

CARTOGRAFIA HIDROGEOLÓGICA DAS ÁREAS DE VALONGO, DE PAREDES E DE AROUCA

HYDROGEOLOGICAL MAPPING OF VALONGO, PAREDES AND AROUCA AREAS

Eduardo Gonçalves

Centro de Geologia da Universidade do Porto /// Doutorado em Geociências (Univ. Porto). Mestre em Prospecção e Avaliação de Recursos Geológicos (Univ. Porto) /// seara.geres@iol.pt

RESUMO: Inserida na realização de uma dissertação de doutoramento em geociências concluída em 2013 (Universidade do Porto), foi encetada uma campanha de cartografia hidrogeológica ao longo das áreas de Valongo, Paredes e de Arouca.

Estas áreas incorporam uma relevante mega-estrutura geológica localizada no noroeste da Península Ibérica, o Anticlinal de Valongo. Para além disso, fazem parte de um importante domínio mineiro, o Distrito Mineiro Dúrico-Beirão.

A metodologia adotada para a campanha de cartografia hidrogeológica é aceite e acreditada pela Associação Internacional de Hidrogeólogos e pela UNESCO. Esta metodologia multicriteriosa baseia-se em descrições detalhadas sobre os meios hidrogeológicos, na identificação de unidades hidroestratigráficas, assim como, na recolha, organização, hierarquização, simplificação e sobreposição de informação disponível. Os principais dados recolhidos e explorados foram aspetos geológicos (litológicos e tectónicos), hidrogeomorfológicos, topográficos, hidrodinâmicos e hidroquímicos.

O presente documento procura ser uma síntese objetiva de um dos capítulos principais da dissertação de doutoramento acima referida, a cartografia hidrogeológica de áreas inseridas nos concelhos de Valongo, de Paredes e de Arouca, que desencadeou na realização de dois mapas hidrogeológicos.

Apesar dos princípios orientadores para a conceção destes mapas obedecerem aos critérios aceites pelas organizações internacionais acima mencionadas, desde o início houve a preocupação por recorrer a metodologias inovadoras em prol da otimização dos recursos disponíveis e da melhoria do produto final.

À semelhança do sucedido com a realização dos mapas hidrogeológicos, a conceção das legendas e de notas explicativas, também obedeceu a critérios de acreditados pela Associação internacional de Hidrogeólogos e pela UNESCO.

Palavras-chave: Cartografia Hidrogeológica, Mapas Hidrogeológicos

ABSTRACT: Inserted in a geosciences doctoral thesis, concluded in 2013 (University of Porto, Portugal), was realized an hydrogeological mapping campaign along the areas of Valongo, Predes and Arouca.

These areas are part of a significant geological mega-structure, localized in the northwest of the Iberian Peninsula, the Valongo Anticline. Additionally these areas are also part of an important mining district (Distrito Mineiro Dúrico-Beirão).

The methodology adopted for this campaign is accepted and accredited by the International Association of Hydrogeologists and UNESCO. This methodology is based on detailed descriptions of hydrological resources; the identification of hydrostratigraphic units; and the collection, organization, ordering, simplification and overlap of available information. Geological aspects (lithology and tectonics), hydrogeomorphological patterns, topographic features, hydrodynamic parameters and hydrochemical facies, were the main data collected and operated.

This paper wants to be an objective synthesis of an important chapter of the doctoral thesis referred above, the hydrogeological cartography of the Valongo, Paredes and Arouca areas, which concluded with the realization of two hydrogeological maps.

Effectively the achievement of hydrogeological maps was based on principles recognized by international organization. However, since beginning of the study was the determination to include innovative processes and methods in order to improving the final product.

As well the hydrogeological maps achievement, the design of subtitles and explanatory notes, also followed criteria accredited by the International Association of Hydrogeologists and UNESCO.

The geology of the study area is dominated by metasedimentary formations of Paleozoic age extending from the Precambrian and/or Cambrian to the Carboniferous. Tectonic corresponds to a geological relevant feature of the region, which exerts a strong influence on geomorphology and hydrogeology.

The lithological variety, along with tectonic (particularly fracturing), contribute significantly to the occurrence of strongly heterogeneous hydrogeologic setting.

The generality of lithostratigraphic units shows unrelevant hydrogeological potential, with essentially secondary permeabilities derived from factors such as tectonic and surface (and subsurface) weathering.

In this overview we highlight the mainly quartzite formations (Lower Ordovician) to be moderately productive in hydrogeological terms. This differentiation is due to the fact that the quartzites usually showing dual porosity, primary and secondary.

Keywords: Hydrogeological Mapping, Hydrogeological Maps

1. INTRODUÇÃO

No decurso das últimas décadas, a cartografia hidrogeológica tem vindo a assumir-se como uma das atividades mais relevante em estudos de hidrogeologia, pois envolve o recurso e a implantação de técnicas robustas de avaliação e síntese dos recursos hidrogeológicos. Um dos principais objetivos da cartografia hidrogeológica é a caracterização dos recursos hídricos subterrâneos e respetiva realização de mapas hidrogeológicos de síntese.

Os mapas hidrogeológicos são, na verdade, representações concisas dos dados que relacionam a água com as formações rochosas, pelo que correspondem a ferramentas essenciais para a descrição de situações estáticas e processos dinâmicos em níveis subterrâneos relacionados com a água (Struckmeier & Margat 1995).

Ao longo das áreas em apreço (Figuras 1 e 2), procurou

recolher-se e organizar a informação hidrogeológica, de forma a produzir uma base cartográfica robusta que sumariasse aspetos como: geologia, geomorfologia topografia, hidrologia superficial, climatologia, hidroquímica, etc.

Em termos geológicos a região estudada é caracterizada por formações paleozoicas metassedimentares, com diferentes origens e diferentes aspetos texturais, que se traduzem em distintas permeabilidades primárias (intersticiais). Neste quadro sobressaem as formações quartzíticas do Ordovícico Inferior (Formação de Santa Justa) com características petrográficas peculiares que as tornam moderadamente produtivas em termos hidrogeológicos.

Está-se perante uma considerável diversidade litológica (Figura 3) com diretas implicações no grau de heterogeneidade hidrogeológica, que é reforçada por fatores como a lixiviação de sulfuretos (permeabilidade vesicular) e pela tectónica.

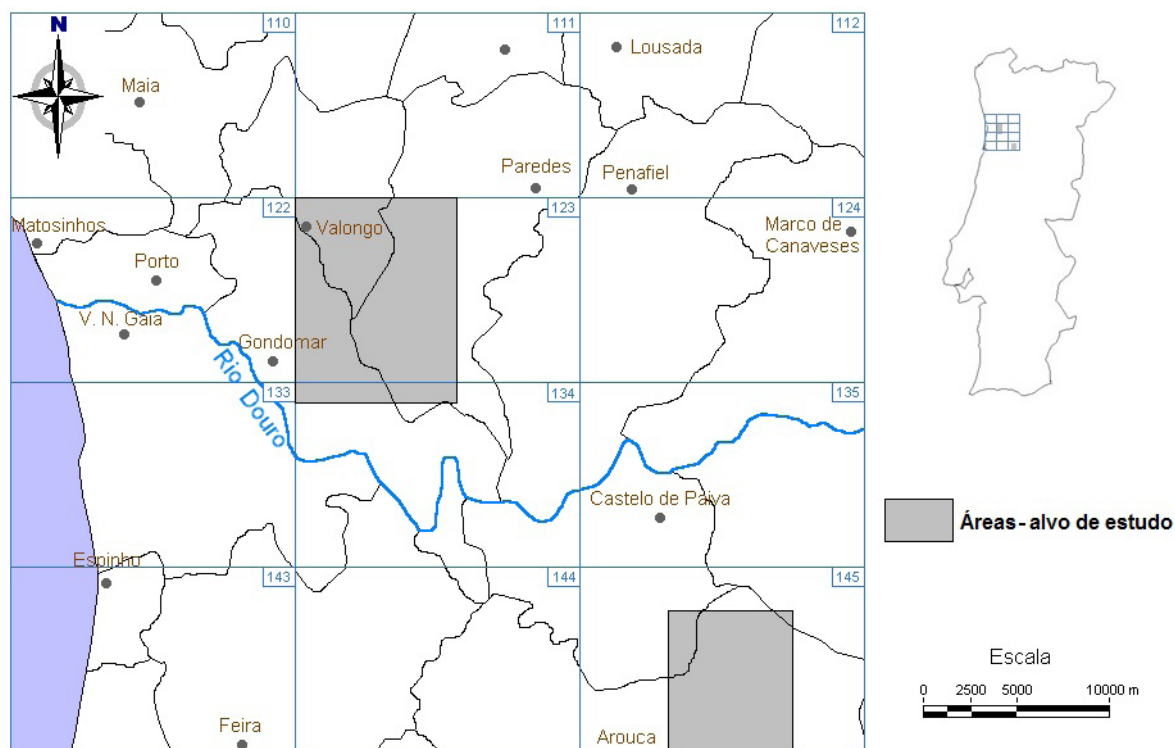


Figura 1 - Localização geográfica (Adaptado de: www.igeoe.pt/utilitarios/cartogramas.asp).

O texto deste artigo foi submetido para revisão e possível publicação em setembro de 2014, tendo sido aceite pela Comissão de Editores Científicos Associados em fevereiro de 2015. Este artigo é parte integrante da *Revista Recursos Hídricos*, Vol. 36, Nº 1, 25-36, maio de 2015.
© APRH, ISSN 0870-1741 | DOI 10.5894/rh36n1-3



Figura 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Douro (Adaptado de: Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Douro).

Na região, a tectónica constitui o principal fator promotor de permeabilidade secundária e contribui decisivamente para a ocorrência de meios hidrogeológicos fortemente heterogéneos. Efetivamente, a tectónica, a diferentes escalas, exerce grande influência nas condições de fluxo e de armazenamento hídrico subterrâneo.

Em termos geomorfológicos a região é caracterizada por cristas montanhosas (quartzíticas); vales apertados, onde se desenvolveram importantes linhas de água; e, localmente, por zonas relativamente aplanadas nas quais se registam depósitos fluviais relativamente recentes (Quaternário), na forma de terraços fluviais.

Numa primeira fase de estudo, a cartografia hidrogeológica envolveu a inventariação, organização e projeção de dados geológicos e geomorfológicos. Em etapas subsequentes houve lugar à compilação de dados hidrológicos, de dados hidroquímicos, e de parâmetros hidráulicos.

Todas estas classes de informação foram sobrepostas

numa base topográfica representada de modo simplificado, ou seja, na forma de relevo sombreado.

2. MAPAS HIDROGEOLÓGICOS

Um mapa hidrogeológico pode constituir um ponto de partida para a definição de estratégias de avaliação de recursos hídricos subterrâneos, mas também um produto final de um programa de pesquisa, que coloque em evidência os principais aspetos de uma determinada área ou região (Poehls & Smith 2009).

Devido à grande variedade e densidade de informação usualmente considerada, não é possível elaborar um único mapa hidrogeológico que possa satisfazer, ao mesmo tempo, todos os requisitos. Deste modo, torna-se necessário definir prioridades, e hierarquizar a informação disponível.

À semelhança dos mapas geológicos, os mapas hidrogeológicos revelam propriedades das rochas e aspetos geológicos mas, adicionalmente, enfatizam sobre recursos hídricos subterrâneos.

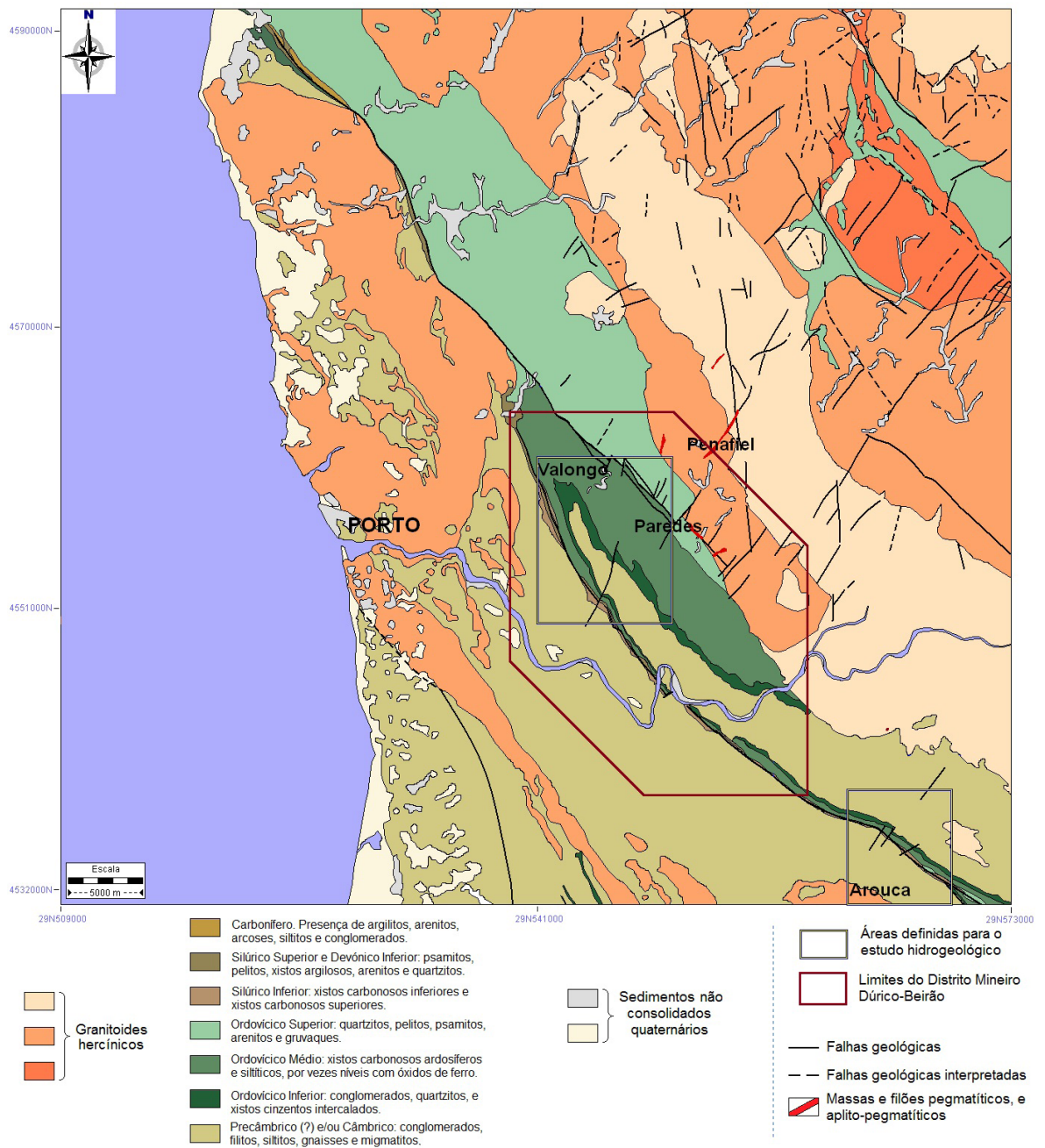


Figura 3 – Enquadramento geológico (Adaptado de: Serviços Geológicos de Portugal Folhas 9-A, 9-B, 9-C, 9-D, 13-A e 13-B da Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50 000).

Efetivamente, a realização destes mapas visa a obtenção e a representação cartográfica dos recursos hidrogeológicos presentes nas unidades geológicas.

Com efeito, a realização de um mapa hidrogeológico é um processo contínuo que envolve a preparação de uma base cartográfica, sobre a qual se efetua a sobreposição informação (*layers*), e onde são realizados ajustes e aperfeiçoamentos.

Os mapas hidrogeológicos refletem o estado da arte da evolução das técnicas de pesquisa hidrogeológica. O seu historial e *know-how*, colocam em evidência a grande evolução ocorrida nas geociências no decurso das últimas décadas.

De acordo com Struckmeier & Margat (1995), para além dos dados de base, os mapas hidrogeológicos necessitam de um esquema representacional e legenda apropriados, assim como um perfil (ou vários perfis). Paralelamente, a informação recolhida num mapa hidrogeológico, deve ser processada a diferentes níveis:

- Conversão das unidades litoestratigráficas em unidades hidroestratigráficas tendo em conta dados qualitativos: valores de permeabilidade, meio poroso/fraturado, etc.
- Identificação e seleção de informação estrutural, determinante para: a descrição e perceção da geometria do aquífero; a caracterização do fluxo subterrâneo; e a definição das condições de fronteira que são controladas pela geologia e pela estrutura.

Nas áreas de Valongo, de Paredes e de Arouca, a interpretação dos mapas geológicos, das bacias hidrográficas, e das nascentes (mapas topográficos), permitiram uma primeira perceção conceptual dos sistemas de fluxo subterrâneos. No entanto houve lugar a inventariações e a georreferenciações adicionais de dados, como:

- Nascentes e captações de águas subterrâneas;
- Profundidades das captações;
- Aquíferos e suas litologias;
- Períodos das observações e monitorizações;
- Parâmetros de campo (pH, temperatura e condutividade elétrica).

A elaboração de um mapa hidrogeológico requer também a recolha de dados hidroclimatológicos (séries pluviométricas plurianuais), dados sobre temperaturas, evapotranspiração, taxas de infiltração, etc.

2.1. Unidades hidroestratigráficas

A definição de unidades hidroestratigráficas baseia-se na seleção dos critérios para a identificação dos diferentes litótipos, ou seja, grupos geometricamente

contíguos de rocha com permeabilidades similares, mas também em aspetos como a tectónica, a alteração, as áreas de maior infiltração potencial, etc. De acordo com Poehls & Smith (2009), uma ou mais unidades individualizáveis e distinta das massas rochosas envolventes, com parâmetros hidráulicos similares, é assumida como unidade hidroestratigráfica.

Deste modo, uma fronteira hidroestratigráfica pode não ser correlacionável com os limites da formação geológica. Esta situação sugere que várias formações geológicas podem ser assumidas como uma única unidade hidroestratigráfica (aquífero multicamada); ou uma única formação geológica possa ser subdividida em várias unidades hidroestratigráficas (vários aquíferos numa só camada).

2.2. Produtividades

Nas áreas de Valongo, de Paredes e de Arouca, a generalidade das litologias encerram-se em dois litótipos metassedimentares, os quartzitos e os xistos argilosos. Carvalho (2006) estabelece valores medianos de caudal de exploração e de transmissividade para os principais domínios litológicos do Soco Varisco. Nesses valores merece relevância a maior produtividade dos metassedimentos em relação aos granitoides, particularmente as produtividades associadas às formações essencialmente quartzíticas (ver Figura 4). Gonçalves (2013), com base nas medições efetuadas, determinou um valor médio de aproximadamente 0,52 litros por segundo (l/s), o qual está "em linha" com os valores de Carvalho (2006).

No que toca à visualização das condições das águas subterrâneas devem sempre considerar-se dois tipos principais de meios rochosos, meio poroso e meio fraturado. Contudo, o principal objetivo é a recolha de dados de base, de apoio à caracterização dos parâmetros hidráulicos.

Se por um lado as condições de fluxo em meio poroso são determinadas pela porosidade eficaz do material, o volume e a circulação em meios fissurados, são controlados pela tectónica.

A generalidade dos autores que se dedicam à elaboração de mapas hidrogeológicos em meios fissurados (Struckmeier & Margat 1995; Machado & Freitas, 2005; Lekgowe & Magowe 2009) sugere a determinação índices de condutividade hidráulica essencialmente com base em estimativas.

O objetivo primordial das diferentes metodologias para a avaliação das produtividades é o de reagrupar as unidades hidrogeológicas em classes. Struckmeier & Margat (1995) sugerem a adopção de oito classes de produtividade (A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 e D2).

Na Tabela 1. estão ilustradas as diferentes classes de produtividade, definidas com base na combinação da produtividade dos aquífero e no regime de fluxo

Condutividade Hidráulica (m/dia)	Tipo de litologia		
	Sedimentos inconsolidados	Rochas sedimentares consolidadas	Rochas ígneas e metamórficas
100		<i>carsificado</i>	
10	cascalho		<i>lava</i>
1	<i>grossa</i>		
10 ⁻¹	areia	calcário	
10 ⁻²			
10 ⁻³	<i>fina</i>		<i>fissurada</i>
10 ⁻⁴		<i>fissurado</i>	
10 ⁻⁵			arenito
10 ⁻⁶	moreias	<i>compacto</i>	
10 ⁻⁷	depósitos eólicos argilosos		basalto
10 ⁻⁸		ardósia	granito gnaisse rochas metamórficas
10 ⁻⁹		xisto	
10 ⁻¹⁰			
10 ⁻¹¹			<i>compacta</i>

Figura 4 – Intervalos de magnitude de valores de permeabilidade para diferentes litótipos (Adaptado de: Struckmeier & Margat 1995).

subterrâneo. As tonalidades e as simbologias aí adotadas obedecem aos critérios de uniformização estabelecidos para os mapas hidrogeológicos por parte da Associação Internacional de Hidrogeólogos (Struckmeier e Margat 1995).

De um modo geral as unidades litoestratigráficas do Anticlinal de Valongo encerram aquíferos de baixa permeabilidade, favorecendo a ocorrência de baixas transmissividades, pelo que se enquadram na categoria D1 (Tabelas 1 e 2).

Paralelamente, a diversidade litológica, associada à geometria e à disposição dos estratos, promovem a alternâncias nos valores de permeabilidade, inibindo o desenvolvimento de coeficientes de armazenamento relevantes.

Em virtude de na região se assinalarem valores de transmissividade globalmente baixos é fundamental esboçar no mapa hidrogeológico as áreas de maior infiltração potencial, determinadas por Gonçalves (2013).

A elaboração dos mapas hidrogeológicos para as áreas em apreço, envolveu então a definição prévia de mapas de base, com unidades hidroestratigráficas, representadas com as cores e simbologias estabelecidas pela Associação Internacional de Hidrogeólogos (Figura 5).

Sobre as mesmas unidades hidroestratigráficas, e informação topográfica, houve então lugar à sobreposição de informação de interesse hidrogeológico, como: linhas de cume, linhas e pontos de água, áreas de maior infiltração potencial, grandes lineamentos tectónicos, qualidade da água e explorações mineiras abandonadas. Em suma, a determinação das unidades hidroestratigráficas nas áreas estudadas baseou-se em quatro “pilares” fundamentais: características litológicas, estruturas tectónicas, recarga subterrânea e caudais de exploração. Assim, fez-se uso de dados recolhidos sobre os índices de fraturação e as áreas de maior infiltração potencial, em complemento aos dados litológicos. Após a análise destes dados e variáveis procedeu-se à atribuição dos seus pesos relativos.

A informação sobre aspetos topográficos é bastante importante para a realização de mapas hidrogeológicos, todavia, é frequentemente preterida em relação a outras variáveis, de modo a evitar a excessiva sobreposição de dados (Figuras 6 e 7).

Uma via encontrada para introduzir dados topográficos, e evitar a densidade de informação foi, com efeito, a projeção das unidades hidroestratigráficas na forma de relevo sombreado (*shaded relief* do *Surfer10 – Golden Software*).

Tabela 1 - Produtividade hidrogeológica e aquífera dos elementos rochosos (Lekgowe & Magowe 2009).

Classes de Produtividade	3.			
	1. Produtividade elevada	2. Produtividade moderada	Produtividade geralmente baixa mas localmente moderada	4. Produtividade geralmente baixa
Tipo de Aquífero				
A. Aquíferos intergranulares não consolidados	A1	A2	X	X
A. Aquíferos fissurados	B1	B2	X	X
B. Aquíferos Cársicos	C2	C2	X	X
C. Formações de permeabilidade baixa	X	X	D1	D2

Tabela 2 - Caracterização hidráulica dos tipos de aquíferos (Struckmeier & Margat 1995).

Tipo de aquífero	Transmissividade (m ² /d)	Permeabilidade (m/d)	Caudais (l/s)	Produtividade
A1, B1, C1	> 75	> 3	> 10	<u>Alta</u> : Caudais de interesse regional (abastecimento a cidades, irrigação, etc.).
A2, B2, C2	5 – 75	0.2 – 3	1 – 10	<u>Moderada</u> : Caudais para o abastecimento local (pequenos aglomerados, pequena irrigação, etc.).
D1	0.05 – 5	0.002 – 0,2	0.01 – 1	<u>Em geral baixa, mas localmente alta</u> : Caudais para pequenos abastecimentos locais (essencialmente consumo privado).
D2	< 0.05	< 0.002	< 0.01	<u>Em geral baixa</u> : caudais baixos que dificilmente asseguram abastecimentos locais.

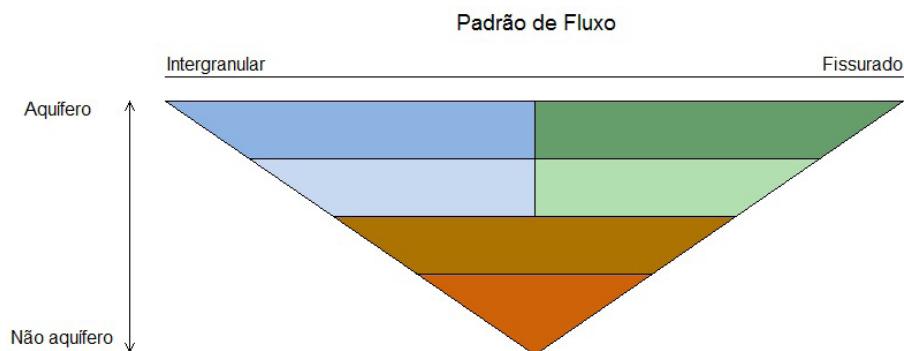


Figura 5 – Diagrama triangular para a classificação de aquíferos (Struckmeier & Margat 1995).

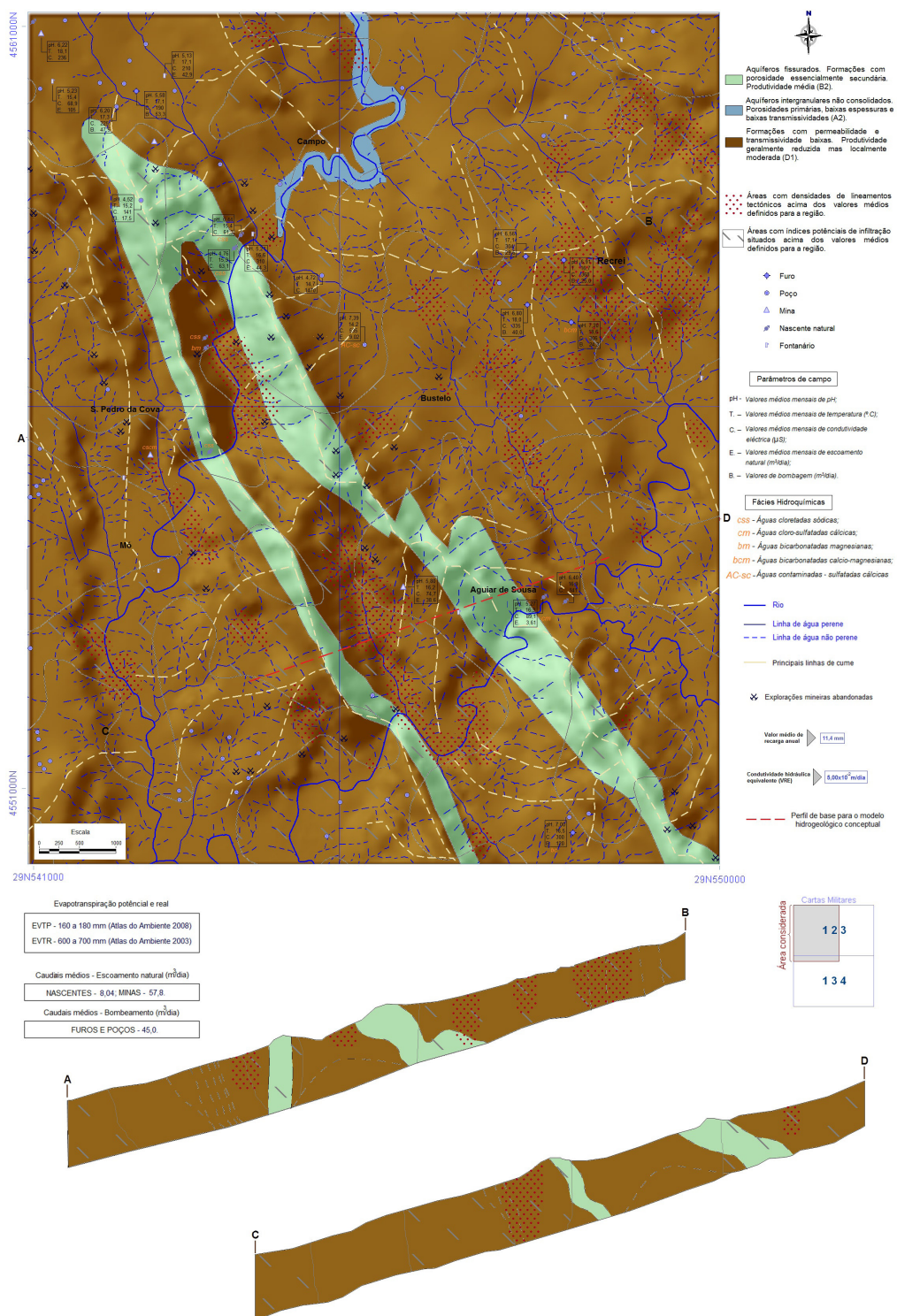


Figura 6 – Mapa Hidrogeológico – Valongo e Paredes (Adaptado de: www.igeo.pt/utilitários/cartogramas.asp).

3. NOTAS EXPLICATIVAS DOS MAPAS HIDROGEOLÓGICOS

Os mapas hidrogeológicos relativos às áreas de Valongo, de Paredes e de Arouca visaram a conceção de uma base de dados cartográfica de síntese à hidrogeologia, os quais são essencialmente de índole: geológica (litologia e tectónica), geomorfológica, hidrológica, hidrodinâmica e hidrogeoquímica.

3.1. Sumário da geologia e geomorfologia

A contribuição da geologia para caracterização hidrogeológica focou-se em dois parâmetros fundamentais, a litologia (principais unidades litoestratigráficas) e a tectónica (estruturas locais e regionais).

A litologia é essencialmente representada pelas formações metassedimentares paleozoicas onde se distinguem, genericamente, as unidades essencialmente xistentas e as unidades quartzíticas. Esta distinção genérica serviu de base para a definição dos meios “moderadamente produtivos” em níveis essencialmente quartzíticos do Ordovícico Inferior, e aquíferos insignificantes que se desenvolvem nos granitóides e nas demais formações metassedimentares.

A tectónica da região exerce uma grande influência na dinâmica hidrogeológica, que se manifesta a diferentes níveis, como: geometria e distribuição das principais unidades litológicas, estruturas tectónicas à escala de afloramento, como diaclases falhas e filonetes; e grandes lineamentos tectónicos: falhas, cisalhamentos e filões de diversa índole.

Os estudos geomorfológicos e hidrogeomorfológicos foram importantes na definição de fronteiras hidráulicas, na demarcação de áreas favoráveis à recarga e de áreas de maior infiltração potencial, e na identificação de áreas com maior concentração de lineamentos tectónicos.

3.2. Descrições hidrogeológicas e explicações de aspetos relevantes

Conforme já foi referido, as principais unidades hidrogeológicas das áreas de Valongo, de Paredes, e de Arouca foram definidas com base na análise dos litótipos principais, posteriormente complementada com estudos tectónicos e hidrodinâmicos (piezometria, análise de hidrogramas e parâmetros hidráulicos).

Com efeito, propõem-se então três unidades hidrogeológicas principais:

- Azul Claro – Aquíferos intergranulares não consolidados (A2), com baixas espessuras e

baixas transmissividades, para os depósitos fluviais quaternários;

- Verde-claro – Aquíferos fissurados com porosidade essencialmente secundária (B2), para os níveis quartzíticos do Ordovícico Inferior (Formação de Santa Justa);
- Castanho-claro – Formações com permeabilidades e transmissividades baixas, e produtividades geralmente baixas (D1), para as formações metassedimentares do Precâmbrico e/ou Câmbrico e demais formações paleozoicas, e granitóides variscos.

A escolha de tons de verde-claro nos níveis essencialmente quartzíticos do Ordovícico Inferior, baseou-se nas orientações do Mapa Hidrogeológico da Europa (*International Hydrogeological Map of Europe*) (BGR, EGS, UNESCO 2008), no qual as formações essencialmente quartzíticas do Ordovícico Inferior estão distinguidas (a verde-claro) das litologias envolventes (a castanho-claro).

Esta escolha é reforçada com os dados da Folha 1 da Carta Hidrogeológica de Portugal, à escala 1:200 000 (Instituto Geológico e Mineiro), onde os metassedimentos da Formação de Valongo são reconhecidos como moderadamente produtivas, com produtividades na ordem de um a três litros por segundo por quilómetro quadrado (1 – 3 l/s/km²). De acordo com os dados da mesma carta, as demais formações metassedimentares são assumidas como pouco produtivas, ou seja, com valores inferiores a um litro por segundo em cada quilómetro quadrado (1.0l/s/km²).

Paralelamente, o quartzito do Ordovícico Inferior, foi alvo de um estudo detalhado sobre a fraturação microscópica (Gonçalves 2013), em microscopia ótica e em catodoluminescência. Neste estudo, as fraturas microscópicas, e outros aspetos (como as cavidades de dissolução de sulfuretos), foram assumidos como parâmetros adicionais promotores de permeabilidade secundária.

Foi possível projetar os grandes lineamentos tectónicos na forma de maior densidade (*spatial analyst* – Arcgis 9.3). Nesta representação, à semelhança do procedimento seguido para as áreas com maiores índices de infiltração potencial, assumiu-se como relevantes as áreas com teores iguais ou superiores aos valores médios determinados para cada uma das áreas em apreço.

Houve também lugar à projeção de dados sobre rendimentos de captações (caudais de exploração e escoamento natural), de parâmetros de campo e de dados sobre fácies hidroquímicas. A inclusão destes dados teve como objetivo principal, a ilustração das

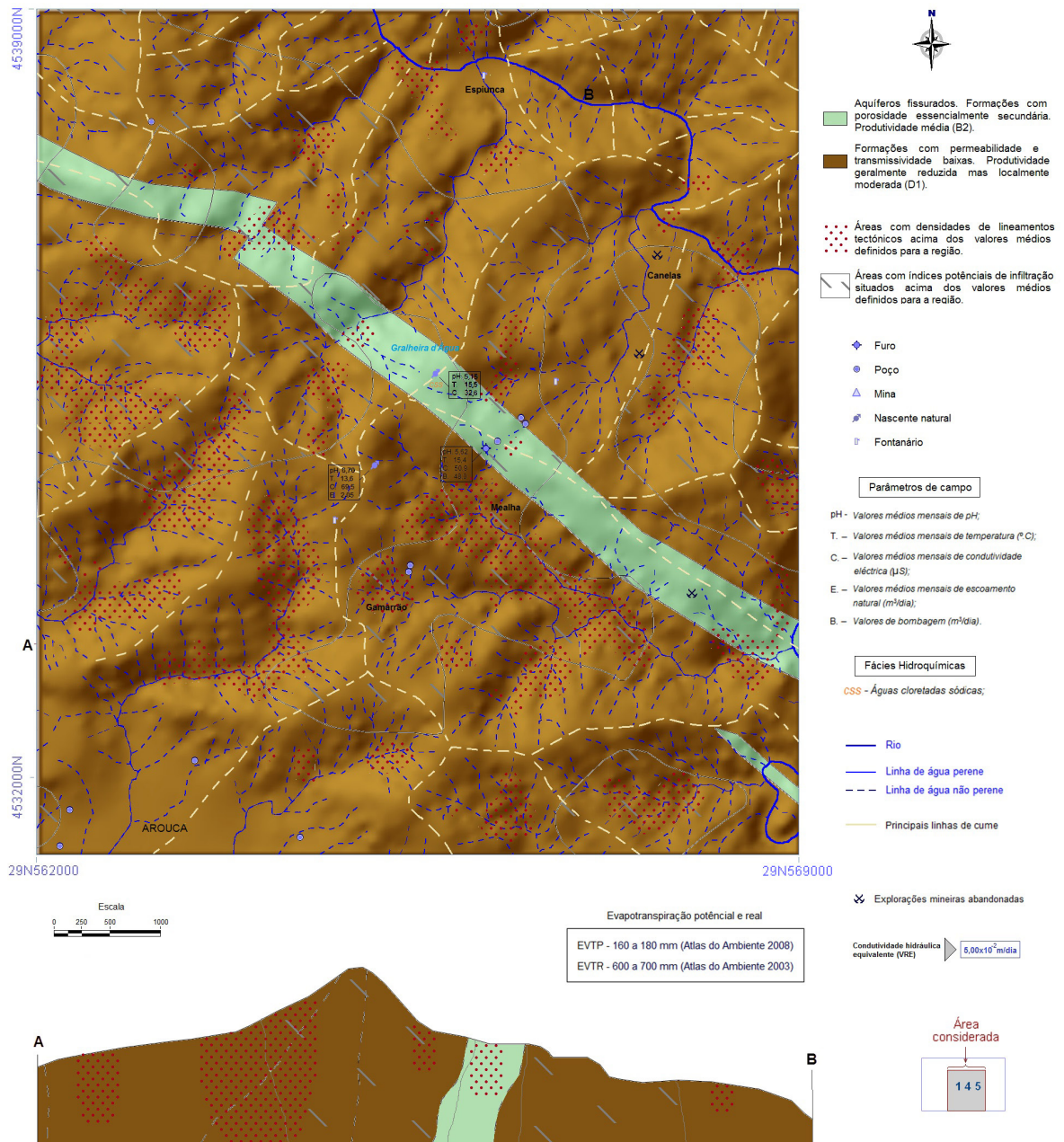


Figura 7 - Mapa Hidrogeológico – Arouca [Adaptado de: www.igeoe.pt/utilitarios/cartogramas.asp].

diferentes produtividades e das diferentes fácies de águas subterrâneas (diferentes aquíferos).

Chama-se particular atenção para as áreas com maior concentração de linhas e pontos de água, que simultaneamente se encontram “sombreadas” pelos padrões indicadores de maiores densidades de lineamentos tectónicos e de índices de infiltração potencial.

Estas e outras áreas onde se verifica a conjugação/sobreposição desses fatores, podem ser classificadas, numa primeira análise, como domínios de maior aptidão hidrogeológica ou, eventualmente, áreas de maior circulação subterrânea. Essas áreas, em situações futuras, poderão ser assumidas como “candidatas” a eventuais estudos de pesquisa e prospeção de águas subterrâneas.

Num perspetiva orientada para o ambiente e ordenamento do território, aquelas áreas surgem como menos recomendáveis à expansão de malha urbana e outros tipos de edificações.

3.3. Sobreposição de informação

Os mapas temáticos selecionados (*layers*) contêm os seguintes tipos de informação: rede de linhas de água, simbologia litológica, pontos de água, áreas favoráveis à infiltração subterrânea, explorações mineiras abandonadas, localidades, informação topográfica, fácies hidroquímicas, parâmetros físico-químicos, etc. De forma a organizar os dados disponíveis, os mapas temáticos foram hierarquizados por categorias de informação, quatro no total:

- Informação geológica e hidroestratigráfica;
- Informação hidrológica e hidrogeológica;
- Informação geomorfológica e hidrogeomorfológica;
- Informação de carácter social.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cartografia hidrogeológica constitui uma atividade com inúmeras valências, no entanto, todas elas visam a caracterização dos recursos hídricos subterrâneos, de uma determinada área ou região, na forma de mapa hidrogeológico final.

Neste estudo, uma das principais preocupações subjacentes à realização dos mapas hidrogeológicos foi a de incluir o máximo de informação possível, sem que isso resultasse numa excessiva sobreposição de dados. Paralelamente, seguindo as normas estabelecidas pela Associação Internacional de Hidrogeólogos e pela UNESCO (Struckmeier & Margat 1995), houve também a preocupação em simplificar as legendas.

Pretendeu-se que esta cartografia hidrogeológica pudesse, a vários níveis, constituir um contributo válido de apoio ao ordenamento do território das áreas de Valongo, de Paredes e de Arouca, nomeadamente no que concerne à gestão do solo e do subsolo.

Um pouco à semelhança do que sucede com os modelos hidrogeológicos conceptuais, a realização dos mapas hidrogeológicos pretendeu constituir um ponto de partida para novos avanços futuros (na evolução do conhecimento hidrogeológico) e possíveis readaptações. Esses avanços e reajustamentos poderão incidir na reformulação de unidades hidroestratigráficas, na redefinição das fronteiras hidrogeológicas, na identificação de meios hidrogeologicamente mais favoráveis, etc.

Os principais problemas hidrogeológicos da região estudada enquadram-se em dois domínios fundamentais: na dificuldade da obtenção de captações de água com caudais apreciáveis; e na forte pressão antrópica (principalmente em Valongo e Paredes) resultante da grande expansão urbana verificada nas últimas décadas, com implicações hidrogeológicas.

BIBLIOGRAFIA

Cartas e Notícias Explicativas:

PEDROSA, M. Y. (1999) “Notícia Explicativa da Carta Hidrogeológica de Portugal (Folha 1) na escala 1:200000”. Instituto Geológico e Mineiro. Departamento de Hidrogeologia.

PLANO DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURO. Normas Regulamentares. Instituto Nacional da Água. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território (2001).

SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL. Folhas 9-A, 9-B, 9-C, 9-D, 13-A e 13-B da Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50 000.

Teses:

CARVALHO, J. M. (2006) “Prospeção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas”. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Geociências (Hidrogeologia Aplicada), sob a sua exclusiva responsabilidade. Universidade de Aveiro. Disponível em: http://ria.ua.pt/handle/10773/5016?mode=full&submit_simple=mostrar+registo+em+formato+completo.

GONÇALVES, E. J. (2013) “Hidrogeologia das áreas de Valongo, de Paredes e de Arouca, no contexto do Anticlinal de Valongo”. Dissertação apresentada à Universidade do Porto para a obtenção do grau de Doutor em Geociências

(Hidrologia e Hidrogeologia). Universidade do Porto. Não publicado.

Resumo em congresso:

MACHADO, J. L. F. & FREITAS, M. A. (2005) "Projecto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul". Convénio SOOPS-SEMA-DRH/RS-CPRM. Relatório Final. pp. 1 – 62. CPRM. Serviço Geológico do Brasil.

Livros:

POEHLS, D. J. & SMITH, G. J. (2009), "Encyclopedic Dictionary of Hydrogeology". First edition. Elsevier. ISBN: 978-0-12-558690-0.

SINGHAL, B. B. S. & GUPTA, R. P. (1999) "Applied Hydrogeology of Fractured Rocks". pp. 1 – 393. Kluwer Academic Publishers. ISBN 0-412-75830-X.

STRUCKMEIER, W. F. & MARGAT, J. (1995) "Hydrogeological Maps. A Guide and a Standard Legend". Volume 17. pp. 1 – 177. International Contributions to Hydrogeology, Founded by Castany, G., Groba, E. & Ronijn, E. International Association of Hydrogeologists. Verlag Heinz Heise. ISBN 3-922705-98-7.

Internet – Relatórios eletrónicos:

LEKGOWE, O. & MAGOWE, M. (2009) "Folheto Explicativo do Mapa e Atlas Hidrogeológico da Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral". Assistência Técnica à Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral. pp. 1 – 51. União Europeia e GTZ. Disponível em <http://www.sadc.int>.

Webgrafia

<http://www.igeoe.pt/utilitários/cartogramas.asp>.
<http://ria.ua.pt>