

26

Luís Filipe Pires Fernandes

# Hidrogeologia de dois importantes aquíferos (Cova de Lua, Sabariz) do maciço polimetamórfico de Bragança

SÉRIE

*Estudos*

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO

EDIÇÃO DO INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

Luís Filipe Pires Fernandes

Hidrogeologia de dois  
importantes aquíferos  
(Cova de Lua, Sabariz)  
do maciço polimetamórfico  
de Bragança

26

Luís Filipe Pires Fernandes

Hidrogeologia de dois  
importantes aquíferos  
(Cova de Lua, Sabariz)  
do maciço polimetamórfico  
de Bragança

SÉRIE

*Estudos*

EDIÇÃO DO INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

---

Título: Hidrogeologia de dois Importantes Aquíferos (Sabariz/Cova de Lua)  
do Maciço Polimetamórfico de Bragança

Autor: Luís Filipe Pires Fernandes

Edição: Instituto Politécnico de Bragança · 1996

Apartado 38 · 5300 Bragança · Portugal

Telefones: (073) 331 570 · 331 976 · 330 3200 · Telefax (073) 25 405

Quinta de Sta. Apolónia · Apartado 38 · 5300 BRAGANÇA · Portugal

Execução: Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança

(grafismo e paginação: Atilano Suarez, montagem: Maria de Jesus;  
impressão: António Cruz; acabamento: Isaura Magalhães)

Tiragem: 500 exemplares

Depósito legal nº 73254/93

---

*Aos meus Pais*  
*À minha Esposa*  
*Aos meus Filhos*

*À memória*  
*do meu Filho*

## Nota prévia

---

Neste trabalho apresenta-se um resumo alargado de um mais vasto estudo que constituiu a dissertação apresentada à Universidade de Lisboa, em Setembro de 1992, para obtenção do grau de Mestre em Geologia Aplicada e do Ambiente, pelo autor.

A referida dissertação é composta por dois volumes, entre texto e anexos, que o leitor poderá consultar para esclarecimento de dúvidas suscitadas neste resumo ou para verificação de dados.

## Agradecimentos

---

Representando este estudo quase três anos de intenso trabalho, a sua conclusão não teria sido possível sem a ajuda, a franca compreensão e o empenhamento de algumas pessoas e entidades a quem não poderia deixar de exprimir bem viva e indelévelmente os meus agradecimentos.

Assim, para o Prof. Doutor Manuel Oliveira da Silva, a minha primeira palavra de gratidão, não só pela forma amigável como sempre me aconselhou no norteamento deste trabalho, senão também pelo empenho e disponibilidade sempre demonstradas quando, não raras vezes alguns escolhos me foram saltando pelas veredas da investigação. De resto, à sua impoluta idoneidade científica se deve também a sugestão de um tema, para mim, tão gratificante, quanto o foi o facto de com ele trabalhar.

Aos presidentes das Comissões Instaladoras, seja do Instituto Politécnico de Bragança, Prof. Doutor Dionísio Gonçalves, seja da Escola Superior de Educação, Dr. Arménio do Espírito Santo, seja ainda da Escola Superior Agrária, Prof. Doutor Francisco Cepeda, cabe um profundo e reconhecido agradecimento pelas facilidades concedidas e pela aberta compreensão sempre demonstradas quando a eles tive de recorrer para que este trabalho

tivesse sido possível e sem o empenhamento dos quais teria saído, estou convicto, sériamente comprometido.

À Câmara Municipal de Bragança, em especial ao seu Presidente, Dr. Luís Mina, um grato muito obrigado pela forma como desde o primeiro contacto, se interessou e pela ampla compreensão demonstrada para que este trabalho tivesse sido possível.

Ao Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa queria agradecer todas as facilidades concedidas, e apoio prestado quer durante o curso de Mestrado, quer durante o tempo de realização desta dissertação.

Ao Prof. Doutor C. A. Costa Almeida, agradeço a sua pronta disponibilidade, com que sempre me atendeu, em pedidos radicados na elucidação das várias questões ligadas à informática.

Ao Dr. Carlos Meireles, dos Serviços Geológicos de Portugal, também um agradecimento pela sua franca e amigável ajuda na compreensão e esclarecimento de muitos problemas relacionados com a geologia da região em estudo.

Ao Sr. Amílcar Morais, responsável técnico do Laboratório de Ciências da Natureza, da E.S.E.B., queria vivamente agradecer a sempre amável prontidão, muitas vezes abnegada, com que comigo se dedicou à recolha de dados nos trabalhos de campo.

À Sr<sup>a</sup> Eng<sup>a</sup>. Letícia Fernandes, bem como à sua equipa do laboratório de Microbiologia, da E.S.A.B., apraz-me manifestar o meu indelével agradecimento, pela prontidão e disponibilidade sempre manifestadas no que diz respeito à realização das análises bacteriológicas das águas.

Para a D<sup>a</sup> Isa, do Laboratório de Águas do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, um sentido muito obrigado pela realização das análises químicas das águas.

A todos os colegas da área de Ciências da Natureza, não poderia deixar de agradecer a amizade, camaradagem, colaboração desinteressada e apoio sempre manifestado, durante o tempo em que decorreu este estudo, não raras vezes com abnegados sacrifícios que jamais esquecerei

Ao INIC agradeço a concessão de uma bolsa de mestrado.

Ao Paulo Costa e ao Atilano Suarez agradeço todo o apoio prestado na dactilografia e arranjo gráfico, assim como ao José Carlos agradeço a sua constante disponibilidade.

A todos os anónimos amigos, cuja listagem seria fastidioso

aqui mencionar que, nas mais diversas e adversas circunstâncias,  
pela palavra oportuna com que sempre souberam fazer ressumar  
estímulo com vista a que este trabalho viesse a lume,  
o meu muito obrigado.

*Os recursos de águas doces não são inesgotáveis.  
É indispensável preservá-los, administrá-los e,  
se possível, aumentá-los.*

*Princípio II da Carta Europeia da Água*

# Índice

---

Nota prévia _____	6
Agradecimentos _____	7
Resumo _____	13
Resumé _____	14
Abstract _____	15
Introdução e objectivos do trabalho _____	17
Localização das áreas em estudo _____	18
Geomorfologia / Geologia _____	19
As Grandes Unidades Geológicas do Noroeste da Península Ibérica. _____	20
Geologia Geral do Maciço de Bragança _____	20
Descrição das áreas em estudo _____	23
Bacia de Sabariz _____	23
Bacia de Cova de Lua _____	26
Caracterização do Clima de Trás-os-Montes Interior _____	31
Classificação Climática _____	32
Balanço hídrico ao nível do solo _____	34
Hidrogeologia _____	35

Algumas considerações _____	35
Apontamento histórico	
do abastecimento de água a Bragança _____	39
Abastecimento inicial _____	39
Abastecimento por fontanários _____	39
Abastecimento domiciliário (transporte por gravidade) _____	39
Abastecimento domiciliário (transporte por elevação) _____	39
Rochas Fissuradas _____	40
Hidrogeologia da Bacia de Sabariz _____	43
Curvas de esgotamento das nascentes _____	44
Modelo hidrogeológico conceptual para a bacia de Sabariz _____	52
Hidrogeologia da Bacia de Cova de Lua _____	52
Controle hidrogeológico _____	54
Ensaio de bombeamento _____	54
Caracterização Hidrogeoquímica _____	57
Bacia de Sabariz _____	57
Bacia de Cova de Lua _____	59
Características Físico-químicas _____	60
Temperatura _____	60
Condutividade e Resíduo Seco _____	61
Características Químicas _____	62
pH _____	62
Catiões _____	63
Aniões _____	64
Sílica _____	67
Qualidade das águas para uso agrícola _____	68
Qualidade das águas para consumo humano _____	68
Controle bacteriológico _____	69
Especiação das análises _____	69
Recursos Hídricos Subterrâneos _____	72
Infiltração _____	72
Bacia de Cova de Lua _____	72
Bacia de Sabariz _____	74
Cálculos dos Recursos _____	75
Conclusões e recomendações _____	77
Bibliografia _____	81

# Hidrogeologia de dois importantes aquíferos (Cova de Lua, Sabariz) do maciço polimetamórfico de Bragança

## Resumo

---

Procedeu-se neste trabalho, ao estudo hidrogeológico de dois locais, de onde se efectua actualmente a maior parte do abastecimento de água a Bragança.

Foram analisadas as situações Geomorfológicas, Geológico/Tectónicas e Climatológicas da região.

Na componente Hidrogeológica foi analisado o modo de circulação da água nos diferentes ambientes Geológicos encontrados nas duas bacias em estudo. Na bacia de Sabariz, foram mantidas sob controle durante o ano de 1991, as captações ali existentes, o que nos permitiu obter as suas curvas de esgotamento, durante um longo período sem infiltração profunda. Os ensaios de caudal realizados nos furos de Cova de Lua, permitiram-nos obter alguns parâmetros hidráulicos, que contribuíram para a caracterização do aquífero.

Calculámos a infiltração para as duas bacias, com a qual estimámos os recursos hídricos subterrâneos.

No estudo hidroquímico mantivemos sob controle durante o ano de 1991, entre 8 e 10 pontos de água, com o intuito de caracterizar as águas em questão e observar a evolução dos seus componentes Físico/Químicos e Bacteriológicos ao longo do ano.

Foi também abordada a possibilidade da recarga artificial do aquífero de Cova de Lua, a partir do rio Baceiro, que resultaria numa razoável melhoria da rentabilidade do actual sistema de abastecimento de água a Bragança, principalmente nos meses críticos de verão.

## Resumé

---

On a procédé dans ce travail à l'étude hydrogéologique de deux endroits où de nos jours est effectuée la plus grande partie de l'approvisionnement d'eau à Bragança (Sabariz et Cova da Lua).

Les conditions Géomorphologiques, Géologique/Téctoniques, et Climatologiques de la région ont été analysées.

Dans la composante Hydrogéologique le forme de circulation de l'eau fut analysée dans les différents ambients Géologiques trouvés dans les deux bassins étudiés. Au bassin de Sabariz les captations existantes ont été maintenues sous contrôle pendant l'année de 1991, ce qui nous a permis d'obtenir les courbes d'écoulement, pendant une longue période sans infiltration profonde. Les essais de torrent réalisés dans les ouvertures de Cova de Lua nous ont permis d'obtenir quelques paramètres hydrauliques, qui ont contribué à la caractérisation de l'aquifère.

Nous avons calculé l'infiltration pour les deux bassins, avec laquelle nous avons estimé les ressources hydriques et souterraines.

Dans l'étude hydrochimique nous avons maintenu sous contrôle périodique, et pendant une année, entre 8 et 10 points d'eau, ce qui nous a permis de caractériser les eaux en question et observer l'évolution de leurs composantes Physiques/Chimiques et Bactériologiques au long de l'année.

La possibilité de recharge artificielle de l'aquifère de Cova de Lua, en partant du fleuve Baceiro, a aussi été abordée, ce qui aurait comme conséquence un amélioration raisonnable de la rentabilité du système actuel d'approvisionnement d'eau à Bragança, surtout dans les mois critiques de l'été.

## Abstract

---

In this work, the hydrogeological study of two locations, from which the largest part of the water supply to Bragança originates (Sabariz and Cova de Lua), has been undertaken.

The Geomorphological, Geological/Tectonical and Climatological characteristics of the region have been analysed.

In what concerns the Hydrogeological component, the form of circulation of water in the several Geological environments found in the two basins under study, has been analysed. In the Sabariz basin, the existent of captation were kept under control during the year of 1991, which has allowed us to obtain the drainage curbs during a long term without deep infiltration. The pinping tests undertaken at the holes in Cova da Lua have allowed us to obtain some hydraulic parameters, which have contributed to characterize the aquiferous.

We have calculated the infiltration for both basins, with which we have estimated the underground hydric resources.

In the hydrochemical study we have maintained under periodical control, and during a year, from 8 to 10 points of water, which has allowed us to characterize the waters under study and to observe the evolution of their Physical, Chemical and Bacteriological components throughout the year.

The possibility of artificial recharge of the aquiferous of Cova de Lua, from the river Baceiro, which would result in a reasonable improvement of the present system of water supply to Bragança, mainly during the critical summer months, has also been looked into.



## Introdução e objectivos do trabalho

---

Apesar de todo o interesse que ao longo dos tempos a Geologia da região de Trás-os-Montes Oriental tem despertado quer pela sua complexidade, quer pela sua beleza, a sua compreensão é ainda hoje, ponto de grande debate e de discórdia entre os vários cientistas. Não existe ainda uma cartografia de pormenor publicada, embora os serviços geológicos estejam a trabalhar intensamente nalgumas áreas da região.

Passando para o conhecimento hidrogeológico a situação é ainda pior, onde por exemplo no maciço de Bragança, constitui este trabalho uma primeira abordagem do tema.

Gostaríamos que este estudo não fosse de maneira nenhuma considerado como um estudo de âmbito regional em sentido lato, pois ele incide em duas pequenas bacias hidrográficas, com o comportamento hidrogeológico que consideramos de excepção dentro da região de Trás-os-Montes Oriental. Assim os dados e conclusões retirados deste estudo só deverão ser aplicados ao restante da região mediante certos critérios e sujeitos a posteriores estudos.

Assim constitui o principal objectivo deste trabalho obter dados sobre o comportamento hidrogeológico destas duas bacias que possam ajudar a Câmara Municipal de Bragança a planear o abastecimento de água domiciliária, se assim o desejarem.

Para além de aspectos meramente hidrogeológicos procurou-se que este trabalho se debruçasse sobre factos geomorfológicos,

geológico/estruturais, climáticos, hidrogeoquímicos e ambientais. Pensamos que este último aspecto relacionado com a qualidade da água será um facto muito importante a ter em consideração dentro de curto a médio prazo, visto que, a verificar-se o actual ritmo de desenvolvimento, este será um dos primeiros elementos da natureza ser afectado, atendendo à diversidade do ciclo hidrogeológico.

Outro aspecto que desde muito cedo nos motivou foi o facto de tentar verificar a viabilidade da recarga artificial do aquífero de Cova de Lua.

## Localização das áreas em estudo

As duas áreas em estudo localizam-se na sinforma NE (Parâmio-Baçal) do Maciço de Bragança, - Trás-os-Montes Oriental.

Trata-se de duas pequenas bacias hidrográficas que denominámos por Cova de Lua e Sabariz.

A primeira (Cova de Lua) tem uma área aproximada de 8,5 Km<sup>2</sup>, situa-se no limite N do maciço e engloba as aldeias de Cova de Lua e Soutelo.

A segunda bacia (Sabariz) situa-se no flanco S da Sinforma e localiza-se entre as aldeias de Oleiros e Sabariz, ocupando uma área de aproximadamente 2,5 Km<sup>2</sup>, (Fig. 1).

As duas áreas em questão são abrangidas pela folha nº 24 (Vila Verde) da carta militar de Portugal, escala 1: 25 000, dos Serviços Cartográficos do Exército.

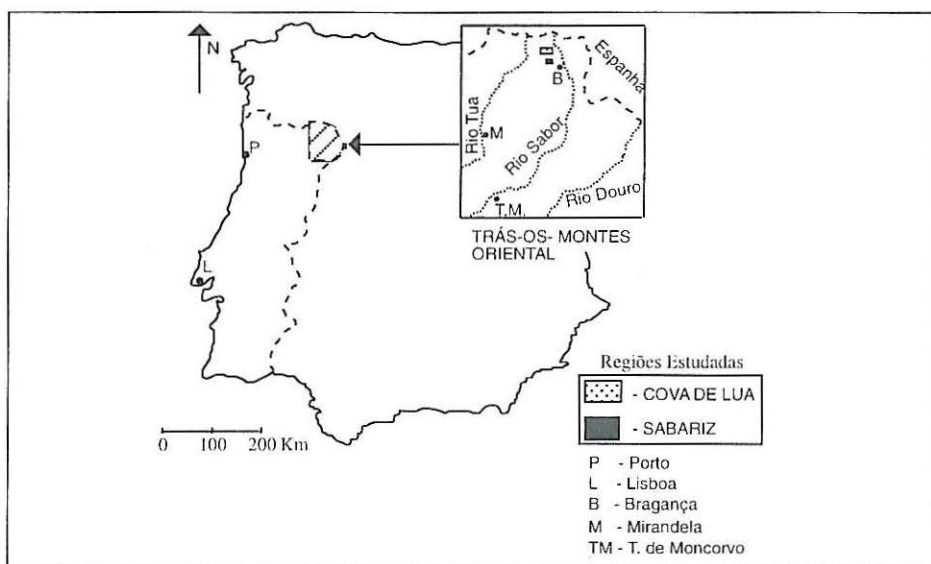


Fig. 1 - Localização das áreas em estudo.

## Geomorfologia / Geologia

---

O relevo do nordeste transmontano caracteriza-se por um extenso planalto, com altitudes médias entre os 700 e 800 m, Cabral, J.(1985), encontrando-se bem conservado, a Leste, na zona de Miranda do Douro. Esta superfície de aplanção deverá corresponder ao prolongamento, em território português, da grande superfície da Meseta Norte ou de Castela-a-Velha.

As formas morfológicas são suaves, colinas arredondadas, ocorrendo, no entanto, grandes desnivelamentos altimétricos, devido ao grande afundamento do principal sistema hidrográfico (Rio Tuela e Rio Sabor), ANTHONIOZ, P.(1972).

A Meseta Transmontana é dominada por diversas elevações, que formam relevos residuais e que estão geralmente associados a rochas quartzíticas (cristas quartzíticas), ou máficas e ultramáficas (maciço de Morais). Sobressaem também da Meseta algumas serras de fraca altitude, como: as de Montesinho (1438 m), de Nogueira (1318m), da Coroa (1117m), situadas respectivamente a NW, SW e W de Bragança e a Serra de Bornes (1.200 m) situada a S de Macedo de Cavaleiros, CABRAL J.(op.cit.).

Entre estes relevos correm rios, quase sempre em vales profundos, por vezes direitos, chegando mesmo a ser rectilíneos, o que poderá revelar influência tectónica. A rede hidrográfica torna-se densa, com a principal direcção dos cursos de água a ser NE-SW ou ENE-

WSW, ou seja uma orientação alpina ou bética, TEIXEIRA, C. (1981).

O rejeito recente de grandes acidentes com direcção aproximada NNE-SSW, deu origem a grandes depressões, como o Vale da Vilarça, as bacias de Macedo de Cavaleiros, Mirandela e Bragança.

## As Grandes Unidades Geológicas do Noroeste da Península Ibérica.

Foi Lotze em meados da década de 40 o primeiro a reconhecer a zonalidade existente na Cadeia Hercínica em termos de paleogeografia, metamorfismo, magmatismo e estilo estrutural. Com efeito, este autor definiu no NW da Península 4 zonas diferenciadas: a Zona Cantábrica, a Zona Oeste Astúrico-Leonesa, a Zona Galaico-Castelhana e a Zona Luso-Occidental Alcludiana.

E é assim que, a partir desta primeira classificação, outras várias têm sido propostas, de entre as quais se destaca, a de RIBEIRO, A. (1974), que, de NE para SW, considera, tipicamente quatro zonas: Zona Cantábrica, Zona Oeste Astúrico-Leonesa, Zona da Galiza Oriental, Sub-zona da Galiza Média-Trás-os-Montes, Zona Centro Ibérica.

## Geologia Geral do Maciço de Bragança

O Maciço de Bragança é constituído por duas sinformas com orientação NW-SE. A sinforma situada a SW (Vila Boa de Ousilhão) está separada da sinforma situada a NE (Parâmio-Baçal) por um antiforma (anticlinal de Ladeiro) onde aparecem formações do grupo centro-transmontano (fig.2).

Segundo ALTE DA VEIGA, N. (1991) e com base nos trabalhos de PORTUGAL FERREIRA, M.(1965), de ANTHONIOZ, P (1972) e de RIBEIRO, A.(1974), na **sinforma SW** estão presentes, da base para o topo:

- A - Unidade Soeira-Nogueira, constituída por rochas básicas de fácies dos xistos verdes (Unidade da Nogueira), que aflora em diversas manchas descontínuas;
- B - Anfíbolitos da Base;
- C - Anfíbolitos com granada e rochas ultrabásicas associadas, apresentando características blastomiloníticas;
- D - Gneisses e migmatitos, em afloramentos localizados, por vezes com lenticulas de Eclogitos;
- E - Granulitos.

**No maciço NE**, aparecem de dentro para fora:

- A - Uma banda descontínua de anfíbolitos da base, constituindo a zona de bordadura da maior parte da sinforma;

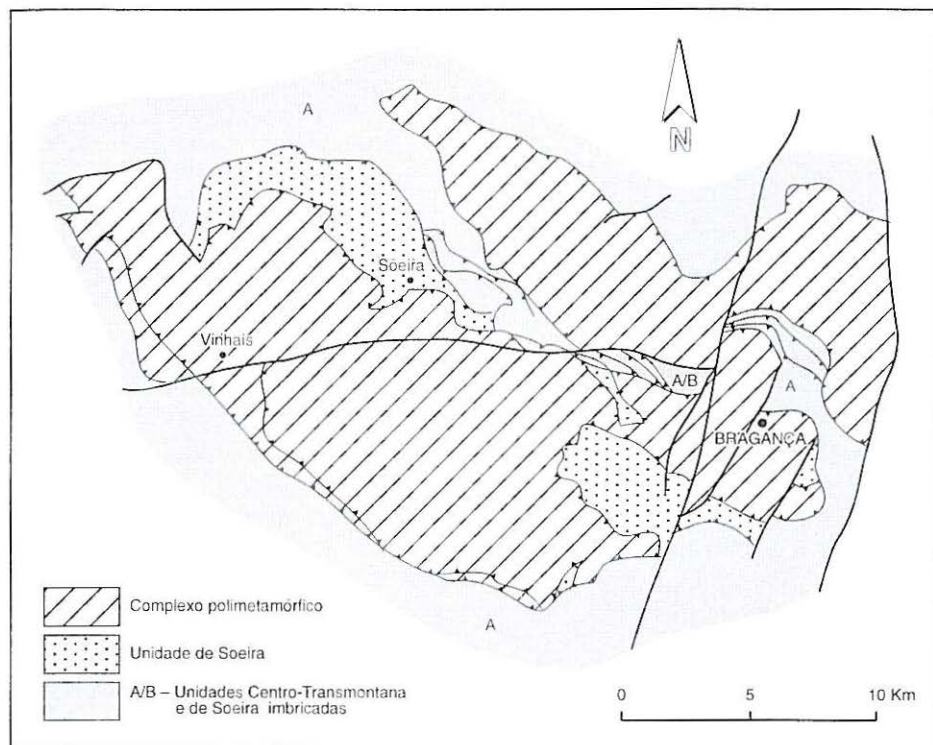


Fig. 2 – Representação esquemática da Geologia do Maciço de Bragança-Vinhais.

B - Uma unidade de gneisses e migmatitos, localmente com lenticulas de eclogitos.

C - Anfibolitos com granada mais serpentinitos do topo.

Nesta sinforma, os gnaisses afloram numa maior extensão relativamente aos anfibolitos, do que na sinforma SW.

Recentemente RIBEIRO et al., (1987), in. MARQUES, F. (1989) propuseram uma divisão do troço Hercínico Ibérico em "Terrenos" tectono-estratigráficos, dos quais destacamos para o NW peninsular:

**"Terreno" Ibérico** – englobando as zonas cantábrica, Oeste-Astúrico-Leonesa, Centro Ibérico, Ossa Morena, uma zona com semelhanças Centro-Ibérico e outra com afinidades com a zona de Ossa-Morena.

**"Terreno" ofiolítico setentrional** – inclui as rochas ofiolíticas que se encontram na base dos complexos catazonais de Galiza e de Trás-os-Montes.

**"Terreno" continental alóctone** – corresponde aos maciços catazonais de Trás-os-Montes e da Galiza.



# Descrição das áreas em estudo

---

## Bacia de Sabariz

Geomorfologicamente trata-se de uma zona aplanada, (cotas próximas dos 860 m), no centro, limitada por duas elevações maiores, a Nordeste o “Serro” com altitude máxima de 912 m, a SW o “Alto do Lombo” com altitude máxima de 956 m.

A rede de drenagem é do tipo misto, sendo uma parte angular de disposição direccional adaptada à rede de fracturas e outra dendrítica com as linhas de água da cabeceira apresentando ramificação em forma de pinça.

A maior parte dos cursos de água são efémeros, já que só existem durante ou imediatamente após os períodos de precipitação, transportando só escoamento superficial. No entanto, as duas principais linhas de água desta bacia, onde estão implantadas as captações de água para a cidade de Bragança, poderemos considerá-las como intermitentes, visto que o seu período de vida se prolonga muito para além dos períodos de precipitação.

Quanto à **litologia**, temos a considerar, a existência de SW para NE:

- Uma banda descontínua de anfíbolitos e blastomilonitos básicos;
- Gneisses;

- Serpentinitos;
- Anfibolitos com granada, (ver mapa geológico da fig. 3).

Os blastomilonitos ANTHONIOZ, (op. cit.), apresentam uma paragénese constituída essencialmente por uma associação residual de hornblenda verde/castanha + granada + diópsido, numa mesostáse composta por hornblenda verde + plagioclase + clinozoizite + quartzo.

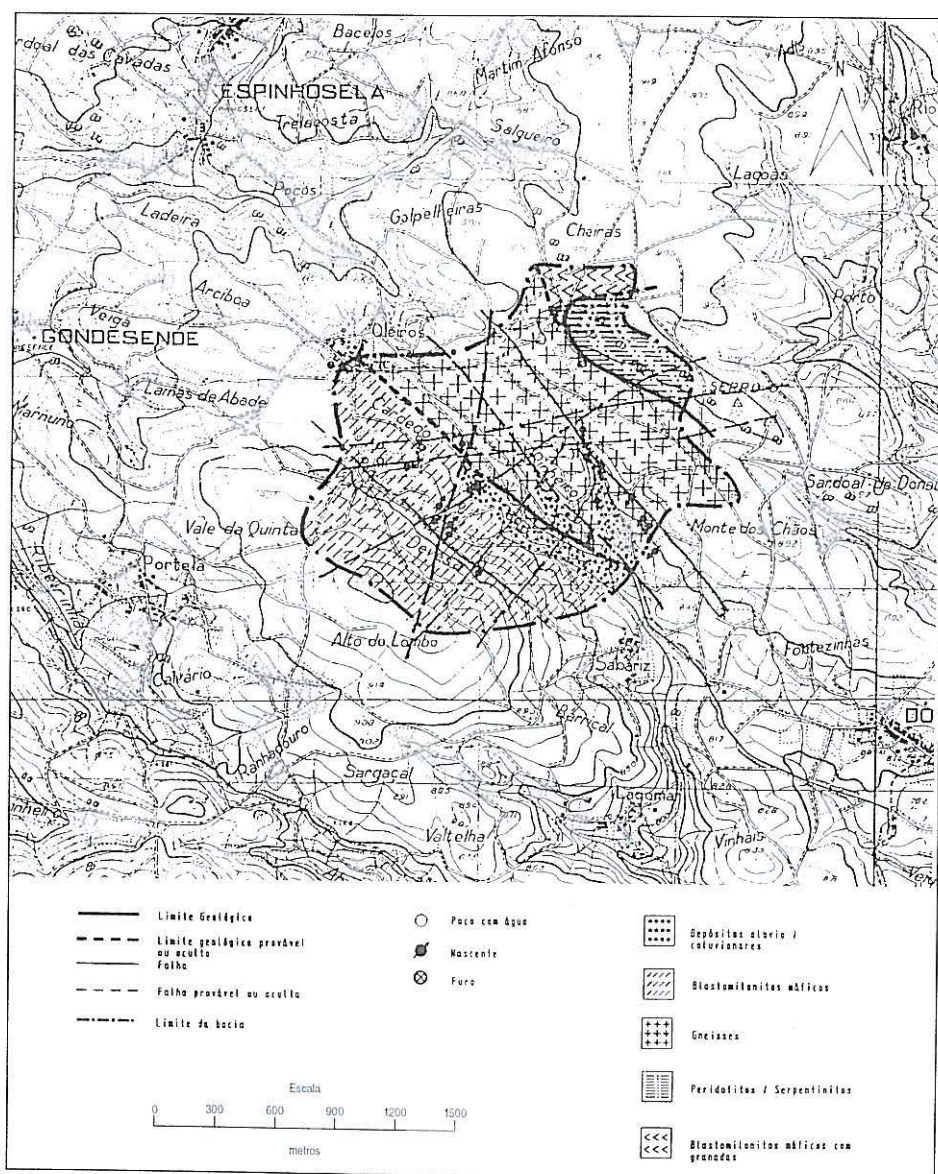


Fig. 3 – Mapa geológico da bacia de Sabariz

Encontram-se, de uma maneira geral, bastante diaclasados, com direcções principais de clivagem de N 60 E/45 SE, N 40 E/70 NW, N 35 E/ Vertical. A foleação, quando se observa, apresenta atitudes próximas de N 30 - 40 W. Estes blastomilonitos apresentam-se geralmente pouco alterados, excepto nas proximidades do contacto com os gneisses, o que dificulta bastante a cartografia desse contacto.

Os gneisses são constituídos, essencialmente, por uma associação estável de quartzo+albite+moscovite+biotite+clorite, com resíduos de oligoclase e granada. Encontram-se bastante alterados, geralmente castanhos com grão médio a fino e onde a presença de porfiroclastos pode também ser notada. Este material encontra-se todo partido com as principais famílias de diaclases a tomarem as seguintes atitudes:

- N40 - 60 E/ 80SE
- N50E/45 NW
- N5E/70W
- N30W/Vertical

A foleação bastante evidente encontra-se orientada segundo a direcção N30-40W.

As rochas ultrabásicas encontram-se igualmente bastante fracturadas, apresentando sinais evidentes de grande alteração (serpentinização). Estas rochas são desprovidas de qualquer cobertura de solo, já que a vegetação não se consegue fixar devido à grande concentração de determinados elementos como o Cr, e o Ni, com grande valor de toxicidade. Contribui também para esta “nudez” o facto de os minerais constituintes destas rochas se alterarem muito por dissolução, o que faz com que sejam facilmente lixiviados. Encontram-se, no entanto, algumas espécies vegetais endémicas, muito raras e com grande valor do ponto de vista botânico, AGUIAR, C.(com.pessoal).

Contactando por NW com as ultrabásicas, encontram-se anfíbolitos, muito ricos em granada.

**Os solos** desta zona são essencialmente do tipo Cambissolos Húmicos Crómicos, GONÇALVES, D. (op.cit.), pois trata-se de solos pouco espessos com a cor amarela parda, a parda avermelhada e com uma textura mediana. A espessura destes é, no entanto, maior nos gneisses, (menos resistentes), do que nos blastomilonitos.

No fundo das linhas de água, principalmente nas mais importantes, é frequente a existência de depósitos aluvionares, misturados com escorrências laterais de tipo coluvionar. Frequentemente com terra vegetal estes materiais formam solos intensamente aproveitados na agricultura, quer para a implantação de hortas quer para a implantação de pastagens permanentes (lameiros).

A cobertura vegetal é intensa a SW, composta essencialmente por mato rasteiro, (urze, carqueja e esteva) e carvalhos, tornando-se menor para Norte, onde a cultura cerealífera e do castanheiro são mais frequentes. Nas rochas ultrabásicas, (serpentinitos) o coberto vegetal é praticamente inexistente.

A bacia encontra-se bastante fracturada, afectada principalmente por fracturas orientadas segundo as direcções N40-50W, sendo estas por sua vez cortadas por fracturas com direcções do quadrante E, 30-40 e 70-80 serão as principais.

## Bacia de Cova de Lua

A morfologia desta bacia é dominada em grande parte pela ribeira das "Covas", nome pelo qual é vulgarmente conhecida, pelas pessoas da região, a linha de água que corre de SE para NW, a sul das povoações de Cova de Lua e Soutelo. Esta bacia apresenta, declives bastante acentuados no seu centro, sendo mais aplanada no topo NE e a Sul, embora seja nestas zonas que nos aparecem as cotas mais elevadas: v.g da CARBA com 1013 m a N, e v.g. das GUERRAS a S com 937 m. A ribeira das Covas junta-se à ribeira de Ornal junto da capelinha do Santo Amaro, para irem desembocar no rio Baceiro, mais a W.

A rede de drenagem é tal, como a de Sabariz, do tipo misto.

Os cursos de água, são igualmente, na sua maioria, do tipo efémeros. Poderemos considerar, contudo, a Ribeira das Covas como intermitente, já que existem diversas exurgências que alimentam esta por grandes períodos. Esta situação era, no entanto, diferente antes de existirem as captações de abastecimento de água a Bragança, localizadas junto aos fornos de Vilarinho, onde, pelo menos, a partir daqui, o curso era perene, ou seja, permanente.

Do ponto de vista **litológico**, esta bacia engloba formações pertencentes ao maciço alóctone de Bragança, à zona com afinidades de Ossa-Morena<sup>1</sup>, e a zona Centro Ibérica<sup>2</sup> RIBEIRO, et al. (1987), (vide mapa geológico da fig. (4)). Os terrenos mais aplanados do Sul encontram-se, praticamente, todos implantados em gnaisses, o que será devido à sua menor resistência. Isto acontecia já na bacia de Sabariz, assim como em todo o planalto situado entre estas duas e que, vulgarmente, se denomina por planalto de Espinhosela. Este gnaisse apresenta, grosso-modo, as mesmas características mineralógicas, estruturais e texturais dos anteriormente referidos na zona de Sabariz, já que a unidade será, em princípio, a mesma.

Contactando com os gnaisses, a Norte, encontra-se uma estreita faixa de anfíbolitos, com grão bastante fino e cores variando entre o cinzento escuro e o esverdeado. Uma vez mais se torna difícil delimitar com rigor este contacto, devido à falta de afloramentos, assim como ao grande grau de alteração dos materiais nesta zona.

Os anfíbolitos, que delimitam o complexo polimetamórfico cavalgam, por sua vez, sobre uma unidade constituída essencialmente por xistos verdes pertencente à zona com afinidades de Ossa-Morena (Sub-domínio Centro Transmontano).

No interior desta unidade conseguimos localizar pequenos

1 ) Corresponde à unidade Centrotransmontana definida por RIBEIRO, (1974).

2 ) Corresponde ao Domínio do Douro Inferior definido por RIBEIRO, (1974).

“clips” de tufos básicos, calcários e afloramentos de xistos muito semelhantes aos da unidade mais exterior (Domínio do Douro Inferior).

Os três afloramentos de rochas carbonatadas (calcários), encontram-se alinhados segundo a direcção NW-SE, paralelamente à

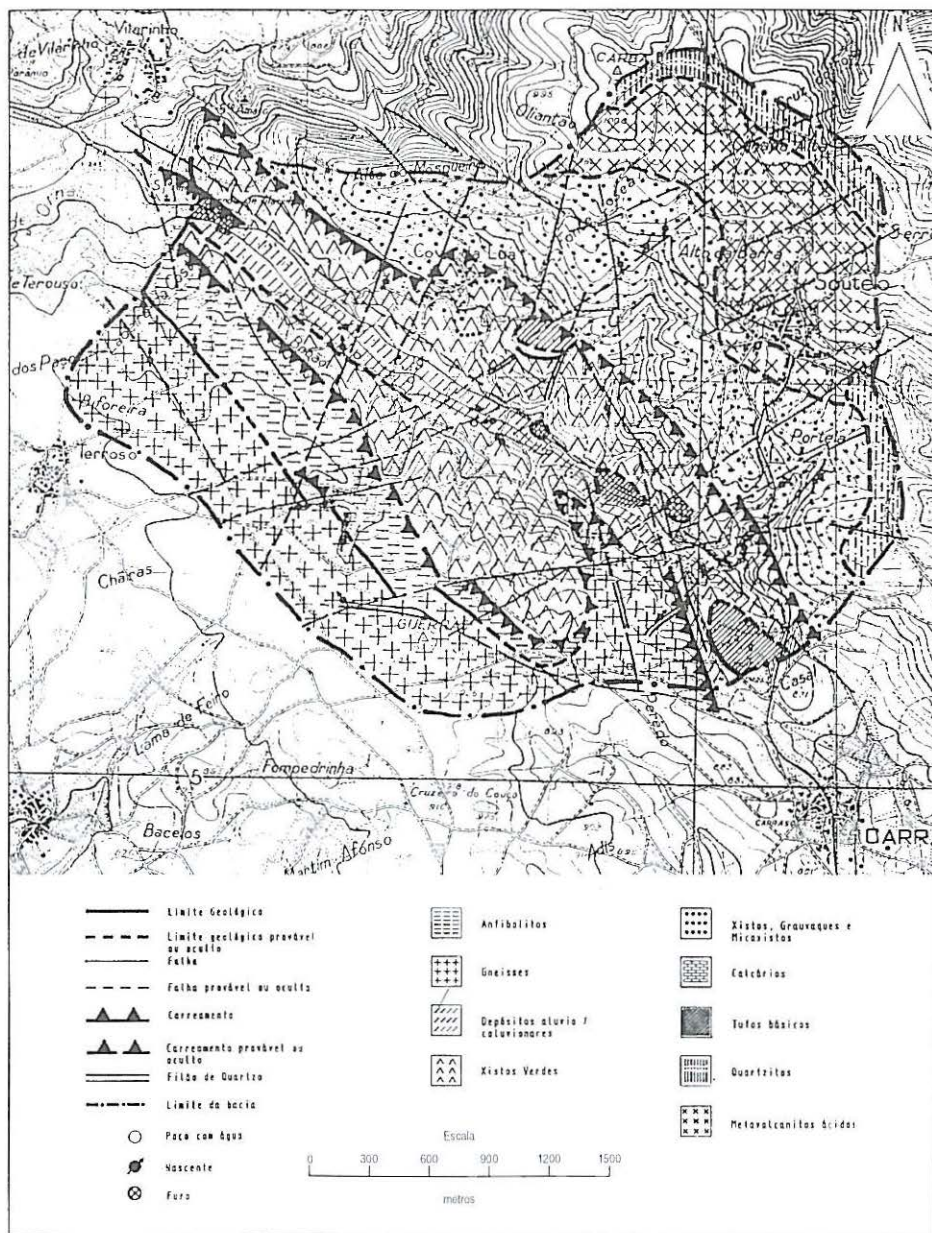


Fig. 4 – Mapa geológico da bacia de Cova de Lua

Ribeira das Covas. Trata-se de três pequenos afloramentos, onde outrora se procedeu à extracção de rocha para o fabrico de cal, restando ainda hoje ruínas de alguns fornos utilizados nessa laboração. Estes encontram-se situados na encosta N da Ribeira, embora muito próximos do fundo do Vale, principalmente nos dois casos situados mais a jusante.

Através de um contacto cavalgante, faz-se a sobreposição da unidade anterior sobre os terrenos autóctones da zona Centro Ibérica. Assim vamos encontrar, em contacto com os xistos verdes, formações compostas, essencialmente, por grauvaques, micaxistos e xistos de diversos tipos. Estas rochas encontram-se bastante imbricadas umas nas outras, com alternâncias muito rápidas, o que torna a sua individualização bastante difícil.

Em contacto com estas sequências de xistos culminantes, aparece-nos uma banda de rochas essencialmente quartzíferas. A sua cartografia torna-se mais facilitada devido aos relevos residuais que estes materiais deixam, já que são mais resistentes do que os anteriormente referidos. Intercalados nestas rochas aparecem de quando em vez, pequenas intercalações de liditos.

Por fim, e no topo NE da bacia, afloram rochas do tipo de vulcanitos ácidos. São materiais bastante quartzosos que apresentam tonalidades diversas. Notam-se os grãos de quartzo de maiores dimensões, rodeados por uma matriz amorfa.

**Os solos** existentes nesta bacia são igualmente do tipo Cambissolos Húmicos Crómicos, com cor amarela parda nos gneisses, parda avermelhada nos anfibolitos e xistos verdes e com tonalidades diversas no restante da bacia. Apresentam igualmente uma textura mediana e espessuras muito significativas, principalmente nos gneisses, onde encontramos um local onde a profundidade do solo, ultrapassava os dois metros, atendendo a que, a vala observada, não atingiu o substracto rochoso.

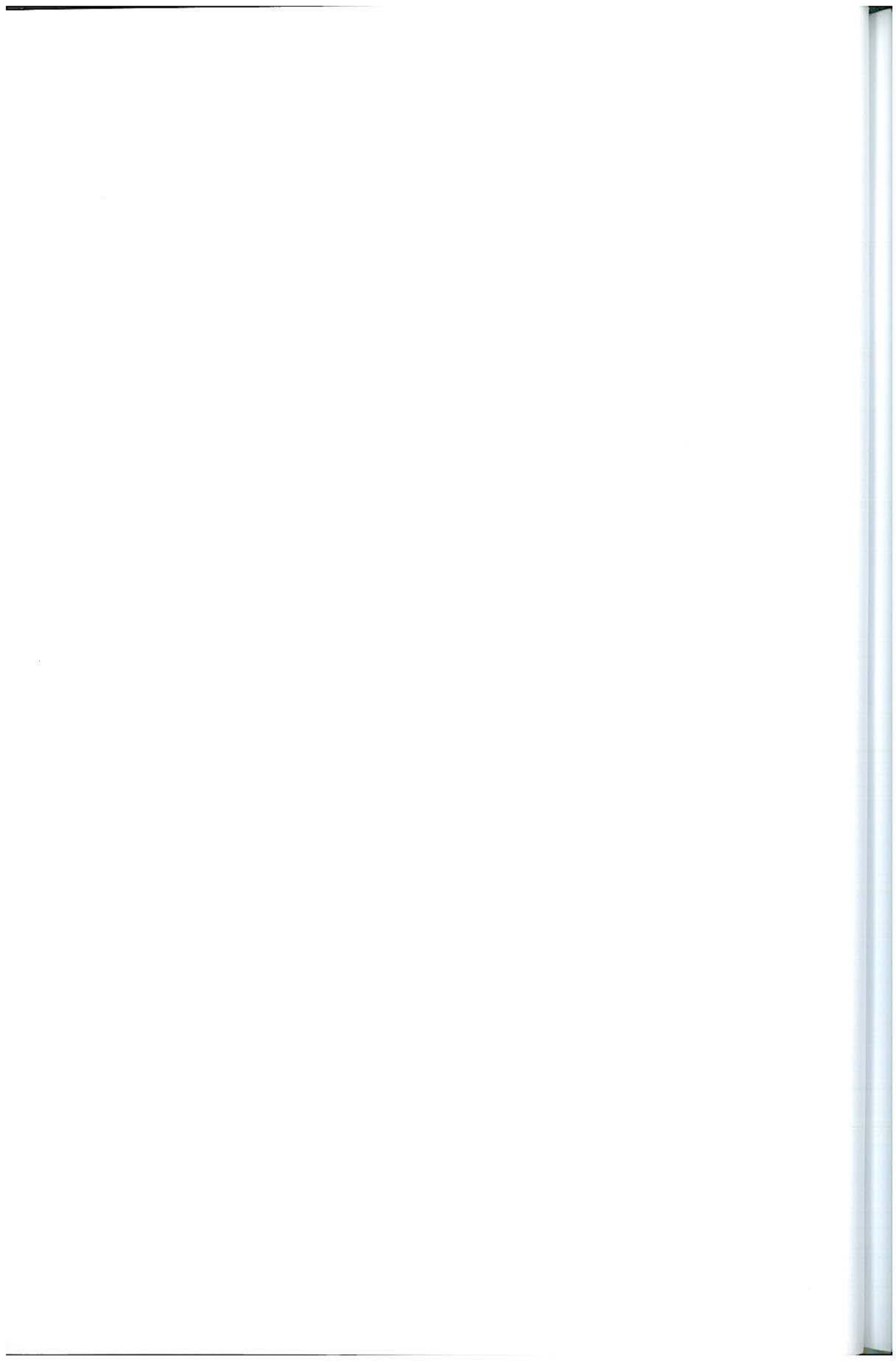
Os fundos de alguns vales encontram-se, igualmente, preenchidos por depósitos aluvio e coluvionares, os quais dão bons solos para o uso agrícola. Um caso especial ocorre na ribeira das Covas cujo vale se alarga bastante, com enchimento de espessas colunas de depósitos. Existem alguns poços abertos nestes materiais, com profundidades entre os 2 e os 4 metros que não atingiram a rocha sã. A topografia do fundo deste vale contrasta, em grande parte, com os restantes vales da região, já que, embora se trate de um vale encaixado, o seu fundo se encontra muito aplanado, com largura, em alguns locais, superior a duas centenas de metros. A observação atenta da morfologia deste vale, principalmente, quando efectuada por fotografia aérea revela-nos em determinadas zonas, uma grande semelhança com algumas formas típicas de zonas cársticas. Há vestígios e registos, por todo o vale, de locais onde se verificaram colapsos de terrenos, com a abertura de grandes crateras, daí o nome de "Ribeira das Covas". Será difícil explicar o abatimento destes terrenos, a não ser que, em profundidade, existam calcários carsificados. Com o aumento da carsificação, poderão ocorrer abatimentos de tectos de determinadas galerias que provocarão

o aparecimento dos buracos e das formas referidas. Para explicar este enigma, da presença ou não de calcários ao longo do vale, e pondo em contacto os afloramentos existentes, poderia representar papel importante a Geofísica. Embora tivéssemos previsto fazer uso dessas técnicas, neste trabalho, motivos imprevistos não nos permitiram fazê-lo.

Todo o fundo aplanado é ocupado por pastagens, que, não fora o facto do rebaixamento do nível freático provocado pela bombagem a jusante, se manteriam frescos quase todo o ano, como outrora, conforme informação verbal atestada pelos proprietários.

A cobertura vegetal é intensa em toda a bacia, excepto nos terrenos mais aplanados do Norte e Sul, onde se faz uma intensa cultura de cereais, assim como de castanheiros. No restante da bacia, é frequente encontrarmos diversas espécies vegetais, que constituem o chamado mato rastejante, e espécies de maior porte, como o Carvalho e o Carrasco.

Tectonicamente, esta zona encontra-se também muito fracturada com direcções principais na ordem dos N50-60W. Estas, por sua vez, são cortadas por outras famílias com direcções aproximadas de N20-30E e N70-80E.



## Caracterização do Clima de Trás-os-Montes Interior

---

Entende-se, por Trás-os-Montes Interior, a extensão do nordeste de Portugal, que se situa a leste da linha de montanhas que desce desde os Maiores, passa pela Padrela, Falperra, Alto de Justes e Serra de S. Domingos, a norte do rio Douro.

Trata-se de uma zona com marcadas características de interioridade, já que está separada das zonas litorais pelo eixo de Vila Real, Vila Pouca de Aguiar e Vale de Chaves, GONÇALVES, D. (1990).

O povo nordestino caracteriza o clima da sua região designando-o por “**Terra Quente e Terra Fria**”, e através do expressivo refrão “**nove meses de Inverno e três de Inferno**”.

Esta região encontra-se protegida da influência marítima por dois cordões montanhosos: o primeiro, e o mais importante, que se desenvolve desde o Alto Minho, passando pelas serras da Cabreira e Barroso, pelo Marão e Alvão, a norte do rio Douro, e, pelo Montemuro, a sul; O segundo cordão, que é menos elevado e que já anteriormente referimos, desce, desde os Maiores, prolonga-se pela Padrela-Falperra, Alto de Justes e serra de S. Domingos. Pelo lado sul, desenvolve-se o planalto de Leomil.

Assim, podemos dizer que a região se encontra praticamente fechada por cordões montanhosos e planaltos. Por W, temos as serras de Montemuro (1382m), Marão (1415 m), Gerês (1508 m), Larouco (1545 m) e Peneda (1374 m); a norte, o sistema Galaico-Duriense e a

Cordilheira Cantábrica; a sul do rio Douro, aparecem os relevos terminais da Beira Alta, Penedono (988 m); e a leste, o planalto Castelhanon-Leonês, onde se desenvolvem características continentais que influenciam a nossa região, GONÇALVES, D. (1990).

Eis a razão por que esta parte portuguesa da peneplanície, que se situa a norte do Douro, se apelida, e com toda a propriedade, de Trás-os-Montes, RIBEIRO, O. et. al. (1987).

No interior desta região, a sua fisiografia, é dominada, principalmente a leste, pelo planalto de Bragança-Miranda, que se caracteriza, tipicamente, por Terra Fria Transmontana, e abarca toda a zona norte da região.

Na parte central, situa-se a Terra Quente Transmontana, que encontra boa expressão nas depressões de Mirandela e Vilariga.

A zona da Terra Quente tem um Inverno mais curto do que a Terra Fria, mas, em termos de rigor, será tanto ou mais frio. No Verão, a Terra Quente apresenta uma grande secura estival, associada a temperaturas extremas muito elevadas.

## Classificação Climática

Como se pode observar no diagrama termopluiométrico de Gausson da fig. 5, elaborado com os dados de T e P verificados em Bragança de 1931/83, os meses de Verão (Julho/Agosto), são muito limitados em precipitação, o que é uma característica dos climas mediterrânicos. Com os mesmos dados construímos o climograma da fig.25, onde se verifica que, nesta região, há duas situações bem marcadas: uma com clima chuvoso-frio, desde Janeiro a Julho e desde meados de Setembro a Janeiro, e outra com clima seco-quente, que inclui, praticamente, os meses de Junho, Julho, Agosto e metade do de Setembro. Há dois períodos, relativamente pequenos, que fazem uma passagem por épocas de clima seco-frio (início de Junho) e pelo chuvoso-quente (meados de Setembro)

Segundo a classificação de Koppen, podemos atribuir como sendo uma variedade Csa o clima da Terra Quente, e Csb o correspondente à Terra-Fria GONÇALVES, D. (1990).

Nestes cálculos utilizámos os dados fornecidos pelo posto meteorológico localizado em Fontes, a cerca de 4.5 Kms a oeste da Bacia de Cova de Lua e a estação meteorológica da Quinta de Stª Apolónia, sita em Bragança, a cerca de 6.5 Kms a SE de Sabariz<sup>3</sup>

No climograma da figura 6, elaborado com os valores de temperatura e precipitação verificados em Bragança no ano de 1990/91, verifica-se que, o período seco praticamente começou neste ano, em abril e prolongou-se até finais de setembro.

3) Estes postos são coordenados pela área de Agroclimatologia da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança.

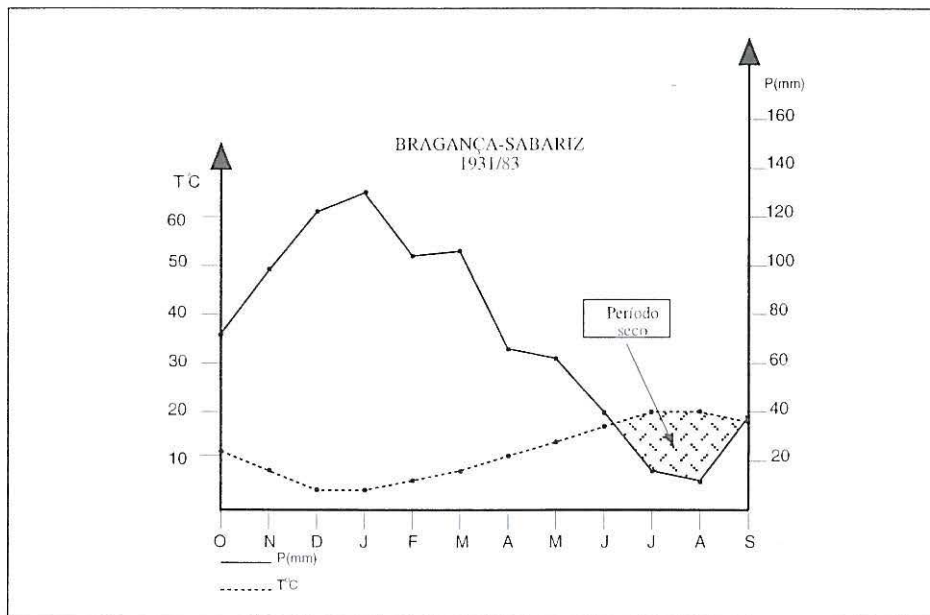


Fig. 5 — Diagrama termopluviométrico para Bragança — 1931/83

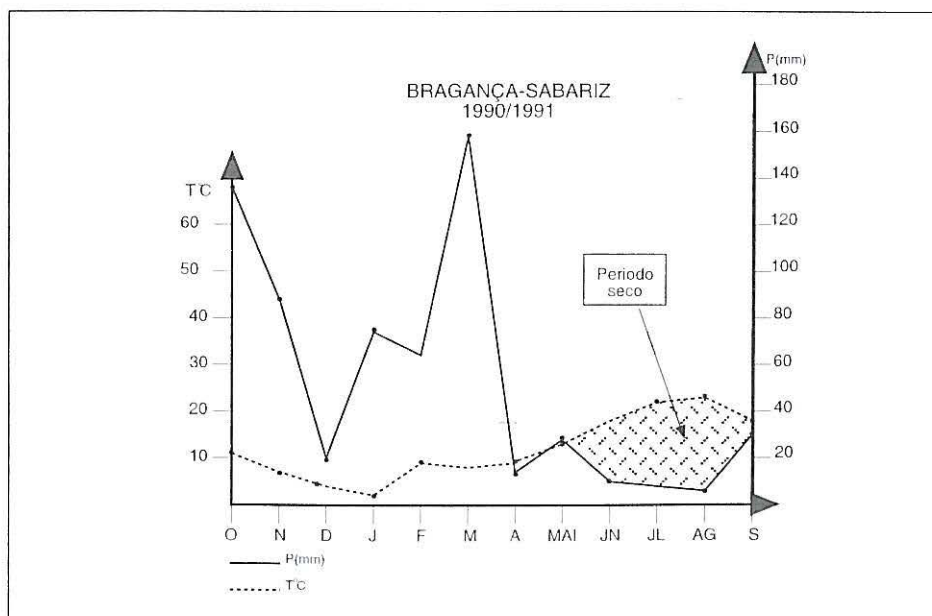


Fig. 6 — Diagrama termopluviométrico para Bragança-Sabariz — 1990/91

## Balanço hídrico ao nível do solo

A equação do balanço hídrico para um intervalo de tempo especificado é:

$$P - (EVR + DS_{SO}) = R + D S_S + G + D S_{SSO}$$

onde: **P** — Precipitação

**EVR** — Evapotranspiração Real

**R** — Escoamento Superficial

**G** — Escoamento Subterrâneo

**DS<sub>SO</sub>, DS<sub>S</sub>, DS<sub>SSO</sub>** — Variações do Armazenamento de Água, à superfície, no solo arável e no subsolo, respectivamente.

Os valores do balanço hídrico para Fontes-Cova de Lua e para Bragança-Sabariz, ao nível do solo, encontram-se representados no Quadro 1.

**Quadro 1** – Balanço Hídrico ao Nível do Solo (Fontes - Cova de Lua) - 1990/91  
Capacidade de campo = 50mm

TERMOS DO BALANÇO HÍDRICO	Out.	Nov	Dez.	Jan.	Fev.	Março	Abril	Maió	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	ANO
P	200.0	72.0	36.5	144.0	71.0	206.0	25.0	7.0	30.0	9.0	5.0	58.0	863.5
ETP	46.2	21.0	12.6	9.3	9.3	47.2	36.1	72.3	93.4	121.7	129.7	84.7	683.5
P-ETP	153.8	51.0	23.9	134.7	61.7	158.8	-11.1	-65.3	-63.4	-113	-124.7	-26.7	255.0
L	-	-	-	-	-	-	-11.1	-76.4	-139.8	-252.5	-377.2	-403.9	-403.9
S <sub>SO</sub>	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	40.1	10.8	3.1	0.3	0.02	0.01	-
Δ S <sub>SO</sub>	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.9	-29.3	-7.7	-3.1	0.0	0.0	0.0
ETR	46.2	21.0	12.6	9.3	9.3	47.2	36.1	45.9	30.0	9.0	5.0	58.0	329.7
DH	-	-	-	-	-	-	1.2	26.4	63.4	112.7	124.7	26.7	356.3
SH	153.8	51.0	23.9	134.7	61.7	158.8	-	-	-	-	-	-	583.9

onde: **P** — Precipitação

**ETP** — Evapotranspiração potencial

**P - ETP** — Variação da reserva de água

**L** — Variação da reserva de água, acumulada quando negativa

**S<sub>SO</sub>** — Água no solo, sendo calculada pela fórmula

$$S_{SO} = c.c. \times e^{-L/c.c.}, \text{ com } c.c. = \text{capacidade de campo}$$

**DS<sub>SO</sub>** — Variação de água no solo

**ETR** — Evapotranspiração real

**DH** — Déficit hídrico

**SH** — Superávit hídrico

(ETP e ETR calculados segundo o método de THORNTHWAITE)

# Hidrogeologia

---

## **Algumas considerações**

A água é uma substância indispensável à vida e, desde sempre, as populações a têm tido como recurso privilegiado.

São raras as actividades humanas, realizáveis numa região sem um prévio conhecimento dos recursos hídricos da mesma.

Desde sempre, as populações se instalaram junto a locais onde facilmente dispunham deste recurso, ou seja, junto a emergências naturais.

Com o aumento das populações, as comunidades viram-se obrigadas a abastecer-se de água a partir de locais onde os seus sentidos mais facilmente lhes indicavam, ou seja, à superfície. Nasceram então as grandes obras de engenharia, como as barragens, tantas vezes localizadas a grandes distâncias dos locais de destino, implicando grandes investimentos, quer para a edificação das barragens, quer para a implantação das condutas.

Com frequência, a água encontra-se por debaixo do local de consumo, ou nas proximidades dele. É certo que ela se encontra a uma determinada profundidade e em quantidades variáveis, mas, por outro lado, sofre uma renovação lenta mas constante, CARVALHO, J. (1981).

É ideia mais ou menos generalizada de que as águas potáveis de superfície são mais frequentes do que as que existem em profundi-

dade, o que não corresponde à verdade, como se pode verificar no Quadro 2, onde esta percentagem é, nitidamente, em favor das águas subterrâneas.

**Quadro 2 – Distribuição da água doce existente na Terra**  
(Adapt. de Rodrigues, J.1984)

Modo de ocorrência	Localização	Volume de água (m <sup>3</sup> )	Percentagem do total
<b>Superfície</b>			
	Lagos de água doce	$1,3 \times 10^{14}$	0,006
	Lagos salgados	$1,0 \times 10^{14}$	0,008
	Rios	$1,3 \times 10^{12}$	0,0001
<b>Subterrânea</b>			
	Retida na zona não saturada	$6,7 \times 10^{13}$	0,005
	Águas subterrâneas até 800m	$4,2 \times 10^{15}$	0,31
	Águas subterrâneas abaixo dos 800m	$4,2 \times 10^{12}$	0,31
<b>Outras</b>			
	Calotes de gelo e glaciares	$2,9 \times 10^{16}$	2,15
	Atmosfera	$1,3 \times 10^{13}$	0,001
	Oceanos	$1,3 \times 10^{18}$	97,2
<b>Totais</b>		$1,4 \times 10^{18}$	100

CARVALHO, J.(1981), aponta as seguintes vantagens das águas subterrâneas, em relação às de superfície:

- “Disponibilidade permanente de caudais, mesmo em períodos de seca, graças ao papel regulador dos aquíferos”;
- “Águas de qualidade em geral boa e constante como consequência da protecção natural contra os fenómenos poluidores e do poder auto-depurador dos terrenos”;
- “Temperatura das águas constante, factor de relevância para muitos consumidores industriais”;

- “A exploração dos aquíferos é possível com uma insignificante ocupação de terreno”;
- “Realização dos trabalhos de pesquisa e captação com um mínimo de equipamento e com prazos relativamente rápidos”;
- “Custo de produção competitivo, já que o tratamento, quando, raramente, necessário, é muito menos oneroso que o das águas superficiais”.

Como desvantagens, o mesmo autor refere:

- “É um recurso “escondido”, que apenas planos de prospecção e pesquisa permitem evidenciar e avaliar”;
- “Os caudais, por captação pontual, são, em geral, relativamente modestos em relação aos que podem ser fornecidos pelas grandes tomas de água superficial”.

As vantagens referidas têm levado a que a distribuição de água aos aglomerados populacionais, seja feita em maior quantidade à base de águas subterrâneas, conforme se pode observar no Quadro 3.

Neste Quadro, os dados referidos a Portugal foram retirados do Livro Branco do Ambiente e referem-se ao ano de 1990. RODRIGUES, J. et al. (1989), referem que de todos os concelhos do país, apenas nove eram abastecidas a partir de águas de superfície, no ano de 1987. Nos restantes, os abastecimentos ou são exclusivamente obtidos a partir de captações de águas subterrâneas ou são mistos.

O conhecimento que hoje há em relação ao comportamento hidrogeológico das rochas cristalinas é muito menor do que em relação às rochas ditas porosas.

Este facto pode tomar determinadas proporções se considerarmos que estas ocupam praticamente 2/3 da área total do país, estando colocadas, sobre elas, grandes núcleos de desenvolvimento industrial e importantes aglomerados populacionais.

Esta falta de conhecimento e de informação de cariz hidrogeológico não significa que, nestas regiões, não se proceda à exploração dos recursos subterrâneos aí existentes. Desde tempos remotos que há registos dessa actividade, principalmente através de poços de grande diâmetro, galerias e drenos. Até aproximadamente à década de 70, era ideia mais ou menos generalizada que a obtenção de melhores caudais só seria possível dentro da zona de alteração dos maciços de rochas cristalinas, CARVALHO, J. (1984).

Com o aparecimento em Portugal de novos equipamentos (martelo de fundo de furo), que permitiram, rápida e eficazmente, furar a rocha sã, vieram reformular-se completamente as tendências até então vigentes e a aposta nos furos começou a ser notória. Isto veio mostrar que, afinal, em determinadas condições que será importante conhecer e quantificar, há circulação aquífera subterrânea em profundidade para além da zona alterada. Esta constatação trouxe novo alento e uma nova

maneira de olhar para as rochas cristalinas, como potenciais fornecedoras de determinados caudais capazes de resolver muitas das necessidades existentes nestas regiões.

**Quadro 3** – *Captações de água potável para abastecimento público.*  
(Dados referidos a meados da década de 70 excepto para Espanha-1969 e Portugal-1990)

Países (por ordem decrescente do consumo de águas subterrâneas)	Quantidade de água distribuídas segundo a origem %			
	Água Subterrânea			Água de Superfície
	Água captada no subsolo (1)	Aproveita- mento de nascentes (2)	TOTAL (1+2)	
Austria	46	53	99	1
Dinamarca	98	0	98	2
Itália	57	36	93	7
Alemanha (RFA)	75	16	91	9
Hungria	-	-	88	12
Suiça	42	42	84	16
Países Baixos	83	0	83	17
Portugal	-	-	80	20
Alemanha (DDR)	-	-	80	20
Bulgária	-	-	80	20
Bélgica	71	0	71	29
URSS	-	-	70	30
Luxemburgo	5	65	70	30
Checoslováquia	-	-	58	42
Polónia	-	-	50	50
França	31	17	48	52
Suécia	47	0	47	53
Grã Bretanha	-	-	31	69
Finlândia	-	-	30	70
Espanha	27	2	29	71
USA	-	-	18	82
Noruega	-	-	5	95

## Apontamento histórico do abastecimento de água a Bragança

### Abastecimento inicial

Nos tempos primitivos, a população abastecia-se de água dentro da própria Cidadela, pois existiam grandes cisternas dentro da “*Domus Municipalis*” da “*Torre de Menagem*” e no “*Poço do Rei*”. Mais tarde passaram a utilizar algumas rudimentares fontes públicas existentes fora das muralhas.

### Abastecimento por fontanários

Em 1834, efectua-se o primeiro abastecimento por fontanários, a partir da nascente de “*Vale de Chorido*”, sendo em 1891 reforçado com a exploração da nascente da “*Quinta das Beatas*”, ambas situadas nas proximidades da cidade. Devido à expansão desta, o abastecimento torna-se cada vez mais precário e condenável.

### Abastecimento Domiciliário (transporte por gravidade)

Só, em 1928, se inicia o abastecimento domiciliário, com as captações implantadas nas nascentes de Sabariz e montagem de uma conduta de ferro fundido de 100mm de diâmetro, numa extensão de 6Kms.

Estas nascentes forneciam, durante a estiagem, um caudal da ordem dos 240 m<sup>3</sup>/dia.

Em 1943 procedeu-se ao aprofundamento destas captações, devido à insuficiência de caudais, com o aumento da população.

Com o decorrer dos anos, a secção da tubagem de adução foi-se reduzindo devido a incrustações criadas nas paredes interiores da tubagem, o que permitia somente o transporte de um caudal equivalente a 450m<sup>3</sup>/dia, quando as nascentes poderiam fornecer um caudal muito superior.

Foi então colocada uma nova conduta de fibrocimento, com 100mm de diâmetro, o que dá para transportar um caudal total da ordem dos 1200m<sup>3</sup>/dia.

### Abastecimento domiciliário (transporte por elevação)

O caudal proveniente de Sabariz garantia então o abastecimento durante os meses de Novembro a Agosto de cada ano; restava encarar o reforço do caudal para os 3 ou 4 meses restantes.

Para este efeito, em 1960, inicia-se a instalação de uma estação elevatória no areal de Oleirinhos, instalando-se numa extensão de 5.5 Kms uma conduta de 200mm de diâmetro.

Em Março de 1983, entram em funcionamento os dois furos de Cova de Lua, com um caudal de extracção de 23m<sup>3</sup>/h. A partir de 1/9/84 a extracção passa a ser de 55m<sup>3</sup>/h, enquanto que, nos últimos anos, esse caudal aumentou para cerca de 80 m<sup>3</sup>/h.

Já durante o ano de 1991(Maio), entra em funcionamento, uma nova captação de águas superficiais, no rio Baceiro, localizada a cerca de 4Km a NW das captações de Cova de Lua. A bomba ali instalada, tem uma capacidade de bombagem de aproximadamente 130m<sup>3</sup>/h.

Actualmente, o problema do abastecimento de água a Bragança continua por solucionar, principalmente nos três meses mais críticos: Julho, Agosto e Setembro, já que cortes no fornecimento se verificam periodicamente.

Para tentar fazer face a este problema, a Câmara Municipal de Bragança tem executado alguns furos que, pontualmente, abastecem algumas zonas da cidade.

Encontra-se em fase de implementação um projecto de abastecimento de água superficial a partir do Alto Sabor, com a construção de duas barragens.

Como se pode verificar por esta pequena resenha, o papel das águas subterrâneas tem sido importante no abastecimento de água a Bragança e em especial as captações instaladas nas duas bacias em estudo.

## **Rochas Fissuradas**

A presença e o comportamento das águas subterrâneas, em rochas cristalinas estão ligadas a um certo número de factores, que poderemos agrupar em três grandes categorias: geologia/pedologia, morfologia e climatologia.

Em geral as rochas ígneas e metamórficas, não possuem, praticamente, porosidade intergranular e foram, durante muito tempo, consideradas como impermeáveis, em profundidade. Só à medida que as galerias e os túneis foram rompendo estes tipos de rochas, é que os especialistas se foram apercebendo das suas potencialidades hidrogeológicas, já que, frequentemente, deparavam com grandes caudais, brotando, a altas pressões, das fracturas. É hoje sabido que os grandes avanços que este conhecimento do comportamento hidrogeológico das rochas cristalinas tem sofrido nos últimos tempos são devidos exactamente a trabalhos de geologia de engenharia, LARSON, I. et.al.(1987). Ainda que estas rochas sejam resistentes, não porosas e praticamente impermeáveis à escala da amostra de mão, elas serão capazes de reter a água no grande rendilhado de fissuras, que, geralmente, as afecta a uma escala maior. Pontos interessantes têm-se revelado, também, as zonas de contacto entre tipos de rocha diferentes, principalmente, quando aparecem diques ou filões-camada. Quando estas rochas entram em contacto com determinadas condições climáticas, sofrem uma certa alteração, que vai facilitar a infiltração e o armazenamento das águas subterrâneas.

Dentro desta zona de alteração será também importante focar o papel a desempenhar pela cobertura vegetal, que poderá exercer influência sobre a infiltração e a evaporação das águas subterrâneas.

Dentro dos factores morfológicos, papel importante vai ter o relevo, pois, conforme o declive é mais ou menos inclinado, assim se favorece, ou não, a formação de camadas de alteração, a escorrência superficial é maior ou menor, e, conseqüentemente, tudo isto irá reflectir-se na percentagem de infiltração eficaz.

CHAMBEL, A. (1989) argumenta que as zonas planas favorecem a evaporação, porque, nestas zonas, há geralmente a formação de solos bastante argilosos, o que vai fazer com que retenham, à superfície, a água das chuvas, por vezes durante semanas. Portanto, segundo este raciocínio, as zonas mais acidentadas seriam as mais propícias à infiltração, apesar da escorrência superficial ser superior. Este autor aponta, como exemplo, a zona de Évora, onde esta situação se verifica.

Pensamos, contudo, que não poderemos generalizar esta questão, porque, por exemplo, em Trás-os-Montes, as áreas correspondentes a depressões largas, extensas e bem alimentadas e as superfícies aplanadas, não totalmente drenadas, são consideradas as que maiores potencialidades aquíferas apresentam, CARVALHO, J. (1991). Vejamos, como exemplos, as bacias de Chaves, Vilarça e Mirandela. Isto verifica-se porque, nesta região, os solos não serão tão argilosos como no Alentejo, o que poderá estar relacionado com o clima, pois, em zonas mais quentes e menos pluviométricas, a meteorização química será mais pronunciada e a lixiviação mais fraca, favorecendo-se assim a acumulação de materiais finos.

As condições climáticas, por sua vez, desempenham um papel extremamente importante na presença de águas subterrâneas, sendo de referir, em particular, factores como a precipitação e a evapotranspiração, que terão de ser considerados em conjunto numa determinada região, LARSON, I., et.al.(op.cit.).

Os recursos hídricos de uma determinada região dependem directamente do volume das reservas de água bem como das facilidades de exploração dos aquíferos. Estes aquíferos dependem, por sua vez, das características hidrogeológicas dos materiais (transmissividade, condutibilidade hidráulica e coeficiente de armazenamento), dos factores económicos e da renovação das reservas, SAMPER, A. et.al. (1976).

PIRSON, S. (1953) admite a existência de três tipos de porosidades, em rochas cristalinas fracturadas: intergranular, vesicular (que resulta da alteração da própria rocha) e de fracturas. Este autor considera que a primeira será uma porosidade primária enquanto que as duas últimas serão já secundárias, porque resultam de transformações da rocha original.

Como alternativa a esta classificação de ordem genética, ALMEIDA, C. et.al.(1990), consideram dois tipos de porosidade: porosidade de poros intergranular e de microfracturas (porosidade de matriz) e porosidade de fracturas.

Da litologia dominante vai depender a importância relativa dos diferentes tipos de porosidade, já que, por exemplo, num maciço granítico, não alterado, a porosidade de matriz é muito pequena, sendo

predominante, neste caso, a porosidade de fracturas. O mesmo já não acontece se estivermos em presença de reservatórios dolomíticos onde se poderá observar uma proporção sensivelmente equivalente para os dois tipos de porosidade, ALMEIDA, C., et.al.(op. cit).

STRELTSOVA, T.(1976) considera essencialmente quatro tipos de meios fracturados, com base na importância relativa dos diferentes tipos de porosidade:

- a) formações essencialmente fracturadas, quando a porosidade é só resultante das fracturas;
- b) formações fracturadas, quando se verifica que as propriedades hidráulicas dos blocos e das fracturas apresentam valores bastante diferentes;
- c) formações heterogéneas, quando as fracturas se encontram preenchidas por materiais com permeabilidade menor do que a dos blocos;
- d) formações com porosidade dupla, quando as características hidráulicas dos blocos e das fracturas são da mesma ordem de grandeza, mas a permeabilidade total será, essencialmente, devida à presença de fracturas.

O modelo da porosidade dupla implica a existência de dois potenciais hidráulicos, um nos blocos e outro no sistema de fracturas. Quando há uma determinada perturbação no meio, esta vai fazer-se notar primeiro no sistema de fracturas, porque apresentam transmissividades grandes e coeficientes de armazenamento pequenos. Gera-se então uma diferença de potencial hidráulico entre os blocos (com transmissividades pequenas e grandes coeficientes de armazenamento) e as fracturas com a troca do fluído em jogo, ALMEIDA, C. et al, (op.cit.).

Verifica-se que, se a diferença de potencial for provocada por um decréscimo de pressão nas fracturas, o fluxo faz-se dos blocos para as fracturas (descarga). No entanto, se a situação for inversa, ou seja, um aumento de pressão, o fluxo será das fracturas para os blocos (recarga), OLIVEIRA, M.M. (1990).

LARSON, I, et.al.(1987), reconhecem que é muito difícil conhecer, com precisão, a capacidade de armazenamento de uma determinada rede de fracturas, pois isto implicaria o ter que se entrar em linha de conta com muitos parâmetros. Assim, estes autores, aconselham a adaptação e utilização de determinados modelos de escoamento, para que se possa ter uma determinada ideia das suas capacidades aquíferas.

Estes modelos foram objecto de compilação e estudo por ALMEIDA, C. et.al.(1990), com os quais elaboraram um programa, para interpretação automática, de ensaios de caudal, em rochas fracturadas (AQFIS).

Podemos assim dizer que, nas situações onde a porosidade dupla não se aplica, a capacidade de armazenamento das rochas se limita ao sistema de fracturas interconectadas, diaclases e fissuras abertas na

rocha, que poderão resultar de: esforços tectónicos, de descompressão à medida que os maciços rochosos vão sendo erodidos, de arrefecimento, principalmente nas rochas vulcânicas.

O grau de abertura destas discontinuidades vai ser um elemento muito importante na circulação da água subterrânea e vai depender muito de determinados fenómenos posteriores à actuação tectónica, ou seja, dos processos de alteração.

Espessuras da ordem de 200 m são apontadas por CARVALHO, J. (1984), como sendo o limite médio dos maciços rochosos portugueses, cortados por discontinuidades mais ou menos abertas. No entanto, sabe-se que a partir dos 60 a 80 metros há uma redução muito grande dessas estruturas, o que coloca nesta margem uma profundidade aceitável de pesquisa de águas subterrâneas em rochas cristalinas.

A espessura da camada de alteração, neste tipo de rochas, varia muito e dependerá, segundo LARSON, I. et al. (op cit) e CARVALHO, J. (op cit) in CHAMBEL, A. (1989) do intercâmbio de diversos factores, como sejam:

- situação topográfica
- características climáticas
- composição mineralógica
- textura e estruturas litológicas
- distribuição e espaçamento do sistema de fracturas da rocha mãe
- mecanismos de alteração.

### Hidrogeologia da Bacia de Sabariz

Esta bacia constitui uma situação típica de implantação em rochas fissuradas. Temos a considerar nesta região duas grandes unidades litológicas; os blastomilonitos (anfíbolitos) e os gnaisses, com representação semelhante dentro da área em questão.

O funcionamento hidrogeológico destas duas unidades pode ser subdividido em duas zonas: a superior, ou de alteração, apresentando porosidade dupla, e uma zona inferior, onde a porosidade dominante é, sem dúvida, a devida à fracturação.

Assim deparamo-nos com duas situações algo distintas, que, aliás, se individualizam no terreno por um lado os blastomilonitos, que, apesar de apresentarem um grau de fracturação muito forte, ainda permitem observar blocos de consideráveis dimensões, perfeitamente intactos à superfície, ou muito perto dela. Por outro lado temos os gnaisses, onde a qualidade dos afloramentos é muito má, quer porque o material se encontra muito partido, quer devido à própria natureza desse mesmo material, já que se torna muito friável.

Poderemos assim dizer que, sob o ponto de vista hidrogeológico, a área coberta pelos gnaisses apresentará uma maior aptidão ao armazenamento de água do que os blastomilonitos.

As captações de Sabariz são compostas por três grupos, o I, II e III. O grupo I é o conjunto das captações localizadas na linha de água

mais a NE, (fig. 7). Neste grupo, as águas são captadas por meio de galerias visitáveis, com a secção interior de 1,80m x 0,70m, revestidas a cimento e dotadas de barbacãs<sup>4</sup> para recolha das águas que remanscem lateralmente.

Os grupos II e III, situam-se na outra linha de água, só que, aqui, as galerias não se encontram revestidas a cimento. Durante uma campanha de limpeza, efectuada pelo pessoal da C.M.B., visitámos uma galeria do grupo III onde conseguimos observar a íntima relação entre zonas fracturadas e locais de emergência de água. Verificámos igualmente que as fracturas se encontravam, geralmente, preenchidas por material muito esmagado, bastante argiloso, o que, em determinadas situações, poderá comprometer a circulação da água.

As canalizações das captações que formam os grupos II e III juntam-se na câmara de reunião A, de onde parte uma conduta que se vai juntar à conduta do grupo I na câmara de reunião geral B.

Para o controle de escoamentos subterrâneos, mantivemos sob medição quinzenal por um período de 1 ano (Janeiro 91 — Janeiro 92), as seguintes captações:

- todo o grupo I, medível na câmara B (conduta 4)
- duas captações do grupo II (condutas 2 e 3) | medíveis na câmara A
- a captação do grupo III (conduta 1) | (ver fig. 7)

Mantivemos também, durante o mesmo período de tempo, com a mesma periodicidade o controle do escoamento de superfície, correspondente à sub-bacia dos grupos II e III. Isto foi possível porque conseguimos encontrar um local, junto à câmara A, onde, com uma medida de 20 litros (usada também para os subterrâneos) a medição se efectuava com relativa facilidade.

### Curvas de esgotamento das nascentes

RUBIO et al. (1979), referem MAILLET (1905) e BOUSSINESQ como tendo sido quem, pela primeira vez e quase simultaneamente, deduziu que o esvaziamento de um aquífero corresponde a uma lei exponencial do tipo:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}, \text{ ou } Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)};$$

onde:

$Q_t$  = Caudal emitido pela nascente durante o período  $t-t_0$

$Q_0$  = Caudal no tempo  $t_0$

4) Pequenas aberturas no cimento.

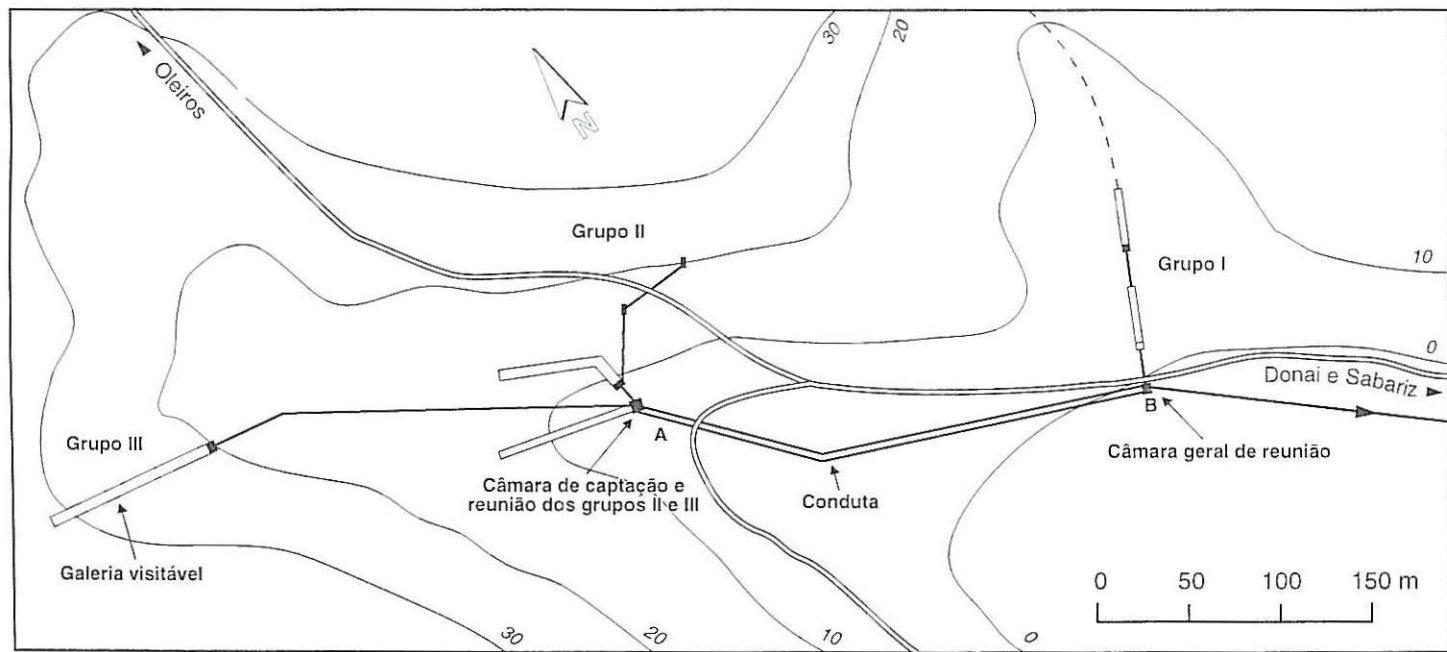


Fig. 7 — Esquema global de localização das captações de Sabariz.

$\alpha$  = Coeficiente de esgotamento e expressa-se em dias<sup>-1</sup>

$t_0$  = Tempo no início dos cálculos.

$t$  = Tempo no fim dos cálculos.

$e$  = Base do logaritmo natural.

RUBIO, et al. (1979) consideram que se poderá relacionar o  $\alpha$  com as características hidráulicas dos aquíferos da seguinte forma:

$$\alpha = \frac{\pi^2 T}{4 S L^2}$$

Com:

$T$  = Transmissividade do aquífero

$S$  = Porosidade eficaz

$L$  = É a distância do eixo de simetria do aquífero à nascente (Semi longitude do aquífero).

Se trabalharmos com logaritmos, teremos:

$\log Q_t = \log Q_0 - 0.4343(t - t_0)\alpha$ , pelo que se representarmos em papel semilogarítmico  $Q$  em função de  $\log t$ , vamos obter uma recta cujo pendor é  $\alpha$ .

Da equação anterior poderíamos igualmente extrair o valor de  $\alpha$ , o qual seria igual a,

$$\alpha = \frac{\log Q_0 - \log Q_t}{0,4343 (t - t_0)}$$

O coeficiente  $\alpha$  representa a capacidade do terreno para libertar a água. Como será fácil de perceber este coeficiente está intimamente relacionado com as características hidrogeológicas do aquífero, tais como: coeficiente de armazenamento ( $S$ ) e transmissividade ( $T$ ).

Um valor de  $\alpha$  pequeno caracteriza um escoamento lento do aquífero, indicando uma permeabilidade relativamente fraca, uma grande porosidade da rocha (não se trata da dimensão dos poros mas da relação entre o volume de vazios onde a água circula e o volume total da rocha) e um grande comprimento da estrutura aquífera.

Pelo contrário, um valor de  $\alpha$  grande significa que o aquífero é portador de uma grande permeabilidade ( $K$ ), a porosidade da rocha é menor e o comprimento da estrutura aquífera será mais curto, assim como o seu volume, SCHOELLER, H. (1965).

Após ter terminado, o período de descarga das nascentes, efectuámos com a ajuda do programa **MULREGR.BAS** ALMEIDA, C. (1985) o tratamento automático dos valores das diversas medições e

obtivemos para cada uma delas a respectiva curva de esgotamento, assim como os coeficientes de esgotamento ( $\alpha$ ) e os caudais iniciais teóricos ( $Q_0$ ). No Quadro 1, apresentam-se os resultados obtidos com o **MULREGR** e nas figs. 8 a 11 as curvas de esgotamento das quatro captações.

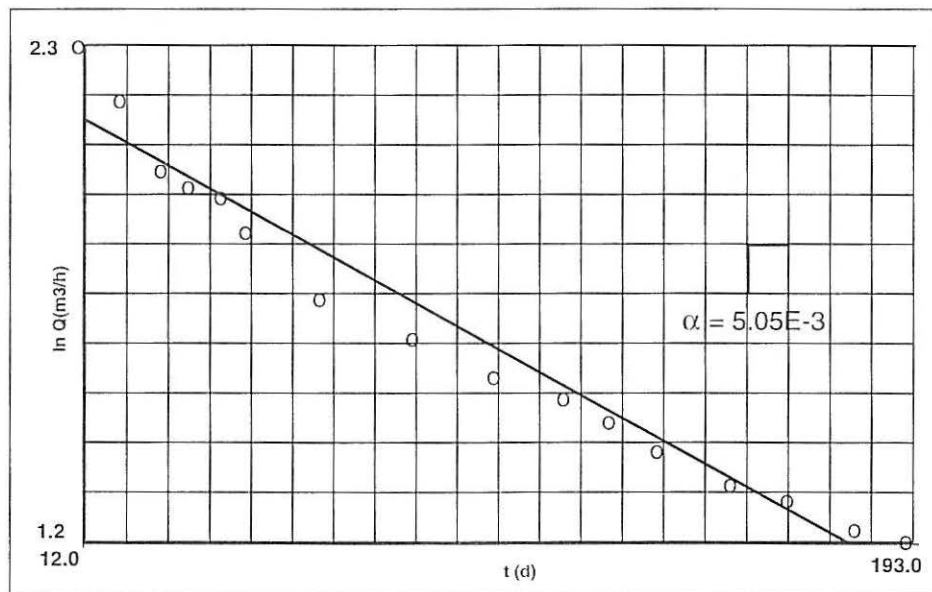


Fig. 8 - Curva de esgotamento da captação 1

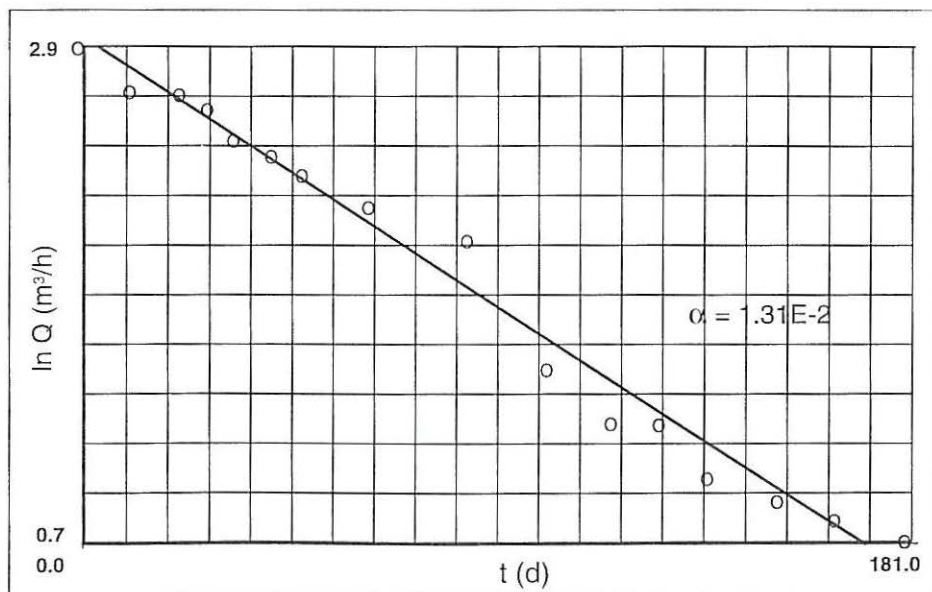


Fig. 9 - Curva de esgotamento da captação 2.

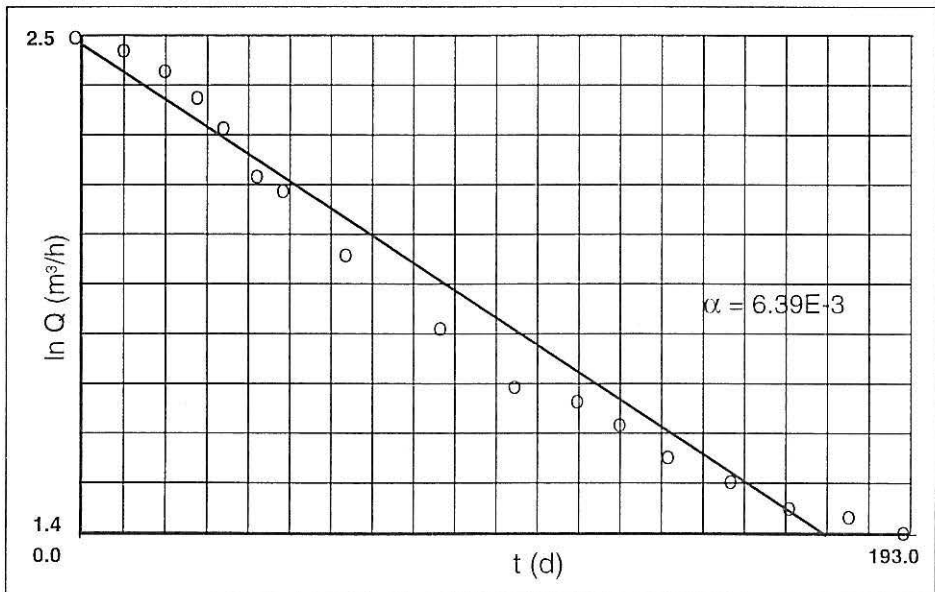


Fig. 10 - Curva de esgotamento da captação 3

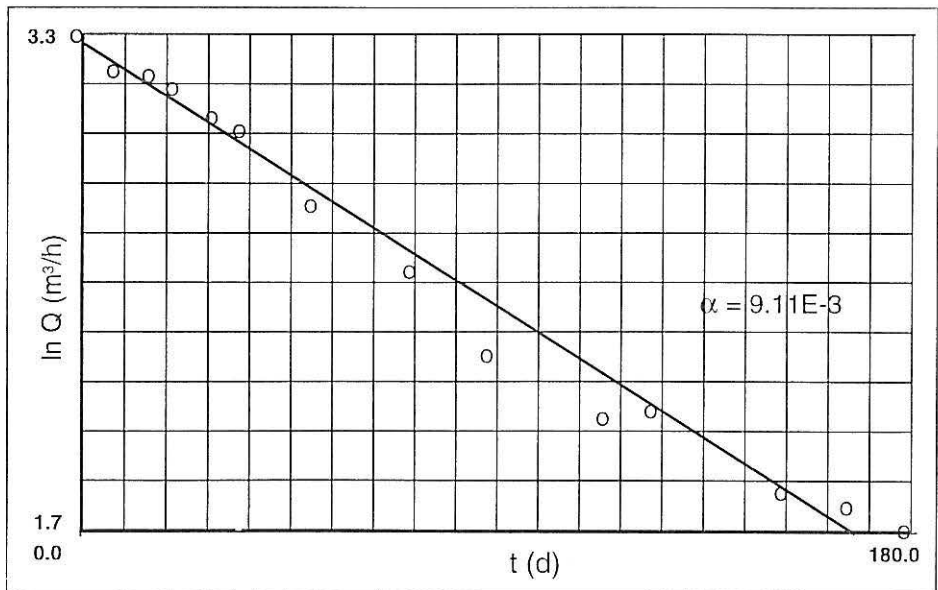


Fig. 11 - Curva de esgotamento da nascente 4.

SCHOELLER, H. (op. cit), admite que valores de  $\alpha$  da ordem de  $n \times 10^{-3}$  correspondem a uma circulação através de fendas e de diaclases, enquanto que valores de  $\alpha$  da ordem de  $n \times 10^{-2}$  são atribuídos

a circulações em estruturas de maiores dimensões, com escoamentos mais rápidos.

Pela simples observação do Quadro 3, verificamos que as captações 1, 3 e 4 apresentam valores de  $\alpha$  da ordem de  $n \times 10^{-3}$ , ou seja, a água que alimenta estas nascentes circula através de pequenas fendas e diaclases, o que, de certo modo, está de acordo com o que observámos na galeria da nascente 1.

*Quadro 3 – Valores de  $Q_0$  e  $\alpha$  obtidos com o MULREGR.*

Nº de captação	$Q_0$ (m <sup>3</sup> /dia)	$\alpha$
1	220.32	5.05E-3
2	458.16	1.31E-2
3	282.0	6.388E-3
4	628.56	9.11E-3

A captação 2 apresenta um valor de  $\alpha$  igual a  $1.31 \times 10^{-2}$ , o que poderá ser devido ao local de implantação desta, já que se encontra na linha de talvegue, sofrendo, portanto, uma grande influência dos depósitos aluvio/coluvionares do fundo do vale. Estes depósitos apresentam valores de escoamento maiores do que as rochas cristalinas (anfíbolitos) do substrato, o que se vem a repercutir num pendor ( $\alpha$ ) mais acentuado, da curva de escoamento.

Como reforço desta ideia, poderemos ainda verificar que, se dividirmos o período de escoamento da captação 2 em duas partes (figs. 12 e 13, vamos ter um período inicial, de aproximadamente, 86 dias, onde o valor de  $\alpha$  é de  $1.0385 \times 10^{-2}$ , portanto, compatível com o que anteriormente expusemos. Mas, no segundo período, ou seja, na parte final da época de descarga, o valor de  $\alpha$  é já menor, ( $9.8248 \times 10^{-3}$ ) querendo isto dizer que o escoamento por influência dos depósitos já se processou, estando nesta altura a fazer-se à custa da alimentação por fracturas e diaclases.

Algo de semelhante se verifica na captação 1, onde, se igualmente subdividirmos o período de escoamento em dois, (figs. 14 e 15, verificamos que os primeiros 21 dias nos apresentam um valor de  $\alpha$  de  $2.1582 \times 10^{-2}$ , ou seja, equivalente a um escoamento mais rápido, o qual poderá corresponder ao débito das fracturas de maiores dimensões, num período pós recarga intensa. No restante do tempo o valor de  $\alpha$  diminui e, portanto, o escoamento passa a executar-se através das fracturas e diaclases de menores dimensões.

Nas restantes captações, não conseguimos encontrar relações

deste tipo, apresentando a recta de esgotamento um aspecto muito uniforme.

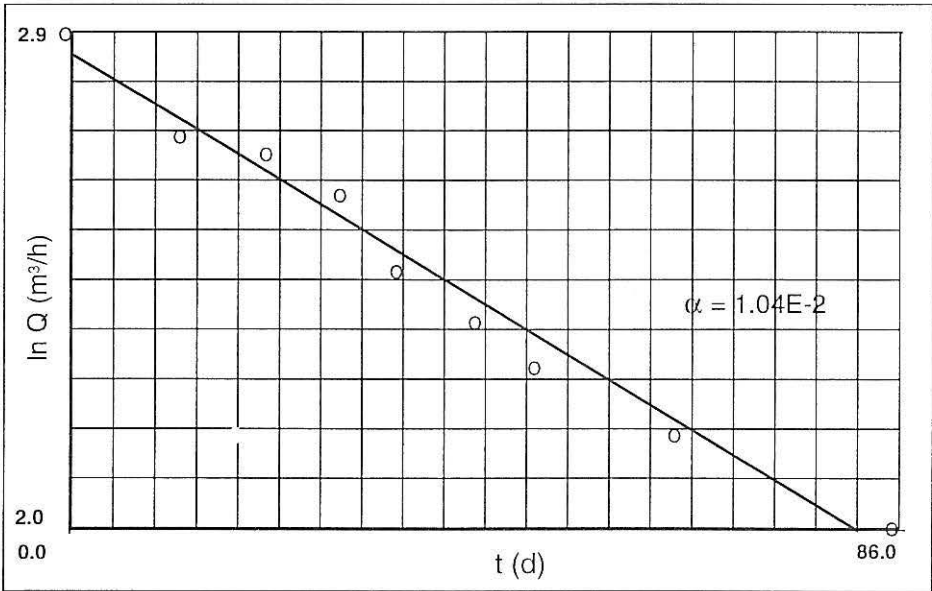


Fig. 12 – Primeira parte da curva de esgotamento da captação 2.

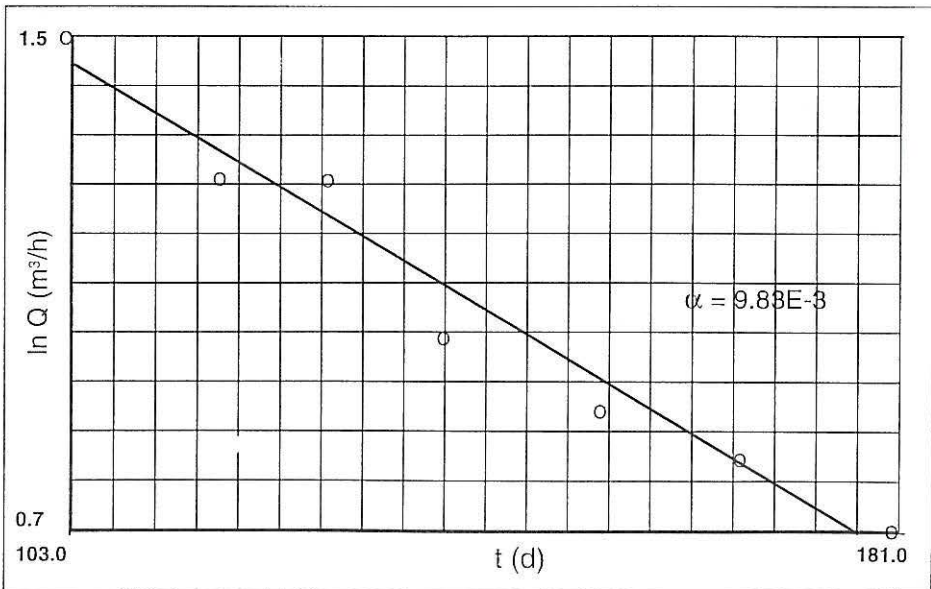


Fig. 13 – Segunda parte da curva de esgotamento da captação 2.

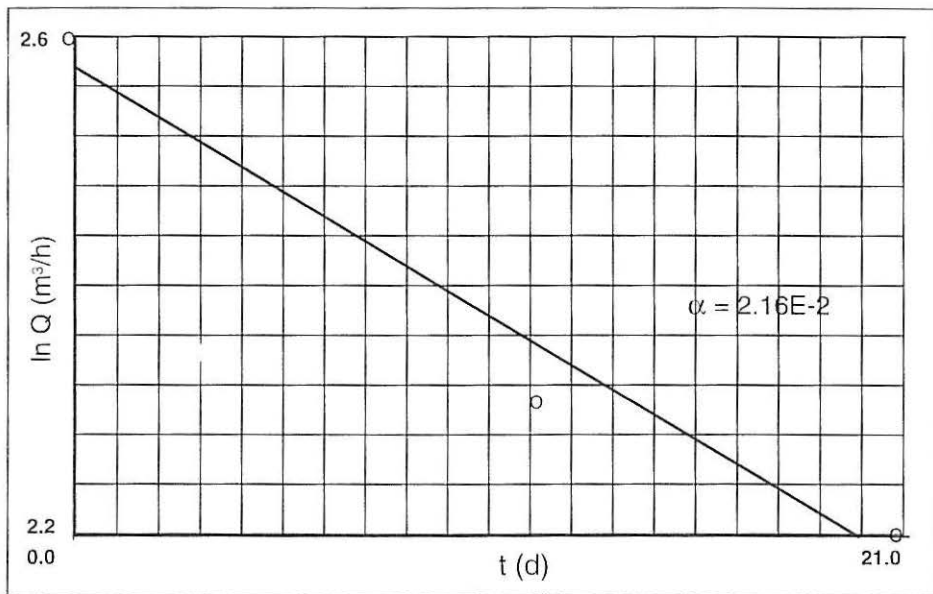


Fig. 14 – Primeira parte da curva de esgotamento da captação 1.

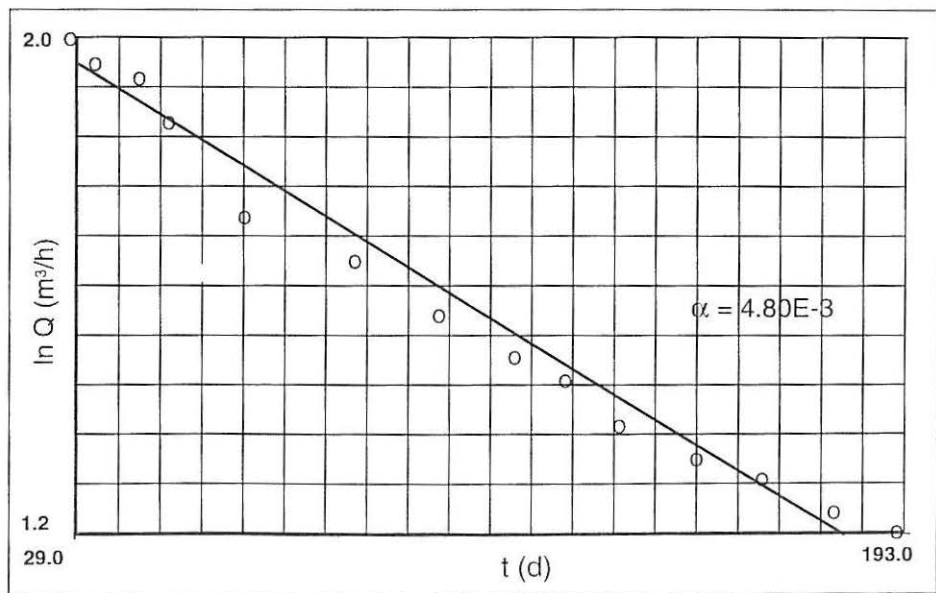


Fig. 15 – Segunda parte da curva de esgotamento da captação 1.

### Modelo hidrogeológico conceptual para a bacia de Sabariz

Como modelo possível de fluxo subterrâneo para esta bacia, poderíamos apresentar o seguinte esquema representado na fig. 16. Grosso modo, o fluxo executa-se segundo uma direcção NNE/SSW e com os dois sentidos preferenciais convergentes para o contacto geológico. Este contacto desempenhará um papel importante, visto que ele poderá actuar segundo duas situações diferentes. Se se tratar de um contacto tectónico, (coisa que não conseguimos observar no terreno) teremos uma zona de mais fácil circulação, permitindo assim a ascensão da água; caso contrário, ele poria em confronto dois tipos diferentes de materiais, os gnaisses com uma zona de alteração mais espessa do que nos anfíbolitos, servindo assim este contacto como uma barreira à circulação.

Este modelo será complementado com a actuação de toda a fracturação profunda de grande extensão superficial.

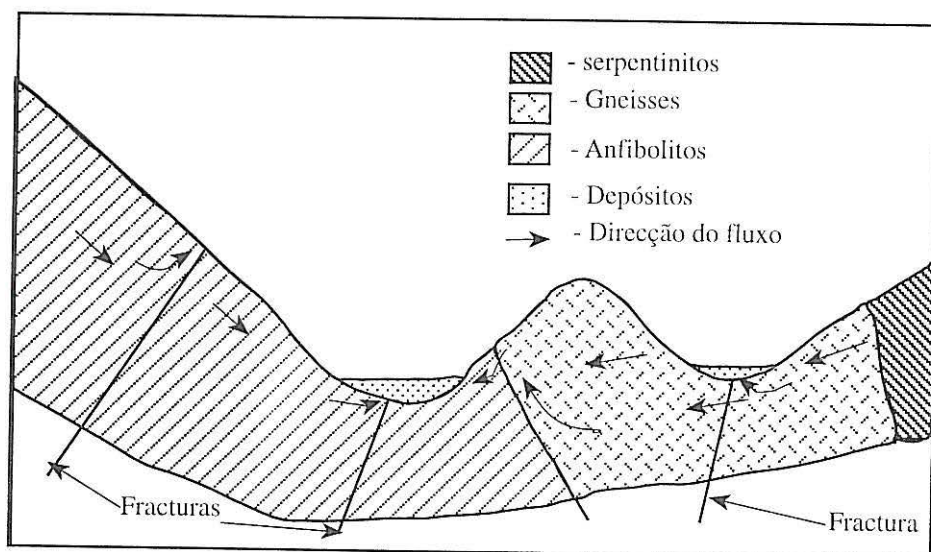


Fig. 16 – Modelo hidrogeológico proposto para a bacia de Sabariz (interpretação esquemática).

### Hidrogeologia da Bacia de Cova de Lua

Nesta bacia a circulação faz-se tipicamente em aquíferos do tipo fissurado, em rochas cristalinas e cristalofílicas. Do ponto de vista hidrogeológico vamos considerar todo este conjunto de rochas como pertencendo a uma única unidade, devido ao facto de as suas características litológicas serem muito parecidas. Os gnaisses poderão fornecer caudais razoáveis, principalmente onde a zona de meteorização é espessa.

Neste tipo de rochas cristalinas, os filonetes de quartzo resultantes do preenchimento de fracturas tractivas, representam um papel importante na condução da água subterrânea.

Contrastando com este comportamento na quase totalidade da bacia, deveremos salientar o comportamento das manchas calcárias aqui existentes.

Neste vale, conseguimos cartografar três afloramentos de calcários, os quais se encontram alinhados segundo uma direcção aproximada NW/SE e localizam-se na margem esquerda da ribeira das Covas, à beira da estrada.

A caracterização dos calcários que ocorrem na bacia de Cova de Lua torna-se muito difícil já que a área que aflora é extremamente pequena nos três locais.

Nos dois casos mais a SE, os afloramentos foram praticamente destruídos pela extracção intensa a que foram sujeitos para a produção de cal, sendo hoje difícil de fazer qualquer estimativa de como estes se prolongam em profundidade.

O afloramento localizado junto aos fornos de Vilarinho foi igualmente explorado com o mesmo fim chegando a formar-se um talude de desmonte com mais de uma dezena de metros de altura<sup>5</sup>.

Há registos<sup>6</sup> de, pelo menos, dois abatimentos da E.N 308, junto aos fornos de Vilarinho verificados em 1951 e 1974.

Estes abatimentos provavelmente verificaram-se devido à cedência dos tectos de cavernas subterrâneas resultantes da carsificação do maciço calcário. Sabemos da existência destas cavernas, porque antes de a Junta Autónoma de Estradas ter implantado a nova variante à estrada antiga, havia uma entrada para umas grutas, com pelo menos dois corredores, por onde as pessoas caminhavam algumas dezenas de metros. Estas grutas nunca foram devidamente exploradas por pessoal especializado.

Aquando da abertura da referida variante, a entrada para as grutas foi totalmente soterrada sem que ninguém se preocupasse com o assunto, nem mesmo os técnicos do Parque Natural de Montesinho, apesar de o local se encontrar dentro dos seus domínios.

Para decidir da implantação da nova estrada, a Junta Autónoma efectuou um pormenorizado estudo deste local, mas só na margem esquerda da ribeira das Covas. Neste estudo, foi executado um reconhecimento de superfície, assim como de profundidade com o recurso a técnicas geofísicas (sísmica) e a sondagens mecânicas com recuperação.

Estes estudos revelaram a existência de calcários, em profundidade, numa extensão de aproximadamente 200 m, ao longo da estrada. Foram detectados igualmente indícios de carsificação.

Tivemos igualmente acesso ao relatório de execução das

---

5) Com base em informação de pessoas da região e pela observação de fotografia aérea.

6) Segundo relatórios da Junta Autónoma de Estradas.

captações de água para a cidade de Bragança, onde pudemos verificar que a captação JK1 atravessou calcários até aproximadamente 39,18 m, enquanto que a JK2A os atravessou até ao seu limite ou seja: 46,20 m. De realçar igualmente nestes logs, que os furos atravessam frequentes zonas preenchidas por fragmentos de material todo esmagado, o que leva a suspeitar da existência de carsificação em profundidade.

As camadas encontram-se enfiadas segundo uma direcção N50-60W pendendo 80° a subverticais para NE. A fracturação mais intensa nos calcários apresenta uma direcção aproximada N10 - 20E subvertical.

Mais polémica torna-se a avaliação da extensão desta ocorrência calcária. É que, pela quantidade de água extraída das captações, como veremos mais adiante, se exige uma área aquífera bastante grande.

A hipótese dos três afloramentos se ligarem em profundidade pode pôr-se, já que aparecem alguns indícios da possibilidade de existência de calcários ao longo do vale.

O nome da linha de água "Ribeira das Covas", provém exactamente da existência ao longo dos tempos de abatimentos por todo o vale, os quais ainda hoje se verificam. Existem algumas zonas em que, apesar de não se observarem sumidouros típicos, em épocas de alguma pluviosidade e quando se começa a verificar a escorrência superficial, a água subitamente deixa de correr e infiltra-se totalmente. Esta volta a aparecer um pouco mais abaixo, para novamente desaparecer uma centena de metros a jusante.

### **Controle hidrogeológico**

Para efectivar este objectivo mantivemos sobre controle os seguintes factores:

- Controle quinzenal dos caudais de escorrência superficial, medidos com molinete, a cerca de 100 m a jusante das captações.
- Controle dos caudais extraídos dos furos.
- Controle químico e bacteriológico de alguns pontos de água.

Para o controle da escorrência superficial desta bacia tentou-se quanto possível efectuar medições quinzenais, durante o ano de 1991. De salientar que, desde fins de Maio, a escorrência superficial, a montante, deixa de existir, passando esta a fazer-se às custas da descarga subterrânea do aquífero calcário.

### **Ensaios de bombeamento**

Efectuamos alguns ensaios de bombeamento, de longa duração, os quais nos conduziram aos seguintes valores para os parâmetros hidráulicos do aquífero:

- Ensaio efectuado no dia 11 de Julho de 1991, a caudal constante de 80 m<sup>3</sup>/h interpretado com o recurso ao programa

AQFIS.BAS, Oliveira; M.M.(1990), e utilizando o método de THEIS, fig. 17.

- $T = 536,5 \text{ m}^2/\text{dia}$
  - $Sf = 6,4 \times 10^{-4}$  (Sf- coeficiente de armazenamento das fissuras)
  - $Sb = 4,24 \times 10^{-2}$  (Sb- coeficiente de armazenamento dos blocos)
- Ensaio efectuado no dia 8 de Outubro, a caudal constante de  $55 \text{ m}^3/\text{h}$  com o nível hidrostático a  $10,56 \text{ m}$  de profundidade e interpretado segundo o método de JACOB.
- $T = 301,9 \text{ m}^2/\text{dia}$
  - $S = 1,66 \times 10^{-2}$

Estes valores, de algum modo poderemos correlacioná-los com os obtidos no primeiro ensaio, se não vejamos: os valores de S são muito semelhantes ( $4,3 \times 10^{-2}$  e  $1,7 \times 10^{-2}$ ), a transmissividade calculada

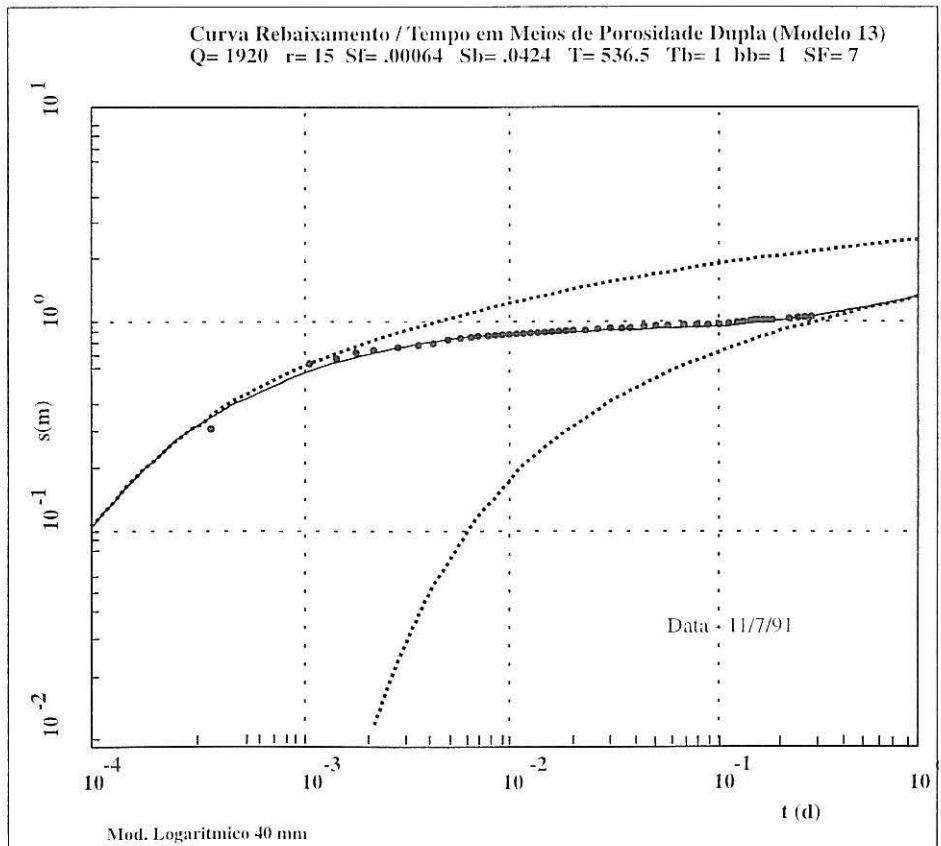


Fig. 17 – Curvas geradas pelo AQFIS referentes ao ensaio de bombeamento realizado no dia 11 de Julho.

no segundo ensaio é menor do que a do primeiro (536,5 e 301,9 m<sup>2</sup>/dia), o que poderemos considerar como admissível, já que o segundo ensaio é realizado com o nível hidrostático situado a uma profundidade maior (10,56 m), onde as fracturas deverão ser menos transmissivas, pois serão mais apertadas, e a carsificação muito menor.

A partir da altura em que a captação do Baceiro entrou em funcionamento, o furo JK2A foi desactivado, tendo-lhe sido retirada a bomba.

Assim, aquando da realização dos ensaios de caudal, utilizá-mos este como piezómetro, estando o JK1 em bombagem e distando um do outro 15,25 metros.

# Caracterização Hidrogeoquímica

---

## Bacia de Sabariz

Pretendeu-se com este estudo hidroquímico<sup>7</sup>, para além da caracterização química, tentar obter alguma informação sobre a variação química da água, durante os períodos de “águas altas” e “águas baixas”, que nos ajudasse na confirmação do modelo conceptual de funcionamento hidrogeológico.

As águas provenientes das duas sub-bacias de Sabariz foram as que mantivemos sob controle, tendo-se efectuado as medições nas condutas 4 e 5<sup>8</sup>. Escolheram-se estes dois locais porque nos permitiam ter uma cobertura completa da escorrência subterrânea da bacia, para assim podermos cumprir os objectivos que previamente traçámos. Trata-se de águas muito pouco mineralizadas, variando o resíduo seco entre um valor mínimo de 47 e um valor máximo de 118mg/l. No entanto, há uma certa diferença entre a água das duas condutas, visto que a pertencente à conduita 4 apresenta, em praticamente todos os parâmetros químicos, valores inferiores à correspondente da conduita 5.

---

7) As análises químicas foram realizadas no laboratório de águas do departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa.

8) A conduita 4 colecta a água da sub-bacia da esquerda e a 5 colecta a água da sub-bacia da direita. A captação é feita através de minas.

Estas águas apresentam um pH ligeiramente ácido, com uma média anual dos valores medidos de 6,7. Os valores de pH da conduta 4 são sempre inferiores aos registados na conduta 5, o que está de acordo com a litologia, atendendo a que a água do grupo I de captações circula praticamente só em gnaisses enquanto que os outros grupos se encontram implantados em rochas básicas, o que poderá justificar igualmente as diferenças químicas das águas.

São águas essencialmente bicarbonatadas cálcicas, a bicarbonatadas calco/magnesianas, conforme se pode comprovar no diagrama de Piper da fig. 18<sup>9</sup>

Quanto à dureza, e segundo uma classificação proposta por Custódio, E. et.al.(1983), são águas moderadamente duras, entendendo-se por dureza a capacidade de uma água produzir incrustações.

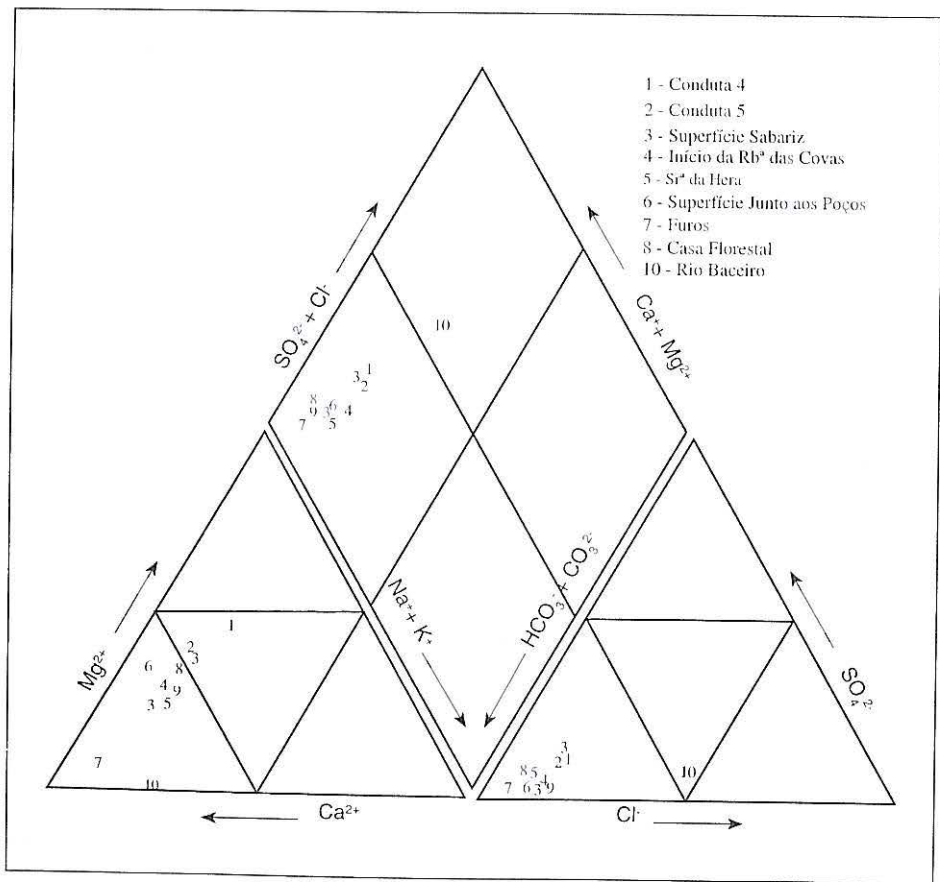


Fig. 18 – Diagrama de Piper da colheita de Abril.

9) Neste diagrama encontram-se representadas as águas de Sabariz e de Cova de Lua.

## Bacia de Cova de Lua

O objectivo principal do controle hidroquímico efectuado na bacia de Cova de Lua era o de tentar obter alguma informação sobre a evolução do fluxo e possíveis locais de recarga do aquífero, para além, como é lógico, o de caracterizar o mais possível a água, da qual depende grande parte da cidade de Bragança e a sua evolução hidroquímica durante um ano hidrológico.

Escolhemos sete locais que mensalmente amostrámos e cujas características se apresentam de seguida:

- 1 - **Início da linha de água** - Trata-se de um local onde durante todo o ano nos foi possível efectuar colheitas, devido ao regime permanente da linha de água. A água era colhida na ribeira, muito próximo dos locais de emergência que se situam nos xistos verdes.
- 2 - **Sr<sup>a</sup> da Hera** - Trata-se de uma emergência nos lameiros e que resultou de um dos casos de abatimentos de terrenos que anteriormente referimos. A colheita era feita mesmo na emergência.
- 3 - **Superfície, junto aos poços** - Consistiu na colheita de água de superfície junto aos poços da Câmara.
- 4 - **Poços da Câmara** - Amostragem da água do furo JK1. A colheita era efectuada com as bombas trabalhando e por uma saída lateral destas.
- 5 - **Mina da Casa da Floresta** - Trata-se de uma nascente, localizada nos xistos verdes, numa caixa de falha com direcção N45W e que foi aproveitada pelos serviços florestais para cavarem uma mina, com a finalidade de melhorarem o caudal e protegerem a nascente, com a qual abastecem a casa florestal que se encontra junto à estrada. A colheita efectuava-se à saída da mina.
- 6 - **Poço da Horta** - Trata-se de um poço de grande diâmetro, implantado nos xistos verdes e destinado à rega. A colheita era efectuada dentro do próprio poço.
- 7 - **Rio Baceiro** - Incluimos neste grupo o Rio Baceiro porque, atendendo ao esquema que a Câmara Municipal montou para o abastecimento da cidade, com a junção da captação do Baceiro, pareceu-nos que a recarga artificial do aquífero de Cova de Lua a partir deste rio poderia ser uma boa aposta. Por esta razão decidimos efectuar também o seu controle hidroquímico. As colheitas foram efectuadas no açude da captação.

Estas águas, tal como as de Sabariz, são pouco mineralizadas, sempre com valores de resíduo seco abaixo de 136 mg/l. De todas elas, salienta-se a do Rio Baceiro que nalguns parâmetros praticamente iguala a água da chuva, com valores de resíduos seco variando entre 5 e 22 mg/l, o que era de esperar dada a circulação rápida e em superfície e às litologias existentes na bacia hidrográfica.

Nos outros pontos de água, aparece-nos como mais mineralizada a do furo JK1 e a mina, apresentando valores de resíduo seco muito semelhantes, entre 94 e 136 mg/l e sendo essencialmente bicarbonatadas cálcicas.

Apresentam valores de pH muito próximo da neutralidade, com um valor médio de todas as observações, efectuadas ao longo do ano, de 7.15.

## Características Físico-químicas

### Temperatura

A temperatura é um parâmetro que poderá desempenhar um papel muito importante na indicação do movimento da água subterrânea.

Na fig. 19, poderemos verificar a maior constância de valores observados nas nascentes onde a medição foi efectuada na emergência. Nestes casos, a variação, desde Janeiro a Setembro, localizou-se entre 2 e 3 °C.

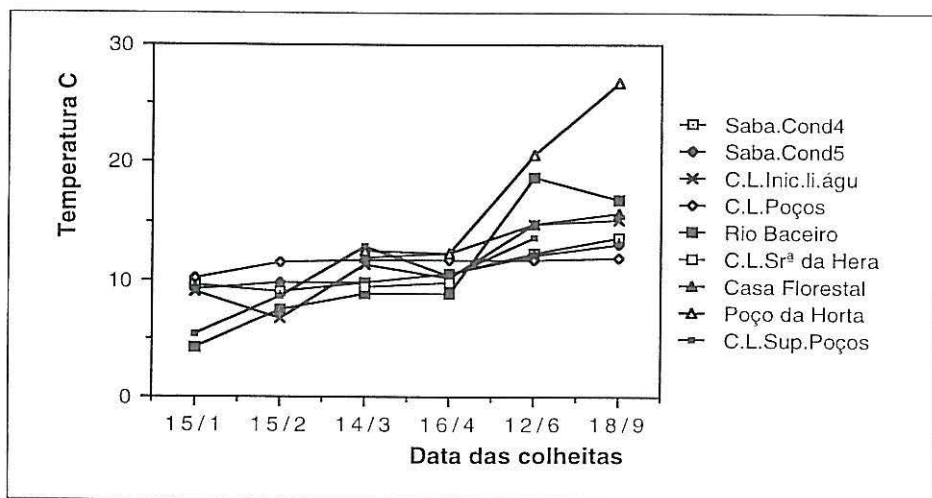


Fig. 19 – Variação da temperatura nas medições efectuadas ao longo do ano.

Nos locais onde a água se encontra por longos períodos em contacto com a temperatura atmosférica, estas variações são muito maiores, acompanhando de perto a variação atmosférica conforme se pode verificar no Poço da Horta.

### Condutividade e Resíduo Seco

A capacidade de a água conduzir a corrente eléctrica é designada por condutividade eléctrica, e depende, em grande parte, da concentração e carga dos iões em solução, assim como da velocidade com que estes se movem quando sujeitos a uma diferença de potencial eléctrico.

O resíduo seco é o peso dos materiais resultantes da evaporação de 1 litro de água. Este varia um pouco com a temperatura a que se verifica a evaporação, convido, para a o efeito, fixar um determinado valor desta no nosso caso, usou-se a temperatura de 110°C.

Pela observação da fig. 20, podemos verificar que a conduta 5 apresenta valores de condutividade superiores aos da conduta 4, durante todo o ano.

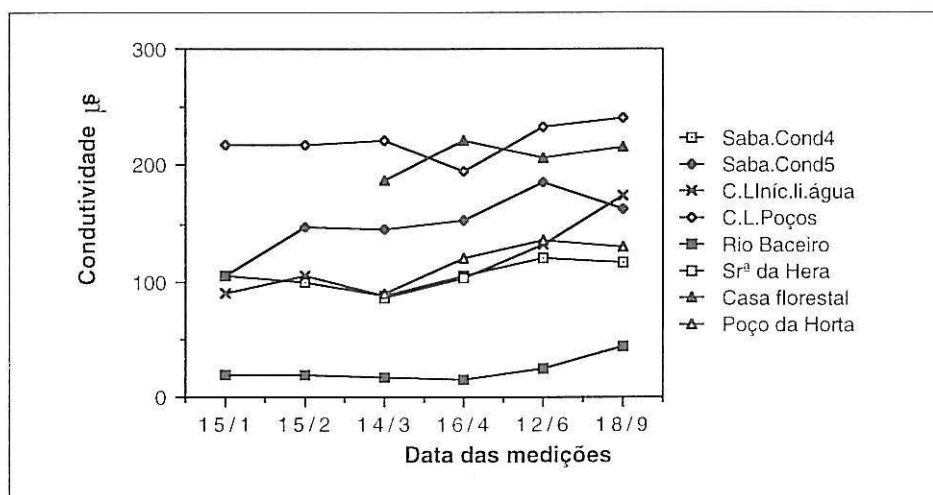


Fig. 20 – Variação da condutividade nas medições efectuadas ao longo do ano.

As condutividades respeitantes ao rio Baceiro destacam-se das restantes pelo seu baixo valor, assim como as dos poços da Câmara e da Mina da Casa Florestal, por apresentarem valores mais altos.

Em traços gerais, a condutividade apresenta uma certa tendência para aumentar gradualmente, à medida que a quantidade de recarga vai diminuindo, provavelmente devido à maior concentração de iões na água, sendo portanto menor o efeito de diluição.

Este aumento gradual de condutividade é acompanhado por um também gradual aumento do resíduo seco. Aliás verifica-se uma boa correlação entre os valores destes dois parâmetros, fig. 21, tendo-se obtido o valor de 0. 905 para o coeficiente de correlação dos dados disponíveis nas 46 análises efectuadas. A relação entre dois parâmetros é dado por:

$$RS = 0.63 \times CE.$$

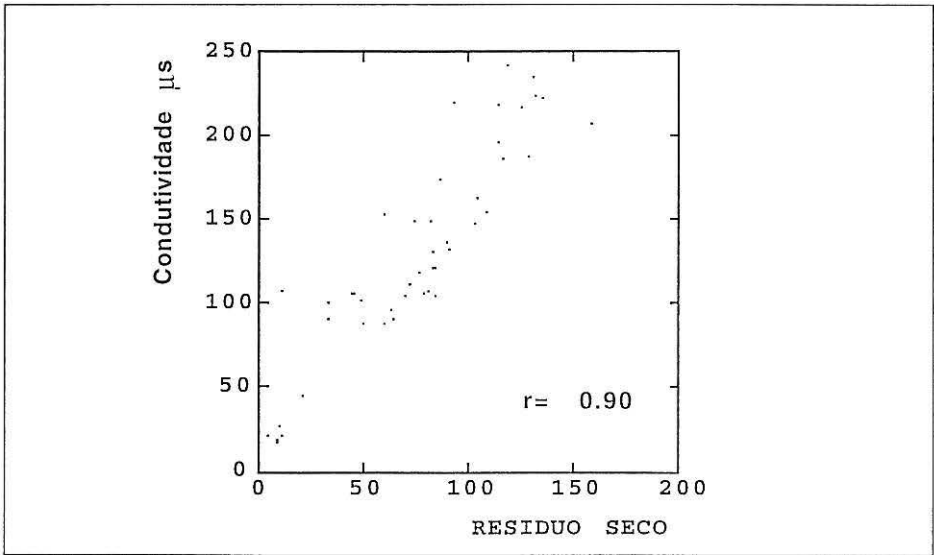


Fig. 21 – Variação da condutividade, em função do resíduo seco das águas analisadas.

## Características Químicas

### pH

Este parâmetro é muito importante do ponto de vista hidrogeológico, visto que intervém directa ou indirectamente nos vários equilíbrios químicos influenciado assim grandemente a estabilidade ou instabilidade das espécies minerais em dissolução.

Pelo que podemos observar na fig. 22, não se nota qualquer

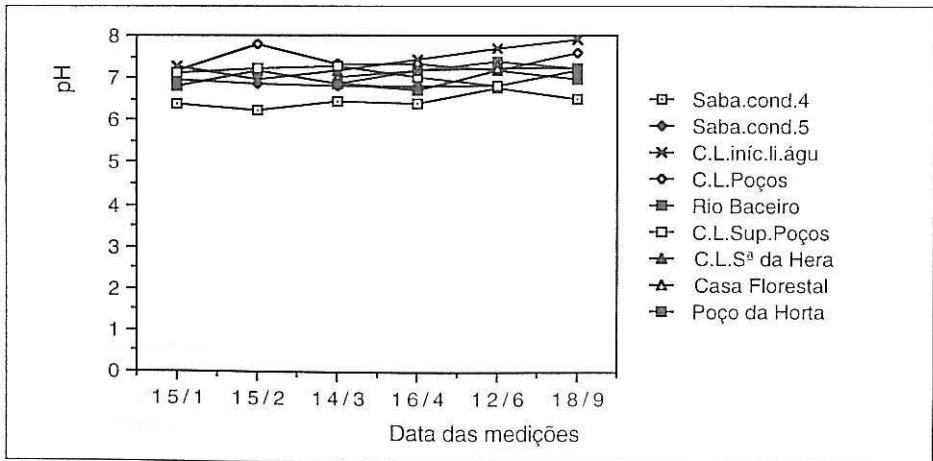


Fig. 22 – Variação do pH nas medições efectuadas ao longo do ano.

tendência conjunta dos diferentes valores de pH, ao longo do tempo. Verifica-se que temos situações em que este parâmetro sobe e desce alternadamente, e outras em que sobe ou desce gradualmente.

Sabe-se que o pH influencia directamente o teor de CO<sub>2</sub>, ou seja a capacidade de dissolução da água, verificando-se entre eles uma correlação negativa, isto é, a um aumento de pH corresponde, e quase sempre, uma diminuição de CO<sub>2</sub>.

### Catiões

Em praticamente todas as análises efectuadas o catião mais abundante é o Ca<sup>2+</sup>, com valores que oscilam entre 2.4 mg/l (Rio Baceiro) e 36 mg/l (poços da Câmara), com uma média de 15.87 mg/l.

A variação deste elemento, nas seis colheitas efectuadas, encontra-se representada na fig. 23, onde se pode observar o destaque nítido dos poços da Câmara como sendo o local que se nos apresenta com um teor mais elevado de cálcio. Este valor seria de esperar visto que os furos se encontram implantados em calcários, onde os fenómenos de dissolução do CaCO<sub>3</sub> deverão ocorrer. Este ião poderá ter também origem no ataque de feldspatos e outros silicatos cálcicos.

A tendência geral parece ser a de um ligeiro aumento das concentrações deste elemento, ao longo do tempo.

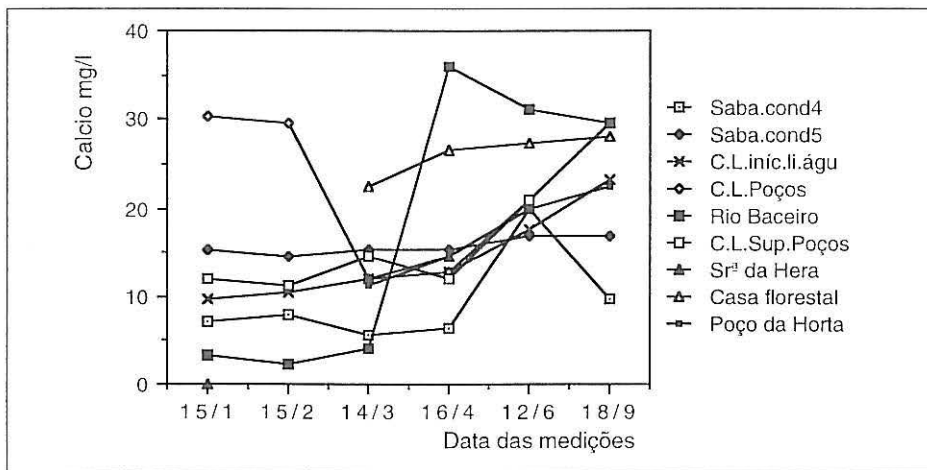


Fig. 23 – Variação do Cálcio nas medições efectuadas ao longo do ano.

O Mg<sup>2+</sup> aparece-nos como o segundo catião mais representativo, variando entre valores de 1.2 e 11.7 mg/l, com uma média de 5.06 mg/l.

A variação deste parâmetro, ao longo do tempo, fig 24, não apresenta nenhuma tendência geral, mas sim grandes variações, aparentemente sem grande significado. Ressalta no entanto como a nascente

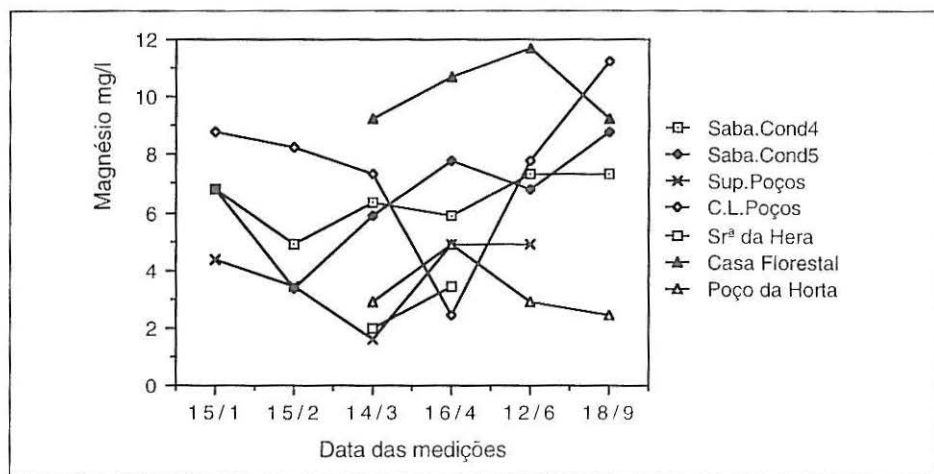


Fig. 24 – Variação do Magnésio nas medições efectuadas ao longo do ano.

mais rica em  $Mg^{2+}$  a mina da Casa Florestal, o qual se poderá dever à contribuição dada pela clorite existente nos xistos verdes.

Embora os calcários que afloram junto aos fornos de Vilarinho, onde se localizam os furos da Câmara, se nos apresentem pontualmente dolomitizados, isto não se reflecte no aumento de  $Mg^{2+}$  na água, visto que o seu valor é relativamente baixo.

O sódio aparece-nos com valores muito baixos e variando entre 1.4 mg/l e 6.45 mg/l. A fonte principal deste ião em rochas cristalinas é a dissolução de feldspatos, feldspatóides e outros silicatos, podendo ter origem também em contaminações urbanas e industriais, assim como na concentração da água da chuva. A sua variação anual é extremamente pequena em quase todos os pontos de água.

Quanto ao potássio, os valores que apresenta são quase sempre inferiores a 1mg/l, pois tende a ser adsorvido de forma pouco reversível pelos minerais de argila, que constituem os produtos de alteração destes tipos de rochas.

### Aniões

O bicarbonato é nitidamente o anião mais representativo dentro de todas as análises disponíveis, com valores variando entre 3.66 mg/l (Rio Baceiro) e 135.42 mg/l (Poços de Câmara) e como valor médio 65.78 mg/l.

Este ião, nos locais onde existem carbonatos, provém essencialmente da dissolução dos calcários, ajudado pelo  $CO_2$ , ou por ácidos naturais. Nas rochas restantes provém da hidrólise de silicatos, com a ajuda de  $CO_2$ .

No diagrama de evolução temporal, Fig. 25, verifica-se o destaque nítido entre o rio Baceiro, com valores mínimos, e os poços e mina da Casa Florestal, com valores máximos.

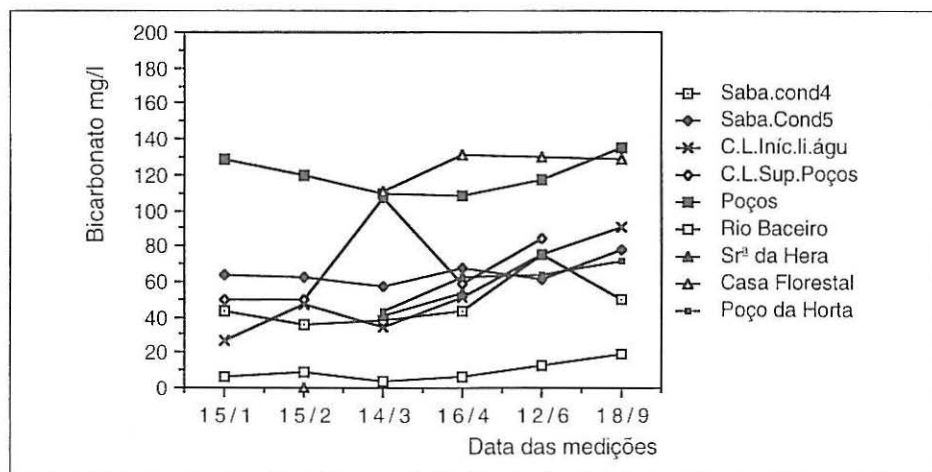


Fig. 25 – Variação do Bicarbonato nas medições efectuadas ao longo do ano.

A tendência geral parece ser a de uma certa estabilidade deste ião ao longo do tempo, com um ligeiro aumento nas duas últimas colheitas. Isto poderá dever-se ao aumento de concentração deste ião na água numa época de “águas baixas”.

No que diz respeito ao ião cloreto, este apresenta valores relativamente baixos, variando entre 3.55 mg/l (no Rio Baceiro), valor praticamente igual ao encontrado na água da chuva, e 9.94 mg/l, como máximo.

As variações desse elemento devem-se praticamente a contribuições externas, (água da chuva) porque a sua quantidade na crosta terrestre é muito baixa, sendo assim um bom indicador de épocas de recarga ou de não recarga, conforme a sua concentração é baixa ou alta nas águas subterrâneas.

O diagrama de evolução deste ião, fig. 26, mostra-nos estas relações, onde se pode ver que durante a época de águas altas, a concentração do Cl<sup>-</sup> diminui, aumentando de Abril para Junho. De Junho para Setembro, regista-se uma situação curiosa: a descida do teor em cloreto nas águas subterrâneas, e o aumento nas da superfície. Isto poderá significar que a precipitação que caiu em Setembro provocou alguma infiltração, a qual foi diluir a concentração do ião Cl<sup>-</sup>, fazendo com que ela diminuisse. Por outro lado, nas águas que correm à superfície há um aumento da concentração deste ião, à custa da escorrência provocada pela água da chuva. A data desta última colheita coincide com a altura em que se começa a notar, na conduta 2 de Sabariz, um pequeno aumento do caudal.

O ião NO<sub>3</sub><sup>-</sup> apresenta valores compreendidos entre 1.12 mg/l e 43.4 mg/l, com a média situada em 19.01 mg/l.

Este ião provém, essencialmente, de processos de nitrificação natural (bactérias nitrificantes), da decomposição da matéria orgânica e

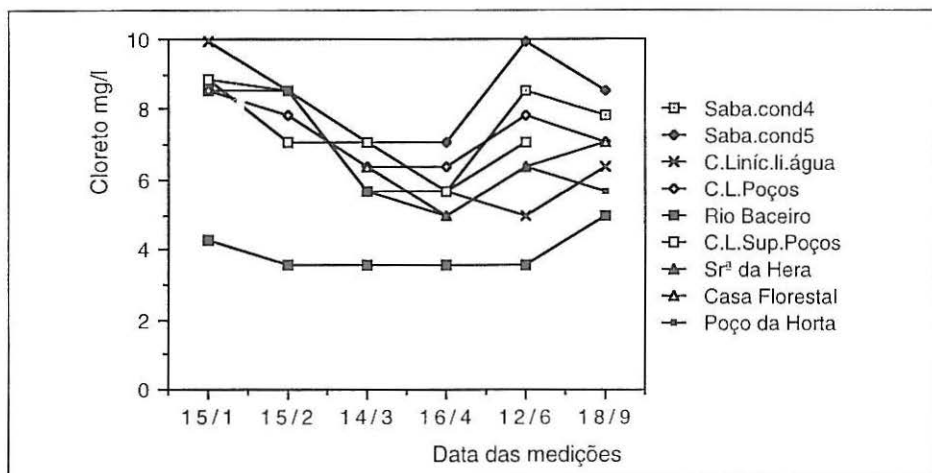


Fig. 26 – Variação do Cloreto nas medições efectuadas ao longo do ano.

das contaminações agrícolas, pecuárias, urbanas e industriais.

Os valores algo elevados que algumas nascentes apresentam, deverão resultar, principalmente, do uso frequente de adubos químicos e orgânicos na agricultura. As pastagens permanentes (lameiros) de Cova de Lua, é prática corrente serem adubadas com adubos orgânicos (estrume), o qual poderá ser uma fonte importante de nitratos. Isto poderá explicar os valores relativamente altos deste ião nas águas sob controle.

O comportamento deste ião ao longo do tempo, fig. 27, apresenta um andamento semelhante ao Cl, com uma descida gradual até Abril, aumento até Junho, e nova descida para a colheita de

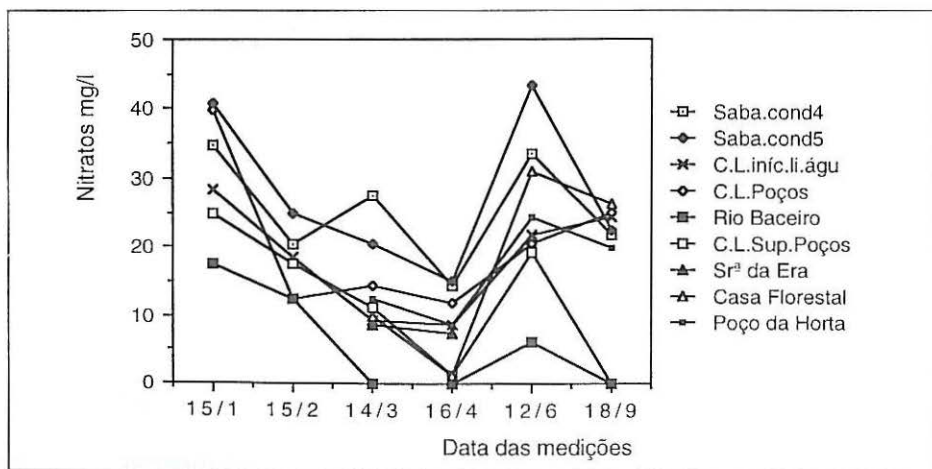


Fig. 27 – Variação dos Nitratos nas medições efectuadas ao longo do ano.

Setembro, podendo estas diminuições significarem diluições ou mistura de águas subterrâneas.

O ião sulfato apresenta valores relativamente mais baixos com o mínimo de 0.17 mg/l e o máximo de 9.1 mg/l com o valor médio de 3.94 mg/l. Este ião poderá resultar, em zonas de rochas cristalinas ou cristalofílicas, da oxidação de sulfuretos disseminados nas rochas, da concentração no solo, da água da chuva, ou então de actividades antrópicas.

Nas zonas em estudo, é frequente encontrarem-se sulfuretos (pirite e calcopirite), principalmente nos xistos e nos anfibolitos que poderão justificar alguma concentração deste ião, a qual poderá ser também devida às actividades agrícolas.

### Sílica

Este parâmetro apresenta-nos um valor médio de 8.35mg/l, apresentando como mínimo 1.46 mg/l e como máximo 29.8 mg/l. O teor em sílica das águas existentes em rochas cristalinas provém essencialmente do ataque de silicatos e outras rochas que contêm sílica solúvel. A sílica pode ser um indicador do tipo do terreno atravessado pela água subterrânea, assim como da temperatura do aquífero, visto que a solubilidade deste elemento aumenta com a temperatura.

No diagrama de evolução, fig. 28, este elemento apresenta-nos um comportamento bastante uniforme nos diferentes pontos de amostragem. Verifica-se uma descida acentuada na colheita de Março, uma estabilização dos valores até Julho, e um aumento nítido para o mês de Setembro. Não conseguimos encontrar uma explicação plausível para este tipo de comportamento.

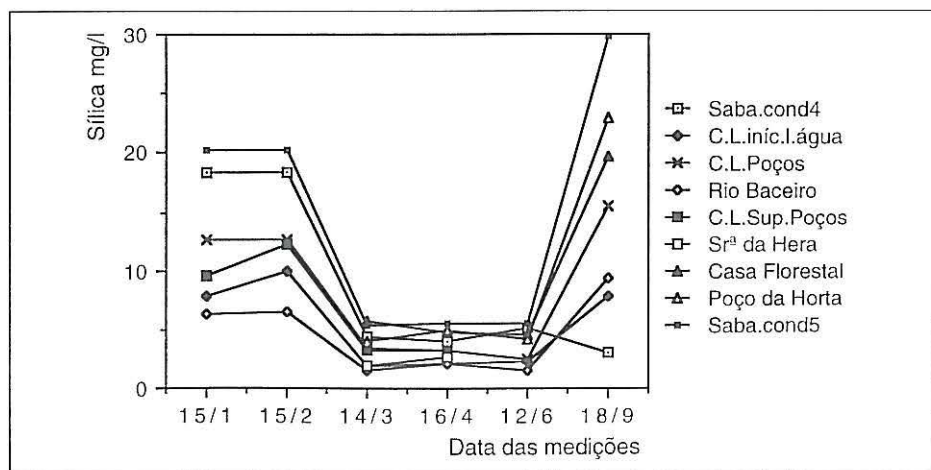


Fig. 28 – Variação da Sílica nas medições efectuadas ao longo do ano.

## Qualidade das águas para uso agrícola

Para avaliar esta qualidade é comum utilizarem-se as normas RIVERSIDE, definidas pelo United States Salinity Laboratory Staff (SSLS), CATALAN, J. (1981), que correlacionam a condutividade e a taxa de adsorção do sódio (TAS), dada pela seguinte expressão:

$$TAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Mg^{2+} + Ca^{2+}}{2}}}$$

com os iões  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$  em miliequivalentes/litro.

Os valores de TAS são-nos fornecidos pelo HIDSPEC, onde podemos verificar que se trata de valores extremamente baixos, sempre inferiores a 1. Como os valores da condutividade são sempre abaixo de 250 microsiemens/cm, as nossas águas caem todas no campo de:

- baixo perigo de alcalinidade,
- baixo perigo de salinização, ver fig. 29

o que quer dizer que a sua utilização se pode fazer na agricultura sem qualquer restrição.

## Qualidade das águas para consumo humano

O DL nº 74/90, de 7 de Março de 1990, aprova as normas de qualidade da água que actualmente vigora em Portugal. Verifica-se que estas normas são por vezes mais exigentes do que as até então vigentes emanadas da OMS (1964), encontrando-se nessa situação, por exemplo as concentrações do ião magnésio e dos nitratos.

Efectuámos a projecção das águas analisadas num diagrama de qualidade de água para consumo humano, fig. 30, elaborado segundo o D.L. anteriormente referido e as normas da C.E.E. de 1990.

Neste diagrama, onde foi projectado o valor máximo e mínimo de cada parâmetro nele constante e referentes às 46 análises, verifica-se que a qualidade da água se encontra em boas condições para o abastecimento domiciliário.

Há, no entanto, um pequeno problema com os nitratos já que nove análises se encontram dentro do campo dos valores toleráveis. Os pontos mais em risco são, sem sombra de dúvidas, as condutas de Sabariz, já que apresentam quase sempre os valores mais elevados, chegando a atingir 43.4 mg/l na conduta 5, em Junho. Trata-se portanto de um valor já muito próximo do valor máximo admitido. Estes valores relativamente altos deverão estar relacionados com fertilizantes químicos e orgânicos usados na agricultura. Esta pequena bacia é intensamente cultivada, quer com cereais, quer com pequenas hortas de onde as pessoas das aldeias retiram grande parte do seu sustento.

### Controle bacteriológico

As colheitas para este controle foram efectuadas quinzenalmente e nos locais de onde se extrai água para o abastecimento da cidade de Bragança, ou seja, nas condutas 4 e 5 de Sabariz, do furo JK1 e do Rio Baceiro. Estas colheitas foram realizadas com todo o rigor possível e recomendável para este tipo de análises, atendendo à sensibilidade dos microorganismos intervenientes, CUSTODIO, E. (1983).

Pela observação dos resultados obtidos ao longo do ano<sup>10</sup>, concluímos tratar-se de águas onde a carga microbiana é razoável, mas praticamente sempre dentro dos padrões fixados legalmente para a água potável.

Nas condutas de Sabariz, a situação melhorou a partir da altura em que a Câmara Municipal procedeu à limpeza e desobstrução destas<sup>11</sup>, visto que se encontravam num estado de total abandono.

No rio Baceiro, verifica-se um aumento brusco da carga microbiana no mês de Setembro, chegando mesmo a ultrapassar o valor máximo permitido para o número total de Germens e para os Coliformes Fecais, mas neste mês a C.M. Bragança não retirou água desta captação. Este aumento deverá estar relacionado com alguns factos por nós constatados:

- redução do caudal do Rio, o que obriga a que a água praticamente fique estagnada no açude;
- localização do açude, atendendo a que fica por debaixo de uma ponte, e que infelizmente as pessoas utilizam para se livrarem dos seus lixos domésticos, e não só!;
- a utilização deste local durante os meses de verão como piscina, já que não existe qualquer indicação de utilização desta água para consumo humano.

### Especiação das análises

Da especiação efectuada com a ajuda do programa HIDSPEC, Carvalho, M. (1989) somos levados a concluir tratar-se de águas muito pouco agressivas e com tempos de circulação muito rápidos, o que não permite que alcancem o estado de equilíbrio com os diferentes minerais, visto que os índices de saturação em relação aos minerais serem sempre inferiores a 1.

---

10) Estas análises foram efectuadas nos meses de Fevereiro, Abril, Junho e Setembro e foram realizadas no laboratório de microbiologia da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança.

11) Esta operação teve lugar durante os meses de Junho e Julho de 1991.

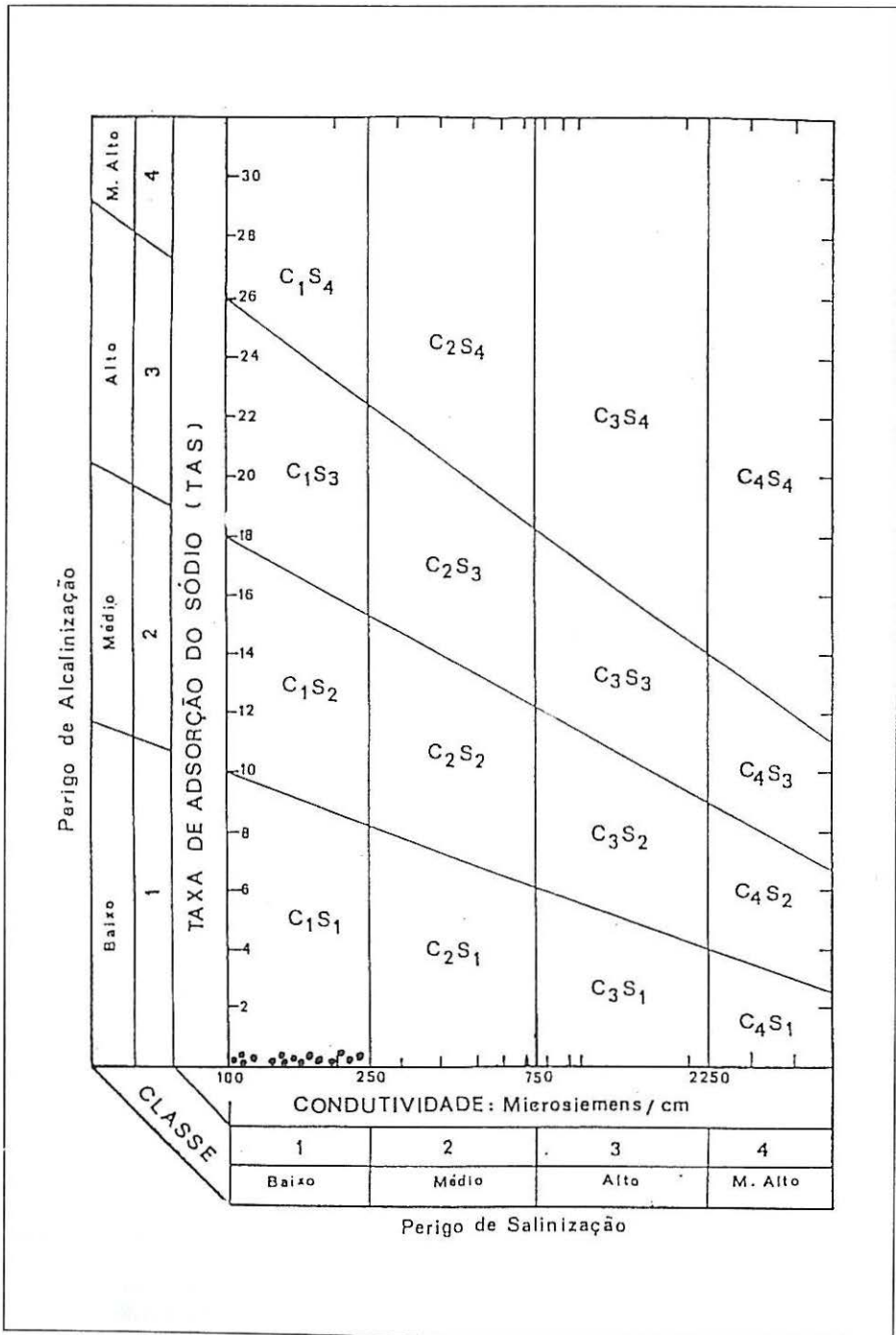
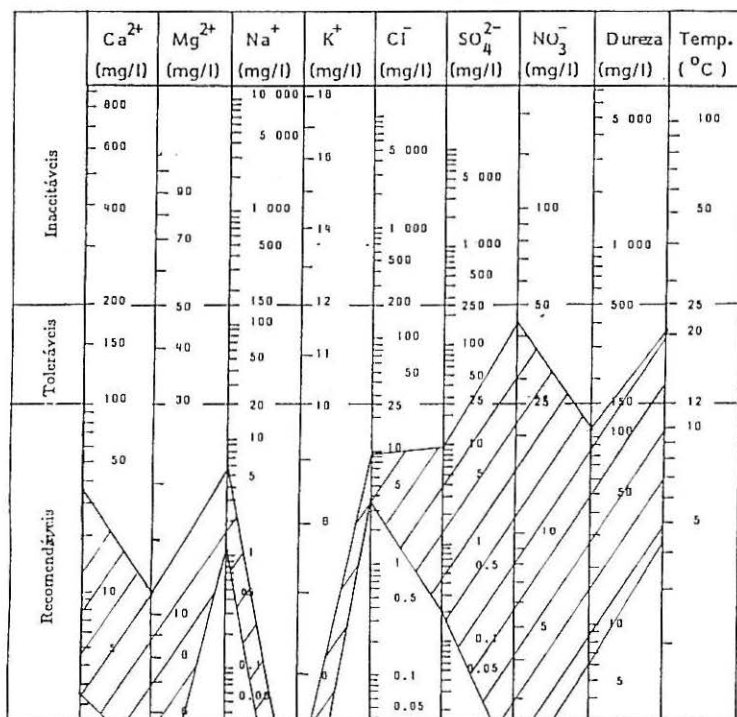


Fig. 29 – Diagrama de qualidade da água, para uso agrícola.

### Diagrama de Qualidade da Água

(Adaptado do Diário da República, nº 55, I série, 7 de Março de 1990, decreto de lei nº 74/90 e normas da C.E.E., 1990)



#### Substâncias indesejáveis

	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Al (mg/l)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)	Hg (mg/l)	Cr (mg/l)	Se (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	Cn (mg/l)
V.M.R.*	0.05	0.1	0.05	-	-	-	-	-	-	-
V.M.A.**	0.2	-	0.2	0.005	0.05	0.001	0.05	0.01	0.1	0.05

\* V.M.R. - Valor máximo recomendável

\*\* V.M.A. - Valor máximo admissível.

Fig. 30 – Diagrama de qualidade da água, para abastecimento domiciliário.

## Recursos Hídricos Subterrâneos

### Infiltração

O fenómeno da infiltração, é importante, não só para o desenvolvimento das plantas, como para a recarga dos aquíferos. Esta recarga pode não ser imediata dependendo muito das condições hidráulicas do solo, assim como da quantidade de água disponível. Acontece frequentemente que o atraso no tempo de recarga dos aquíferos pode ser grande, tornando-se este facto importante na gestão dos recursos hídricos, não só em quantidade mas também em termos de qualidade.

Como são raras as medições directas deste parâmetro (infiltrómetros), obriga a que se recorra a métodos indirectos para o seu cálculo. Neste trabalho recorreremos ao balanço de cloretos, que consiste em comparar a variação da concentração do ião Cl<sup>-</sup> na água da chuva e nas águas subterrâneas, estimando-se assim o volume de água infiltrada que alimentou os aquíferos. O uso deste ião baseia-se na sua grande estabilidade, o que leva a que seja considerado um bom traçador, CUSTODIO, E. (1983).

O balanço hidroquímico de cloretos é dado por:

$$\text{Inf.} = \frac{\text{Ief.}}{\text{P}} = \left(1 - \frac{\text{Es}}{\text{P}}\right) \frac{\text{Cp}}{\text{Ci}}$$

Onde:

P - precipitação

Inf - índice de infiltração

Ief - Infiltração Eficaz

Es - Escorrência superficial

Cp - conteúdo médio de cloretos da água da chuva

Ci - conteúdo médio de cloretos da água subterrânea

### Bacia de Cova de Lua

No Quadro 5, encontram-se representados os valores da escorrência superficial por nós medidos.

Com o intuito de encontrar a melhor forma de calcular o valor médio destes valores adoptámos a fórmula de LAGRANGE, que efectua a interpolação entre múltiplos elementos, NUNES, R.(1987).

O valor médio encontrado para a escorrência superficial de Cova de Lua foi de  $2.2 \times 10^5 \text{m}^3$  o que corresponde a 30% da precipitação total caída na bacia.

Estes 30% correspondem a 258.3 mm de precipitação que escorrem superficialmente em Cova de Lua por ano. Os valores de Cp

**Quadro 5** – Escorrência superficial medida na bacia de Cova de Lua.

Data	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
3 Janeiro	20.2
23 Janeiro	899.0
15 Janeiro	666.0
1 Fevereiro	569.0
25 Fevereiro	313.0
13 Março	2.308
28 Março	634.0
8 Abril	277.0
24 Abril	230.0
7 Maio	57.6
5 Julho	66.3
26 Julho	38.2
2 Dezembro	26.0
16 Dezembro	235.0
29 Dezembro	220.0

foram obtidos através de 6 análises de cloretos da água de precipitação colhida ao longo do ano na Casa Florestal de Cova de Lua. Os valores de Ci foram retirados das análises químicas do furo JK1, conforme se pode observar de seguida:

Cp	Ci
Chuva: Jan - 3.55	Profundidade: Jan - 8.52
Fev - 2.84	JK1 Fev - 7.81
Mar - 3.55	Mar - 6.39
Abr - 3.70	Abr - 6.39
Jun - 2.84	Jun - 7.81
Set. - <u>2.95</u>	<u>Set - 7.10</u>
$\bar{x} = 3.23$	$\bar{x} = 7.33$

A precipitação adoptada foi a do posto meteorológico de Fontes, e é igual a 861mm/ano.

Com os dados apresentados obtivemos para a:

$$Inf \cong 0.30 P,$$

o que corresponde a uma taxa de infiltração de 30%, ou seja a 258.3mm/ano que se infiltram.

### Bacia de Sabariz

No Quadro 6, encontram-se igualmente representados os valores da escorrência superficial na sub-bacia sul de Sabariz, ou seja, a bacia respeitante aos grupos II e III de captações.

*Quadro 6 – Escorrência Superficial Medida na Sub-Bacia de Sabariz*

Data	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
3 Janeiro	20.2
23 Janeiro	18.3
1 Fevereiro	14.4
21 Fevereiro	10.4
6 Março	72.0
13 Março	65.0
21 Março	46.4
2 Abril	22.0
11 Abril	14.4
18 Abril	10.5
24 Abril	8.35
2 Maio	8.25
8 Maio	4.53
23 Maio	0.25

O valor médio calculado foi de 75.825m<sup>3</sup>/ano, o que corresponde a 10.7% da precipitação caída nesta pequena bacia, ou seja, 68.5mm/ano será água que escorre superficialmente.

Considerámos os valores de Cp iguais ao de Cova de Lua, porque a distância entre estas duas bacias é relativamente pequena para que os teores de Cl da água da chuva sejam diferentes ao longo do ano. Quanto aos valores de Ci, foram retirados das análises efectuadas na conduta 5 e encontram-se representados de seguida:

	Ci
Profundidade:	Jan - 8.52
JK1	Fev - 7.81
	Mar - 6.39
	Abr - 6.39
	Jun - 7.81
	Set - <u>7.10</u>
	$\bar{x} = 7.89$

Para este cálculo utilizou-se a precipitação recolhida na Escola Superior Agrária, com 636mm/ano.

Obteve-se assim para esta bacia a seguinte relação:

$$\text{Inf.ef. } x \cong 0.37P,$$

correspondendo a uma taxa de infiltração de 37% ou seja a uma infiltração de 235.3mm/ano.

### Cálculos dos Recursos

Considerando a área total da bacia de Cova de Lua igual a 8.5 Km<sup>2</sup> os recursos hídricos subterrâneos renováveis, podem ser estimados em:

$$8.5 \times 10^6 \times 258.3 \times 10^{-3} \cong 2.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

A sub-bacia sul de Sabariz apresenta uma área de 1.1 Km<sup>2</sup>, o que poderá corresponder a um recurso subterrâneo renovável de:

$$1.1 \times 10^6 \times 253 \times 10^{-3} \cong 2.8 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$$

A taxa de infiltração encontrada para esta bacia (38%), poderá parecer excessiva, mas se compararmos este valor estimado para os recursos hídricos subterrâneos renováveis (2.8 x 10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>/ano), com os caudais que nós medimos nas condutas 1, 2 e 3 da Câmara de Reunião A (2.0 x 10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>/ano), verifica-se que eles são bastante semelhantes. O facto de o valor por nós medido ser inferior poderá ser devido ao facto de as captações não apanharem todo o fluxo subterrâneo.

Se admitirmos infiltração de 242mm/ano para toda a bacia de Sabariz (2,5Km<sup>2</sup>), os recursos hídricos subterrâneos poderão ser de:

$$2,5 \times 10^6 \times 253 \times 10^{-3} \cong 6,3 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$$



# Conclusões e recomendações

---

## Geomorfologia

As zonas em estudo encontram-se situadas num extenso planalto, que deverá corresponder ao prolongamento, em Portugal, da grande superfície da Meseta Norte ou de Castela-a-Velha, apresentando, nesta região, altitudes médias entre os 700 e os 800 metros.

Geralmente as formas morfológicas são suaves, com colinas arredondadas, mas ocorrendo frequentemente grandes desníveis altimétricos, devido ao afundamento dos principais sistemas hidrográficos.

Esta região encontra-se rodeada, por todos os lados, por diversas elevações, que vão condicionar fortemente o seu clima.

Na região de Cova de Lua é de salientar a geomorfologia do fundo do vale da Ribeira das Covas bastante diferente dos restantes vales da região, visto que esta se apresenta bastante plana e rectilínea.

## Geologia

Geologicamente, trata-se de duas zonas situadas na sinforma NE do maciço polimetamórfico de Bragança. Os últimos dados apontam para uma origem alóctone deste maciço, com origem na zona de sutura entre as zonas de Ossa - Morena e Centro Ibérica, tendo-se deslocado de W para E, com amplitudes de movimento superiores a 200 Km.

Para este sinforma NE são apontadas 5 fases de deformação assim como 3 de metamorfismo, o que vai complicar grandemente a Geologia da região.

A fracturação principal apresenta direcções N50W  $\pm$  10°, secundada por direcções do quadrante Leste N 70 E  $\pm$  10°.

Na bacia de Sabariz, é de salientar, em maiores quantidades, a existência de anfibolitos e gneisses, com rochas ultrabásicas aflorando no sector NE. Em Cova de Lua, apresentam-se basicamente e de S para N, gneisses, anfibolitos, xistos verdes e todo o conjunto de rochas que constituem o encaixante do maciço de Bragança.

No fundo do vale da ribeira das Covas, afloram calcários em locais separados, os quais levantam grande polémica relativamente à sua ligação em profundidade.

## Climatologia

O clima desta região apresenta características marcadamente mediterrânicas, atendendo à pouca pluviosidade caída nos dois principais meses de Verão (Julho/Agosto). Características continentais são igualmente apontadas, devido ao isolamento provocado pelas cadeias montanhosas que a envolvem. Bragança apresenta valores médios de 869.4 mm de precipitação e 11.8 °C de temperatura para a série de anos de 1960 - 1983. Valores de 329.7 e 285.4mm foram por nós estimados para EVK segundo o método de THORNTHWAITE, nas bacias de Cova de Lua e Sabariz, respectivamente.

## Hidrodinâmica

Em ambas as bacias, a circulação faz-se tipicamente em aquífero do tipo fissurado, em rochas cristalinas e cristalofílicas.

As curvas de esgotamento das condutas 1, 2 e 4 de Sabariz forneceram-nos valores de coeficiente de esgotamento  $\alpha$  compreendidos entre 5.05 e 9.11  $\times 10^{-3}$ , significando que a água destas circula essencialmente por pequenas fendas e diaclases. Já a conduta 2 apresenta um valor de  $\alpha$  de 1.31  $\times 10^{-2}$ , o que poderá estar relacionado com a maior capacidade de escoamento dos depósitos de fundo de vale que cobrem grande parte desta captação.

Em Cova de Lua, a existência dos calcários, no fundo do vale da ribeira das Covas, desempenha um papel importante no aquífero ali existente, atendendo a que eles deverão armazenar grandes quantidades de água.

Os ensaios de bombeamento realizados nos poços da Câmara apresentam valores de T e S conforme a localização do nível dinâmico. Assim, o ensaio realizado com o nível praticamente à superfície forneceu-nos os seguintes parâmetros.

$$T = 536.5 \text{ m}^2/\text{d}$$

$$Sf = 6.4 \times 10^{-4} \text{ - (Coeficiente de armazenamento das fissuras)}$$

$$Sb = 4.24 \times 10^{-2} \text{ - (Coeficiente de armazenamento dos blocos)}$$

O segundo ensaio, realizado com o nível dinâmico a 10.56 metros de profundidade, forneceu-nos os seguintes valores para T e S:  $301.9\text{m}^2/\text{dia}$  e  $1.66 \times 10^{-2}$ .

## Hidroquímica

As águas de Sabariz apresentam mineralizações muito baixas, com um máximo de resíduo seco de  $118\text{mg/l}$ . Trata-se de águas de fácies bicarbonatadas cálcicas a calco / magnesianas, moderadamente duras e ligeiramente ácidas com uma média de pH igual a 6.7.

As águas de Cova de Lua, nalguns pontos, são sensivelmente mais mineralizadas do que as de Sabariz, mas com valores de resíduo seco sempre inferiores a  $136\text{mg/litro}$ . A fácies hidroquímica mais representativa destas águas é a bicarbonatada cálcica, sendo moderadamente duras e com o pH muito próximo da neutralidade, apresentando um valor médio de 7.15.

Estas águas não apresentam nenhum equilíbrio em relação aos minerais das rochas por onde circulam, atendendo a que se encontram sempre subsaturadas em relação a eles. Estes valores de IS muito baixos poderão significar, por um lado, a baixa agressividade destas águas e, por outro, um rápido tempo de circulação, ou seja, circuitos pouco profundos.

Trata-se de águas de boa qualidade quer para uso agrícola, quer para o abastecimento domiciliário. O único senão começa a ser o teor em nitratos que, em alguns pontos, se vai aproximando dos máximos admissíveis pelas normas de qualidade vigentes. Estes teores de  $\text{NO}_3^-$  deverão estar relacionados com o uso excessivo de adubos na agricultura.

## Recursos subterrâneos

Estimam-se em cerca de  $2.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  na bacia de Cova de Lua e em  $6.3 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$  em Sabariz. Em termos percentuais, estes valores correspondem a cerca de 30 e 37% da precipitação média anual caída nas respectivas bacias que é de 861 e 636mm/ano.

Em jeito de recomendações finais gostaríamos de salientar alguns aspectos que nos parecem merecedores de um superior realce.

Na bacia de Sabariz, o caudal das captações poderá ser aumentado, visto que em alguns locais há água escorrendo à superfície que poderia ser canalizada para elas. Não deveria ser descurada a desobstrução e limpeza periódica das galerias, câmaras e condutas, atendendo a que isto contribui significativamente para a melhoria da qualidade da água.

Em Cova de Lua, com a implantação de mais alguns furos, em locais a estudar convenientemente, poder-se-ia aumentar consideravelmente o caudal a extrair deste aquífero.

Querendo manter a situação actual, com um só furo em extracção e com a captação do Baceiro, o esquema poderia ser mais

rentabilizado com a recarga artificial do aquífero. Para este efeito a recarga seria feita a partir do Rio Baceiro com um caudal muito inferior ao retirado actualmente. A água poderia ser lançada algures, a montante dos furos <sup>12</sup>, em secções previamente estudadas e munidas de filtros adequados, onde se deverá proceder regularmente ao controle químico e bacteriológico da água a utilizar na recarga.

Esta solução traria também como vantagens, a estabilização das condições químicas e bacteriológicas da água a fornecer ao domicílio. Com a situação actual verificam-se alternâncias muito bruscas em termos de tipos de água, quando se passa de um sistema para o outro, tornando-se desagradável, para os consumidores assim como para todos os circuitos por onde ela irá passar.

Esta técnica de recarga artificial de aquíferos, começa a ser muito utilizada noutros países, e em locais onde já existam redes de distribuição, o que vai reduzir substancialmente os investimentos a realizar.

---

12 ) A escolha deste local teria de ser submetida a um estudo prévio para se determinar onde a infiltração se processa mais rapidamente.

## Bibliografia

---

- ALMEIDA, C.C.(1979), - Programa para calculadora de bolso com aplicações em Hidrogeologia. Bol. Museu e Lab. Min. e Geol. da FCL, Vol. 16(1), 101 - 122 pp.
- ALMEIDA, C.C., OLIVEIRA, M.M.(1990) - Caracterização Hidráulica de aquíferos fracturados. Livro de homenagem a CARLOS ROMARIZ. Secção de Geologia Económica e Aplicada do Dep. de Geol. da FCL., 30 - 64 pp.
- ALTE DA VEIGA, N.M.S.(1991) - Estudo Geológico e Petrológico na região de Meixedo - Gimonde (Bragança), os gneisses de Bragança. Tema de dissertação apresentado no âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, do ECDU. Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, 123 pp.
- ANTHONIOZ, P.M.(1972) - Les complexes polymétamorphiques precambriens de Morais et de Bragança (N-E du Portugal): étude pétrographique et structurale. Memória nº 20 (Nova série) dos Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 192pp.
- ANTONELLI, R.(1986) - Primi risultati di ricerche idrogeologiche sulla ricarica natrale delle falde nell'alta Pianura Alluvionale del

- Fiume Piave. Società Cooperativa Tipografica. Padova.
- CABRAL, J.M.L.C.(1985) - Estudos de Neotectónica em Trás - os - Montes Oriental. Tema de dissertação apresentado no âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, do ECDU. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, 121 pp.
- CARVALHO, J. M.(1981) - Problemas de captação de águas subterrâneas. Captação de águas subterrâneas. Algumas reflexões. Seminário "Os Recursos Hídricos subterrâneos e a sua utilização. O caso do Algarve". Associação Portuguesa de Recursos Hídricas, Lisboa.
- CARVALHO, J. M.(1991) - Águas subterrâneas para agricultura em rochas cristalinas de Trás - os - Montes. II Seminário Luso-Espanhol de estruturas rurais. Center, Madrid, 13 pp.
- CARVALHO, J. M.(1991) - Apontamentos do Curso de Especialização Pós-Graduada em Geologia Aplicada e do Ambiente sobre "Hidrogeologia em Rochas Fracturadas". Dep. de Geol. da F.C.Lisboa.
- CARVALHO, M.R.E.(1989) - HIDSPEC, um programa de especiação e cálculo de equilíbrios água/rocha.Aplicações. Tema da dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa, 238 pp.
- COTELO NEIVA, J.M.(1948) - Rochas e minérios da região de Bragança - Vinhais. Rel. Serv. Fom. Min., 251 pp.
- CHAMBEL, A. A. (1989) - Prospecção e exploração de águas subterrâneas em Rochas fissuradas. Tema de dissertação apresentado no âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, do ECDU. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, 173 pp.
- CHAMBEL, A. A. (1990) - Hidrogeologia da Região de Évora. Tema da dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa, 126 pp.
- CRUZ, J.V.M.F.(1992) - Hidrogeologia da ilha de Santa Maria. Tema da dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa.
- CUPETO, C.A.C.T.(1991) - Contribuição para o conhecimento Hidrogeológico do Maciço Calcário de Estremoz (Cano - Sousel). Tema da dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para

obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa, 179 pp.

CUSTODIO, E., LLAMAS, M.R. (1983) - Hidrologia Subterranea. Ediciones Omega, S. A., Barcelona, tomo I e II, 2350 pp.

DAVIS J.C. (1986) - Statistics and data analysis in Geology. John Wiley & sons, 646 pp.

DAVIS, S.N., DeWIEST, R.G. (1966) - Hydrogeology. John Wiley and Sons, New York, 463 pp.

DROGUE, C. (1982) - L'aquifère Karstique: Un domaine perméable original. Le Courrier du CNRS, Vol. 44, 18 - 23 pp.

FERREIRA, M. F.R., PEREIRA, L.S. (1982) - Estudo comparativo de várias fórmulas climáticas para o cálculo de evapotranspiração de referência. Rev. Assoc. Port. Recursos Hídricos, Vol. 3, 61 - 77 pp.

FREEZE, R., CHERRY, J.A. (1979) - Groundwater. Prentice Hall Inc., New Jersey, 604 pp.

GOGUEL, J. (1987) - Hydrogeologie des roches imperméables. Hydrogéologie, n° 3 155 - 160 pp.

GONÇALVES, D. A. (1985) - Contribuição para o estudo do clima da bacia superior do rio Sabor (influência da circulação geral e regional na estrutura da baixa atmosfera). Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola, Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 510 pp.

GONÇALVES, D. A. (1990) - O uso do solo e a construção das paisagens rurais. O caso do interior de Trás-os-Montes. 1ª Jornadas sobre o Mundo Rural. Instituto Politécnico de Bragança.

GONÇALVES, D. A. (1991) - O clima e as paisagens rurais do Nordeste Transmontano. Seminário sobre os Recursos Naturais do Nordeste Transmontano. Escola Superior de Educação do I.P. Bragança, 7 pp.

HELGESSION, H.C., BROWN, A. NIGRINI (1970). Calculation of mass Transfer in Geochemical Processes involving aqueous Solutions. Geochim. et. Cosmochim. Acta, Vol. 34, 569-592 pp.

IGLESIAS, M., RIBEIRO, M.L., RIBEIRO, A. (1983) - La interpretacion aloctonista de la estructura del noroeste peninsular. Libro jubilar J.M. Rios. Geología de Espanha- Tomo I. Inst. Geol. Minero de Espanã. 459 - 467 pp.

JENKINS, D.N., PRENTICE, J.K. (1982) - Theory for Aquifer Test Analysis in Fractured Rocks Under Linear (Nonradial) Flow

- Conditions. Ground water Vol.20, nº1, 12-21 pp.
- LAFUENTE, J.C.(1981) - Química del Agua. Talleres gráficos Alonso, S. A. Madrid,423 pp.
- LARSON, I. & al.(1987) - Les eaux souterraines des roches dures du socle. UNESCO, Imprimerie de al Manutention, Mayenne, França. 282 pp.
- LENCASTRE, A., FRANCO, F.M.(1984)- Lições de Hidrologia. Faculdade de Ciências e tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 451 pp.
- MABILLOT, A.(1971) - Le forage d'eau. Guide pratique. Diffusion, Crepines Johnson - France S.A. 237 pp.
- MANUPPELLA, G., BALACÓ MOREIRA, J.C. (1990) - Calcários e dolomitos de Trás - os - Montes e Alto douro. Análise dos graus de explorabilidade e utilização. Estudos Notas e Trabalhos, D.G.G.M., 3 - 35 pp.
- MARGAT, J. (1989) - Défense et illustration des eaux souterraines en Europe. Hydrogéologie, nº2, 75 - 91 pp.
- MARQUES, F.M.O.G.(1989) - Estudo Estrutural das Rochas Catazonais do Sinforma de V. Boa de Ousilhão (Bragança, Trás-os-Montes). Tema de dissertação apresentado no âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, do ECDU. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, 195 pp.
- MILANOVIĆ, P.T.(1981) - Karst Hydrogeology. Water Resources Publications, 434pp.
- MOENCH, A.F.(1984) - Double - Porosity Models for a Fissured Groundwater Reservoir With Fracture Skin. Water Resources Research, Vol. 20, nº 7, 831 - 846 pp.
- MORAIS, M.J.F.(1990) - Termas de Sangemil. Um estudo hidrogeológico. Tema de dissertação apresentado no âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, do ECDU. Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, 214 pp.
- NUNES, R.(1987) - Apointamentos da Disciplina de Análise Numérica do 2º ano do Curso de Matemática. Faculdade de Ciências do Porto.
- OLIVEIRA, M. M. (1990) - AQFIS - Um programa para gerar curvas rebaixamento/tempo para aquíferos fracturados. Geolis, Vol.IV, Fasc. 1 e 2 Lisboa, 97 - 107 pp.
- PIRSON, S. J. (1953) - Performance of fractured oil reservoirs, Bull.

Amer. As. Petrol. Geol., 37(2), 232 - 244 pp.

PORTUGAL FERREIRA, M.R. (1965) - Geologia e petrologia da região de Rebordelo - Vinhais. Sep. Rev. Fac. Ciênc. Univ. Coimbra, Vol. 36, 287 pp.

PORTUGAL FERREIRA, M.R. (1972) - Rochas Metamórficas. Ed. Autor, Coimbra, 203 pp.

PORTUGAL FERREIRA, M.R. (1990) - O desenvolvimento da Petrologia Metamórfica em Portugal no Séc. XX: Colóquio sobre "História e desenvolvimento da Ciência em Portugal no Séc. XX". Mem. Acad. Ciênc. Lisboa.

RIBEIRO, A. (1972) - Contribution À l'Etude Tectonique de Trás-os-Montes Oriental. Memória nº 24 (nova série) dos Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 168pp.

RIBEIRO, A., ANTUNES, M.T., FERREIRA, M.P., ROCHA, R.B., SOARES, A.F., ZBYSZEWSKI, G. MOITINHO DE ALMEIDA, F., CARVALHO, D. & MONTEIRO, J.H. (1979) - Intruction à la géologie générale du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 114 pp.

RIBEIRO, A. PEREIRA, E., MARQUES, F., MEIRELES, C. (1987). A model for the lower continental crust (Morais and Bragança massifs, NE Portugal). Tectonics, Terra Cognita, vol. 7, nº 2/3, 161 p.

RIBEIRO, O., LAUTENSACH, H., DAVEAU, S. (1987) - Geografia de Portugal, vol. I e II Edições João Sá da Costa, Lisboa, 623 pp.

RODRIGUES, J.D., FERREIRA, J.P.L., BRAGA DOS SANTOS, J., MIGUÊNS, N. (1989) - Caracterização sumária dos recursos hídricos subterrâneos de Portugal. Memória nº 735 do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. 31 pp.

RUBIO, R.F., BOSCH, A.P. - Apontamentos do Curso de Especialização Pós-Graduada em Geologia Aplicada e do Ambiente sobre "Aquíferos Cársicos". Dep. de Geol. da F.C. Lisboa.

SAHUQUILLO, A. (1989) - L'usage conjoint des eaux de surface et des eaux souterraines dans la gestion des ressources hydrauliques. Hydrogéologie, nº 2 101 - 110 pp.

SANTOS, F.D., BORREGO, C. SANTANA, F., SANTOS, J.F., RAMALHO, M.M. (1991). Livro Branco sobre o estado do Ambiente em Portugal. Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, Lisboa, 34 - 97. pp.

SAMPER, A. A. AMADOR, I. Q. (1976) - Introduction a la

- Hidrogeologia, Ed. Fund. Gomez Pardo, Madrid, 310 pp.
- SCHOELLER, H.(1965) - Hydrodynamic dans le Karst: écoulement et emmagasinement. Hydr. R. Fiss. Coll. Dubrovnik - AIHS, UNESCO, I, 3 - 20 pp.
- STRELTSOVA, T. D.(1982) - Hydrodynamics of groundwater flow in a fractured formation. Water resour. Res., 12(3), 405 - 414.
- TEIXEIRA, C. (1981) - Geologia de Portugal, vol.I. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 629pp.
- VIEIRA DA SILVA, (1991) - Hidrogeologia de uma Área do sistema Aquífero Elvas - Vila Boim. Tema da dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Lisboa, 224 pp.

## Títulos publicados:

- 1 - **A agricultura nos distritos de Bragança e Vila Real**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1985
- 2 - **Política económica francesa**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1985
- 3 - **A educação e o ensino no 1º quartel do século XX**  
José Rodrigues Monteiro e Maria Helena Lopes Fernandes –  
1985
- 4 - **Trás-os-Montes nos finais do século XVIII: alguns  
aspectos económico-sociais**  
José Manuel Amado Mendes – 1985
- 5 - **O pensamento económico de Lord Keynes**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1986
- 6 - **O conceito de educação na obra do Abade de Baçal**  
José Rodrigues Monteiro – 1986
- 7 - **Temas diversos – economia e desenvolvimento regional**  
Joaquim Lima Pereira – 1987
- 8 - **Estudo de melhoramento do prado de aveia**  
Tjarda de Koe – 1988
- 9 - **Flora e vegetação da bacia superior do rio Sabor no  
Parque Natural de Montesinho**  
Tjarda de Koe – 1988
- 10 - **Estudo do apuramento e enriquecimento de um pré-  
concentrado de estanho tungsténio**  
Arnaldo Manuel da Silva Lopes dos Santos – 1988
- 11 - **Sondas de neutrões e de raios Gama**  
Tomás d' Aquino Freitas Rosa de Figueiredo – 1988
- 12 - **A descontinuidade entre a escrita e a oralidade na  
aprendizagem**  
Rauí Iturra – 1989
- 13 - **Absorção química em borbulhadores gás-líquido**  
João Alberto Sobrinho Teixeira – 1990

- 
- 14 - **Financiamento do ensino superior no Brasil – reflexões sobre fontes alternativas de recursos**  
Victor Meyer Jr. – 1991
  - 15 - **Liberalidade régia em Portugal nos finais da idade média**  
Vitor Fernando Silva Simões Alves – 1991
  - 16 - **Educação e loucura**  
José Manuel Rodrigues Alves – 1991
  - 17 - **Emigrantes regressados e desenvolvimento no Nordeste Interior Português**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1991
  - 18 - **Dispersão em escoamento gás-líquido**  
João Alberto Sobrinho Teixeira – 1991
  - 19 - **O regime térmico de um luvissole na Quinta de Santa Apolónia**  
Tomás d’Aquino F. R. de Figueiredo - 1993
  - 20 - **Conferências em nutrição animal**  
Carlos Alberto Sequeira - 1993
  - 21 - **Bref aperçu de l’histoire de France – des origines à la fin du II<sup>e</sup> empire**  
João Sérgio de Pina Carvalho Sousa – 1994
  - 22 - **Preparação, realização e análise / avaliação do ensino em Educação Física no Primeiro Ciclo do Ensino Básico**  
João do Nascimento Quina – 1994
  - 23 - **A pragmática narrativa e o confronto de estéticas em *Contos de Eça de Queirós***  
Henriqueta Maria de Almeida Gonçalves – 1994
  - 24 - **“Jesus” de Miguel Torga: análise e proposta didáctica**  
Maria da Assunção Fernandes Morais Monteiro – 1994
  - 25 - **Caracterização e classificação etnológica dos ovinos churros portugueses**  
Alfredo Jorge Costa Teixeira – 1994
  - 26 - **Hidrogeologia de dois importantes aquíferos (Cova de Lua, Sabariz) do maciço polimetamórfico de Bragança**  
Luís Filipe Pires Fernandes – 1996

## A publicar brevemente:

**Micorrização in vitro de plantas micropropagadas de castanheiro**  
(*Castanea sativa* Mill)

Anabela Martins

**Lameiros de Trás-os-Montes: perspectivas de futuro  
para estas pastagens de montanha**

Jaime Maldonado Pires; Pedro Aguiar Pinto; Nuno Tavares Moreira

**A satisfação / insatisfação docente**

Francisco Cordeiro Alves

**O subsistema pecuário de bovinicultura na área  
do Parque Natural de Montesinho**

Jaime Maldonado Pires; Nuno Tavares Moreira

**A terra e a mudança – reprodução social e  
património fundiário na Terra Fria Transmontana**

Orlando Afonso Rodrigues

**Desenvolvimento motor: indicadores bioculturais e somáticos  
do rendimento motor de crianças de 5/6 anos**

Vítor Pires Lopes

**Estudo da influência do conhecimento prévio de alunos  
portugueses na compreensão de um texto em língua inglesa**

Francisco Mário da Rocha

**The use of role play in foreign language teaching**

Francisco Mário da Rocha

**A formação de professores para o ensino primário  
no distrito de Bragança**

Francisco Mário da Rocha

**La crise de Mai 68 en France**

João Sérgio de Pina Carvalho Sousa

**Linguagem, psicanálise e educação: uma perspectiva  
à luz da teoria lacaniana**

José Manuel Rodrigues Alves

**Enclaves de clima Cfs no Alto Portugal – a difusa transição  
entre a Ibéria Húmida e a Ibéria Seca**

Ário Lobo Azevedo; Dionísio Afonso Gonçalves;

Rui Manuel Almeida Machado

**Contributos para um estudo das funções da tecnologia vídeo no ensino**

Francisco Cordeiro Alves

**Sistemas agrários e melhoramento dos bovinos de raça Mirandesa**

Fernando de Sousa