabeça de adaptação, para a entrada do ar comprimido e saída da água.

Este processo de desenvolvimento cria, de facto, um fluxo no sentido aquífero-captação mas não no sentido inverso, ou melhor, neste último sentido pode ser criado um fluxo, débil, originado pela queda brusca da água dentro do furo nos períodos de paragens e arranques do compressor. O desenvolvimento não será eficiente, por se tornar difícil, ou mesmo inatingível, a estabilização do maciço filtrante e das formações aquíferas à periferia da captação.

É um processo susceptível à criação de "pontes" no seio do maciço filtrante, as quais, na maioria dos casos, não são desfeitas pelas sucessivas paragens e arranques de injeção do ar comprimido.

O pé da tubagem da água deve estar 30 cm, pelo menos, mais baixo que o pé da tubagem de injeção do ar comprimido.

Com o mesmo equipamento e instalação análoga, podemos fazer circular a água no sentido aquífero-drenos-espaço anular, entre a tubagem dita da água e a tubagem de revestimento do furo-superfície.

Para que esta situação ocorra, basta descer a tubagem dita do ar, abaixo ou pelo menos ao nível do pé da tubagem da água. Estaremos, então, em presença de uma variante do denominado "sistema directo", só que:

- por vezes, dada a diferença de diâmetros, entre a tubagem do ar e a do tubo-ralo, o efeito do ar comprimido apenas é sentida com intensidade mínima no maciço filtrante e, menos ainda, no aquífero à periferia dos drenos;
- se a saída do ar estiver abaixo dos drenos, haverá fluxo e refluxo da água, furo - aquífero, pouco vigoroso, e muito forte no sentido furo - superfície;
- se a saída do ar estiver acima dos drenos, então a situação será análoga à do chamado "sistema inverso", isto é, haverá um fluxo de água, forte, no sentido aquífero-furo-superfície, funcionando como uma sobrebombagem.

No "sistema inverso", o pé da tubagem da água deve ser colocado a cerca de 10-15 cm do fundo do furo. A vantagem deste processo reside no facto de as partículas finas, que entram no furo, saírem para a superfície sem retornarem ao aquífero.

É, indiscutivelmente um bom processo de limpeza de captações.

"Sistema Directo"

É um processo em que o ar comprimido é injectado no interior da captação através de uma tubagem, provocando a saída da água via espaço anular revestimento-tubagem do ar.

O "sistema inverso" pode passar, de forma rápida, a "sistema directo", contudo, e nesta situação, os seus efeitos parecem resultar mínimos, como já referimos.

Uma forma de ultrapassar as desvantagens da aplicação desta variante passa pela utilização de um "dispositivo" – cilindro em aço, com cerca de 50 cm de altura, com diâmetro inferior (cerca de 3 a 5 cm) ao do tubo-ralo, com determinado número de orifícios distribuídos ao longo da superfície lateral, dimensionados em função da unidade compressora e do caudal de água em circulação, ligada ao pé da tubagem do ar.

Com este "dispositivo", o ar comprimido é injectado a escassos centímetros do dreno. Assim, a água existente no furo, vinda do aquífero, é empurrada novamente para o aquífero (onde actua) voltando a entrar no furo (pelos drenos superiores) e acaba por sair para a superfície (entre o revestimento e a coluna do ar) carregada de partículas finas, da formação aquífera e do maciço filtrante.

Este sistema cria, efectivamente, fluxos e refluxos da água, muito vigorosos e de forma contínua ao longo da injeção do ar, necessários a um desenvolvimento eficaz.

O "dispositivo" é como que passeado, num movimento alternado e contínuo de subida e descida em toda a extensão do dreno, até a água se apresentar, à superfície, clara e praticamente isenta de partículas finas em suspensão.

Para uma mais rápida e melhor eficiência do processo, fazem-se paragens e arranques do compressor (principalmente em captações de pequeno débito) e introduz-se sabão líquido (espuma), previamente diluído em água, no circuito do ar, de preferência com bomba apropriada acoplada ao sistema. A vantagem da emulsão de espuma situa-se ao nível da dispersão dos materiais finos argilosos e da minimização do débito de ar comprimido.

A parte final deste processo de desenvolvimento, consiste em efectuar duas sobrebombagens. A primeira, com o "dispositivo" a escassos centímetros do fundo do furo e a segunda a cerca de 30 centímetros (mínimo) acima do tecto do primeiro dreno. Estas operações têm por objectivo a estabilização da formação aquífera, à periferia da captação, e do maciço filtrante, bem como estimar o débito da captação.

A saída da água à superfície pode ser feita livremente à "boca" do furo, o que causa problemas na estimativa do caudal, ou através de uma "cabeça" adaptada à tubagem da captação.

A vantagem do "sistema directo" é a de criar fluxos e refluxos vigorosos, necessários a um desenvolvimento rápido e eficiente. A vantagem do "sistema inverso" é a de limpar o furo de um modo rápido e eficaz. Assim, torna-se frequente, e desejável, a utilização dos dois processos no desenvolvimento da mesma captação dada a complementaridade um do outro.

Em qualquer deles, a água pode ser canalizada para o exterior, através da "cabeça", e dirigida para um depósito, previamente dimensionado, a fim de ser mais fácil a estimativa do caudal extraído. A utilização da "cabeça" permite ainda evitar que a água inunde a área dos trabalhos, situação pouco cómoda para quem ali opera.

Quer num ou noutro processo, é muito importante certificarmo-nos:

- na fase inicial – do funcionamento dos drenos, isto é, que a água do aquífero entra no furo
- na fase de utilização de "espumas" - que a "espuma" entra e actua no maciço filtrante e na formação aquífera
- na fase final – que a água se apresenta clara e isenta de partículas finas em suspensão

Para nos certificarmos quer do funcionamento dos drenos quer da entrada da "espuma" no aquífero, devemos proceder a uma série alternada de arranques e paragens do compressor sem que a água saia, repentinamente, à superfície.

Para nos certificarmos do aspecto da água, além da imediata observação ocular, recolhe-se a água num balde e, com a mão no seu interior, agita-se desenhando em caracol desde a periferia até ao centro, onde as partículas finas, a existirem, se concentrarão num pequeno círculo.

Ensaios

O sucesso de uma captação, tipo furo, de água mineral é atingido quando o caudal necessário pode ser extraído, de forma contínua, a baixo custo, salvaguardado o seu aspecto qualitativo.

Para o conhecimento, com propriedade, do alcance deste objectivo, são indispensáveis vários ensaios conducentes ao cálculo das características hidráulicas e geométricas do aquífero e da eficiência da captação em si mesma.

Quando falamos em ensaios temos, acima de tudo, de saber a que tipo nos referimos, isto é, de conhecer os objectivos a atingir. Só assim o podemos definir.

Com base numa captação podemos realizar dois tipos de ensaios: de caudal ou de bombagem (de aquífero).

Se se pretender conhecer as características da captação, devemos realizar ensaios de caudal.

Se se pretender conhecer as características hidráulicas e/ou geométricas (estas últimas em complemento dos estudos geo-estruturais, geofísicos, etc.) do aquífero, onde se insere a captação, então devemos realizar ensaios de bombagem (de aquífero). Neste caso, utiliza-se a captação como centro das operações e um ou mais furos para controlo dos níveis aquíferos (piezómetros).

São inúmeras as razões para se realizarem os ensaios, das quais destacamos pela sua importância:

- verificar a eficiência da captação, se ela está ou não bem desenvolvida;
- calcular o caudal de extracção óptimo da captação;
- otimizar a extracção do aquífero;
- com base nos elementos anteriores, dimensionar as captações, bem como o seu número, a inserir e distribuir no aquífero.

Antes de se iniciar um ensaio, tendo em vista uma melhor interpretação dos resultados, é importante programá-lo e ter em atenção: características construtivas e técnicas da captação; época do ano em que o ensaio é realizado; tipo de extracção de água, método de leitura dos níveis e do caudal; tipo de esgoto da água extraída e distância a que é descarregada; tipo de ensaio e condições de execução.

Na programação e execução de ensaios, para além do equipamento e materiais necessários para a extracção da água (bomba, "air lift", potência do gerador/energia da rede pública, cabos eléctricos, tubagens de elevação e de descarga), e de medidores de caudal (depósito regulador e de medição, contador, descarregador), cronómetros e sondas (eléctricas, mecânicas, etc.), ter-se em conta:

- estudos prévios e trabalhos auxiliares: acesso ao local; esgoto da água extraída; geologia local; características da captação; leitura do relatório da captação;
- programa do ensaio: objectivo; caudais a ensaiar; leituras a realizar antes de iniciar o ensaio; equipamento e materiais adequados; duração da bombagem e recuperação; época do ano (estio ou chuva); colheita de amostras de água; recursos humanos necessários; apoio logístico; custos;
- fase de ensaio: rigor nas leituras e sua periodicidade; iniciar a bombagem com a bomba em carga; bombagem a caudal constante; lançar a água longe da captação, para evitar o seu retorno ao aquífero durante o ensaio; registar o que for medido, mesmo as leituras aparentemente anómalas; a periodicidade das leituras do nível é a mesma, quer na fase de bombagem quer na de recuperação;
- fase de interpretação: a interpretação deve ser feita por hidrogeólogo experiente; interpretação das leituras anómalas; adequar o modelo de interpretação ao funcionamento do aquífero; atenção às influências externas (efeitos barométricos, marés, época do ano, proximidade de outras extracções, etc.); atenção às influências internas (variação do caudal, espessura saturada do aquífero, penetração parcial da captação, etc.).

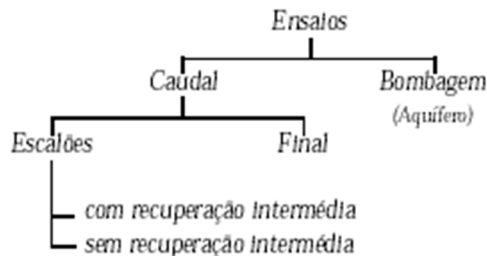
Ensaio de Caudal

A valorização da captação, tipo furo, através do conhecimento das suas características técnicas, remete-nos para os ensaios de caudal, em particular para os escalonados, que nos permitem verificar a eficiência da captação ou se ela está ou não bem desenvolvida e otimizar o caudal de extracção. Se bem que muito importantes, não nos debruçaremos sobre os ensaios de bombagem (de aquífero), que têm por horizonte as características hidráulicas e geométricas do aquífero, para além do presente objectivo – a captação em si.

A eficiência de uma captação é dada pelo valor das perdas de carga do fluxo de água, não só na própria captação como também na zona que lhe é adjacente (excluindo o fluxo no aquífero a nível regional).

Este valor permitirá verificar se o desenvolvimento foi ou não bem efectuado e se a captação foi ou não bem dimensionada.

Os ensaios de caudal podem ser de dois tipos: ensaios de caudal por escalões (patamares) e ensaios de caudal final. Os primeiros podem ser, ainda, por escalões sucessivos sem recuperação intermédia entre patamares e de escalões com recuperação de nível entre patamares, isto é:



O ensaio de caudal final, só deve ser efectuado após a interpretação dos ensaios escalonados. É conduzido a caudal constante, próximo do caudal de exploração futura, calculado com base nos ensaios escalonados.

A sua duração é função do objectivo da exploração e da estabilização do nível dinâmico. É esta estabilização que marca o princípio do fim do ensaio. Atingida esta fase, o ensaio deve ser prolongado desde apenas algumas horas até alguns dias (duração maior nos aquíferos livres que nos confinados).

Ensaio de Caudal por Escalões

Os ensaios escalonados, também designados por ensaios a caudal variável, têm por objectivo determinar a eficiência da captação, isto é, calcular as perdas de carga na própria captação e num pequeno raio à sua volta. Será possível, então, verificar se o desenvolvimento foi eficaz, se a obra está ou não bem dimensionada e determinar o seu caudal de exploração.

O ensaio deve ser conduzido com um mínimo de três e um máximo de cinco escalões, a caudais crescentes.

O débito de cada escalão é calculado em função do caudal máximo, pré-estimado na fase de desenvolvimento. Assim, se for Q o caudal máximo pré-estimado e no número de escalões, o débito de cada escalão q_n será :

$$q_1 = Q/n; q_2 = 2 * q_1; \dots ; q_{(n-1)} = (n-1) * q_1; q_n = n * q_1$$

Os ensaios escalonados, podem ou não ter recuperação intermédia entre patamares. A duração é igual para cada escalão. De um modo geral, uma hora de bombagem é suficiente (por vezes 30 minutos).

Nos ensaios com recuperação intermédia, o tempo daquela recuperação deve ser igual ao de bombagem. Contudo, quando se pretender uma recuperação total (ou quase), aquele tempo é diferente. Os níveis, no final de cada patamar, em bombagem, podem ou não estar estabilizados. O que é fundamental, é que o tempo de bombagem seja rigorosamente o mesmo para cada escalão. Devem registar-se todos os valores, mesmo os anómalos, de acordo com a escala de tempos, em minutos, facilmente interpretável. Sugere-se uma periodicidade inicial de meio minuto e final de dez minutos.

Interpretação dos Resultados

Com os registos da fase de ensaio, traça-se a curva dos rebaixamentos $r = f(Q)$ e a dos rebaixamentos específicos $r/Q = f(Q)$, em que r é o rebaixamento e Q o caudal.

A interpretação daquelas curvas permite inferir:

- $r = f(Q)$, o caudal de exploração (aproximado) da captação
- $r/Q = f(Q)$, as perdas de carga do fluxo bem como a eficiência da captação.

A construção de uma captação, bem como os meios de elevação da água, perturbam o fluxo, não só no interior da obra mas também num pequeno raio à sua volta.

Aquela perturbação – perdas de carga – é originada pela passagem da água, na zona periférica do aquífero, maciço filtrante e drenos (perdas de carga lineares) e, ainda, pelo próprio sistema de elevação da água (perdas de carga quadráticas).

As perdas de carga lineares referem-se à captação, pelo que não mudam no tempo. Note-se, porém, que há casos em que a captação se vai desenvolvendo progressivamente ao longo da sua exploração.

A representação gráfica $r = f(Q)$, a chamada "curva característica da captação", cuja forma é função do tipo de aquífero captado e é influenciada pelas perdas de carga lineares e quadráticas, permite inferir o caudal, dito ótimo, por observação directa:

- a grande inflexão da curva, corresponde ao chamado "ponto crítico" de extracção da captação;
- o caudal dito ótimo de exploração, deve ser tomado com um valor próximo (menor) ao do valor do "ponto crítico" (este assunto será retomado mais à frente).

A curva $r/Q = f(Q)$, permite verificar a eficiência da captação através da equação $r_r = BQ + CQ^n$, em que:

r_r - rebaixamento real observado

BQ - perdas de carga lineares

CQ^n - perdas de carga quadráticas

n - factor exponencial, que varia de 1 a 3,5, em função das características do aquífero, da construção e equipamento da captação

Quanto menor for o valor de n , mais linear é o fluxo da água nas proximidades da captação. Considera-se que o fluxo é laminar quando $1 < n < 2$. Se $n > 2$, o fluxo é considerado turbulento. O valor de n pode variar em função dos caudais do ensaio. Quando os caudais são elevados (relativamente ao caudal ótimo), o regime do fluxo passa de laminar a turbulento. Num regime intermédio, segundo Jacob, toma-se o valor $n = 2$. O valor deste exponencial pode ser calculado com métodos gráficos ou analíticos.

O coeficiente B , corresponde às perdas de carga inerentes às características hidráulicas do aquífero (transmissividade T e coeficiente de armazenamento S), ao raio equivalente do furo e ao tempo de bombagem.

Se o raio equivalente, que pode ser calculado com base em B , é superior ao do furo quer dizer que a captação está bem desenvolvida; se é inferior, então a captação deve ter demasiados finos em torno dos drenos ou que está mal dimensionada. O coeficiente B é expresso em $T * L^{-2}$.

O coeficiente C , é um indicador do grau de eficiência da captação. Depende das características técnicas da captação bem como do equipamento de bombagem. É expresso em $T^2 * L^{-5}$. Sem esquecer os condicionalismos relativos à interpretação deste coeficiente (tipo de aquífero, captação em vários aquíferos), podem considerar-se eficientes as obras com valores de C inferiores a $2,5 * 10^{-7}$ e como não eficientes as que apresentam valores superiores a $5 * 10^{-6}$. Estes valores podem ser expressos em $dias^2 * metros^{-5}$ e só são válidos para $n = 2$.

Com o valor de C , é fácil calcular a percentagem que representam as perdas de carga relativamente ao rebaixamento total. A descida do nível aquífero, provocada pelas perdas de carga CQ^2 para o caudal Q de exploração, é calculada a partir de C .

Os valores de B e C podem ser calculados graficamente a partir da curva $r/Q = f(Q)$:

- o coeficiente B , é dado pela medida da intercepção da curva (recta) com o eixo das coordenadas (r/Q)
- o coeficiente C , é dado pela inclinação dessa mesma curva (recta).

Para finalizar, referimos, ainda, que, com base na variação do caudal específico (Q/r) ao longo do ensaio, entre o primeiro e o último escalão, é possível avaliar a relação das perdas de carga lineares com as perdas de carga quadráticas: $R_{pc} = (Q/r) / (Q/r)_{médio}$,

- se R_{pc} – relação das perdas de carga – é inferior a 10 %, admite-se que a turbulência do fluxo de água é inexistente;
- se R_{pc} , é maior que 10 %, a turbulência é anormalmente elevada.

Em resumo, os factores a ter em conta para o cálculo do caudal óptimo de exploração são:

- características hidráulicas e geométricas do aquífero onde se insere a captação;
- características técnicas da captação em análise;
- características técnicas bem como o caudal extraído de captações vizinhas do mesmo aquífero.

Assim, há necessidade de realizar ensaios, com vista ao conhecimento de:

- transmissividade T e coeficiente de armazenamento do aquífero S , onde se insere a captação;
- existência de "barreiras" positivas (rios, lagos, fenómenos de drenância, etc.) ou negativas (diques impermeáveis, focos de contaminação, etc.);
- curva e equação característica da captação ($r = f(Q)$ e $r_r = BQ + CQ^n$);
- influência da exploração de e sobre explorações vizinhas (com base em T e S ou medida directamente).

Na posse dos elementos calcula-se o caudal óptimo de exploração da captação, com recurso à equação geral: $r = 0,183 \times (Q/T) \times \log(2,25 \times T \times t / d^2 \times S) + CQ^n$, em que:

r - rebaixamento	Q - caudal
t - tempo	T - transmissividade
d - distância	S - coeficiente de armazenamento
n - factor exponencial (entre 1 e 3,5)	C - coeficiente das perdas de carga carga quadráticas.

Seleção da Electrobomba Submersível

Considerando que a valorização da captação passa também pelo equipamento de elevação da água, cujo mau dimensionamento contribui, por vezes de forma significativa, para o envelhecimento prematuro da captação, far-se-ão breves referências sobre a sua selecção.

A fiabilidade, a simplicidade e facilidade de instalação (são as menos afectadas pelos desvios de verticalidade do furo), a suavidade de funcionamento e a economia das electrobombas submersíveis, têm contribuído para a sua aplicação generalizada, sempre que o nível da água esteja para além do limite de aspiração (associada à pressão atmosférica que varia em função das condições atmosféricas e da cota absoluta do local), em detrimento de outras opções, em captações, tipo furo, de água subterrânea e em particular de águas minerais naturais.

A electrobomba submersível, não é mais que uma bomba centrífuga acoplada a um motor eléctrico capaz de funcionar submerso em água, em que o ralo da entrada da água se localiza entre o motor e a célula (podem ser várias) de compressão.

A selecção criteriosa da electrobomba submersível, passa necessariamente pelo conhecimento prévio de:

- características da energia disponível (mecânica/eléctrica), sendo que actualmente é relativamente fácil dispor de uma rede eléctrica a 220 ou 350 V;
- características técnicas da captação, com particular destaque para o caudal, nível dinâmico e profundidade e diâmetro da câmara de bombagem (por norma acima do primeiro dreno);
- elevação acima do solo;
- pressão requerida no ponto de máxima elevação;
- altura manométrica total, incluindo as perdas de carga nas tubagens;
- características físico-químicas recurso hidromineral;
- ensaios de compatibilidade dos materiais do equipamento de elevação da água e dos respectivos acessórios (bomba, cabos eléctricos, tubagens, etc.), com as características do recurso.

Qualquer catálogo de electrobombas submersíveis, disponibiliza não só as dimensões do corpo da bomba e do motor, número de células, potência do motor, como também as curvas características de elevação da água e de rendimento da bomba em função do caudal e, ainda, a respectiva curva da potência absorvida pelo motor, indispensáveis para a sua selecção.

Para a selecção da electrobomba submersível é fundamental uma análise daqueles elementos, e ter em atenção os seguintes princípios básicos:

- o diâmetro do motor deve ser inferior (2,5 a 3 cm, pelo menos) ao diâmetro da câmara de bombagem, em função do caudal e das características do recurso hidromineral;
- a relação das curvas de elevação de água e de rendimento da bomba, em função do caudal
 - na primeira, o caudal diminui com a altura de elevação da água;
 - na segunda, o rendimento da bomba sobe com o aumento do caudal e com a diminuição da altura de elevação, até a um valor máximo de 70-75 %, a partir do qual começa a diminuir com o aumento de caudal mesmo que acompanhado de diminuição drástica da altura de elevação;
- a potência absorvida pelo motor cresce com o aumento de caudal, como se pode verificar pela respectiva curva.

Em conclusão, a electrobomba submersível deve assegurar o caudal pretendido para a altura de elevação da água necessária, dentro do rendimento 70-75 % da bomba, com a menor potência absorvida pelo motor.

Bibliografia

CARVALHO, D. P. ; SANHA, H. – Ensamblament des forages, Gabu - Guiné - UNDP/DTCD. Sept. 89.

CARVALHO, D. P. – Captações para hidráulica rural - Formação base. Gabu - Guiné-Bissau. U N D P/D T C D. Dez. 90 (235 pág.).

CARVALHO, D. P. – Hydraulique rurale – Activités, resultats et recommandations – 1987/90. Project GBS 87/002. Gabu – U N D P/D T C D. Dez. 90 (163 pág.).

CARVALHO, D. P. – Recursos hidrominerais: Plano de exploração. Conferência no Departamento de Recursos Hídricos da Universidade de Évora – Jan. 97.

CARVALHO, D. P. - Objectivos e Critérios para Elaboração de Planos de Exploração. I Sessões Técnicas/IGM. Maio 97.

CARVALHO, D. P. – Captações, tipo furo, vs., Emergências Naturais. Conferência no II Encontro Termal – Caldas de Felgueira. iberotermas. Maio 98.

ANEXOS

ANEXO I - Cortes geológicos, esquema de circulação da água, esquemas de captação e síntese das actividades desde o reconhecimento e prospecção à valorização da captação

ANEXO II - Esquemas de desenvolvimento com sistema "air lift", esquemas de interpretação de ensaios escalonados e selecção da electrobomba submersível

Tomografias Geoeléctricas de Superfície

Henrique Graça ; Rogério Mota

Palavras chave: Geofísica, prospecção geoeléctrica, tomografias geoeléctricas, método de Wenner modificado, sondagens geoeléctricas.

Resumo: O presente artigo descreve a metodologia de realização de tomografias geoeléctricas de superfície. Este método de prospecção geoeléctrica consiste na realização de um conjunto de sondagens eléctricas verticais contínuas, segundo um determinado alinhamento pré-estabelecido, proporcionando um perfil de resistividade em profundidade. A grande vantagem desta técnica baseia-se na rapidez de execução, tratamento e interpretação dos resultados em relação aos métodos de prospecção geoeléctrica tradicionais, assim como na qualidade da informação.

I - Introdução

As tomografias geoeléctricas de superfície consistem na realização de sondagens eléctricas verticais em linha, proporcionando um perfil de resistividade em profundidade. A aplicação do termo "tomografia" decorre do "varrimento" obtido com as diversas sondagens eléctricas, idêntico aos métodos com a mesma designação utilizados, quer em geofísica, quer noutros domínios científicos.

A designação "de superfície" que completa a referência do método, resulta do facto do "varrimento" se desenvolver apenas com eléctrodos instalados à superfície do terreno, por forma a diferenciar este tipo de tomografias das do tipo superfície-furo ou furo-furo, aplicadas noutros métodos de prospecção.

Uma das principais vantagens deste método de prospecção geofísica reside no facto de se poderem utilizar 24 eléctrodos em simultâneo, e no controlo remoto de injeção de corrente nos eléctrodos de forma sequenciada e pré-estabelecida, complementada com a aquisição automática das leituras por computador e o respectivo tratamento informático.

A profundidade máxima de prospecção que é atingida na zona central do dispositivo corresponde a cerca de 1/5 da extensão total da tomografia.

Este método de prospecção geoeléctrica encontra aplicação em vários tipos de estudos, designadamente: em estudos hidrogeológicos, na determinação de zonas mais favoráveis à percolação de águas subterrâneas e consequentemente à implantação de furos de captação; em estudos geotécnicos, na determinação de zonas de alteração de maciços rochosos e na detecção de acidentes tectónicos; e em estudos ambientais para a detecção de plumas de contaminação, apenas para citar alguns casos mais correntes.

II - Aspectos Gerais

A resistividade eléctrica dos terrenos é uma característica estreitamente ligada ao tipo, natureza e estado de alteração das formações geológicas, assim como à presença de águas subterrâneas e elementos contaminantes. O conhecimento da distribuição espacial da resistividade eléctrica em profundidade, a partir de registos efectuados à superfície, permite identificar e caracterizar estruturas geológicas sub-superficiais, deduzir zonas de percolação preferencial de águas subterrâneas e delimitar plumas de contaminantes.

O método de estudo que envolve a resistividade eléctrica dos terrenos é simples e amplamente divulgado, consistindo basicamente, na injeção de corrente contínua no terreno, através de dois eléctrodos metálicos, e na medição da diferença de potencial eléctrico induzido pelo fluxo de corrente entre dois outros eléctrodos. Com base nos princípios estabelecidos no estudo da corrente eléctrica é assim possível determinar-se a resistividade eléctrica do terreno.

Os valores obtidos numa campanha de prospecção geoeléctrica são valores, não da resistividade real mas sim da resistividade aparente, dado que os terrenos são meios não homogéneos, que influenciam de modo heterogéneo o campo eléctrico gerado pela circulação da corrente eléctrica.

De entre os diversos dispositivos de prospecção geoeléctrica existentes os mais utilizados são os dispositivos tetraeléctricos de Wenner, Schlumberger e dipolo-dipolo, sendo que os primeiros realizam sondagens eléctricas verticais no centro do dispositivo e o último um corte em profundidade segundo uma linha estabelecida.

Para a realização de tomografias geoelectricas de superfície utiliza-se um dispositivo modificado a partir do método de Wenner, com o objectivo de realizar sondagens eléctricas segundo um perfil, e não, como o original, apenas na vertical do ponto médio do dispositivo.

III - Equipamento

O equipamento utilizado para a realização de tomografias geoelectricas de superfície consiste no sistema Campus Microprocessor-Controlled Resistivity Transversing (MRT) System e no resistivímetro Geopulse, ambos desenvolvidos pela Campus Geophysical Instruments, Ltd, e controlados por um computador portátil, com recurso ao programa MRTP2, igualmente da Campus Geophysical Instruments, Ltd.

O sistema MRT é um dispositivo concebido para medição de secções profundas de resistividade (pseudo-secções). É constituído por 24 eléctrodos em aço e 24 bobines de cabos, cada uma com 50 m de cabo de 7 condutores isolados, o que permite realizar perfis com uma extensão total de 1200 m. Cada bobine encontra-se equipada com um relé com endereços electrónicos, alimentado por baterias e controlado pelo programa MRTP2 para ligação automática dos quatro eléctrodos do dispositivo utilizado (Fotografia 1).



Fotografia 1 - Equipamento para execução de Tomografia Geoelectrica de Superfície. O resistivímetro Geopulse é controlado pelo computador através da porta série RS-232, e possui uma bateria interna que lhe permite trabalhar autonomamente no campo. É um instrumento de grande precisão capaz de obter valores de resistividade entre 0,001 W e 400 KW, debitando corrente eléctrica na gama 0,5-100 mA.

IV - Metodologia

O dispositivo de medição utilizado nas tomografias geoelectricas de superfície é baseado no dispositivo de Wenner, com a vantagem de poderem ser efectuadas diversas sondagens em linha o que permite a realização de um perfil de resistividade em profundidade.

O método consiste basicamente na disposição, em linha, no terreno, de um máximo de 24 eléctrodos e bobines, e na sua ligação em série de acordo com a sua numeração. Esta série é ligada ao resistivímetro, controlado pelo computador.

O resistivímetro é ligado normalmente à bobine como número 1, iniciando-se as leituras pelos eléctrodos 1, 2, 3 e 4. Para o ponto de leitura seguinte o espaçamento é duplicado sem qualquer movimentação de eléctrodos, activando-se por via remota os eléctrodos 1, 3, 5 e 7. Em cada estação de leitura o espaçamento é assim aumentado em uma unidade, até que o espaçamento máximo seja atingido (n=7 para um dispositivo com 24 eléctrodos), após o que a sequênciã é repetida iniciando-se com os eléctrodos 2, 3, 4 e 5, e assim sucessivamente até ao fim do perfil (Figura 1).

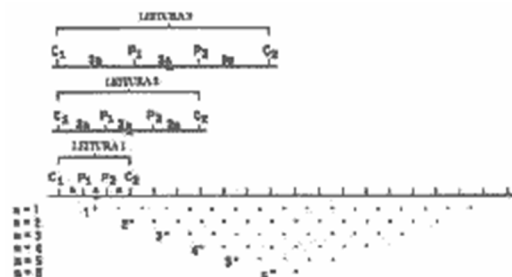


Figura 1 - Sequência de Medições para construir uma Pseudo-secção.

No início de cada perfil são introduzidos no computador os diversos parâmetros necessários à sua execução: nome do perfil; número de eléctrodos e respectivos endereços (números das bobines) e, espaçamento entre eléctrodos.

A distância entre os eléctrodos é fixa em cada tomografia, embora possa variar entre tomografias. A distância máxima entre eléctrodos é de 50 m, o que permite a realização de tomografias geoelectricas de superfície com uma extensão superficial de 1150 m. A profundidade máxima de prospecção para aquele comprimento será da ordem de 190 m na zona central do dispositivo dos eléctrodos. Podem ser realizadas tomografias com menos de 24 eléctrodos, embora o grau de detalhe da informação diminua com a redução do número de eléctrodos.

O grau de detalhe da prospecção depende do espaçamento entre eléctrodos. Quanto menor for o espaçamento entre eléctrodos, maior será o detalhe da informação, embora a profundidade de prospecção seja menor. Por outro lado, quanto maior for a distância entre eléctrodos menor será o detalhe proporcionado pela prospecção embora a profundidade de prospecção aumente.

V - Tratamento dos Dados Recolhidos

Os resultados obtidos no campo são apresentados como uma matriz de medidas de resistividade a p a rente com os valores igualmente espaçados em linha, crescendo os espaçamentos em coluna (Figura 2).

218.61,	298.82,	330.98,	610.88,	715.87,	777.28,	1117.30,	2017.42,
1440.78,	1878.00,	345.73,	882.18,	1252.70,	2405.84,	2832.91,	3887.81,
3518.05,	3808.42,	4601.69,	4600				
324.836,	298.476,	804.808,	1983.73,	488.843,	481.212,	888.98,	1080.03,
1296.00,	460.842,	1018.87,	2968.80,	883.81,	2748.09,	3311.55,	4472.65,
3397.41							
80.891,	528.002,	228.878,	808.810,	489.401,	688.712,	7.069,	747.767,
2468.44,	1083.830,	1158.708,	2378.00,	887.818,	1711.61		
383.908,	118.847,	844.453,	3071.94,	2808.24,	2977.80,	638.427,	4327.34,
3408.88,	2838.24,	3421.87					
807.738,	218.811,	848.762,	6367.82,	1802.128,	2788.88,	823.873,	1894.878
18.881,	201.487,	708.135,	3883.83,	1857.178			
1363.839,	374.487						

Figura 2 - Matriz de medidas de resistividade aparente.

Os dados são processados pelo programa RES2DECO, desenvolvido pela Campus Geophysical Instruments, Ltd. Este programa realiza uma desconvolução dos dados de campo para obter um modelo inicial a utilizar na modelação teórica da pseudo-secção.

O problema inverso é resolvido por iteração, recorrendo ao método das diferenças finitas, sendo utilizado o método não linear dos mínimos quadrados constrangidos na optimização da inversão; baseia-se na seguinte equação:

$$(J^T + \lambda \mathbf{E}) \mathbf{d} = J^T \mathbf{g}$$

onde

$$\mathbf{F} = \mathbf{f}_x \mathbf{f}_x^T + \mathbf{f}_z \mathbf{f}_z^T$$

\mathbf{f}_x = filtro horizontal

\mathbf{f}_z = filtro vertical

J = matriz das derivadas parciais

l = factor de amortecimento

d = vector de alteração do modelo

g = vector erro

O factor de amortecimento e os filtros podem ser ajustados caso a caso.

O método de modelação 2-D utilizado neste programa divide a subsuperfície em blocos rectangulares, sendo o seu objectivo determinar a resistividade dos blocos que produzem uma pseudo-secção de resistividades aparentes que esteja de acordo com os valores medidos. A espessura de cada bloco interior é metade do espaçamento entre eléctrodos. Para manter a flexibilidade, podem ser ajustados quer a largura dos blocos laterais, quer as espessuras dos blocos da última linha (Figura 3).

Figura 7 - Exemplo de Tomografia Geoelectrica de Superfície e respectiva interpretação Geoestrutural e Hidrogeológica.

Controlo de Qualidade e Monitorização de Captações de Água Mineral ou de Nascente

Henrique Graça

Palavras chave: Água mineral. Água de nascente. Captações. Controlo de qualidade. Gestão da exploração. Colheita de amostras de água. Programas de controlo de qualidade. Monitorização informatizada. Sondas de monitorização.

Resumo: Descrevem-se as componentes essenciais, e respectivos objectivos, para um adequado controlo da qualidade, bacteriológica e físico-química, e da gestão de exploração, em captações de água "mineral" ou "de nascente". Caracterizam-se os componentes da monitorização que podem ser automatizados e informatizados. Apresentam-se as alternativas de transmissão de dados e os critérios para selecção das sondas de monitorização. Discutem-se os problemas mais frequentes com as sondas de registo, em especial os relacionados com a medição do nível da água em furos fechados, durante as fases de bombagem e de recuperação, com sondas de pressão submersas.

I - Introdução

A viabilidade das indústrias relacionadas com a exploração de água, "mineral" ou "de nascente", para engarrafamento ou actividades termais, depende essencialmente da qualidade da água captada e da gestão da exploração das captações e dos aquíferos. Este ponto de vista baseia-se, no facto de não se conhecerem, em Portugal, casos de encerramento de actividade daquelas indústrias por falta de vendas, na indústria de engarrafamento, ou de número de aquistas, no termalismo. A quase totalidade dos casos de abandono ou suspensão da actividade, resultam de problemas de contaminação dos aquíferos, das captações ou das redes de adução. Mesmo quando os problemas de contaminação conseguem ser sanados, o que implica períodos de tempo apreciáveis de suspensão da actividade com prejuízos avultados, a recuperação da imagem de marca dessas entidades é, regra geral, difícil e extremamente onerosa, em particular na indústria de engarrafamento.

Tratando-se de actividades em que a matéria-prima deverá ser fornecida ao consumidor sem quaisquer aditivos de preservação ou tratamentos, sendo referido no n.º 3 do Artigo 6.º do decreto-lei n.º 156/98, de 6 de Junho, que "São proibidos, em especial, todos os tratamentos de desinfecção, qualquer que seja o método, e a adição de elementos bacteriostáticos ou qualquer outro tratamento de natureza a alterar a flora natural das águas abrangidas pelo presente diploma, com excepção da alínea e) do n.º 1". A referida excepção diz respeito à permissão de incorporação ou reincorporação de gás carbónico na água captada. Assim, a qualidade bacteriológica e físico-química da água fornecida ao consumidor depende, fundamentalmente, da qualidade da água nas captações, pelo que aquele controlo de qualidade adquire uma importância vital para o sucesso desta actividade.

Uma adequada gestão da exploração das captações e do aquífero contribui para reduzir o risco de contaminação e/ou sobreexploração do mesmo. Por outro lado, o controlo de qualidade da água captada permite detectar indícios de degradação das características bacteriológicas e/ou físico-químicas, atempadamente, e implementar medidas potencialmente correctoras da exploração e da actividade.

A implementação sistemática, assídua e periódica de um controlo de qualidade, que traduza a evolução da composição físico-química e da qualidade bacteriológica da água captada, e a aquisição dos parâmetros associados à gestão da exploração das captações ou dos aquíferos, constituem as componentes essenciais da monitorização de uma captação de água.

Convém salientar, desde já, que a monitorização baseada no controlo de qualidade da água captada e na gestão da exploração, não impede, só por si, a contaminação de um aquífero e a degradação da água.

O objectivo da monitorização não é esse, como adiante se ilustra.

Para garantir a qualidade da água captada e a adequada gestão da exploração do aquífero, deverá investir-se no conhecimento hidrogeológico do sistema aquífero em questão. É fundamental que aqueles estudos estabeleçam, desde o início da actividade de exploração, um modelo de funcionamento do sistema aquífero, que permita fundamentar uma adequada gestão da exploração, evitando situações de sobre exploração e de risco de contaminação das águas

subterrâneas exploradas, face ao grau de vulnerabilidade do aquífero e a potenciais focos de contaminação.

O modelo conceptual original será sempre condicionado pelo grau de detalhe dos estudos de prospecção e pesquisa e ao processo de licenciamento de uma captação. Este modelo inicial será, na maioria dos casos, baseado nos ensaios de bombagem e de recuperação realizados aquando da execução da captação, o que limitará o grau de precisão da evolução futura em fase de exploração.

O modelo hidrogeológico deverá ser ajustado e melhorado durante a fase de exploração regular da captação e do aquífero. Este ajustamento e melhoramento do modelo hidrogeológico apenas é possível mediante a implementação de um sistema de monitorização adequado, baseada no controlo da qualidade da água captada e na aquisição dos dados associados à gestão da exploração. A aferição e melhoramento do modelo ao longo do tempo aumentam a fiabilidade da previsão da evolução da exploração e da qualidade da água.

A situação ideal consistirá na monitorização de diversas captações, onde se incluem, não só, as captações concessionadas que exploram o aquífero em questão, como também outras inseridas noutros sistemas aquíferos que possam, eventualmente, estar directa ou indirectamente relacionados com aquele. Além da necessidade de se possuir um adequado grau de conhecimento do funcionamento do aquífero em questão, é essencial que a execução de qualquer captação seja realizada por empresas com reconhecida capacidade técnica, idoneidade e experiência. Considera-se vantajoso que o projecto de uma captação seja concebido após algum conhecimento do aquífero em profundidade, baseado em sondagens de prospecção e pesquisa. A experiência demonstra que muitas captações contaminam devido a má concepção ao nível de projecto, má construção da captação e deficiente isolamento de níveis contaminantes.

A monitorização de uma captação inicia-se aquando da sua realização, através dos ensaios de bombagem e de recuperação executados na altura. Todo o processo de licenciamento de uma captação de água mineral ou de água de nascente, previsto na legislação vigente, consiste essencialmente numa monitorização, com periodicidade mensal, da qualidade bacteriológica e físico-química resumida da água.

Esta fase preliminar, anterior à exploração comercial de uma captação, permite avaliar a pureza bacteriológica da água captada e estabelecer os padrões de qualidade físico-química característicos e a gama de oscilações admitidas, parâmetros essenciais ao futuro controlo de qualidade na fase de exploração regular.

A gestão da exploração do aquífero é definida, no caso de uma água mineral, pelo "Plano de Exploração", previsto no Artigo 26.º do Decreto-Lei 86/90 de 16 de Março, estabelecido com base nos ensaios de bombagem e de recuperação realizados na captação, e no modelo hidrogeológico definido.

Durante a fase de exploração haverá assim que avaliar:

- a pureza bacteriológica;
- se a composição físico-química se enquadra dentro dos limites de oscilação previamente estabelecidos;
- se os critérios de exploração se enquadram nas previsões definidas no "Plano de Exploração";
- se a evolução de todos os parâmetros referidos seguem a previsão do modelo hidrogeológico concebido.

A monitorização deverá, assim, contribuir para aferir e/ou rectificar o modelo hidrogeológico de funcionamento de um aquífero ou sistema aquífero, ao longo da sua exploração.

II - Controlo Bacteriológico

O controlo bacteriológico da água captada deve, obrigatoriamente, cumprir a periodicidade das análises definidas pelos programas oficiais estabelecidos, anualmente, pela entidade tutelar, a Divisão de Recursos Hidrogeológicos e Geotérmicos do Instituto Geológico e Mineiro em articulação com a Divisão de Saúde Ambiental da Direcção-Geral de Saúde. Estas análises deverão ser realizadas em laboratórios oficiais ou particulares independentes, de reconhecida capacidade técnica.

Além dos programas oficiais de controlo de qualidade bacteriológica, as autoridades de saúde local desenvolvem, nalguns casos, programas de vigilância.

As análises bacteriológicas realizadas em laboratórios oficiais ou particulares independentes, deverão sempre incluir a quantificação de todos os parâmetros, e respectivas volumetrias, referenciadas no Artigo 4.º do Decreto-lei 156/98, de 6 de Junho.

Os padrões de qualidade bacteriológica de uma "Água mineral natural" ou de uma "Água de nascente", à saída da captação, estabelecidos naquele Decreto-Lei, são os seguintes:

- teor total em microrganismos inferior a 20 por mililitro a 20°C-22°C às setenta e duas horas;
- teor total em microrganismos inferior a 5 por mililitro a 37°C às vinte e quatro horas;
- isenção de Escherichia coli e outros coliformes, em 250 ml de amostra analisada;
- isenção de estreptococos fecais, em 250 ml de amostra analisada;
- isenção de anaeróbios esporulados sulfito-redutores, em 50 ml de amostra examinada;
- isenção de Pseudomonas aeruginosa, em 250 ml de amostra examinada.

São frequentes os laboratórios, oficiais ou particulares independentes, que não procedem, por desconhecimento da legislação, à determinação de todos os parâmetros estabelecidos na legislação, ou em que os resultados são apresentados para volumetrias diferentes das estipuladas. Antes de se proceder à encomenda de análises a laboratórios exteriores à empresa, deverá obter-se antecipadamente, a garantia por parte dos mesmos, de que as análises incluem a determinação de todos os parâmetros e respectivas volumetrias, previstos na legislação vigente.

A situação ideal seria a realização dos programas oficiais de análises bacteriológicas de água em laboratórios com todos os métodos de análise acreditados, para águas minerais e/ou para águas de nascente, para todos os parâmetros a analisar. No entanto, de acordo com o Instituto Português da Qualidade (IPQ), não existe em Portugal qualquer laboratório com os métodos acreditados, para análises bacteriológicas de água "mineral" ou "de nascente", referenciadas, no quadro de laboratórios acreditados daquela entidade, como "mineromedicinal ou termal".

Verifica-se algum desajustamento da classificação das águas na tabela sobre as entidades com métodos acreditados de análises bacteriológicas de águas, fornecida pelo IPQ. A classificação de água "mineromedicinal e termal" já não existe. A actual classificação das águas exploradas para engarrafamento ou fins termais, definidas nos Decretos-Lei 84/90, 86/90 e 156/98, resumem-se, no essencial, a "Água mineral" e a "Água de nascente". A classificação "mineromedicinal ou termal" apresentada pelo IPQ poderá corresponder, em certa medida, à actual classificação de "Água mineral". No entanto, a classificação do IPQ não contempla as águas classificadas, actualmente, como "Água de nascente".

Os métodos de análise dos parâmetros bacteriológicos necessários à avaliação da qualidade das águas classificadas como "minerais" ou "de nascente", são idênticos aos parâmetros bacteriológicos analisados nas águas classificadas, pelo IPQ, como "naturais". Ao contrário do que acontece, seria de esperar que a acreditação daqueles métodos de análises bacteriológicas das águas "naturais", fosse extensível às águas classificadas como "minerais" ou "de nascente".

Mesmo que a sugestão apresentada fosse adoptada, coloca-se o problema do número de laboratórios com métodos acreditados, de análises bacteriológicas, para água "natural". De facto, existem apenas dois laboratórios, EPAL CLA e INOVA, com todos os métodos acreditados para análises bacteriológicas de águas "naturais", que incluem todos os parâmetros definidos na legislação, que são necessários determinar nas águas "minerais" e "de nascente". O laboratório QUIMITÉCNICA possui métodos acreditados para análises bacteriológicas de águas naturais nos procedimentos para determinação de mesófilos a 22°C e 37°C e coliformes totais e fecais.

Constata-se, assim, que o número de laboratórios com métodos acreditados para todos os parâmetros definidos na legislação, que são necessários para avaliar a qualidade bacteriológica de uma água "mineral" ou "de nascente", é diminuto face ao número de empresas de engarrafamento e de estâncias termais existentes em Portugal. Saliente-se que um dos referidos laboratórios (INOVA) se situa na região autónoma dos Açores, o que limita a região do continente, onde se situa precisamente a maioria das empresas de engarrafamento e das estâncias termais, apenas a um laboratório com todos os parâmetros, definidos na legislação, acreditados.

O recurso a laboratórios acreditados deveria ser prática corrente nas indústrias de engarrafamento e termalismo, onde o controlo de qualidade passa também pela garantia da qualidade dos laboratórios externos de análise. Atendendo à escassez de laboratórios acreditados, esta prática encontra importantes condicionamentos à sua implementação.

Os programas de controlo da qualidade bacteriológica da água, implementados pelos organismos oficiais, com periodicidade semanal ou quinzenal, têm por principal objectivo manter, com alguma periodicidade, as entidades da tutela a par da qualidade bacteriológica da água explorada.

Os programas oficiais não deverão ser encarados pelas empresas como suficientes para garantir um adequado controlo interno da qualidade bacteriológica da água de furos em exploração regular. Aqueles programas oficiais deverão ser complementados com programas internos de análises bacteriológicas diárias, em laboratórios internos ou, em última análise, em laboratórios oficiais ou particulares independentes.

Os resultados de uma análise bacteriológica só estarão disponíveis, no mínimo, 48 horas após o início da análise. Assim, qualquer contaminação naquelas análises será detectada, pelo menos, 48 horas após a colheita.

Caso sejam apenas cumpridos os programas analíticos estabelecidos pela tutela, a situação de contaminação apenas será detectada vários dias após a ocorrência, tendo em conta a periodicidade das colheitas acrescida do tempo de expedição dos boletins pelos laboratórios oficiais ou particulares independentes, o que comporta riscos para a saúde pública e custos de produção.

Os furos de reserva, sem exploração sistemática ou com extracção pontual, deverão ser submetidos a programas internos de controlo bacteriológico, cuja frequência dependerá do número de captações existentes, da distância entre si, do grau de vulnerabilidade do aquífero e do historial de situações de contaminação que possam ter ocorrido.

No caso de existir apenas uma captação de exploração regular e uma captação de reserva, será prudente proceder-se à colheita e análise bacteriológica diária das águas do furo de reserva, para se poder decidir sobre a sua utilização imediata, caso ocorram problemas no furo de produção ou na respectiva bomba de extracção.

A execução de todas as análises bacteriológicas, de um programa interno com periodicidade diária, em laboratórios oficiais ou em laboratórios particulares independentes, tem custos avultados e alguma demora na obtenção dos resultados, o que justifica a existência de um laboratório interno de análises bacteriológicas, quer nas indústrias de engarrafamento quer nas estâncias termais.

Apesar dos encargos com a montagem, equipamentos, pessoal, formação e produtos consumíveis, um laboratório interno constitui a solução mais económica. Na avaliação correcta dos custos e da amortização de um laboratório interno, deverá ter-se em linha de conta, que um laboratório de bacteriologia permite também garantir, o controlo diário da qualidade da água da linha de enchimento e do produto engarrafado, no caso da indústria de engarrafamento, ou do controlo diário da qualidade da água no circuito de adução e nos pontos de tratamento, no caso de balneários termais.

O facto da grande maioria das empresas de engarrafamento de água já possuírem laboratório próprio de análises bacteriológicas de água, revela que se trata de um investimento perfeitamente justificado que, além de melhorar o controlo da qualidade bacteriológica da água, permite uma redução dos encargos face à alternativa de mandar realizar todas as análises bacteriológicas em laboratórios oficiais ou particulares independentes.

É ainda escasso o número de estâncias termais com laboratório de bacteriologia próprio. No entanto, a crescente consciencialização da responsabilidade, em termos de saúde pública, as exigências de qualidade, os encargos com análises bacteriológicas com laboratórios oficiais ou privados, o empenhamento das autoridades de saúde no acompanhamento da qualidade da água daqueles estabelecimentos e o encerramento de vários balneários por motivos de contaminação, são factores que contribuem, por certo, para a criação, a curto ou médio prazo, de laboratórios de bacteriologia internos nas estâncias termais.

Os investimentos num laboratório de bacteriologia interno deverão ser suficientes para permitir a fiabilidade dos resultados. Por vezes, investimentos ligeiramente superiores nos equipamentos e nas condições das instalações dos laboratórios internos aumentam exponencialmente o grau de fiabilidade dos resultados. Por outro lado, não basta garantir os meios materiais. Haverá que apostar fortemente na formação do pessoal de laboratório, para se garantir que, o que está a ser feito é bem feito, isto é, que os resultados são fiáveis, o que neste tipo de actividade é essencial.

As análises para os programas oficiais, a realizar em laboratórios oficiais ou particulares independentes, deverão preferencialmente, ser colhidas por um técnico destacado pelo laboratório de análises, ou por um técnico sanitário da Administração Regional de Saúde (ARS) local. No caso em que a amostra seja colhida por um técnico sanitário da ARS local, mas seja enviada para um laboratório particular independente, a amostra deverá ser selada pelo técnico sanitário.

As colheitas de amostras que sejam realizadas por um técnico sanitário da ARS local ou por um técnico habilitado de um laboratório particular independente, deverão ser sempre presenciadas por um representante habilitado da empresa, de modo a garantir que a mesma tenha sido

realizada de forma correcta e, em caso de contaminação da amostra, seja desde logo excluída a hipótese de contaminação por irregularidades nos procedimentos de colheita. Caso seja detectada alguma irregularidade no momento da colheita, a amostragem deverá ser repetida com nova desinfecção do ponto de amostragem e com um novo frasco de colheita.

Seria vantajoso, que fosse criada a acreditação de procedimentos de colheita de amostras para análises bacteriológicas e para análises físico-químicas, de água "mineral" e "de nascente". A experiência revela que, apesar de se tratar de um procedimento simples, mas de grande rigor, as actuações dos técnicos de colheita não são uniformes.

É de todo vantajoso que, aquando das colheitas de amostras a enviar para os laboratórios oficiais ou particulares independentes, sejam colhidas ao mesmo tempo amostras para análise no laboratório interno. Trata-se de um procedimento que contribui para a aferição da qualidade dos resultados dos dois laboratórios, interno e externo.

Por outro lado, deverá ser garantido pelo laboratório interno, a realização diária de duas análises "brancas", realizadas com água previamente fervida, por forma a garantir a fiabilidade dos resultados e evitar dúvidas relativas a uma eventual contaminação no processo de análise do laboratório interno.

A experiência dita que este procedimento é fundamental. Os custos associados àquelas análises "brancas" é pouco significativo e evita custos mais avultados com novas análises, caso aquelas não tenham sido realizadas e, posteriormente, se conclua sobre uma contaminação a nível do laboratório interno.

Condições de colheita adequadas de amostras da água explorada são essenciais para a obtenção de resultados fiáveis. Interessa que uma colheita para uma análise bacteriológica permita a obtenção de uma amostra que traduza as mesmas características da água no aquífero e/ou no interior da captação. Existem diversos factores que podem contribuir para a ocorrência de contaminação cruzada, resultante de contaminação relacionada com o ponto de colheita ou com as condições de colheita.

A cabeça do furo deverá estar perfeitamente selada e situar-se, preferencialmente, no interior de um habitáculo, o qual deve encontrar-se limpo e bem iluminado. Durante a colheita deverá garantir-se que não ocorram correntes de ar, por forma a evitar contaminação cruzada. O habitáculo onde se situa a cabeça da captação deverá permanecer sempre fechado, devendo o acesso ao mesmo ser condicionado apenas às actividades indispensáveis e ao pessoal da empresa com autorização para o efeito.

A circulação, da água captada, nas tubagens de adução não deverá processar-se em superfície livre.

Verifica-se uma tendência para a formação de biofilme na zona superior interna da tubagem que permanece emersa e húmida. A manutenção do fluxo em carga total contribuirá, em certa medida, para evitar o desenvolvimento de biofilme naquele sector da tubagem.

A limpeza e manutenção das tubagens e das bombas submersíveis deverá constituir um procedimento regular das empresas. A torneira de colheita deverá situar-se na tubagem de adução da bomba, o mais próximo possível da cabeça da captação.

Com torneiras de colheita convencionais, em metal, de preferencia em aço inox, é corrente e recomendado que se proceda ao flamejamento da ponta da torneira. No entanto, as componentes de borracha no interior das torneiras não são desinfectadas com aquele procedimento. As componentes de borracha são constituídas por estruturas porosas que permitem o alojamento de microrganismos na sua superfície e interior. Com este método convencional não se procede à desinfecção do interior da torneira, onde é frequente alojarem-se os microrganismos patológicos, oriundos do exterior.

Alguma da contaminação detectada nas análises bacteriológicas em captações de água, "mineral" ou "de nascente", relaciona-se com a inadequada esterilização da torneira de colheita, em especial, no que respeita à presença da espécie *Pseudomonas aeruginosa*. Haverá que garantir a máxima esterilidade do ponto de colheita.

Existem torneiras, designadas por "assépticas", que permitem a sua desmontagem no local e a inserção de desinfectantes que permanecem no seu interior entre os períodos de colheita. Neste caso, antes da amostragem deverá proceder-se ao enxaguamento dos desinfectantes e ao controlo de resíduos destes com recurso a testes rápidos. Apesar destes requisitos de desinfecção no interior das torneiras, algumas espécies são resistentes aos desinfectantes, pelo que se considera vantajosa a aplicação de torneiras assépticas de duas saídas que permitem a injeção de vapor por um dos orifícios e a saída deste por outro (Figura 1 e 2). Este sistema de desinfecção é aplicado imediatamente antes de se proceder à colheita da amostra de água. O vapor utilizado

na desinfecção destas torneiras é produzido através de um pequeno gerador portátil de vapor (Figura 3).



Figura 1 - Torneiras assépticas de colheita com duas saídas para desinfecção com vapor.

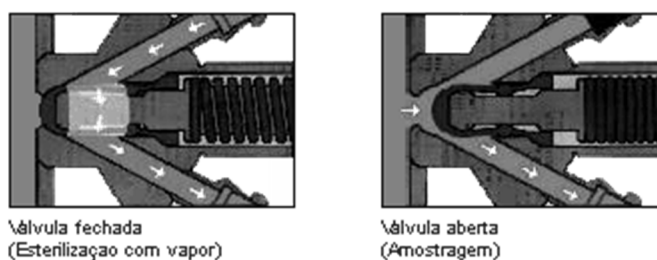


Figura 2 - Esquema de funcionamento das torneiras.



Figura 3 - Sistemas portáteis de produção de vapor para desinfecção de pontos de colheita. A colheita deverá ser sempre realizada com frascos esterilizados, fornecidos pelo laboratório de análises. O frasco de colheita deverá apenas ser aberto no momento da colheita e tapado e bem roscado imediatamente após o seu enchimento.

Antes do início e durante a colheita da amostra, o ar circundante do ponto de colheita deverá ser flamejado com recurso a um maçarico a gás, para se garantir a esterilidade do ar em torno da torneira e evitarem-se situações de contaminação cruzada.

Após a colheita, deverão ser inscritas nos frascos de amostragem, com marcador indelével as seguintes indicações:

Nome do requerente
Nome da exploração
Designação da captação
Designação do ponto de colheita
Data da colheita
Hora da colheita

É importante que o nome de cada captação seja sempre expresso da mesma forma. Na consulta de arquivos de boletins de análise de concessões ou entidades particulares que possuem várias captações licenciadas, é frequente encontrarem-se diferentes referências para a mesma captação, gerando confusão com outras captações da mesma entidade com referências semelhantes, ou apenas a referência ao requerente, inviabilizando a identificação da captação quando existem várias.

Deverá ser estabelecida uma listagem com a designação oficial interna de todos os pontos de colheita possíveis de amostragem para análises, bacteriológicas e/ou físico-químicas, devendo ser atribuídas designações ou siglas perfeitamente distintas para cada ponto de colheita. Esta prévia inventariação da nomenclatura dos pontos de colheita evitará situações confusas que se geram

quando existem vários pontos de colheita no circuito de adução de uma captação ou quando as designações das captações são semelhantes e o respectivo nome não é apresentado de forma completa nos boletins de análise.

Nas colheitas realizadas por um técnico de um laboratório externo, o mesmo deverá ser informado sobre a correcta designação do ponto de colheita e da captação.

Nos boletins de análise deverá ser sempre indicado o nome do requerente, a designação da captação e do ponto de amostragem, os nomes da pessoa e da entidade que procedeu à colheita, a data e a hora da colheita e a data e hora do início da análise.

O transporte das amostras deverá ser realizado em caixas térmicas devidamente refrigeradas, desde o local da colheita até ao laboratório, externo ou interno. O tempo de transporte deverá ser o mais reduzido possível, devendo ser garantido que o início das análises seja efectuado até um máximo de 12 horas após a colheita, tal como se encontra estipulado no Decreto-lei 156/98. Os resultados em termos de mesófilos sofrem, em geral, um incremento quando se verifica o aquecimento da amostra durante o transporte e quando o início da análise é realizada para além das doze horas seguintes à colheita, pelo que nestes casos os resultados não permitem uma adequada análise da qualidade da amostra.

Deverá ser criada uma base de dados informatizada com os resultados das análises que permita uma fácil avaliação da evolução dos mesmos ao longo do tempo. Aqueles resultados deverão ser confrontados com os dados das análises físico-químicas e com os dados da gestão da exploração, em termos de rebaixamentos e de caudais instantâneos e acumulados, explorados, obtidos durante o período a que se refere a análise.

O controlo da qualidade bacteriológica das águas deverá incluir outras captações (furos, poços, galerias ou nascentes), não licenciadas, existentes na área envolvente das captações licenciadas. A selecção destas captações periféricas, o tipo de parâmetros a determinar e a frequência das observações dependerá das condições hidrogeológicas existentes, do grau de vulnerabilidade do aquífero, da existência de potenciais focos de contaminação na zona e dos resultados obtidos durante a fase de licenciamento.

III - Controlo Físico-Químico

O controlo da qualidade físico-química da água captada deverá cumprir, no mínimo, os programas oficiais estabelecidos, anualmente, pela entidade tutelar, a Divisão de Recursos Hidrogeológicos e Geotérmicos do Instituto Geológico e Mineiro em articulação com a Divisão de Saúde Ambiental da Direcção-Geral de Saúde.

Aqueles programas anuais contemplam, em geral, a realização de análises físico-químicas resumidas, às captações licenciadas, de exploração e de reserva, com uma periodicidade trimestral ou quadrimestral.

Além daqueles programas, a Administração Regional de Saúde local poderá empreender campanhas de vigilância, através da colheita de amostras de água para análise físico-química.

As análises físico-químicas resumidas deverão ser realizadas, de preferência, em laboratórios com todos os métodos acreditados para águas minerais. De acordo com o Instituto Português da Qualidade (IPQ), existem apenas três laboratórios com métodos acreditados para análises físico-químicas de águas minerais (águas mineromédicinas ou termais de acordo com a classificação do IPQ), designadamente: o Laboratório de Análises de Água do Instituto Geológico e Mineiro (IGM), em S. Mamede de Infesta; o Laboratório de Análises Ambientais e Controlo de Qualidade do Instituto Nacional de Tecnologia Industrial (INETI/LAACQ), em Lisboa; e o Laboratório de Análises Químicas de Água do Instituto Superior Técnico (IST/LABQUI), em Lisboa.

Neste caso, tal como referido para as análises bacteriológicas, as águas de nascente não são incluídas em qualquer classificação do IPQ.

É conveniente que as análises sejam realizadas sempre no mesmo laboratório. As diferenças entre os valores obtidos para mesmos parâmetros em análises consecutivas realizadas em laboratórios distintos, poderá resultar de diferentes métodos de análise, mas ser interpretada como uma alteração da qualidade da água quando a diferença de valores ultrapasse a gama de variação normal daqueles parâmetros na água.

Os parâmetros a determinar numa análise físico-química resumida deverão incluir todos os iões maioritários característicos da água, incluindo o doseamento, caso se justifique, das componentes gasosas, nomeadamente, o gás carbónico livre ou os compostos reduzidos de enxofre. Um critério para a apreciação da validade da análise baseia-se na determinação do seu erro de balanço, o qual deverá ser compatível com o grau de mineralização da água. Infelizmente, as análises físico-

químicas realizadas na maior parte dos laboratórios das ARS locais não contemplam a quantificação de todos os iões maioritários da água, não permitindo a quantificação do erro de balanço e consequentemente a avaliação do grau de fiabilidade da análise.

As análises físico-químicas resumidas, realizadas mensalmente durante a fase de licenciamento de uma captação, permitem identificar a fácies hidroquímica e definir a amplitude da gama de variações característica dos principais iões presentes na água. É importante que nesta fase se proceda, durante um ensaio de bombagem de longa duração, à realização de análises físico-químicas resumidas de amostras colhidas ao longo do ensaio.

Nesta fase de licenciamento, a captação, em especial no caso de furos, não se encontra em exploração contínua ou regular. A bombagem é apenas realizada durante a altura da colheita da amostra, uma vez por mês.

Na fase subsequente de exploração regular, após o licenciamento da captação, poderão observar-se gamas de variações com amplitudes distintas das que se obtiveram durante a fase de licenciamento, situação decorrente da condição de exploração sistemática da captação, dependendo da amplitude do cone de rebaixamento associado, mais amplo nesta fase, do grau de heterogeneidade do aquífero e da relação deste com outros sistemas aquíferos.

Considera-se vantajoso, mesmo necessário, que durante o primeiro ano de exploração regular de uma captação, após o respectivo licenciamento, o programa de análises tenha uma maior periodicidade do que a exigida nos programas oficiais, por forma a avaliar-se a evolução química da água. Será prudente, durante aquele período, a realização mensal de uma análise físico-química resumida.

No caso de furos de exploração regular, a amostragem deverá ser realizada no momento correspondente ao início do envio da água para o circuito de engarrafamento ou para fins termais. Não é adequado que envio da água para o circuito de engarrafamento ou para fins termais coincida com o início da bombagem.

A água captada na fase inicial da bombagem poderá apresentar diferenças significativas em relação à água característica do aquífero, decorrentes da sua permanência e eventual alteração no interior do furo. No início de cada dia, só se deverá enviar a água captada para o circuito de engarrafamento ou fins termais, após um período inicial de bombagem de renovação, durante o qual a água não entra no circuito de produção. Trata-se de uma metodologia que visa a renovação da água no furo e evita a captação da água estagnada no seu interior durante o período de paragem.

Aquele período inicial de bombagem de renovação, em que a água não é aproveitada para fins comerciais, deverá ser determinado com base nos resultados das análises físico-químicas resumidas de um conjunto de amostras de água colhidas com periodicidade de meia hora durante as primeiras horas de bombagem, por forma a determinar-se o período de tempo de bombagem até à completa estabilização

de todos os parâmetros. A primeira daquelas amostras deverá ser colhida imediatamente após o início da bombagem. Esta campanha de amostragem poderá ser efectuada durante o ensaio de bombagem de longa duração aquando do processo de licenciamento da captação.

Acolheita da amostra de água para a análise físico-química resumida, num laboratório oficial ou particular independente, poderá ser realizada por um técnico habilitado do laboratório interno de controlo de qualidade da entidade que explora a captação, ou pelo técnico do laboratório externo, aquando da deslocação deste para a colheita de uma análise bacteriológica.

Os frascos de colheita deverão ser fornecidos pelo laboratório de análises, devendo ser cheios de acordo com as quantidades determinadas pelo laboratório de análises e utilizados frascos com as preparações necessárias para uma adequada quantificação de determinados componentes tais como o ferro, gás carbónico livre ou compostos reduzidos de enxofre. O ponto de colheita deverá ser o mesmo que o das análises bacteriológicas. As amostras para as análises físico-químicas e bacteriológicas devem ser colhidas na mesma altura.

Imediatamente após cada toma de amostra, o frasco de amostragem deverá ser bem roscado e acondicionado por forma a que não ocorra qualquer perda da amostra, fase líquida ou fase gasosa, durante o transporte ao laboratório.

Nos frascos de amostragem, após a amostragem, deverão ser registadas, com marcador indelével, as seguintes indicações:

Nome do requerente
Nome da exploração
Designação da captação

Designação do ponto de colheita

Data da colheita

Hora da colheita

Tal como se referiu para a amostragem das análises bacteriológicas, o nome do requerente, da captação e do ponto de colheita deverão ser referenciados sempre da mesma forma.

Quando a colheita da amostra para análise físico-química for realizada por um técnico sanitário ou por um técnico de um laboratório independente, deverá o mesmo ser informado da correcta designação do ponto de colheita e da captação.

As amostras deverão ser enviadas para o laboratório imediatamente após a colheita, de modo a permitir o início da análise de determinados parâmetros ainda no mesmo dia da amostragem.

No boletim de análise deverá constar o nome do requerente, a designação da captação e do ponto de amostragem, os nomes da pessoa e da entidade que procedeu à colheita, a data e a hora da colheita.

Além das análises físico-químicas resumidas encontram-se previstas, pelas autoridades competentes, programas de análises físico-químicas completas, cuja periodicidade é, na fase de exploração após o licenciamento, pentanual ou tetranual.

Aquelas análises físico-químicas completas deverão incluir, além dos elementos maioritários e dos elementos vestigiários, a detecção de hidrocarbonetos, pesticidas e detergentes.

Pelas razões apontadas anteriormente, será vantajoso que, no final do primeiro ano de exploração, regular ou contínua, de uma captação, se proceda a uma análise físico-química completa. Além dos programas baseados em análises físico-químicas resumidas, o controlo de qualidade físico-química da água captada deverá basear-se ainda, no mínimo, no seguinte conjunto de parâmetros a analisar diariamente:

pH

temperatura

condutividade

A sua determinação deverá ser executada por técnicos do laboratório interno de controlo de qualidade da entidade exploradora da captação. Estas determinações devem ser realizadas à boca da captação, com recurso a equipamentos portáteis. É essencial proceder à calibração dos equipamentos antes de cada determinação.

Em furos de produção a determinação daqueles parâmetros expeditos deverá ser efectuada, no mínimo, uma vez por dia.

Estes parâmetros constituem indicadores expeditos de controlo da qualidade, que poderão permitir a detecção da alteração da qualidade da água captada. Para um controlo eficaz, deverá obter-se um conhecimento prévio sobre a amplitude da variação destes parâmetros durante as várias fases de bombagem, como por exemplo, as oscilações que ocorrem entre a fase inicial imediatamente após o início da bombagem, no final do período de bombagem de renovação e ao longo do período diário de bombagem, as quais poderão ser significativas.

A apreciação destes parâmetros deverá contemplar a sua análise, individual e conjunta, ao longo do historial da exploração, por forma a detectarem-se eventuais oscilações anuais ou alguma tendência ao longo dos anos. Uma vez conhecidas a gama de amplitudes normais daqueles parâmetros, é possível detectar eventuais desvios que possam traduzir uma alteração significativa da qualidade físico-química da água.

Além destes parâmetros será vantajosa a quantificação, em laboratório interno, de outros parâmetros caracterizadores e controladores da qualidade físico-química da água captada. A selecção dos parâmetros a analisar dependerá das características da água em questão, embora seja corrente a quantificação dos seguintes parâmetros:

dureza

alcalinidade

bicarbonato

nitratos

sulfato

CO₂ livre, no caso de águas gasocarbónicas ou de águas em que a diminuição deste parâmetro suscite a rápida precipitação de sais.

Tal como já foi referenciado, é essencial a calibração de todos os equipamentos de análise para garantir a fiabilidade dos resultados.

Também para estes parâmetros se torna necessário avaliar a gama de variação normal.

Caso se verifique alguma alteração significativa dos parâmetros referenciados, deverá ser realizada, de imediato, uma análise físico-química resumida no laboratório que procede regularmente à realização de análises físico-químicas. Deverá ser estabelecido de imediato um programa complementar de análises para se poder analisar com rigor a anomalia verificada.

Diversas empresas de exploração de água "mineral" ou "de nascente" possuem já os meios e a capacidade técnica para a determinação daqueles parâmetros.

A situação ideal consiste na existência de um laboratório interno de análises físico-químicas que permita a realização de todos os parâmetros de uma análise resumida.

No caso de furos de reserva, além do cumprimento dos programas analíticos estabelecidos pela Tutela, deverá também prever-se o respectivo controlo através dos parâmetros expeditos mencionados. A frequência daquelas determinações dependerá do número de captações de reserva existentes, do grau de vulnerabilidade do aquífero, da existência de potenciais focos de contaminação e do registo histórico de dados existentes sobre aquelas captações. No caso de existir apenas um furo de reserva será prudente a determinação, no mínimo semanal, dos parâmetros físico-químicos expeditos.

A colheita de amostras de água para análises físico-químicas resumidas, em furos de reserva, deverá implicar um período de bombagem correspondente, no mínimo, à extracção de um volume de água idêntico ao volume de água do interior da captação, por forma a permitir a renovação da água no interior do furo e a análise da água do aquífero, e não da água estagnada no interior do furo.

Deverá ser criada uma base de dados que permita o tratamento gráfico dos diferentes parâmetros determinados, analisar a evolução temporal de um ou de vários parâmetros em simultâneo e avaliar correlações entre diferentes parâmetros. A análise dos resultados deverá ter em conta os dados de bacteriologia e da gestão da exploração.

O controlo da qualidade físico-química das águas deverá ser extensível a outras captações (furos, poços, galerias ou nascentes), não licenciadas, existentes na área envolvente das captações licenciadas. Aliás, na fase de licenciamento, deverão ser realizadas análises físico-químicas resumidas a algumas daquelas captações envolventes. A selecção destas captações periféricas, o tipo de parâmetros a determinar e a frequência das observações dependerá das condições hidrogeológicas existentes, do grau de vulnerabilidade do aquífero, da existência de potenciais focos de contaminação na zona e dos resultados obtidos durante a fase de licenciamento.

IV - Gestão e Controlo de Exploração

A gestão da exploração das captações e dos aquíferos constituem uma componente essencial para a preservação da qualidade da água e para o equilíbrio dos recursos explorados, evitando situações de sobre

exploração que poderão conduzir à degradação da qualidade da água captada e ao envelhecimento precoce da captação.

Aquando do processo de licenciamento, são estabelecidas as condições de exploração adequadas da captação e conhecidos os parâmetros hidráulicos do aquífero, através respectivamente, de ensaios de bombagem escalonados e ensaios de bombagem de longa duração e subsequente recuperação.

Aqueles ensaios contribuem para a elaboração do "Plano de Exploração" e do modelo hidrogeológico do funcionamento do aquífero. Os referidos ensaios constituem uma primeira aproximação para o conhecimento das condições existentes.

A extrapolação dos resultados obtidos, em termos de modelação, para a determinação da evolução futura da exploração apenas será substancialmente fiável para aquíferos homogéneos, isotrópicos e contínuos, o que não corresponde à realidade da maioria dos casos. Assim, a evolução da exploração deverá ser controlada através da aquisição sistemática de parâmetros de controlo, designadamente:

- caudal de bombagem
- períodos de exploração
- nível hidrostático
- nível hidrodinâmico

Os programas oficiais de controlo da gestão da exploração prevêm o registo daqueles parâmetros mensalmente.

Uma adequada gestão de furos de exploração regular deverá basear-se no registo diário daqueles parâmetros, pelo menos duas vezes por dia num furo de exploração regular, um registo imediatamente antes do início da bombagem e outro registo imediatamente antes de se parar a bomba no final do período de laboração. No caso de furos em exploração contínua deverá prever-se a aquisição do caudal de exploração e do rebaixamento com espaçamentos de 12 horas. Caso o caudal de exploração seja variável deverão ser registadas as gamas de caudais aplicados, os respectivos períodos de aplicação e os rebaixamentos associados. Nestes casos, os registos deverão ser mais frequentes.

Deverá ser elaborada uma base de dados dos registos efectuados que permita o tratamento gráfico dos diferentes parâmetros determinados e a análise da evolução temporal de um ou de vários parâmetros em simultâneo. Caso sejam detectados desfasamentos em relação à evolução preconizada no "Plano de Exploração" e no modelo hidrogeológico do aquífero, deverá proceder-se ao ajustamento do referido modelo e à revisão da metodologia de exploração adoptada e do respectivo "Plano de Exploração", o qual deverá ser previamente submetido à aprovação da Tutela.

A gestão da exploração deverá contemplar também captações (furos, poços, galerias ou nascentes), não licenciadas, existentes na área envolvente das captações licenciadas. A selecção destas captações de observação, o tipo de parâmetros a determinar e a frequência das observações dependerá das condições hidrogeológicas existentes, da heterogeneidade do aquífero, do seu grau de vulnerabilidade, da existência de potenciais focos de contaminação na zona e dos resultados e evolução dos ensaios de bombagem e recuperação realizados durante a fase de licenciamento.

V - Monitorização Automatizada e Informatizada

Parte dos dados do controlo de qualidade e da gestão de exploração podem ser obtidos automaticamente e enviados para um sistema informatizado de tratamento de dados. Os sistemas de monitorização automática informatizada não devem ser encarados como um sistema completo de controlo de qualidade, uma vez que não abrangem a maioria dos parâmetros e análises necessárias a um eficaz controlo de qualidade da água e da gestão de exploração, exposto nas alíneas precedentes. Constituem, no entanto, uma componente importante para a melhoria do controlo de qualidade da água captada, em especial, de alguns parâmetros físico-químicos, e da gestão da exploração. As principais vantagens deste complemento do controlo de qualidade, são as seguintes:

- maior capacidade de obtenção de um conjunto específico de dados do controlo de qualidade;
- maior flexibilidade na frequência de aquisição de dados;
- maior capacidade de controlo da gestão de exploração;
- maior frequência do controlo da qualidade e da gestão da exploração;
- menor ocupação do pessoal do controlo de qualidade na aquisição de dados;
- capacidade de programação automática da periodicidade da aquisição de dados;
- garantia da aquisição periódica de dados.

Entre os parâmetros mais frequentes da monitorização de captações de água "mineral" e "de nascente", contam-se os seguintes:

- pH
- condutividade
- temperatura
- caudal de exploração
- posição do nível da água na captação

A determinação de pH, condutividade e temperatura constituem indicadores expeditos qualitativos, tal como anteriormente se referiu, cujas variações para além dos limites estipulados, poderão traduzir indícios de degradação da qualidade da água captada. A monitorização destes parâmetros constitui assim um complemento ao controlo da qualidade físico-química da água captada.

O registo do caudal bombado permite controlar os períodos de bombagem e de paragem da exploração da captação, bem como registar os caudais de exploração, instantâneos, em cada fase, assim como o volume acumulado de água captada num determinado período de tempo.

A medição do nível da água no furo, durante os períodos de bombagem e durante os períodos de recuperação, permite determinar, respectivamente, a evolução dos rebaixamentos e a evolução das recuperações, ao longo do tempo.

O tratamento simultâneo dos dados dos caudais e da variação do nível da água são fundamentais para a avaliação da gestão da exploração, para a verificação da compatibilidade do "Plano de Exploração" e para a aferição do modelo hidrogeológico previamente definido.

A aquisição dos dados dos parâmetros indicados processa-se por meio de sondas instaladas no interior da captação e na tubagem de adução na cabeça do furo.

O envio dos registos das sondas e do medidor do caudal para um computador apresenta duas alternativas mais comuns:

- Em tempo real

Os sistemas já implementados são constituídos por uma central com um módulo A.I.M. de entradas analógicas 4-20 mA, com interface de rede de dados industrial P-NET, uma fonte de alimentação de 220 V DC e outros acessórios diversos. As sondas e o medidor de caudal encontram-se ligadas à central de aquisição de dados, podendo dispor de funções programáveis sobre a frequência de aquisição de dados para cada saída e de controlo do funcionamento da bomba em função de diferentes níveis de rebaixamento e de recuperação.

Podem ser programadas outras funções relacionadas com o restante circuito de adução, como por exemplo, o accionamento ou paragem da bomba submersível em função do nível de enchimento num tanque colector ou de espera do circuito de adução, caso aquele também se encontre monitorizado com sondas de registo de nível.

Os registos das sondas são transmitidos da central, em tempo real, a um micro-computador IBM PC compatível, através da rede de dados P-NET, o que implica que a rede seja prolongada desde a central de aquisição de dados até ao computador.

Esta solução é, em geral, adoptada quando a captação se situa a pequena distância da oficina de engarrafamento ou do balneário termal, locais onde em geral se situa o computador. Os custos de uma rede P-NET tornam-se avultados para grandes distâncias.

A vantagem de uma rede P-NET, reside, tal como referido, na disponibilização da informação em tempo real. Este aspecto é particularmente útil quando o sistema de monitorização das captações se encontra integrado num sistema de automatismo mais lato, abrangendo o controlo de tanques colectores ou de espera, o accionamento da bomba submersível e de bombas associadas aos referidos tanques. Neste caso é vantajosa e necessária a ligação em tempo real.

- Aquisição remota de dados

Consiste num sistema de acumulação de dados designado por datalogger, ao qual se encontram ligadas as sondas e o medidor de caudal. Este equipamento, de pequenas dimensões, fica instalado junto à captação. De tempos a tempos a informação deverá ser descarregada para um computador. Esta operação poderá ser realizada:

- acoplado aquele equipamento a um computador portátil que é transportado ao local do furo e procedendo à descarga da informação para o computador.
- retirando o datalogger do local e transportando-o até ao computador da oficina de engarrafamento ou do balneário termal, onde será descarregada a informação. Neste caso deverá prever-se a perda de informação das sondas durante o período de tempo desde que o datalogger é retirado até que volta a ser instalado. A periodicidade dos registos e o tempo daquela operação determinarão a viabilidade desta solução.
- substituindo o datalogger por outro igual e transportando o datalogger retirado até ao computador pessoal.
- o datalogger encontra-se associado a um sistema modem e este a uma ficha telefónica permitindo que, periodicamente, transmita via modem a informação para o computador. Neste caso é necessário que exista uma linha telefónica junto ao furo, o que raramente acontece.

O sistema de aquisição de dados por datalogger é especialmente indicado para furos que se situem a uma distância considerável da oficina de engarrafamento ou da estância termal.

A desvantagem do datalogger reside no facto da informação acumulada só poder ser consultada e analisada quando se procede ao descarregamento da mesma para o computador, não permitindo o acesso à informação em tempo real como acontece no caso em que a informação é transmitida por meio de uma rede.

A opção entre os dois sistemas de aquisição de dados (remoto com datalogger ou em tempo real por rede) dependerá das condições existentes e dos objectivos pretendidos.

O tratamento da informação e da sua análise gráfica é garantido através da aplicação informática VIGO. A programação da frequência dos registos das sondas, deve ser analisada caso a caso, em função dos objectivos pretendidos e das características do modo de exploração da captação. Regra geral, adopta-se uma frequência de leituras mais apertada na fase inicial após a instalação do sistema de monitorização.

A análise daqueles registos permite determinar a frequência de leituras mais adequada.

Após a instalação do sistema deverá prever-se uma fase de aferição dos registos, através da leitura manual dos parâmetros registados. Assim, durante a fase inicial experimental de aferição do sistema deverá proceder-se, à boca do furo, à leitura do pH, temperatura e condutividade com recurso a aparelhos portáteis. O caudal instantâneo e o caudal acumulado e a medição dos rebaixamentos deverão também ser verificados nesta fase inicial.

Na selecção das sondas deverá ter-se em atenção que, a maioria dos sensores para registo dos parâmetros referenciados são específicos para determinadas gamas de valores de leituras.

Assim, deverá previamente analisar-se a gama de variação espectável dos valores de pH, condutividade e temperatura, por forma a seleccionarem-se os modelos de sondas mais adequadas para a água em questão.

Deverá ser dada especial atenção à manutenção e aferição das sondas de registo de pH, condutividade e temperatura. Aquelas sondas poderão bloquear ou fixar-se nos valores registados com maior frequência.

Para ultrapassar este inconveniente, deverá proceder-se a uma aferição regular das referidas sondas, através da colocação das mesmas em soluções distintas das que normalmente estão em contacto e procedendo à limpeza das sondas. A periodicidade da aferição das sondas depende das características da água e da gama de oscilação dos valores registados. Apenas a experiência, caso a caso, pode determinar a periodicidade daquela aferição. Será prudente proceder-se, inicialmente, a uma aferição mais frequente, semanal ou quinzenal, e alargar gradualmente aquele período de tempo, por forma a determinar o período óptimo de aferição.

No caso dos medidores de caudal, deverá ter-se em consideração as variações de caudal que poderão estar associadas à exploração, em especial, no caso de bombas que estejam associadas a variadores de frequência que permitem alterar o caudal de exploração sem modificar a posição da bomba no furo.

As sondas de medição da posição do nível freático são, frequentemente, do tipo de registo por pressão do peso da coluna de água acima do sensor de leitura. Haverá que prever as variações máximas e mínimas que se poderão vir a registar por forma a seleccionar adequadamente o tipo de sonda a aplicar na captação. Na selecção dos limites máximos e mínimos da sonda de registo da evolução do nível da água na captação, deverá ter-se em consideração a evolução dos níveis ao longo dos anos.

Deverá ter-se presente que quanto maior for a gama de variação abrangida por uma sonda menor será a precisão das leituras. Assim, é conveniente seleccionar as sondas em função da gama de variação admitindo, contudo, uma margem suficiente para a detecção de variações significativas que excedam os limites característicos.

A selecção do tipo de sondas deverá ter também em linha de conta a secção útil interior da tubagem de adução. As sondas de pH, temperatura e condutividade e o medidor de caudal são instalados na tubagem de adução junto à cabeça do furo. Algumas sondas apresentam um comprimento e/ou secção, consideráveis, em relação às dimensões interiores da tubagem de adução, o que poderá implicar um estrangulamento ou obstrução do fluxo, um esforço acrescido da bomba submersível e uma redução do caudal. Uma solução que tem sido adoptada consiste em criar um by-pass paralelo à tubagem de adução, onde são instaladas as sondas de medição de pH, condutividade e temperatura, tal como se ilustra nas Figuras 4 e 5. O medidor de caudal deverá ser sempre instalado na própria tubagem de adução, antes do referido "by-pass", para garantir o registo da totalidade do caudal explorado. Deverá conhecer-se previamente a sua secção útil e analisá-la à secção da tubagem de adução. As diferenças poderão ser significativas.

As sondas de medição da profundidade do nível da água, são instaladas no interior do furo, entre a tubagem de adução da bomba e a coluna de revestimento da captação. Há casos em que a secção remanescente no interior do furo, com a tubagem de adução instalada, é muito pequena para a instalação de determinadas sondas pelo que se deverá analisar a dimensão disponível remanescente antes de seleccionar a sonda. Por outro lado, deverá prever-se antecipadamente a profundidade a que a referida sonda deverá ser instalada. Aquela profundidade deverá ser suficientemente grande para permitir leituras de toda a gama da amplitude dos rebaixamentos. No

entanto, esta sonda não se deverá situar nas proximidades da bomba por forma a evitarem-se interferências decorrentes da agitação em torno da bomba submersível.



Figura 4 - Sistema de monitorização de uma captação incluindo as sondas de pH, temperatura, condutividade, filtro de ar e medidor de caudal.
Legenda: 1-Caudalímetro; 2-Filtro de ar bacteriológico; 3-Sonda de temperatura; 4-Sonda de condutividade; 5-Sonda de pH; 6-Sonda de nível; 7-"By-pass"; 8-Cabeça do furo; 9-Manómetro de pressão; 10-Saída de esgoto; 11-Válvula.

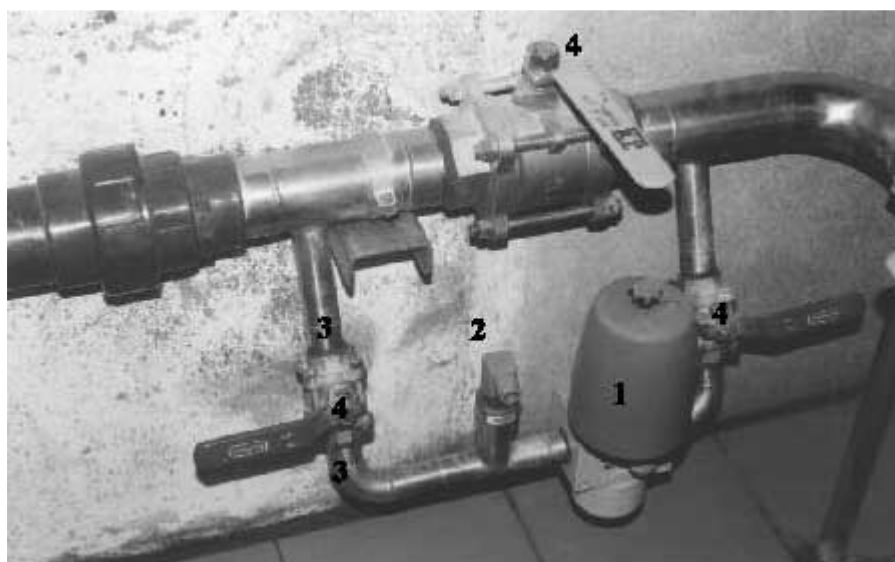


Figura 5 - Pormenor do sistema de "by-pass" com instalação das sondas de pH e condutividade.

Legenda: 1-Sonda de condutividade; 2-Sonda de pH; 3-"By-pass"; 4-Válvula.

Os registos das sondas de leitura do nível freático poderão ser utilizados para o controlo dos dispositivos de segurança das bombas submersíveis. Com um adequado programa informático é possível criar um sistema de paragem e arranque da bomba baseado nos registos da sonda de leitura da posição do nível freático. Com aquele dispositivo é ainda possível automatizar a exploração associando o funcionamento da bomba com outros sectores do sistema de adução, nomeadamente, permitindo o enchimento automático de tanques de espera quando estes atingem determinado nível e a paragem da bomba no furo quando os referidos tanques se encontram cheios.

No caso de furos de captação, a zona da cabeça dos mesmos deverá encontrar-se completamente isolada.

O total isolamento da cabeça do furo, com recurso a uma tampa, tem por objectivo, evitar a entrada e queda no interior do furo, de poeiras e/ou pequenos animais ou insectos, o que contribuiria para a degradação da qualidade da água do furo. No entanto, o completo isolamento da cabeça do furo pode originar variações de pressão significativas no interior do mesmo, aquando da bombagem, que não ocorreriam caso o furo estivesse aberto. Estas variações de pressão

colocam diversos problemas para a correcta leitura do nível da água com sondas de pressão, tal como adiante se descreve.

A medição do nível da água no interior de um furo, com recurso a uma sonda de pressão, apresenta diferentes graus de complexidade e necessidade de recurso a sistemas específicos de controlo de pressão, que variam consoante as quatro situações que em seguida se expõem:

Em furos de águas lisas, sem artesianismo repuxante, em que a cabeça do furo se encontra completamente isolada, quando ocorre um rebaixamento devido à bombagem, a pressão do ar no interior do furo acima do nível da água sofre uma redução, uma vez que o espaço entre a tampa da cabeça e a superfície da água aumenta.

A posição do nível da água medido com uma sonda de pressão instalada no interior daquele furo não será a real devido à redução da pressão do ar acima da água. Além disso, a redução da pressão na parte superior da captação pode originar a fadiga dos materiais da coluna de revestimento, situação que, em última análise, poderá originar a fissuração dos mesmos. A composição físico-química da água captada também poderá ser afectada pela redução da pressão do ar na parte superior do furo.

Pelos motivos enunciados, deverá prever-se a instalação na cabeça da captação, de um filtro de ar, de qualidade bacteriológica, permitindo a entrada de ar filtrado para o interior da captação, de modo a evitar-se a redução da pressão do ar no interior da captação, no sector acima do nível freático, de modo a que o nível da água medido pela sonda seja o real.

Em furos com artesianismo repuxante, em águas lisas, em que a cabeça do furo se encontre completamente isolada e em que o nível hidrodinâmico estabilize abaixo da tampa da cabeça do furo, torna-se também necessário aplicar um dispositivo de compensação de pressões no interior do furo, mas mais sofisticado que na situação anterior.

Quando o rebaixamento se situar abaixo da cabeça do furo, originam-se imediatamente pressões negativas na zona entre a base da tampa da cabeça do furo e a superfície do nível da água que, tal como foi já referido, contribuirão para a fadiga dos materiais e para a eventual fissuração dos mesmos.

Por outro lado, a existência de pressões negativas no interior do furo deturpará a posição real do nível freático. Como a pressão acima da água é inferior à pressão atmosférica, a posição do nível freático lida será superior à que seria registada caso a tampa do furo estivesse aberta. No caso de águas muito mineralizadas e/ou em que o CO₂ livre constitua um elemento fundamental ao equilíbrio químico, a criação de vácuo na zona da cabeça do furo originará a libertação acelerada do gás e a eventual precipitação de sais, o que poderá contribuir para a colmatação ou incrustação dos ralos e a degradação da qualidade da água captada.

Assim, a cabeça do furo deverá dispôr de um filtro de ar e de uma válvula que abrirá automaticamente quando o nível da água atingir a base da tampa do furo, permitindo a passagem de ar filtrado para o interior do furo. O filtro de ar deverá ser colocado acima da referida válvula. Quando por paragem da bomba a recuperação da água atingir a cabeça do furo, a válvula que se encontra aberta deverá fechar automaticamente.

Em furos com artesianismo repuxante, que captam águas gasocarbónicas, em que o nível hidrodinâmico estabilizado se situe abaixo da cabeça do furo, o sistema de controlo de pressões e medição da posição do nível freático com sondas de pressão torna-se ainda mais complexo.

Durante a bombagem de água nestes furos, origina-se uma variação de pressão, decorrente do rebaixamento associado à extracção, o que provoca a libertação do gás carbónico da água e a sua acumulação junto à cabeça do furo, mesmo quando ainda existe artesianismo positivo. Além da variação de pressão originada pelo rebaixamento, a própria agitação da água junto da bomba contribui para a libertação do gás.

A medição do nível da água no furo com recurso a uma sonda de pressão instalada no interior do furo fechado será, assim, deturpada desde o início da bombagem. Os valores registados serão, nesta fase sempre superiores aos valores reais devido à contrapressão exercida pelo gás carbónico na parte superior do furo.

Para se poder medir a posição real do nível freático com recurso a uma sonda de pressão, torna-se necessário permitir a libertação cíclica do gás que se vai acumulando na zona da cabeça do furo. Uma vez libertado o gás carbónico acumulado junto à zona da cabeça do furo, a pressão no interior deste corresponde, unicamente, à água que entretanto sobe e estabiliza. A libertação do gás deverá ser cíclica uma vez que o processo de libertação deste é praticamente contínuo.

Deverá, assim, ser instalada uma sonda na base da cabeça do furo que abrirá automaticamente uma válvula, permitindo a saída do gás acumulado naquela zona sempre que a mesma não se

encontre em contacto com a água e a pressão de gás na zona da cabeça do furo seja superior à pressão de uma atmosfera. Quando o gás for totalmente libertado e a água atinja a cabeça do furo, a válvula voltará a fechar.

Só após a libertação total do gás acumulado naquela zona é que deverá ser efectuada a leitura pela sonda da pressão, instalada no interior do furo. A automatização deste dispositivo permite que se proceda à extracção cíclica do gás que se vai acumulando junto à cabeça do furo durante esta fase.

O gás extraído deverá ser armazenado para posterior utilização, tal como se descreve mais adiante.

Quando o rebaixamento do nível da água ultrapassa a base da tampa da cabeça do furo, verifica-se um incremento da redução da pressão devido ao espaço vazio criado entre a tampa e o nível freático, o que pode originar uma pressão negativa naquela zona. A partir daí a libertação de gás sofre um incremento, embora a pressão tenda a diminuir uma vez que a taxa de libertação de gás não é, em geral, suficiente para compensar a variação de volume criado na parte superior do furo, entre a tampa e o nível da água, dependendo, obviamente, do teor de gás dissolvido na água e da velocidade do rebaixamento.

Num primeiro estágio desta fase poderá verificar-se ainda alguma contrapressão do gás libertado. O registo do nível da água com uma sonda de pressão, neste estágio, tenderá a ser inferior ao real, isto é, caso o furo estivesse aberto. Com a evolução do rebaixamento, e conseqüentemente, do aumento do espaço que vai sendo criado entre a água e a tampa do furo, a contrapressão do gás libertado tende a diminuir até ser praticamente nula, podendo gerar-se pressões negativas naquela zona. Neste estágio de evolução do rebaixamento, com pressões negativas, o nível medido com uma sonda de pressão será inferior ao real.

Para uma correcta leitura daquele nível será necessário injectar no interior do furo, gás carbónico anteriormente armazenado, até a fase gasosa na parte superior da captação atingir a pressão de uma atmosfera. Torna-se também necessário instalar uma sonda de pressão na base da cabeça do furo para registo das pressões da fase gasosa naquela zona e uma válvula de abertura automática acoplada a uma bomba de injeção, ligada ao depósito de gás carbónico natural. Sempre que a pressão seja inferior a uma atmosfera será injectado automaticamente gás carbónico no interior do furo até se atingir a pressão de uma atmosfera. A actuação do injector de gás carbónico será de forma intermitente, dado que à medida que o rebaixamento vai evoluindo nesta fase, a pressão tende sempre a diminuir naquela zona.

O facto de se procurar igualar a pressão no interior do furo a uma atmosfera visa simular as condições atmosféricas existentes no exterior, por forma a permitir leituras correctas do nível da água no interior do furo com uma sonda de pressão mergulhada na água.

Em alternativa poderia simplesmente abrir-se uma válvula automaticamente e permitir a entrada de ar para compensar a pressão na parte superior livre do furo. Esta alternativa implica também a libertação do gás carbónico para a atmosfera e a conseqüente alteração da composição da água e menor captação de gás dissolvido na água. Haverá que ter em conta, na opção entre as duas soluções apresentadas, que na exploração de águas gasocarbónicas a perda de gás deve ser evitada, uma vez que o mesmo é um constituinte essencial daquelas águas, cuja perda por fuga para a atmosfera deverá ser reduzida ao mínimo, ou mesmo impedida. Além disso, no caso de águas gasocarbónicas com ferro na forma reduzida, a entrada de ar para o interior da captação irá promover a oxidação da água na zona superior do furo, o que poderá implicar a acumulação de precipitados no furo o que eventualmente contribuirá para a colmatação dos ralos.

Aquando da recuperação do nível da água, após a paragem da bomba, o problema é inverso. Imediatamente após o final da bombagem, considerando que a cabeça do furo se encontra isolada, com a recuperação do nível da água verifica-se um rápido aumento da pressão no seu interior, resultante da compressão do gás carbónico na zona entre a base da tampa do furo e a superfície da água. Caso nesta fase seja aberta uma válvula na tampa do furo ocorrerá a saída de gás carbónico sob pressão e a súbita subida do nível da água até estabilizar um pouco mais acima.

Para medir correctamente a posição do nível da água durante a fase de recuperação, recorrendo a uma sonda de pressão instalada no interior do furo, a válvula de extracção de gás, utilizada na primeira fase do rebaixamento, deverá ser accionada, permitindo a extracção do gás para um depósito, por forma a equilibrar a pressão naquela zona, a uma atmosfera. O controlo da pressão no interior do furo será, nesta fase, regulado pela sonda de pressão instalada na base da cabeça do furo. A actuação da válvula será, de igual modo, intermitente. A pressão de uma atmosfera, que deverá ser mantida na zona livre da parte superior do furo visa simular as condições existentes caso o furo estivesse aberto, permitindo a leitura correcta do nível da água com recurso a uma sonda de pressão submersa.

Quando, durante a recuperação, o nível da água atinge a base da tampa da cabeça do furo, a válvula de extracção de gás só actuará sempre que se acumule gás junto à cabeça do furo. A leitura da sonda de pressão só deverá ser efectuada após a libertação do gás e estabilização da pressão da água.

Tal como se referiu, a manutenção do furo fechado durante todo o processo de bombagem e de recuperação, tem por objectivo impedir a perda de gás carbónico para a atmosfera. O recurso à extracção do gás durante a fase de rebaixamento até à cabeça do furo e durante a recuperação, assim como a injeção de gás durante a fase de rebaixamento abaixo da cabeça do furo, visa o equilíbrio das pressões, sem abrir o furo, de modo a permitir a correcta leitura da posição do nível da água com uma sonda de pressão submersa, e também, a recuperação de gás no final de todo o processo.

O excedente de gás carbónico resultante do volume entre o gás extraído e o gás injectado, durante todo o processo, será aproveitado no final para ser reincorporado na água no circuito de adução. Todo o gás injectado no furo durante a fase de rebaixamento abaixo da cabeça do furo deverá ser gás natural extraído previamente, nas fases anteriores. Trata-se de um processo de evitar a perda de gás e garantir o seu máximo aproveitamento.

Nos períodos em que o furo não se encontra em exploração, mesmo quando a recuperação é total, poderá ocorrer libertação de gás junto à base da tampa da cabeça do furo, dependendo da carga piezométrica em questão e da pressão parcial do gás. Neste caso, o registo do nível hidrostático com recurso a uma sonda de pressão, não será real, uma vez que sofre o efeito da contrapressão do gás, considerando que a cabeça do furo se encontra perfeitamente isolado. O nível registado será sempre superior ao real. Para se determinar correctamente o nível hidrostático, torna-se necessário permitir a libertação do gás que se acumula na parte superior do furo, junto à base da tampa. Uma vez libertado o gás, será possível medir unicamente a pressão da água no interior do furo.

A válvula que se encontra na tampa do furo deverá abrir sempre que se acumule gás na parte superior da captação. Quando a água atingir a base da tampa, a referida válvula deverá fechar. Só após um breve período de estabilização da pressão da água é que deverá ser lida a pressão no interior do furo, que corresponderá ao nível hidrostático. Este processo permite a extracção e armazenamento do gás carbónico, de forma cíclica, mesmo com o furo em repouso.

Em furos, sem artesianismo repuxante, de água gasocarbónica, com a cabeça perfeitamente isolada, antes do início da bombagem, verifica-se um equilíbrio entre o gás e a superfície da água. Parte da zona superior do furo acima do nível da água estará ocupada por gás carbónico libertado da água, misturado com ar.

Com o início da bombagem ocorre a libertação de gás para a zona da cabeça do furo, entre a água e a base da tampa da cabeça, devido à redução da pressão que é criada pelo aumento do volume da zona acima do nível da água por efeito do rebaixamento.

Será vantajoso que a zona entre a cabeça do furo e nível da água seja preenchida apenas por gás carbónico, mediante a injeção de gás durante o processo. Desta forma evita-se uma maior libertação de gás, à semelhança da situação anteriormente descrita, mantendo a pressão igual a uma atmosfera, para garantir a leitura do nível real da água, simulando-se assim, a situação de um furo aberto. Na fase de recuperação, o gás deverá ser extraído e armazenado à medida que a pressão aumenta na zona superior do furo, acima do nível da água. A zona acima do nível da água deverá ser mantida, nesta fase, à pressão de uma atmosfera.

Com este processo em circuito fechado será possível evitar perdas do gás para a atmosfera, o que sucederia caso o furo estivesse aberto durante todo o processo. Esta metodologia permite, teoricamente, a recuperação e aproveitamento do gás libertado uma vez que haverá sempre libertação de gás da água durante todo o processo, quer durante a fase de bombagem quer durante a fase de recuperação.

O grau de libertação de gás durante aquelas fases dependerá do teor do mesmo na água e da amplitude e velocidade do rebaixamento. O diferencial de gás libertado em relação ao gás injectado constituirá um acréscimo de gás a adicionar para o processo produtivo.

Quando o furo não se encontra em exploração, mesmo após a total recuperação, ocorrerá libertação contínua de gás da água. Se o furo estiver fechado, o gás poderá exercer uma contrapressão sobre a água, o que inviabiliza a correcta leitura do nível da água com recurso a uma sonda de pressão submersa. Neste caso deverá proceder-se à extracção cíclica do gás antes da leitura da sonda de pressão submersa.

Na captação de água gasocarbónica, a rotação da bomba instalada na captação deverá ser reduzida, por forma a evitar grande turbulência e variação de pressão nas imediações da bomba,

o que diminui a libertação de CO₂ livre da água naquela zona. Uma solução consiste no recurso a uma bomba mais potente, associada a um variador de frequência, o qual permite reduzir a rotação da bomba, mantendo o caudal de exploração. Neste tipo de águas é vantajoso manter uma elevada pressão nas tubagens de adução por forma a que durante a percolação da água no seu interior não se desenvolvam bolsas de gás por dissociação do gás da água, o que impede uma correcta medição do caudal pelo medidor de caudal instalado na tubagem de adução.

Novas Captações: Sua Legalização

Maria Carla Lourenço

No que diz respeito à revelação da água de uma nova captação, o ponto de partida será sempre "qual o tipo de potencial recurso geológico em causa: Água Mineral Natural ou Água de Nascente?", dado que o processo em si seguirá tramitações diferentes.

Ambas estão enquadradas pelo Dec-Lei 90/90, de 16 de Março; no entanto, uma Água Mineral Natural integra-se no domínio público do Estado, ao contrário das Águas de Nascente, que são objecto de propriedade privada, pelo que os seus diplomas específicos são diferentes, conforme se pode observar na figura 1.



Com a entrada em vigor destes Decretos-Lei, foram introduzidos novos conceitos e estabelecidas novas regras relativamente à definição de recursos geológicos e às normas de acesso à sua exploração, gestão e valorização.

Assim, e tendo em vista a legalização de novas captações, é conveniente efectuar-se, logo à partida, uma separação entre estes dois tipos de água.

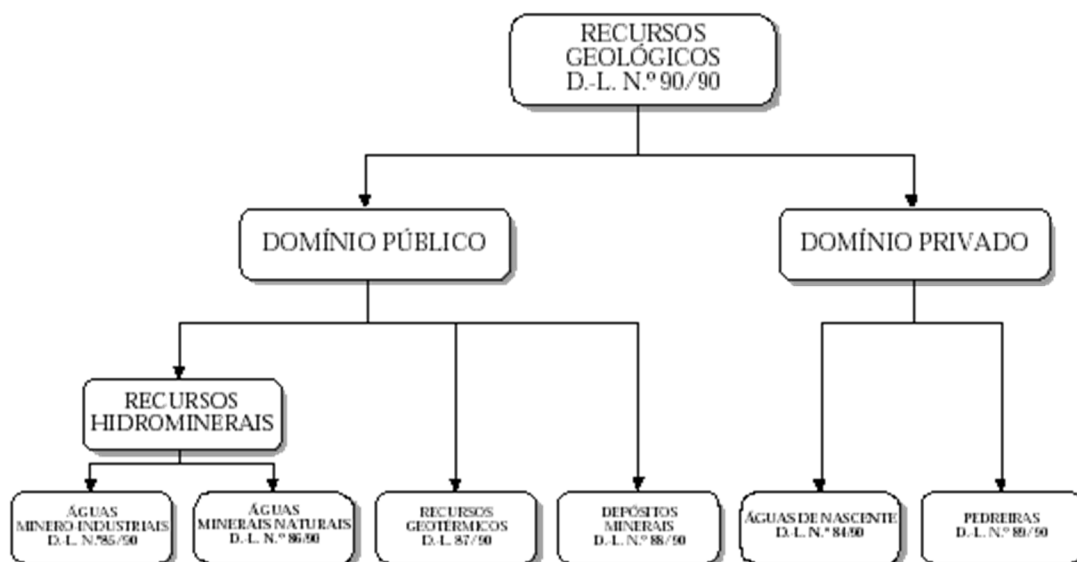


Figura 1 – Organograma referente à legislação de 16 de Março de 1990.

Águas Minerais Naturais

A composição das águas minerais naturais tem suscitado, ao longo dos anos, o interesse de estudiosos de diversas áreas científicas.

Pela sua diversidade geológica, o nosso país é muito rico em águas minerais. Podemos dizer que existem cerca de 400 nascentes (Figura 2) em que:

- A água foi qualificada como mineral natural à luz da legislação anterior;

- Foram verificadas potencialidades para poderem vir a ser qualificadas, ou porque as suas propriedades físico-químicas foram analisadas por técnicos especialistas ou porque as suas propriedades terapêuticas são conhecidas desde longa data, embora numa forma empírica.

A actual legislação relativa às águas minerais naturais encontra-se enquadrada, como já se referiu anteriormente, pelos Decretos-Lei n.º 90/90 e 86/90, ambos de 16 de Março.

A definição de água mineral natural tem sofrido modificações ao longo dos tempos:

Legislação de 1928

ÁGUAS MINERAIS NATURAIS OU MINERO-MEDICINAIS: Águas minerais naturais cuja constituição físico-química permite que lhes sejam atribuídas propriedades terapêuticas.

Legislação de 1990

Água considerada de com	bacteriologicamente própria circulação profunda particularidades físico-químicas estáveis na
de que resultam ou simplesmente	origem dentro da gama de flutuações naturais propriedades terapêuticas efeitos favoráveis à saúde

PROPOSTA DE REVISÃO

Água considerada de com	bacteriologicamente própria circulação subterrânea particularidades físico-químicas estáveis na
de que podem eventualmente resultar ou simplesmente	origem dentro da gama de flutuações naturais propriedades terapêuticas efeitos favoráveis à saúde

Depois das características de uma "potencial água mineral natural" terem sido avaliadas do ponto de vista:

- Geológico e Hidrogeológico
- Físico-Químico
- Microbiológico
- Se necessário, farmacológico, fisiológico e clínico, passa-se então ao grande objectivo final, que consiste na qualificação de uma água como mineral natural.

No Processo de Qualificação de uma dada água como mineral natural, duas situações podem ocorrer:

I. O recurso nunca ter sido reconhecido, sendo então necessário a atribuição de concessão na sequência de prospecção e pesquisa;

II. O recurso já foi reconhecido como mineral.

No primeiro caso, os documentos necessários são os constantes no Art.º 16.º do D.-L. 86/90, designadamente:

Ponto 1 – Requerimento dirigido ao Ministro e entregue no IGM, do qual constem os seguintes elementos:

a) Identificação da empresa, pessoa singular ou colectiva, com indicação da respectiva sede e capital social, a favor da qual é requerida a concessão;

b) Localização da área demarcada, com indicação da respectiva freguesia, município e distrito;

- c) Indicação da delimitação proposta para a área pretendida;
- d) Caracterização sucinta da água mineral natural;
- e) Indicação do responsável pela futura direcção técnica da exploração.

Anexo ao requerimento, deverão ser juntos os seguintes documentos, que fazem parte do ponto 2. do mesmo artigo:

- b) Termo de responsabilidade do director técnico proposto;
- c) Planta topográfica à escala 1:10 000, com a implantação das captações e da demarcação pretendida;
- d) Estudo hidrogeológico da área, com a descrição dos furos executados, das captações existentes, da caracterização físico-química e bacteriológica da água, a indicação de caudal e temperatura obtidos, bem como a apreciação da zona envolvente quanto à sua vulnerabilidade à poluição;
- e) 12 análises físico-químicas e bacteriológicas, espaçadas mensalmente;
- f) 1 análise físico-química completa;
- g) Estudo radioactivo da água
- h) Parecer da Direcção-Geral da Saúde
- i) Projecto das captações definitivas
- j) Memória descritiva relativa ao aproveitamento económico da água mineral.

RECURSOS HIDROMINERAIS - RECONHECIDOS E POTENCIAIS

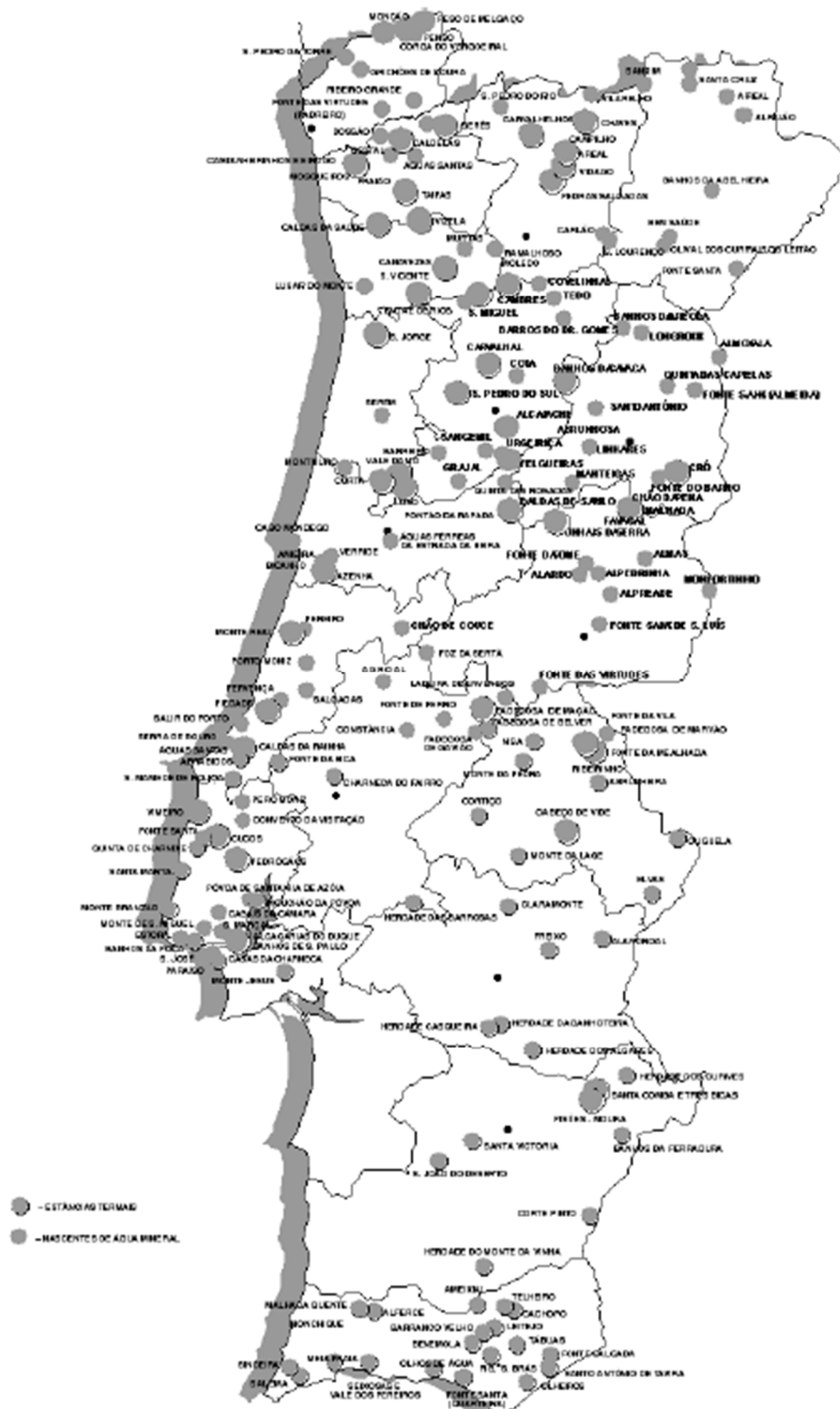
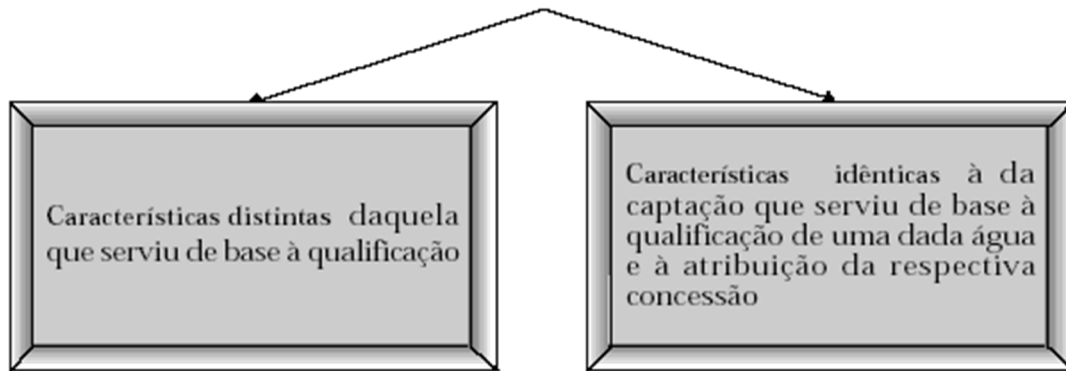


Figura 2 – Localização dos recursos hidrominerais: reconhecidos e potenciais. No segundo caso, em que o recurso já foi reconhecido como hidromineral, a água proveniente da nova captação, realizada na sequência de trabalhos de prospecção e pesquisa, pode apresentar:



Apresentando a água da nova captação características distintas da captação primitiva, o processo de "legalização" consiste num processo de qualificação de um novo recurso dentro da área da concessão, em que são então necessários os seguintes documentos:

- c) Planta topográfica à escala 1:10 000, com a implantação das captações e da demarcação pretendida;
- e) 12 análises físico-químicas e bacteriológicas, espaçadas mensalmente;
- f) 1 análise físico-química completa;
- g) Estudo radioactivo da água
- h) Parecer da Direcção-Geral da Saúde
- i) Projecto das captações definitivas
- j) Memória descritiva relativa ao aproveitamento económico da água mineral.

Nos casos em que a água da nova captação apresenta características de composição semelhantes à da captação primitiva, que foi considerada como mineral natural, o processo de qualificação torna-se simples, passando apenas por um reconhecimento da nova água.

De acordo com um "protocolo" estabelecido entre a Direcção-Geral da Saúde (DGS) e o Instituto Geológico e Mineiro (IGM), o processo dá entrada neste Instituto, sendo apenas necessários os seguintes documentos:

- Requerimento dirigido ao Presidente do Conselho Directivo do IGM, a solicitar a "legalização" da nova captação no âmbito da aprovação/alteração do plano de exploração (Art.º 26.º do Decreto-Lei n.º 86/90);
- Planta topográfica à escala 1:10 000, com a implantação das captações e da demarcação pretendida;
- Mínimo de 6 análises físico-químicas, espaçadas mensalmente;
- Mínimo de 6 análises bacteriológicas, espaçadas mensalmente;
- 1 análise físico-química completa;
- Estudo radioactivo da água
- Projecto das captações definitivas
- Memória descritiva relativa ao aproveitamento económico da água mineral.

Após apreciação das características físico-químicas e bacteriológicas da água, o IGM enviará então o processo para a DGS, para efeitos de parecer.

Águas de Nascente

No que se refere às Águas de Nascentes, estas já se encontram enquadradas pelos Decretos-Lei n.º 90/90 e 84/90, ambos de 16 de Março.

No processo de qualificação de uma dada água como Água de Nascente, também aqui duas situações podem ocorrer:

I. O recurso nunca ter sido reconhecido, sendo então necessário a atribuição de uma licença de exploração;

II. O recurso já foi reconhecido como Água de Nascente.

No primeiro caso, os documentos necessários são os constantes no Art.º 4.º do D.L. 84/90, designadamente:

- a) Requerimento dirigido ao Ministro e entregue no IGM, do qual constem a identificação completa do requerente, a sua qualificação para o exercício do direito de exploração e a identificação do prédio no qual se localizam as captações;
- b) Estudo hidrogeológico da área de ocorrência e circulação da água, com a descrição das captações, a caracterização físico-química e bacteriológica do recurso, a indicação dos caudais e temperatura, bem como a apreciação da vulnerabilidade da zona à poluição e proposta de criação de uma área de protecção;
- c) Planta topográfica à escala 1:10 000, com a implantação das captações e dos elementos fundamentais revelados pelo estudo hidrogeológico;
- d) 12 análises físico-químicas e bacteriológicas, espaçadas mensalmente;
- e) 1 análise físico-química completa;
- f) Estudo radioactivo da água;
- g) Prova da celebração do contrato de exploração, no caso do re q u e rente não dispor da água, ou, podendo, o respectivo título comprovativo;
- h) Projecto das captações definitivas;
- i) Parecer da Direcção-Geral da Saúde;
- j) Outros documentos considerados importantes, nomeadamente pareceres da REN e da RAN.

No caso em que o recurso já foi reconhecido, a água proveniente da nova captação, realizada na sequência de trabalhos de prospecção e pesquisa, pode apresentar:

No primeiro caso, o processo de "legalização" consiste, tal como para as águas minerais, num processo de qualificação de um novo recurso, em que são então necessários os seguintes documentos:

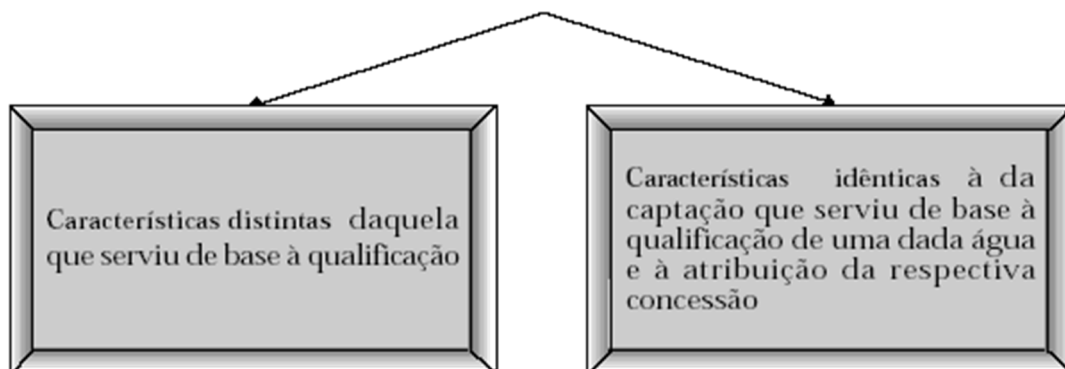
- c) Planta topográfica à escala 1:10 000, com a implantação das captações;
- d) 12 análises físico-químicas e bacteriológicas, espaçadas mensalmente;
- e) 1 análise físico-química completa;
- f) Estudo radioactivo da água;
- h) Projecto das captações definitivas;
- i) Parecer da Direcção-Geral da Saúde.

No segundo caso, o processo de qualificação torna-se simples, na medida em que, apresentando a água da nova captação características de composição semelhantes à da água da captação que serviu de base à qualificação da água como Água de Nascente, o processo passa apenas por um reconhecimento da nova água.

De acordo com um "protocolo" estabelecido entre a DGS e o IGM, o processo dá entrada neste Instituto, sendo apenas necessários os seguintes documentos:

- Requerimento dirigido ao Presidente do Conselho Directivo do IGM, a solicitar a "legalização" da nova captação, através da alteração do sistema de captação (Alínea b) do Art.º 11.º do D.L. n.º 84/90);
- Planta topográfica à escala 1:10 000, com a implantação das captações e da demarcação pretendida;
- Mínimo de 6 análises físico-químicas, espaçadas mensalmente;
- Mínimo de 6 análises bacteriológicas, espaçadas mensalmente;
- 1 análise físico-química completa;

- Estudo radioactivo da água;
- Projecto das captações definitivas.



Após apreciação das características físico-químicas e bacteriológicas da água, o IGM enviará então o processo para a DGS, para efeitos de parecer.

Podemos então dizer que os programas de controlo:

- Para a qualificação de uma água mineral ou de uma água de nascente;
- Nas concessões ou licenciamentos com actividade suspensa;
- Nas concessões ou licenciamentos em actividade;
- Para legalizar novas captações;
- Para controlo da qualidade das concessões em actividade;
- Programas especiais,

são os constantes na tabela 1.

	Análises físico-químicas resumidas	Análise físico-química completa	Análises bacteriológicas	Análise da radioactividade
Para qualificação de uma água mineral ou de uma água de nascente	12 análises 1/mês	1 análise	12 análises 1/mês	1 análise
Nas concessões ou licenciamentos com actividade suspensa	2/ano	-	2/ano	-
Nas concessões ou licenciamentos em actividade	3/ano 1/ano (*)	1 análise 5 em 5 anos	1/semana 1/quinzena (*)	-
Para legalizar novas captações do mesmo recurso	6 no mínimo 1/mês	1 análise	6 no mínimo 1/mês	1 análise
Programas especiais	caso a caso	caso a caso	caso a caso	caso a caso

Tabela 1 – Programas de controlo.

* Nos casos em que existe laboratório da própria empresa.

COMO CITAR ESTA PUBLICAÇÃO (HOW TO CITE THIS PUBLICATION):

Maria Carla Lourenço (2002). *Novas Captações: Sua Legalização*. Prospecção, Pesquisa e Captação de Águas Minerais Naturais, Recursos Geotérmicos e Águas de Nascente. IGM.

Versão *Online* no site do INETI: http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/prosp_pesq/indice.htm