

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA  
DOS INDÚSTRIAS  
DE ÁGUAS MINERAIS  
NATURAIS E DE NASCENTE

APIAM



ÁGUAS MINERAIS  
**NATURAIS**  
E DE  
NASCENTE

IMPLANTAÇÃO  
DE UMA  
CAPTAÇÃO

ANTÓNIO VIEIRA DA SILVA  
*Hidrogeólogo*

# Biografia

---

## **ANTÓNIO VIEIRA DA SILVA**

LICENCIADO EM GEOLOGIA, PELA F.C.U.L.; MESTRE EM HIDROGEOLOGIA, PELA F.C.U.L;

1980-1985: GEÓLOGO DOS SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL - CARTOGRAFIA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DO BAIXO ALENTEJO; CARTAS HIDROGEOLÓGICAS DO ALGARVE (1/100.000) E 1/200.000);

1985-1987: GEÓLOGO DA Direcção de Serviços de Águas Minerais e de Mesa (CORRESPONDIA À ACTUAL DGEG);

1987/98: ASSISTENTE DO DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA;

1992: INICIA A SUA ACTIVIDADE PROFISSIONAL COMO DIRECTOR TÉCNICO DE EXPLORAÇÃO

1998-2011: CONSULTADORIA HIDROGEOLÓGICA, EM HYDROMODELO, LDA.; DIRECTOR TÉCNICO DE CONCESSÕES E EXPLORAÇÕES DE ÁGUA MINERAL NATURAL E ÁGUA DE NASCENTE.

# Índice

---

1.	INTRODUÇÃO .....	5
2.	METODOLOGIA GERAL DE PROSPECÇÃO .....	6
3.	VISITA INICIAL AO TERRENO.....	7
4.	PESQUISA, CONSULTA E COMPILAÇÃO DE DADOS EM ARQUIVOS E BASES DE DADOS .....	7
5.	LEITURA DE CONTEÚDOS E INTERPRETAÇÕES ANTERIORES, REANÁLISE E REAPROVEITAMENTO DE DADOS .....	8
6.	CONSULTA DE CARTAS TEMÁTICAS PARA ENQUADRAMENTO .....	9
7.	FOTOINTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA, A ESCALAS INTERMÉDIAS.....	9
8.	PREPARAÇÃO DE CARTAS E OUTRAS BASES, PARA TRABALHOS DE CAMPO .....	10
9.	TRABALHOS DE CAMPO .....	11
10.	MODELO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL NA ZONA DE DESCARGA .....	23
11.	MODELO HIDROGEOLÓGICO NA ZONA DE DESCARGA .....	24
12.	IMPLANTAÇÃO DA SONDAGEM DE PESQUISA E EVENTUAL CAPTAÇÃO .....	25
13.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	26
14.	BIBLIOGRAFIA .....	27

## 1.

---

### INTRODUÇÃO

A implantação de uma “captação” é a resultante de um conjunto de estudos, operações e trabalhos que, desenvolvidos e analisados de forma integrada, permitem seleccionar o local mais favorável para a sua realização.

O desenvolvimento deste conjunto de acções insere-se no domínio da designada “Prospecção Hidrogeológica”.

Em rigor, a prospecção hidrogeológica conclui pela melhor localização de uma obra de pesquisa, não necessariamente de uma captação. Nas últimas três décadas, as obras de pesquisa têm consistido, basicamente, em sondagens mecânicas, inclinadas ou verticais.

Só depois de comprovada a identidade do recurso e consideradas satisfatórias as indicações de produtividade, na sondagem de pesquisa, se localiza com exactidão a obra de captação, quase sempre um furo vertical.

A partir de meados da década de noventa, a opção por sondagens de pesquisa verticais, passou a dominar sobre as inclinadas, fundamentalmente por razões económicas. Neste caso, torna-se mais viável a transformação da própria pesquisa em captação, desde que se acautelem medidas construtivas iniciais, particularmente ao nível dos diâmetros de perfuração e isolamento de águas mais superficiais.

xxx

O presente documento, não tem a pretensão de abordar o tema da prospecção de Água Mineral Natural e de Água de Nascente de forma completa e aprofundada, face aos objectivos definidos e aos seus destinatários. Baseia-se, sempre que possível, nos conhecimentos e experiência do subscritor.

Na elaboração do documento foi consultado, por diversas vezes, o trabalho de **JOSÉ MARTINS DE CARVALHO**, 2005 – sobre prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português, identificado em bibliografia.

No referido trabalho, o autor apresenta, de forma muito completa e organizada, as linhas metodológicas que, em seu entender, devem guiar os estudos de prospecção hidrogeológica.

xxx

Os métodos e técnicas de prospecção serão apresentados, de forma sequencial, ao longo deste documento.

Será a partir da análise integrada dos resultados obtidos no programa de prospecção, que se definirão os modelos geológico-estrutural e hidrogeológico, da zona de descarga dos aquíferos, onde terão lugar os trabalhos de pesquisa e captação. Mas, nem sempre foi assim.

Até meados dos anos sessenta, a captação de Água Mineral Natural fazia-se, por regra, através de câmaras ou reservatórios estanques, construídos sobre as emergências naturais e, mais raramente, por via de captações sub-superficiais, do tipo mina ou poço.

A maioria destas construções eram precárias e não obedeciam a um projecto tecnicamente coerente. Constituem excepções algumas intervenções de **FREIRE DE ANDRADE** (1937), que devem considerar-se exemplares.

Entre 1963 e meados dos anos setenta, **HERTMURT SEIFERT**, introduziu a prática de construção de furos, para substituição ou reforço das captações tradicionais. Os locais de implantação destes furos situavam-se, regra geral, muito próximos das captações pré-existent e eram determinados por critérios simples, geológicos e estruturais. Num ou noutro caso, o autor introduziu nos estudos de prospecção hidrogeológica, modelos geológico-estruturais, interpretados de estudos geológicos existentes. Neste particular, **HERTMURT SEIFERT**, pode considerar-se um precursor.

No início da década de oitenta, iniciou-se em Portugal um novo ciclo de prospecção hidrogeológica, com a introdução sistemática de modelos geológico-estruturais, completos e profissionais.

A elaboração de modelos geológico-estruturais faz-se a partir do estudo de um conjunto numeroso de parâmetros geológicos, petrológicos, geoquímicos, estruturais e geofísicos. Estes temas, pela sua especialidade e frequente complexidade, devem ser desenvolvidos por profissionais das respectivas áreas técnico-científicas.

O modelo geológico-estrutural, constitui a estrutura, ou corpo físico, em que se apoia o modelo hidrogeológico, decorrendo da boa ou má formulação do primeiro, parte maior do valor e credibilidade do segundo.

No arranque do novo ciclo, destacaram-se **PORTUGAL FERREIRA, LOPO MENDONÇA & MARTINS CARVALHO** (1979-1983) que juntaram de forma muito significativa, as competências geológico-estrutural e hidrogeológica.

As técnicas geofísicas passaram a ser utilizadas em apoio e confirmação dos modelos geológicos, cabendo referir a contribuição de **NUNES DE SOUSA**, no domínio da prospecção geoelectrica.

xxx

A descrição dos métodos e técnicas de prospecção mais utilizadas na implantação de sondagens de pesquisa de Água Mineral Natural e de Água de Nascente será, necessariamente, sucinta.

Em Portugal Continental, a ocorrência de Águas Minerais Naturais e Águas de Nascente – destinadas a uso Termal e/ou a Engarrafamento – está, quase sempre, associada a rochas compactas fracturadas, de litofácies e composições geoquímicas diversas, cabendo destacar as rochas graníticas e outras eruptivas, rochas metassedimentares e metamórficas foleadas com diferentes participações siliciosas, quartzitos e rochas carbonatadas.

A metodologia geral aplicável é específica de meios fracturados e pode compreender, sequencialmente, as fases de estudo e de trabalho que se apresentarão no ponto 2.

## 2.

---

### **METODOLOGIA GERAL DE PROSPECÇÃO**

Esta metodologia compreende, pese embora alguma subjectividade decorrente da perspectiva do subscritor, as seguintes fases:

- a) Visita inicial ao terreno;

- b) Pesquisa, consulta e compilação de informação técnico-científica em arquivos e bases de dados, com destaque para a existente na Empresa interessada;
- c) Leitura de conteúdos e interpretações anteriores, reanálise ou reaproveitamento dos dados;
- d) Consulta de cartas geológicas, geomorfológicas, estruturais e de lineamentos (de grande escala), que se encontrem disponíveis;
- e) Fotointerpretação geológica, a escalas intermédias;
- f) Preparação de mapas e outras bases para trabalhos de campo, com lançamento de todos os dados, de presumível interesse;
- g) Trabalhos de campo: reconhecimentos geológicos e estruturais, inventário de pontos de água, eventuais trabalhos de cartografia, estudos estruturais, incluindo a observação, classificação e descrição de fracturas e falhas a diferentes escalas, e colheita de amostras para análises químicas;
- h) Prospecção geofísica;
- i) Análise integrada de toda a informação e resultados obtidos, particularmente os de natureza geológica, estrutural, hidrogeológica e geofísica.

xxx

O desenvolvimento dos estudos, operações e trabalhos de prospecção, deve ser assegurado por técnicos e cientistas de formação e competência adequadas a cada fase dos trabalhos, e a coordenação dos trabalhos assegurada pelo hidrogeólogo responsável pelo programa.

### 3.

---

#### VISITA INICIAL AO TERRENO

Esta visita é essencial. O encontro directo com a realidade Geológica e Geomorfológica das áreas a investigar no programa de prospecção, revela sempre aspectos interessantes, por vezes surpreendentes, que ajudarão na orientação da fase seguinte de procura de informação.

### 4.

---

#### PESQUISA, CONSULTA E COMPILAÇÃO DE DADOS EM ARQUIVOS E BASES DE DADOS

Na maioria dos casos, nos arquivos das Empresas Concessionárias existem estudos, no mínimo notas e informações técnicas dispersas, com diferentes graus de interpretação, que permitem uma primeira aproximação ao quadro geológico e hidrogeológico geral.

No campo das Águas Minerais Naturais e de Águas de Nascente, a **Direcção-Geral de Energia e Geologia** (D.G.E.G.) possui um arquivo muito rico, organizado por Concessões e Explorações, que pode ser consultado com autorização expressa do Concessionário, ou do detentor da licença de exploração, e da própria D.G.E.G..

Outros dados e informação com interesse para um programa de prospecção podem, eventualmente, encontrar-se em bibliotecas, arquivos e bases de dados.

Nalguns casos existem estudos hidrogeológicos disponíveis, geralmente em bibliotecas, que abordam sistemas hidrogeológicos do mesmo tipo e que podem reportar-se à mesma região e/ou província hidromineral.

Nos melhores arquivos podem encontrar-se relatórios de sondagens de pesquisa e captação de água, estudos hidrogeológicos sumários, entre outros.

O Arquivo do actual **Laboratório Nacional de Energia e Geologia (L.N.E.G.)**, antigo Instituto Geológico e Mineiro (I.G.M.), destaca-se pelo acervo de relatórios de sondagens hidrogeológicas que possui, reunidos ao longo de mais de cinco décadas.

Lamentavelmente, na última década e meia, as empresas de sondagens e captação de água subterrânea deixaram, pouco a pouco, de enviar a este arquivo, exemplares dos seus relatórios. De resto, esta rotina estava praticamente limitada a empresas de qualidade superior na realização destes trabalhos que, entretanto, foram saindo do mercado.

Na maioria dos arquivos e bases de dados oficiais, a informação técnica que têm para oferecer é escassa.

Cartas geológicas e tectónicas, podem ser adquiridas ou consultadas no **L.N.E.G.**.

Com uma cobertura irregular do Território Nacional, estão disponíveis cartas geológicas a diferentes escalas, sendo mais procuradas as Folhas da Carta Geológica de Portugal, à escala 1/50 000. Existe a possibilidade de adquirir cartografia inédita (não publicada), de certas áreas do território, geralmente à escala 1/ 25 000. Também existem cartas geológicas em escalas menores, 1/100 00, 1/200 000, 1/500 000 e 1/1 000 000.

Cartas hidrogeológicas, à escala 1/200 000, cobrem menos de metade do Território Nacional. Abrangendo toda a Região do Algarve estão publicadas duas Cartas hidrogeológicas, à escala 1/100 000.

Outras fontes com muito interesse para os estudos de prospecção hidrogeológica em rochas compactas fracturadas, são as cartas de lineamentos, em grande escala – 1/500 000 e 1/1 000 000, obtidas por interpretação geomorfológica de fotografias de satélite, e as Cartas Tectónica e Neotectónica de Portugal, ambas à escala 1/ 1 000 000.

## 5.

---

### **LEITURA DE CONTEÚDOS E INTERPRETAÇÕES ANTERIORES, REANÁLISE E REAPROVEITAMENTO DE DADOS**

Este capítulo refere-se tanto aos dados e documentação técnico-científica na posse do Concessionário, como aquela encontrada fora.

Exige-se um exercício sério, competente e esforçado de reanálise de todos os dados existentes, para confirmar, aprofundar ou reformular os modelos hidrogeológicos anteriormente propostos.

Em tempos de manifesta carência de meios financeiros, é imperativo reanalisar e reutilizar todos os dados de base existentes, olhá-los de ângulos diferentes, somando novos conhecimentos. Procedendo desta forma, evitar-se-á, numa ou outra fase posterior dos trabalhos de prospecção, a repetição de operações e trabalhos.

## 6.

---

### CONSULTA DE CARTAS TEMÁTICAS PARA ENQUADRAMENTO

As Cartas geológicas e tectónicas, fornecem o enquadramento regional das áreas a investigar, nos respectivos campos temáticos.

As cartas de lineamentos disponíveis, foram elaboradas por geólogos competentes e de vasta experiência profissional, a partir de fotografias de satélite (detecção remota).

Nestas cartas, os autores identificam as estruturas unidimensionais mais notórias e extensas que correspondem, frequentemente, a traços de falhas notáveis ou de grandes fracturas, que condicionam, em maior ou menor grau, os padrões regionais de fluxo hídrico subterrâneo.

As Cartas Tectónica e Neotectónica de Portugal, ambas à escala 1/ 1 000 000, constituem um precioso contributo para a confirmação e classificação dos referidos lineamentos de grande escala (megafracturas e grandes falhas), e são muito úteis no enquadramento estrutural das áreas de prospecção hidrogeológica.

## 7.

---

### FOTOINTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA, A ESCALAS INTERMÉDIAS

Estes estudos realizam-se sobre pares de fotografias obtidas por câmaras instaladas em plataformas de aviões. As fotografias são tomadas segundo linhas de voo, de orientação pré-definida (geralmente, próximo da direcção norte-sul ou este-oeste), com significativa sobreposição longitudinal e transversal das áreas cobertas.

A observação de áreas de terreno comuns a um par de fotografias, com auxílio de um estereoscópio, permite uma visualização tridimensional, isto é, a observação da “profundidade” do relevo.

Em Portugal, as escalas mais usadas em fotogeologia e fotogeomorfologia, são as 1/15 000 e 1/30 000.

Com a aplicação desta técnica, podem identificar-se diversas estruturas geológicas e geomorfológicas. Em rochas sedimentares e metassedimentares, a fotogeologia permite registar direcções dominantes de estratificação e dobramentos. Nestas, e noutros tipos de rochas, é possível individualizar litologias e corpos geológicos discordantes (por exemplo, filões) e traçar contactos geológicos.

Os ganhos resultantes dos estudos fotogeológicos, estão dependentes de diversos factores, nomeadamente, da maior ou menor presença de depósitos de cobertura e de alteritos, do coberto vegetal, do contraste entre estruturas ou litologias e, naturalmente, da formação e experiência dos profissionais que os realizam.

Em hidrogeologia, a fotointerpretação de estruturas lineares tem grande interesse, pelos motivos já referidos no ponto 6: os corpos de falhas e de grandes fracturas condicionam, em maior ou menor grau, os padrões regionais de fluxo hídrico subterrâneo, funcionando predominantemente como condutas e/ou como barreiras.

A marcação de lineamentos com forte probabilidade de corresponderem a falhas e fracturas, é mais acessível em rochas com textura original isotrópica, como é o caso dos granitos, tornando-



se bem mais complexa em rochas de textura anisotrópica, nomeadamente em metassedimentos e rochas metamórficas.

Estas rochas apresentam duas texturas anisotrópicas, a estratificação e a xistosidade, decorrendo deste facto que o padrão morfológico, sobretudo linhas de água e cristas, não corresponde directamente ao padrão de fracturação.

Constata-se que muitas linhas de água se encaixam no contacto entre litologias de diferente resistência erosional, não correspondendo a direcções de fracturação. Muitas cristas correspondem, apenas, a rochas mais resistentes à erosão e não a filões de quartzo ou outros corpos geológicos de interesse hidrogeológico.

À foto interpretação de lineamentos, escapam as fracturas e falhas de pequena inclinação, com traço sinuoso no terreno, que a experiência mostra poderem desempenhar um papel hidrogeológico importante.

No domínio geomorfológico, o padrão de drenagem superficial, a densidade de linhas de água por unidade de área, a reprodutibilidade de orientações preferenciais e a identificação de escarpas, só para mencionar as principais, podem dar boas indicações na marcação de lineamentos estruturais, eventuais falhas e grandes fracturas.

A área total a cobrir com um estudo fotointerpretativo é variável, mas desejavelmente da ordem de algumas dezenas de quilómetros quadrados, para melhor enquadramento e possibilidade de identificar lineamentos de grande extensão.

## 8.

---

### **PREPARAÇÃO DE CARTAS E OUTRAS BASES, PARA TRABALHOS DE CAMPO**

Cada profissional, selecciona as suas bases de trabalho e respectivas escalas, em função da extensão de áreas a cobrir, do pormenor com que pretende fazer a aquisição e registo dos dados, das características do terreno e, naturalmente, da disponibilidade das referidas bases.

Normalmente, dá-se preferência às folhas da Carta Militar de Portugal, à escala 1/ 25 000, para total abrangência e enquadramento das áreas a estudar. A vantagem desta base de trabalho sobre outras, sobretudo quando existe cartografia geológica disponível, é a facilidade com que a Geologia pode ser transposta para a base topográfica.

O lançamento dos lineamentos fotointerpretados nas cartas militares, é problemático e pouco rigoroso, particularmente em terrenos acidentados, onde a escala das fotografias é muito variável. Em função disto, muitos profissionais optam por não transpor, nesta fase dos trabalhos, os lineamentos para as cartas topográficas, e realizar o trabalho de campo directamente sobre as fotografias.

Para maior detalhe, usam-se ortofotomapas, com escalas no intervalo 1/2 000 a 1/10 000. Ortofotomapas com altimetria só estão disponíveis para algumas áreas do Território Nacional. Em muitos casos, justificam-se levantamentos topográficos de grande escala, 1/100 a 1/500.

Todas as bases de trabalho devem estar georeferenciadas, assim como toda a informação pontual a recolher no campo, sobre diferentes temas. Ortofotomapas georeferenciados nem sempre estão disponíveis.

Para assegurar, no terreno, o desenvolvimento dos temas geológico, estrutural e hidrogeológico, há que reunir um conjunto de ferramentas e equipamentos: os incontornáveis, martelo e bússola de Geólogo, um livro de campo de capa dura, um estereoscópio de campo, um aparelho GPS, equipamento simples para medição de pequenos caudais, um condutímetro, um medidor de pH, um termómetro e garrafas para colheita de amostras de água.

## 9.

---

### TRABALHOS DE CAMPO

#### 9.1 Inventário de pontos de água

Em gabinete deve preparar-se um modelo de ficha de inventário que, derivando de uma ficha universal, compreenderá os campos de interesse para cada programa de prospecção.

São em grande número estes campos, pelo que apenas referimos os principais: nome do proprietário da captação ou do terreno onde ocorra uma emergência não aproveitada, descrição da emergência ou das características de outros tipos de captação, número das cartas topográfica e geológica, coordenadas obtidas com GPS.

A ficha deve incluir ainda, um campo para registar a medição quantitativa ou semi-quantitativa de caudal, a condutividade, pH e temperatura da água, a litologia e a fracturação na zona de emergência; muito importante é anotar as condições de acesso, e o próprio trajecto, no mapa de trabalho.

A recolha de informação hidrogeológica junto das populações rurais, particularmente pastores e agricultores, pode revestir-se de grande utilidade: na revelação de locais desconhecidos, geralmente remotos, onde ocorram emergências naturais de caudal quase insignificante, outras ocorrências submersas em cursos de água ao tempo do inventário, ou ainda, antigas emergências anuladas pela exploração de captações vizinhas.

Naturalmente que esta recolha deve ser filtrada e a sua compatibilidade testada com os dados geológicos, hidrogeológicos e estruturais, existentes e em recolha.

#### 9.2 Geologia

Nas áreas já beneficiadas com cartografia publicada, à escala 1/50 000, ou em zonas cobertas por cartografia inédita, mas acessível, à escala 1/ 25 000, podem ser suficientes os trabalhos de reconhecimento que, todavia, devem aprofundar a investigação e descrição de corpos geológicos e estruturas que possam desempenhar um qualquer papel hidrogeológico no âmbito do modelo de recarga, circulação e descarga de água mineral.

Nos casos em que não se disponha de cartografia anterior, haverá que realizar levantamentos geológicos de campo, preferencialmente orientados para a separação de unidades com diferente aptidão hidrogeológica.

A cartografia geológica deve incluir, para rochas metassedimentares e metamórficas foleadas, a medição e lançamento nos mapas de trabalho dos seguintes elementos: superfícies de estratificação, superfícies de clivagem e/ou xistosidade e eixos de dobras.

É muito importante definir a estrutura geológica geral, se possível ilustrada com a apresentação de perfis geológicos, segundo as direcções mais esclarecedoras.

A fracturação das rochas, pela sua importância e desempenho hidrogeológico, justifica uma abordagem em capítulo próprio.

### 9.3 Tectónica e Neotectónica

Os Campos de tensões (pressões orientadas) que actuaram sobre a crosta terrestre, ao longo dos tempos geológicos, provocaram deformações nas rochas, com resultados diferenciados consoante as propriedades físicas das mesmas, a profundidade em que se situavam ao tempo das deformações (andar estrutural), entre outros factores condicionantes.

Em termos gerais e simplificados, os granitos e outras rochas eruptivas, os quartzitos e os calcários – todos designados “rochas competentes” – sofrem deformação frágil, resultando uma rede de fracturação, a diferentes escalas.

Por outro lado, os metassedimentos e rochas metamórficas foleadas, tendem a apresentar um comportamento menos frágil, resultante da sua competência e da profundidade a que ocorreu a deformação.

Por definição, “Fractura” é uma superfície de descontinuidade, ao longo da qual a rocha perdeu coesão. É um termo vasto, que engloba a noção de “Falha” - fractura onde ocorreu movimento, em regra, paralelo à sua superfície. Portanto, todas as falhas são fracturas, mas nem todas as fracturas são falhas.

Em Portugal Continental, a rede de megafacturação instalou-se em tempos geológicos muito remotos, em fase tardia do Ciclo Hercínico. A maioria destas fracturas constituem falhas, de diferente incisão crustal.

Ao mudar a orientação do campo de tensões, em ciclos posteriores, a rede de falhas rejogou de diferentes formas, em função da sua orientação no espaço.

No quadro da tectónica actual (Neo-Tectónica), as falhas e fracturas orientadas de forma favorável a movimentos de abertura, podem ter um comportamento hidrogeológico mais interessante.

### 9.4 Estudo da fracturação

A fracturação das rochas, resultante de um determinado campo de tensões, processa-se a diferentes escalas: megascópica, mesoscópica e microscópica. Estudos de especialidade demonstraram que, muitas vezes, existe repetição de características essenciais, nas três escalas referidas nomeadamente, tipo de superfícies, arranjo geométrico e orientações no espaço.

#### 9.4.1 Estudo da fracturação em escalas muito grandes

Em escalas muito grandes as falhas têm, regra geral, maior extensão e profundidade do que as fracturas (ss). Em casos especiais, as grandes falhas atravessam toda a crosta terrestre. Reportamo-nos, em Território Nacional, a acidentes estruturais de extensão superficial superior a uma centena de quilómetros.

A megafacturação é denunciada por vários critérios, cabendo destacar: Geomorfológico, Geológico, Tectónico e Hidrogeológico.

Geomorfologia: alinhamentos muito extensos de vales e depressões, com largura quase sempre superior à centena de metros, marginados, ainda que de forma descontínua, por escarpas de

diferente expressividade e vigor. Estes alinhamentos são facilmente identificáveis em fotografias de satélite e cartas topográficas de escalas adequadas.

Geologia: alinhamentos de descontinuidades cartográficas de grande expressão;

Tectónica: identificação, análise e estudo de corredores de deformação, em zonas chave de boa exposição e acessibilidade;

Hidrogeologia: ocorrência de águas minerais naturais muito distintas das restantes – com incorporação de fases gasosas de origem muito profunda e/ou termalidade muito elevada – dispostas em extensíssimos alinhamentos, agrupadas em pólos, separados entre si de forma aleatória.

As duas megaestruturas mais notáveis, em Território Nacional, são as designadas Falha de Verim-Réguas e Falha da Vilarça, ao longo de cujo traçado ocorrem várias águas minerais naturais, gaso-carbónicas e sulfurosas.

#### **9.4.2 Estudo da fracturação regional**

O estudo da fracturação regional envolve para além da geometria, a cinemática, que estuda os movimentos, e a dinâmica, a partir das quais se deduzem os campos de tensões.

Aos estudos de fracturação destinados a utilização hidrogeológica, importa sobretudo a primeira.

Os trabalhos são realizados no campo, a partir da observação, análise, classificação e descrição dos lineamentos previamente traçados sobre as fotografias aéreas, que correspondam a fracturas e falhas (ver **ponto 7**).

Nem todos os lineamentos correspondem a fracturas ou falhas, pelas razões igualmente explicadas no **ponto 7**.

O método de campo, pode incluir os seguintes procedimentos:

- Procura de locais ou “estações de passagem” das grandes fracturas e falhas;
- Análise, classificação e descrição das estruturas observadas;
- Identificação de fracturas notáveis e falhas, a partir de critérios de alinhamento e orientação, morfológicos e estruturais.

Os locais privilegiados de observação, encontram-se em pedreiras e barreiras frescas de estradas e caminhos-de-ferro.

A Figura 1, representa um pólo de água mineral natural gaso-carbónica do Norte de Portugal, mais precisamente a zona alargada de emergências e outras manifestações superficiais, desenvolvido em rochas graníticas com vasta área de cobertura aluvionar e de alteritos.

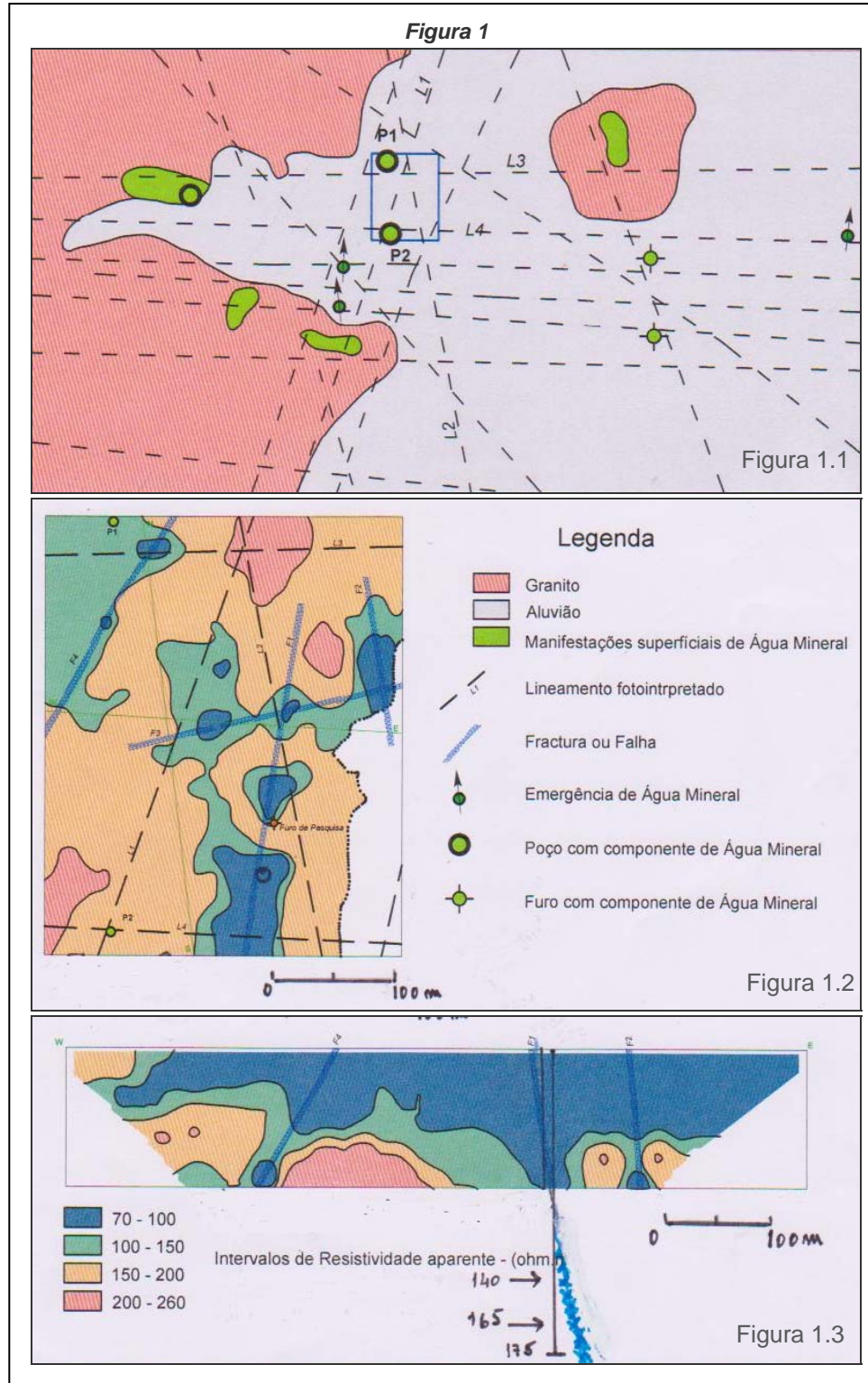
Este caso de estudo, servirá como exemplificação de um programa geral de prospecção hidrogeológica. Para o efeito fizeram-se simplificações, à realidade hidrogeológica local.

Para o mapa da figura 1.1, transpuseram-se os principais lineamentos da foto-interpretação, efectuada em gabinete.

A geologia foi retirada, e simplificada, da Carta Geológica à escala 1/50000. Nesta carta não estão assinaladas falhas ou fracturas.

Os pontos de água mineral natural gaso-carbónica, ou com componente assinalável deste recurso – nascentes tradicionais, furos, poços e zonas de emergência difusa de água mineral, foram recuperados de uma campanha de prospecção, pesquisa e captação, anteriormente realizada, confirmados e actualizados em reconhecimentos de campo.

Daremos seguimento à apresentação deste caso de estudo, no **ponto 9.5.5**, deste documento.



### 9.4.3 Arquitectura geral de falhas

Em rochas fracturadas atribui-se muitas vezes às fracturas em geral, e às falhas em particular, um papel hidrogeológico destacado.

Em regra, é-lhes atribuído um papel de conduta ou de barreira ao fluxo hídrico subterrâneo. Contudo, a realidade é bem mais complexa, justificando uma breve abordagem ao que os estruturalistas designam por “arquitectura de falhas”.

Nas figuras 2 e 4, ilustram-se dois tipos de situação:

- Figura 2: Arquitectura geral de uma falha, afectando rochas homogéneas ou heterogéneas, de textura isotrópica ou anisotrópica, susceptíveis a fenómenos de alteração; a título de exemplo, granitos e rochas metassedimentares e metamórficas foleadas;

- Figura 4: Arquitectura de uma falha desenvolvida em rochas muito competentes (frágeis), pouco susceptíveis à alteração, por exemplo em quartzitos.

Em qualquer das situações, convém recordar que uma “falha” não é uma única superfície de rotura, mas um corredor ou uma faixa de deformação, composta por uma geometria mais ou menos complexa de fracturas e falhas, materiais de alteração e/ou de preenchimento secundário, entre outros.

xxx

No caso mais geral, retratado na figura 2, a falha tem um núcleo muito deformado de rocha original, brechificada a diferentes escalas, com argilas do tipo “farinha-de-falha” muito abundantes; é o designado “núcleo de falha” ou “fault core”.

De cada um dos lados do núcleo de falha, desenvolve-se uma faixa muito fracturada, que não tem denominação consagrada na terminologia portuguesa – “damage zone” – a qual referiremos como “zona de fracturação intensa”.

Por fim, envolvendo as duas zonas tectonizadas, encontra-se a rocha não deformada – “host rock” – que corresponde ao “maciço rochoso” envolvente.

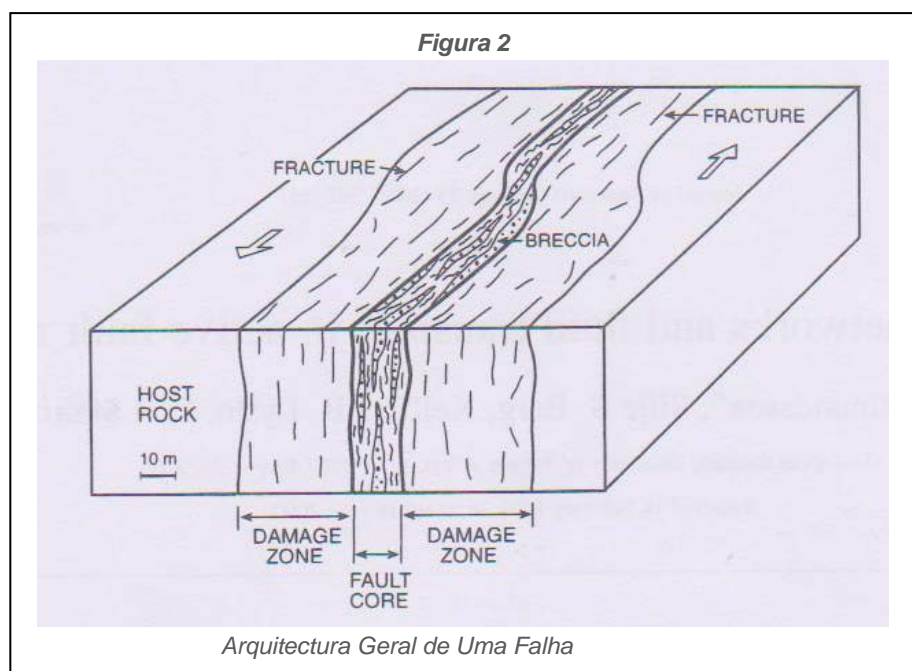


Figura 3



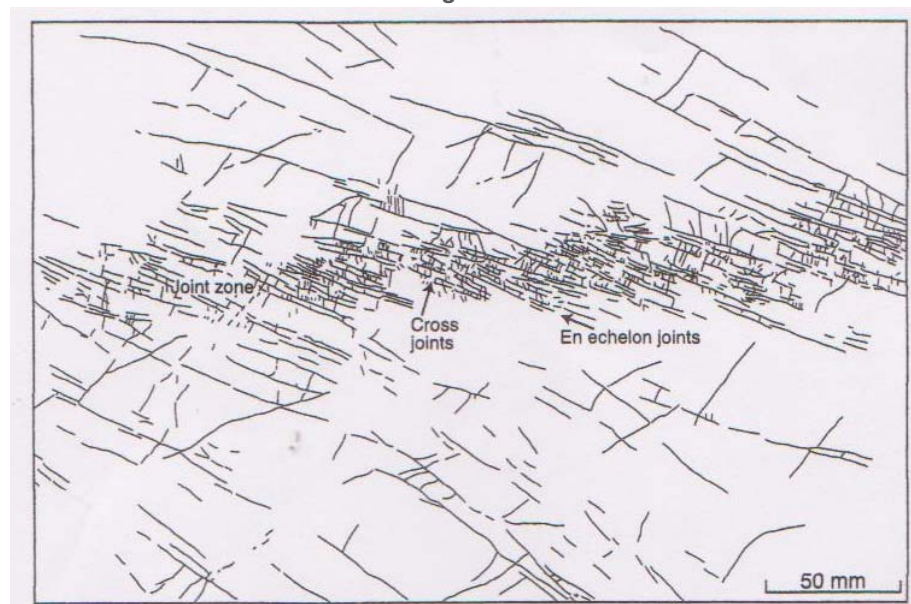
Exemplo de arquitectura geral de uma falha; calcários e margas da Bacia Meso-Cenozoica Algarvia.

A figura 3, é um exemplo real desenvolvido em rochas calcárias e margosas da Bacia Algarvia que, geométrica e estruturalmente, se aproxima da arquitectura descrita: A área fotografada corresponde, praticamente ao núcleo da falha; apenas as litologias calcárias do canto direito da imagem, pertencem à zona de fracturação intensa.

A figura 4, apresenta o padrão de médias e microfracturas, identificado numa rocha muito competente (frágil) e praticamente imune à alteração. Verifica-se uma clara identidade entre as orientações das duas principais famílias de fracturas, dentro e em torno do “corredor” de falha.

A figura 5, ilustra uma situação próxima da arquitectura descrita, desenvolvida em grés siliciosos muito compactos.

Figura 4



Arquitectura de uma falha em rocha competente, não alterada.

Figura 5



*Exemplo de arquitectura de uma falha em rocha competente. Não alterada.*

#### 9.4.4 Estudo da fracturação em afloramento

Este estudo abarca áreas de rocha exposta, mais amplas do que as analisadas e descritas nas “estações de observação”, referidas no **ponto 9.4.2**.

Reveste-se de um interesse particular, o estudo de afloramentos próximos de falhas porque, habitualmente, os núcleos destas estruturas estão argilizados e/ou arenizados, fixando vegetação densa que impede a observação.

Em afloramento, procede-se à medição sistemática de atitudes, direcção e inclinação das superfícies, comprimento, abertura e natureza dos preenchimentos. A medição pode fazer-se em área, ou ao longo de linhas de orientação pré-definida.

Os resultados podem apresentar-se de diferentes formas, sendo mais utilizadas, a técnica de projecção estereográfica e os diagramas de roseta. Ambas consistem na aplicação de métodos estatísticos ao estudo da fracturação.

Integrando os resultados às escalas meso e megascópica, respectivamente, em afloramento e à escala regional, definem-se famílias dominantes de fracturas, cujo papel hidrogeológico no âmbito das zonas de circulação e descarga dos sistemas hidrominerais, será posteriormente avaliado.



## 9.5 Estudos Geofísicos

### 9.5.1 Utilidade e aplicação

A geofísica aplicada é uma ferramenta de prospecção hidrogeológica, envolve várias técnicas e é muito útil na identificação da constituição e geometria do subsolo.

Contudo, deve sublinhar-se que a vocação e a capacidade da geofísica aplicada, é mais no sentido de reforçar ou refutar hipóteses ou modelos propostos pelos geólogos, do que estabelecê-los.

O uso destas técnicas em prospecção de rochas fracturadas, é requisitado pelos geólogos na confirmação, esclarecimento ou aprofundamento das seguintes parâmetros geométricos:

- Posição rigorosa de falhas, seu desenvolvimento em profundidade e deslocamento dos blocos rochosos;
- Morfologia de falhas e diversos corpos geológicos, incluindo filões;
- Localização e delimitação de corpos geológicos muito alterados;
- Detecção de outras falhas, de zonas fracturadas e de contactos geológicos.

Em situações especiais, é possível extrair dos estudos geofísicos, informação sobre a ocorrência e distribuição espacial de água mineral muito mineralizada.

### 9.5.2 Organização e desenvolvimento dos trabalhos

Uma campanha geofísica, integrando um programa de prospecção hidrogeológica, deve obedecer a uma sequência lógica de operações:

- a) Apresentação e definição dos problemas geológicos e hidrogeológicos a resolver, de forma clara e precisa;
- b) Escolha do método, ou métodos, mais adequados;
- c) Programação dos trabalhos de campo;
- d) Realização dos trabalhos de campo;
- e) Interpretação dos dados e resultados apurados.

Na primeira fase dos trabalhos – apresentação do problema – o Hidrogeólogo fornece ao Geofísico a informação que possui sobre litologias, estruturas e tipologias de águas subterrâneas presentes, ou susceptíveis de existirem no subsolo, e define as questões que pretende confirmar, esclarecer ou aprofundar.

A profundidade de investigação e a resolução dos métodos aplicáveis, devem ser objecto de discussão aberta entre Hidrogeólogo e Geofísico.

A escolha do método e técnicas de estudo, a programação e a realização dos trabalhos de campo, são da responsabilidade do Geofísico, e respectiva equipa.

A interpretação dos dados e resultados é feita, numa primeira fase e sem introdução de preconceitos, pelo Geofísico. Todos os elementos, dados e interpretações, são incluídos num relatório final, que é entregue ao Hidrogeólogo coordenador do programa. A este compete, em primeira instância, verificar o acerto ou incompatibilidade com os dados e modelos geológicos previamente estabelecidos.

A contribuição da Geofísica para o programa de prospecção, não deve terminar por aqui. É indispensável, proceder ao melhor encontro de interpretações e actualizar os modelos geológicos e hidrogeológicos, da maneira mais completa e robusta possível.

### 9.5.3 Métodos e técnicas de prospecção geofísica

A abordagem deste tema é feita de forma resumida. O subscritor, encontrou num trabalho de **JUAN PLATA TORRES** (2000), a sua principal referência.

São muitos os métodos e técnicas geofísicas que podem ser utilizados em benefício da hidrogeologia. A quase totalidade, baseia-se no estudo de uma determinada propriedade física das rochas, devendo destacar-se os métodos sísmicos, geoeléctricos, electromagnéticos, magnéticos e gravimétricos.

Estes métodos podem ser aplicados isoladamente, ou de forma combinada. Frequentemente, vários métodos podem ser aplicados à resolução do mesmo problema: a sua selecção dependerá do contexto, de factores económicos, da disponibilidade de técnicos competentes e de equipamentos, entre outros factores.

Na escolha do método geofísico deve dar-se maior relevo às suas limitações do que às suas virtudes. As limitações mais frequentes, podem decorrer das bases do próprio método, da profundidade de investigação, da resolução do método e da topografia do terreno.

### 9.5.4 Métodos geoeléctricos: técnicas mais utilizadas

Estes métodos são os mais aplicados na prospecção hidrogeológica, por várias razões: são de aplicação rápida e relativamente simples, permitem o controlo da qualidade dos dados no terreno, possibilitam uma interpretação imediata no campo e atingem boas profundidades de investigação, sempre que se verifiquem condições topográficas e de espaço favoráveis.

A relação preço/qualidade é muito vantajosa, em relação à maioria das alternativas de prospecção geofísica.

As técnicas geoeléctricas mais utilizadas, em rochas fracturadas, são:

- a) Sondagens eléctricas verticais (SEV);
- b) Perfis de resistividade aparente;
- c) Dispositivos do tipo “rectângulo”;

De forma simplificada, o procedimento geral em qualquer das técnicas, consiste na injeção de corrente eléctrica à superfície do terreno, em dois pontos de emissão (A e B) e leitura do potencial eléctrico de chegada a dois receptores (M e N), colocados em linha com os emissores.

Pelo facto de o subsolo ser constituído por diversas litologias, o potencial medido em cada ponto de recepção, é uma espécie de “média de um certo volume rochoso”, daí que a resistividade resultante seja designada “resistividade aparente”.

O potencial eléctrico depende da resistividade do meio em estudo, da natureza e estado de alteração das rochas, da presença de água de determinadas características, entre outros factores.

Existem diversas combinações de injeção-recepção de corrente eléctrica, designadas “dispositivos”.

### Sondagens Eléctricas Verticais (SEV)

Fornecem resultados da constituição geológica do subsolo, na “vertical” de um ponto localizado à superfície. Apresentam várias limitações, uma vez que os programas utilizados na sua interpretação são concebidos para identificar terrenos estratificados de muito fraca inclinação.

Deste facto decorre a menor vocação desta técnica na detecção directa de falhas, zonas fracturadas e contactos geológicos.

A aplicação da técnica na determinação da espessura de alteração de rochas plutónicas (granitos e congéneres), metassedimentares e metamórficas, ou na possança de depósitos de cobertura é frequente, e permite definir os espaçamentos mínimos de AB, para os perfis de resistividade aparente e dispositivos rectângulo, habitualmente usados a jusante desta técnica.

De uma forma indirecta, quando usadas em bateria e com espaçamento reduzido, podem permitir, em casos especiais, a inferência de falhas através de variações bruscas e acentuadas da morfologia do substrato rochoso.

Esta técnica requer, quase sempre, um modelo inicial aproximado, para que as convergências para o modelo final se produzam com pouco erro.

### Perfis de Resistividade Aparente

Os dispositivos mais utilizados são os dipolo-dipolo e pólo-dipolo, o primeiro com boa cobertura à superfície, e o segundo com maior capacidade de penetração.

A apresentação dos resultados é normalmente feita em perfil de resistividades eléctricas, após o seu processamento com softwares adequados.

Com esta técnica, podem identificar-se e delimitar-se, estruturas de falha (com diferentes inclinações), zonas de alteração, massas rochosas de resistividade muito contrastante, e as respectivas morfologias.

Em casos muito particulares onde haja, à partida, um melhor conhecimento geológico e a ocorrência de águas muito mineralizadas, podem identificar-se com acerto, a posição de estruturas circuladas e de bolsas de acumulação de água mineral natural.

### Dispositivos do Tipo Rectângulo

Esta técnica fornece um mapa de resistividades aparentes, cobrindo uma determinada área rectangular, podendo fazê-lo a diferentes profundidades, variando para o efeito, o afastamento dos pontos A e B, de injeção de corrente eléctrica.

No mapa de resistividades aparentes, podem definir-se alinhamentos de anomalias de baixo ou alto valor, indiciadoras de estruturas lineares notáveis.

As profundidades de investigação devem ser orientadas por SEV ou por perfis de resistividade aparente.

A informação obtida a duas ou mais profundidades, é particularmente útil na determinação da continuidade, morfologia e inclinação de falhas, filões e contactos geológicos.

### 9.5.5 O caso de estudo apresentado no ponto 9.4.2: água mineral gaso-carbónica no norte de Portugal

Retomando o que foi escrito, atrás:

Para o mapa da **figura 1.1**, lançaram-se os principais lineamentos da foto-interpretação, efectuada em gabinete.

A geologia foi retirada, e simplificada, da Carta Geológica à escala 1/50 000. Nesta carta não estão assinaladas falhas ou fracturas.

Os pontos de água mineral natural gaso-carbónica, ou com componente assinalável deste recurso – nascentes tradicionais, furos, poços e zonas de emergência difusa de água mineral, foram recuperados de uma campanha de prospecção, pesquisa e captação, anteriormente realizada, confirmados e actualizados em reconhecimentos de campo.

Na transposição de lineamentos das fotografias para a carta topográfica são inevitáveis erros, da ordem de 20 a 30 metros. No campo, só algumas falhas (faixas de terreno de largura variável, podendo esta ser inferior ao erro referido antes) são observáveis, e quando o são, é raro situarem-se nos terrenos disponíveis para realização de furos de pesquisa.

Foi esta a situação encontrada. Contudo, nas áreas de afloramentos graníticos, foi possível confirmar que a maioria dos lineamentos fotointerpretados correspondem a fracturas.

Neste caso de estudo, acresce outra dificuldade: A área disponível para a realização de pesquisas mecânicas, situa-se em terrenos aluvionares e alteritos sobrepostos ao granito local.

Dados os constrangimentos referidos, foi decidido proceder a estudos geofísicos de superfície: dois perfis de resistividade aparente, aproximadamente perpendiculares às duas famílias de fracturação dominantes – NNE-SSW e WNW-ESE e dois dispositivos rectângulo, a diferentes profundidades (figuras 1.2 e 1.3). A área abrangida pelo estudo é muito ampla, aplanada e de fraco coberto vegetal, proporcionando excelentes condições de trabalho.

Após a realização dos trabalhos de campo, foram assinalados pontos de referência, com recurso a estacas e tomadas as respectivas coordenadas, por GPS.

#### Interpretação de resultados

No mapa de resistividades aparentes da figura 1.b estão assinalados os lineamentos L1, L2, L3 e L4, importados da fotointerpretação, a sujeitar a confirmação ou despiste.

Os alinhamentos de baixa resistividade, revelam duas estruturas “lineares”, provavelmente falhas (F1 e F4), com orientação NNE-SSW, mas desfasadas no espaço, mais de 50 metros relativamente ao traço do L1, de igual orientação (figura 1.2).

Uma terceira estrutura, de orientação NNW-SSE, situada no canto superior direito do mapa, pode corresponder a uma falha, mas não foi possível confirmar a seu prolongamento em profundidade (perfil da figura 1.3). A existir, esta falha pertencerá à família de fracturas NNW-SSE, como a L2 (figura 1.2), guardando dela, um afastamento significativo.

As eventuais falhas WNW-ESE, identificadas e confirmadas em estudos anteriores, em áreas mais a sul (junto às emergências tradicionais), não parecem estar presentes na área levantada. Pelo contrário, o alinhamento de manchas de baixa resistividade sugere a existência de uma estrutura de falha, com orientação ENE-WSW (Falha F3; figura 1.2).

No perfil de resistividade W-E, confirmou-se a existência das falhas F4 e F1, eventualmente da Falha F2. As falhas F1 e F4, são inclinadas, em sentidos opostos (figura 1.3).

Como acontece em quase todas as situações, nestes aquíferos de água gaso-carbónica natural, colocam-se dúvidas à interpretação do significado hidrogeológico das anomalias: As caixas de falha apresentam na maioria dos casos uma arquitectura segundo o modelo geral – **ponto 9.4.3** e figuras 2 e 3.

A assinatura geoelectrica do núcleo argiloso das falhas é compatível com a gama de resistividades observadas, mas as zonas envolventes próximas de fracturação intensa e alguma argilização (“damage zones”), saturadas de água mineral muito mineralizada, não se distinguem facilmente.

A inclinação das estruturas de falha, F1 e F4, facilita o atravessamento com sondagens verticais, que comparativamente às pesquisas inclinadas são mais fáceis de estabilizar, nas zonas argilosas e/ou fortemente fracturadas.

As zonas de cruzamento de falhas, são entendidas como as mais favoráveis à ocorrência e circulação de água mineral. Nas condições concretas da área estudada, a definição do corredor da falha F1, tanto à superfície, como em profundidade, pareceu-nos mais interessante. Na decisão, pesou também o facto da espessura de alteritos muito argilosos, ser maior neste sector da área estudada, conferindo maior protecção ao recurso.

A localização da sondagem de pesquisa é a que se indica na figura 1.2, e o desenvolvimento vertical da perfuração está ilustrada na figura 1.3. A sondagem foi realizada com o propósito de intersectar água mineral natural, a uma profundidade superior a 150 metros, isto é, a muro do núcleo da falha F1, na previsível zona de fracturação intensa.

Efectivamente, às profundidades de 140, 165 e 175 metros, foi intersectada água mineral natural, em caudais e mineralização interessantes para a transformação da pesquisa em captação.

#### **9.5.6 Outros métodos e sua aplicação em hidrogeologia**

Métodos sísmicos: a técnica de refracção é utilizada na determinação quantitativa de rejeitos de falha, cartografia de rocha firme e de formações desagregadas de cobertura; a sísmica de reflexão, é pouco utilizada em hidrogeologia, mas é uma boa ferramenta de investigação de estruturas geológicas profundas;

Em ambientes calcários, a prospecção sísmica pode dar bons resultados na separação de zonas carsificadas, dentro de grandes massas rochosas, compactas;

Métodos electromagnéticos: localização de zonas alteradas e de zonas fracturadas; o VLF dá bons resultados na identificação e posicionamento de falhas, mas tem fraca penetração;

Métodos gravimétricos: determinação da posição e rejeito de falhas, e outras aplicações na decifração da geometria e morfologia, sempre que haja contrastes de densidade, entre corpos ou estruturas geológicas;

Métodos magnéticos: utilizados em maciços cristalinos e formações metamórficas; podem ter valor hidrogeológico, de forma indirecta, pela capacidade de identificar estruturas geológicas, nomeadamente, falhas e filões.

**10.****MODELO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL NA ZONA DE DESCARGA**

A construção deste modelo, faz-se a partir da análise integrada de todos os dados recolhidos: obrigatoriamente, os de natureza geológica, geomorfológica, estrutural e, desejavelmente, os de âmbito geofísico.

Contribuem para a definição e descrição do modelo, os seguintes temas:

Geologia: cartografia de unidades e de estruturas geológicas visíveis à superfície; no caso de rochas foliadas, estratificação, xistosidade e fracturação à escala do afloramento; em presença de rochas eruptivas, a fracturação, também à escala do afloramento;

Geomorfologia: identificação do padrão de drenagem superficial dominante, de escarpas, de cristas ou depressões notáveis;

Geologia estrutural: lançamento em mapa de escala adequada (1/2000 a 1/10 000), ou noutra base de apresentação final de resultados, das falhas e fracturas de grande extensão, cartografadas a partir de observações de superfície;

Geofísica: lançamento em mapa de novas estruturas de fracturação, reveladas com técnicas geofísicas; apresentação de perfis geofísicos, onde constarão espessuras de alteração, posição, morfologia, largura e inclinação de falhas em profundidade, entre outras estruturas e corpos geológicos. Pode ser interessante avaliar a fiabilidade dos perfis geofísicos ou, de certo modo, calibrá-los, com dados geológicos, estruturais e hidrogeológicos recolhidos em furos de pesquisa ou de captação, já existentes.

Para além do referido, o modelo deve informar sobre as aberturas e preenchimentos das fracturas, a textura e composição de litologias e alteritos e a arquitectura das falhas.

Resulta claro, que na maioria dos casos só se consegue reunir parte desta informação, considerada de interesse hidrogeológico.

xxx

***A apresentação do modelo deve ser feita num mapa global, em escala adequada e georeferenciado.***

A georeferenciação, assegura a implantação correcta dos elementos colhidos no campo, com coordenadas adquiridas por GPS, a situação inversa de obtenção das coordenadas correctas de pontos situados no mapa, o tratamento individual ou cruzado, dos parâmetros de interesse, além de possibilitar a actualização do mapa, em qualquer altura.

Este mapa deve ser complementado com perfis geológicos elaborados a partir dos dados geológico-estruturais de superfície, cruzados e pormenorizados com os dados geofísicos.

## 11.

**MODELO HIDROGEOLÓGICO NA ZONA DE DESCARGA**

Na definição do modelo de funcionamento hidrogeológico da zona de descarga, importa ter uma boa interpretação do modelo conceptual de fluxo no seu todo, que inclua as zonas de recarga e de percolação da água mineral natural, em circuito longo e profundo.

Podem ocorrer, fundamentalmente, dois tipos de situações:

**a)** A estrutura geológica que enquadra o sistema aquífero é perfeitamente identificável e as formações aquíferas confinadas por impermeáveis, desde a área de recarga, até à zona de descarga do sistema hidromineral.

Nestas condições, a circulação de água mineral natural, faz-se numa rede densa de fracturas, com elevado grau de intercomunicação, conferindo ao sistema uma continuidade e “isotropia” (em grande) pouco comum em rochas cristalinas; enquadram-se neste modelo, alguns sistemas hidrominerais instalados em rochas quartzíticas;

**b)** O sistema aquífero está limitado a estruturas anisotrópicas notáveis, nomeadamente a corredores de fracturação ou de falha. Esta é a situação mais comum, ocorrendo frequentemente em maciços graníticos, mas também em xistos siliciosos e outras litofácies.

Na situação b), convergem para a área das emergências naturais vários sistemas de fracturas, ou falhas. Se dois ou mais destes sistemas, conduzirem a áreas suficientemente amplas, em altitude, reunindo condições para funcionarem como áreas de recarga do sistema aquífero, instala-se a dúvida sobre a proveniência da água mineral natural. Em contextos especiais esta dúvida pode ser desfeita, através das assinaturas isotópicas da água mineral natural. Não vem ao caso, aprofundar este tema.

Adicionando ao modelo geológico-estrutural a distribuição espacial das emergências hidrominerais, e de eventuais estruturas ou bolsas de água mineral natural no subsolo, define-se e propõe-se um modelo hidrogeológico da zona de descarga de água mineral natural.

A validação ou reformulação dos modelos, só será feita através dos resultados das sondagens de pesquisa mecânica.

xxx

Pela sua importância, valerá a pena apresentar algumas considerações sobre o papel hidrogeológico das falhas, filões, contactos geológicos e zonas de alteração.

O papel das falhas pode ser complexo, decorrendo do que foi escrito a propósito da arquitectura de falhas, no **ponto 9.4.3**. Resumindo, é de esperar um comportamento colector e condutor de fluxo, na designada “zona de fracturação intensa”, que margina o núcleo das falhas. Este, por sua vez, constitui uma barreira, descontínua o mais das vezes, ao fluxo hídrico subterrâneo.

O papel das falhas pouco inclinadas ou de extensas diaclases de descompressão local, não pode ser ignorado. São conhecidos casos, em que estas estruturas funcionam como colectores de água mineral natural, que ascende em fracturas e falhas subverticais.

Os filões podem ter comportamentos opostos, em função da sua composição, competência, fracturação e estado de alteração. De um modo geral, os filões de quartzo e os filões “ácidos”, em estado são e com fracturação assinalável, constituem condutas e colectores de água

subterrânea. Os filões de composição “básica”, mais susceptíveis à alteração, tendem a funcionar como barreiras, sendo determinante o grau de fracturação e alteração.

Os contactos geológicos apresentam características comparáveis às das falhas, no sentido em que podem funcionar, como condutas, barreiras, ou de forma mista.

Estas zonas de contacto são, fundamentalmente, de dois tipos: normais ou por falha. Umas e outras, quando separam maciços rochosos de permeabilidades muito diferentes, funcionam como barreiras ao fluxo de água, determinando pontos ou frentes de emergência de água mineral, sendo indispensável conhecer a geometria e inclinação da superfície separadora, para implantar correctamente as sondagens de pesquisa.

Os contactos por falha, mesmo os que não separam litologias de distintas permeabilidades, podem ter associada uma faixa de fracturação que favorece a acumulação e circulação de água subterrânea. Contudo, em determinadas litologias, tem-se verificado que esta faixa se apresenta muito alterada e argilizada, constituindo uma barreira hidrogeológica. Ainda assim, qualquer uma das zonas envolventes, pode apresentar condições de circulação, com vantagem para a que seja favorecida pelo sentido de escoamento subterrâneo.

xxx

***A apresentação do modelo hidrogeológico, é feita sobre versão simplificada do mapa e dos perfis geológico-estruturais, com lançamento dos elementos e parâmetros hidrogeológicos*** referentes à água mineral natural e à água comum, quando esta guarda alguma relação hidrogeológica com a água mineral natural, o que muitas vezes se verifica.

## 12.

### IMPLANTAÇÃO DA SONDAGEM DE PESQUISA E EVENTUAL CAPTAÇÃO

Sobre o mapa hidrogeológico da zona de descarga, seleccionam-se alguns locais favoráveis à implantação das sondagens de pesquisa, ordenados de acordo com as expectativas de captação, por exemplo, como “Prioridade 1”, “Prioridade 2”, até ao último local considerado interessante.

Na selecção de locais, devem privilegiar-se as seguintes estruturas e particularidades geológicas:

- Falhas e fracturas de grande extensão, privilegiando as zonas de maior fracturação e menor alteração pelítica (“zonas de fracturação intensa”); as fracturas menores, que muitas vezes se identificam na proximidade das emergências, condicionam a circulação local de água mineral natural, mas não são relevantes, porque o que se pretende é intersectar as estruturas de ascensão, a maior profundidade;
- Orientação favorável das falhas e fracturas, face ao campo de tensões actual; são mais interessantes as estruturas que guardam maiores ângulos com a direcção de tracção, ou com o tensor de compressão mínima;
- Locais de intersecção de falhas e grandes fracturas, subverticais;
- Filões competentes e fracturados, ou zonas de encosto a filões- barreira;
- Contactos geológicos do tipo tectónico;



- Falhas de caixa larga, bem definidas em profundidade; podem ocorrer grandes bolsas de água mineral natural, resultantes de processos de acumulação milenares, aparentemente interessantes, mas que o não são, porque a alimentação profunda é insuficiente;
- Zonas de maior espessura de rocha-de-cobertura (cape-rock), pouco permeável.
- Relação espacial favorável relativamente a aquíferos não-minerais.

xxx

Na prática, nem sempre é possível seguir a ordem de prioridades estabelecida para os locais de implantação de sondagens de pesquisa.

As condicionantes que se observam com maior frequência, prendem-se com acessibilidades para máquinas de perfuração adequadas às necessidades dos programas de pesquisa, disponibilidade de terrenos, envolvente ambiental e vulnerabilidade e risco das eventuais captações a fenómenos de inundação.

Para locais com o mesmo potencial de captação, devem privilegiar-se os que melhor se enquadrem com a localização da futura unidade de engarrafamento e que envolvam menores custos energéticos na elevação da água até aos depósitos de abastecimento, entre outros factores.

### 13.

---

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Resulta óbvio, que o sucesso de um programa de prospecção, pesquisa e captação de Água Mineral Natural ou de Água de Nascente, pode ficar definitivamente comprometido se a implantação das sondagens mecânicas não for correcta.

Os estudos, operações e trabalhos de prospecção hidrogeológica que fundamentam a escolha de locais, devem ser assegurados por técnicos e cientistas, competentes e especializados nas áreas da Geologia, Geologia Estrutural e Geofísica.

Ao hidrogeólogo coordenador do programa de prospecção, compete definir, de forma objectiva e correcta, o tipo e sequência dos trabalhos, e a requisição de especialistas nas áreas que entenda indispensáveis para o sucesso da empresa.

Nenhum programa de prospecção oferece garantia plena de sucesso, na implantação de uma sondagem de pesquisa e eventual captação. Todavia, é certo que contribui para reduzir o risco de insucesso, e por consequência, o risco do investimento.

A boa definição de modelos geológico-estruturais e hidrogeológicos, já permitiu, nalgumas concessões, a captação de água mineral natural em locais muito afastados das emergências tradicionais, somando novos recursos aos existentes, e contribuindo para a afirmação e valorização dos trabalhos de prospecção.

---

**BIBLIOGRAFIA**

José Martins Carvalho (2005): “Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas”; dissertação apresentada à Universidade de Aveiro – tese de doutoramento. Universidade de Aveiro, pp. 250.

Juan Plata Torres (2000): “Técnicas convencionales de geofísica de superficie aplicadas en hidrogeología”; in Olmo Alarcón, M. & Lopez Geta, J. A. (eds.) Actualidad de las técnicas geofísicas aplicadas en hidrogeología. ITGE, pp. 21-32.

# 2012

## COLECÇÃO CADERNOS TÉCNICOS

CONHEÇA TODA A COLECÇÃO DE  
CADERNOS TÉCNICOS SOBRE  
PROSPECÇÃO, PESQUISA,  
EXPLORAÇÃO E PRESERVAÇÃO  
DE ÁGUAS MINERAIS NATURAIS E  
DE ÁGUAS DE NASCENTE

EM [WWW.APIAM.PT](http://WWW.APIAM.PT)