

Avaliação hidrogeológica das regiões de Valongo-Paredes e de Arouca com base na análise de hidrogramas de escoamento de alguns pontos de água

Eduardo Gonçalves

Estudante de Doutoramento em Geociências – *Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto*

Resumo

O presente estudo envolve uma breve avaliação hidrogeológica quantitativa, baseada na análise de hidrogramas de escoamento hídrico gravítico de quatro pontos de água, três minas e uma nascente natural. Essa análise desenrolou-se no decurso de um ano hidrológico que iniciou em Outubro de 2009 e terminou em Setembro de 2010.

Sobre os principais períodos de recessão, identificados nos hidrogramas, incidiu a determinação dos respectivos coeficientes de esgotamento hídrico, os quais serviram de base para o cálculo dos volumes de água armazenada.

Palavras-chave: Escoamento hídrico, coeficiente de esgotamento, volume armazenado.

1. Introdução

Uma das actividades fundamentais decorrentes da elaboração de um estudo hidrogeológico de base, de uma determinada região, constitui a sua caracterização hidrodinâmica, a qual pode envolver a implementação de diversas metodologias. Estas metodologias têm como objectivo a avaliação do potencial quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos subterrâneos.

Em diferentes litologias do Anticlinal de Valongo, o estudo hidrogeológico envolveu a implementação de um método quantitativo, o qual incluiu a análise de hidrogramas de nascentes naturais e de minas. Essas litologias correspondem aos xistos e grauvaques da Unidade de Montalto (Précâmbrico e/ou Câmbrio) e aos “xistos carbonosos, ardosíferos e siltíticos” da Formação de Valongo (Ordovício Médio).

Efectivamente, o método da análise de hidrogramas aplica-se apenas a pontos de água do tipo nascente e mina, na medida em que faz uso do escoamento gravítico natural, ocorrido ao longo de um determinado período de tempo.

No essencial, esta técnica, permite perceber se existe uma resposta rápida, ou não, das emergências ou minas, à recarga directa proveniente da precipitação, sobretudo em períodos marcados por eventos pluviosos relevantes (Macedo & Lima, 2007). Deste modo, torna-se necessário definir nos hidrogramas os períodos de recessão, para seguidamente se determinarem os respectivos coeficientes de esgotamento. Nesse propósito é necessário, previamente, efectuar um cruzamento dos dados de escoamento natural com os dados de precipitação diária, representativos de um ano hidrológico (preferencialmente). Esses dados de precipitação diária devem ser obtidos em estações udométricas próximas.

2. Determinação dos coeficientes de esgotamento e volumes de água armazenados

Neste estudo, o ano hidrológico considerado foi o de 2009/2010, o qual teve início em Outubro de 2009, e cessou em Setembro de 2010. No entanto, como se verá, este período engloba pequenas variações em dias para cada uma das situações.

Para a região de Valongo-Paredes, foram considerados três pontos de água, mais concretamente três minas, implantadas em duas unidades litológicas distintas. Relativamente à região de Arouca, foi apenas considerado um ponto de água, mais concretamente uma nascente situada no “seio” dos xistos e grauvaques atrás referidos.

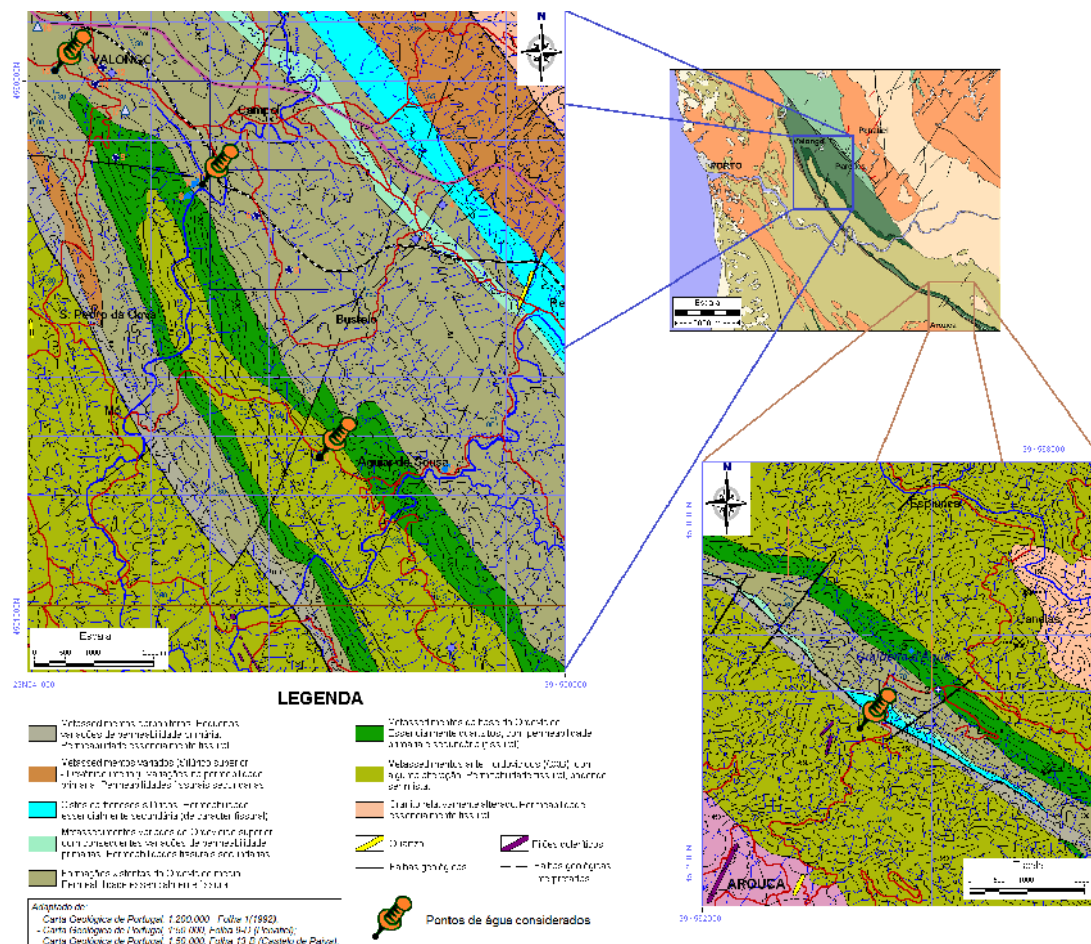


Figura 1. Mapas geológicos, com a localização dos pontos de água considerados.

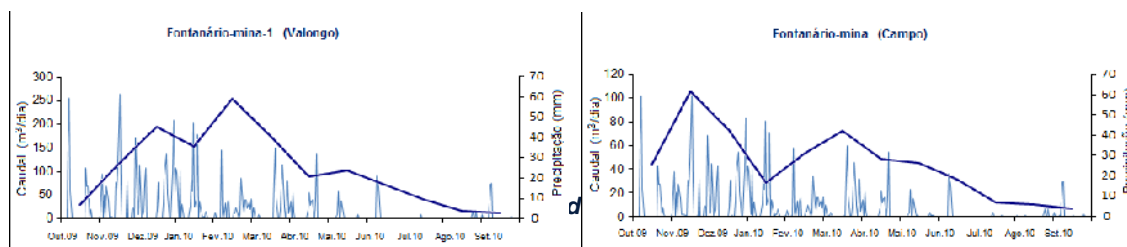
Em todos os hidrogramas apresentados identificam-se oscilações relevantes nos valores de escoamento hídrico natural, os quais são correlacionáveis com as variações dos índices de precipitação.

Os períodos onde se registam maiores escoamentos são o reflexo de uma resposta do meio aos episódios de maior carga hidráulica. Reciprocamente, os períodos de recessão correspondem a efectivas respostas rápidas a episódios de ausência, ou redução significativa, da precipitação. Com efeito, é nestes períodos de recessão da carga hidráulica que incidem as determinações dos coeficientes de esgotamento.

Segundo M. Wanielista (1990) in. Macedo & Lima (2007), o coeficiente de esgotamento raramente é constante ao longo do tempo, na medida em que é influenciado pelas características dos materiais geológicos saturados.

Desde logo ressalta a ideia da grande heterogeneidade daquelas litologias do Anticlinal de Valongo, que se traduzirá numa considerável heterogeneidade do meio hidrogeológico, onde se evidenciam variações laterais de propriedades como porosidade e permeabilidade. No entanto, além da influência litológica, o meio encontra-se fortemente condicionado pela fracturação.

Os levantamentos geológicos empreendidos em diferentes áreas do Anticlinal de Valongo permitiram identificar, à superfície, vários sistemas de fracturação, com diferentes graus de abertura entre os planos. Esta situação pode ser apreciada na proximidade de alguns dos pontos de água estudados.



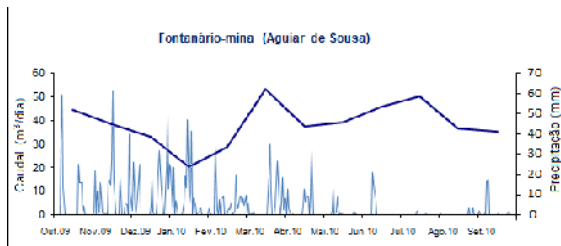


Figura 4. Hidrograma fontanário-mina-1 (Ag. Sousa) para um período de 332 dias e precipitação diária.

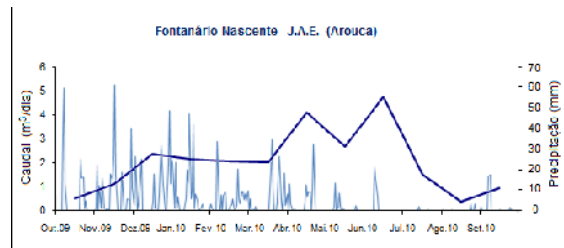


Figura 5. Hidrograma fontanário-nascente (Arouca) para um período de 320 dias e precipitação diária.

Estes dados permitem inferir, ainda que tenuemente, a existência de meios hidrogeológicos favoráveis à ocorrência de circulações rápidas ao longo de fracturas abertas e permeáveis, que estarão na origem de esgotamentos rápidos. Por outro lado, os esgotamentos mais lentos deverão estar associados a circulações lentas ao longo de fracturas mais fechadas e menos densas e, possivelmente, em meios menos permeáveis.

Para os diferentes pontos de água estudados, foram definidos os respectivos eventos de recarga, com

Figura 2. Hidrograma fontanário-mina-1 (Valongo) para um período de 335 dias e precipitação diária.

Figura 3. Hidrograma fontanário-mina-1 (Campo) para um período de 335 dias e precipitação diária.

base nos dados de precipitação. Os dados pluviométricos completos foram obtidos numa estação udométrica próxima de Vale de Cambra (Barragem de Castelo Burgães), que faz parte da rede do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH).

Aos eventos de recarga, foram associados os respectivos incrementos de escoamento hídrico. Esta análise permitiu também definir os períodos de descarga hidráulica (ou recessão). Segundo Castany (1975), a descarga hidráulica é explicada a partir de uma lei exponencial, que se ajusta à equação de Maillet (1905):

$$Q_t = Q_0 e^{-\lambda t} \quad (1.1.)$$

em que:

- Q_t = caudal do ponto de água em qualquer instante do esgotamento (m^3/dia);
- Q_0 = caudal registado no início da recessão (m^3/dia);
- λ = coeficiente de esgotamento do aquífero (dia^{-1});
- t = intervalo da recessão (t_0) e o tempo ($= t - t_0$), expresso em dias;
- $e = 2,71828$.

Desenvolvendo a equação tem-se que:

$$\log Q_t = \log Q_0 - (\lambda \log e)t \quad (1.2.)$$

Como $\log e$ é igual a 0,4343, a expressão para a caracterização das curvas de recessão, por via do cálculo do coeficiente de esgotamento (λ), fica reduzida à seguinte equação:

$$\lambda = (\log Q_0 - \log Q_t) / 0,4343t \quad (1.3.)$$

Esta equação adequa-se à generalidade das unidades hidrogeológicas metassedimentares do Anticlinal de Valongo, na medida em que, usualmente é utilizada em estudos hidrogeológicos marcados rochas pouco permeáveis.

A equação de Maillet assume que o escoamento gravítico é função do volume total de água armazenada no início do esgotamento, e das características físicas e geométricas do aquífero, as quais influenciam em grande medida o coeficiente de esgotamento. As características físicas principais são a transmissividade (T) e o coeficiente de armazenamento (S), enquanto que as características geométricas referem-se essencialmente à extensão do aquífero.

Segundo Castany (1975), valores muito baixos de coeficiente de esgotamento indicam que o meio hidrogeológico evidencia boa capacidade de armazenamento, e que valores mais elevados de coeficiente de esgotamento, indicam reduzida capacidade de armazenamento.

Uma vez conhecido o coeficiente de esgotamento, criam-se condições para se poder determinar o volume de água armazenado acima do nível de drenagem em qualquer momento (V_t), com base nos caudais de drenagem, através da seguinte expressão:

$$V_t = \frac{Q_t}{\alpha} \quad (1.4.)$$

No presente estudo, um dos momentos considerados para o cálculo do volume de água armazenada, foram os tempos finais dos períodos de recessão. Esta opção teve como objectivo obter uma estimativa aproximada dos volumes de armazenamento mínimos anuais, acima do nível de drenagem.

Contudo, o volume de água armazenado nos aquíferos no momento inicial, de cada um dos períodos de esgotamento, reveste-se de particular importância, o qual se pode determinar a partir da seguinte expressão:

$$V_0 = \frac{Q_t}{\alpha} \quad (1.5.)$$

Efectivamente, o valor V_0 representa a capacidade de armazenamento de uma bacia, que é equivalente às reservas reguladoras. Segundo Castany (1975), estas reservas representam a quantidade de água livre armazenada num aquífero ao longo de um período de recarga natural. Uma parte desta quantidade de água livre, constitui os recursos exploráveis de um determinado aquífero.

Tabela 1. Valores calculados para o Fontanário – Mina (Valongo)

Períodos de Recessão	Q_0 (m ³ /dia)	Q_t (m ³ /dia)	t (dias)	α	V_0 (m ³)	V_t (m ³)
1º	196	155	41	$5,79 \times 10^{-3}$	$3,39 \times 10^4$	$2,67 \times 10^4$
2º	254	90,7	51	$2,02 \times 10^{-3}$	$1,26 \times 10^4$	$4,49 \times 10^3$
3º	104	16,3	92	$2,01 \times 10^{-3}$	$5,16 \times 10^3$	$8,13 \times 10^2$
Média				$1,54 \times 10^{-2}$	$1,72 \times 10^4$	$1,07 \times 10^4$
Somatório Total				$4,61 \times 10^{-2}$	$5,16 \times 10^4$	$3,20 \times 10^4$

Tabela 2. Valores calculados para o Fontanário – Mina (Campo)

Períodos de Recessão	Q_0 (m ³ /dia)	Q_t (m ³ /dia)	t (dias)	α	V_0 (m ³)	V_t (m ³)
1º	105	73,3	22	$1,65 \times 10^{-2}$	$6,38 \times 10^3$	$4,43 \times 10^3$
2º	73,3	28,6	37	$2,54 \times 10^{-2}$	$2,88 \times 10^3$	$1,13 \times 10^3$
3º	72,0	49,1	21	$1,66 \times 10^{-2}$	$4,51 \times 10^3$	$3,08 \times 10^3$
4º	45,4	11,8	50	$2,69 \times 10^{-2}$	$1,69 \times 10^3$	$4,41 \times 10^2$
Média				$2,12 \times 10^{-2}$	$3,86 \times 10^3$	$2,27 \times 10^3$
Somatório Total				$8,48 \times 10^{-2}$	$1,55 \times 10^4$	$9,07 \times 10^3$

Tabela 3. Valores calculados para o Fontanário – Mina (Ag. Sousa)

Períodos de Recessão	Q_0 (m ³ /dia)	Q_t (m ³ /dia)	t (dias)	α	V_0 (m ³)	V_t (m ³)
1º	44,6	33,0	44	$6,85 \times 10^{-3}$	$6,52 \times 10^3$	$48,2 \times 10^2$
2º	33,0	20,6	37	$1,27 \times 10^{-2}$	$2,59 \times 10^3$	$16,2 \times 10^2$
3º	53,3	37,2	21	$1,56 \times 10^{-2}$	$3,58 \times 10^3$	$24,8 \times 10^2$
4º	50,2	36,6	43	$7,35 \times 10^{-3}$	$6,83 \times 10^3$	$49,8 \times 10^2$
Média				$1,05 \times 10^{-2}$	$4,88 \times 10^3$	$3,48 \times 10^3$
Somatório Total				$4,19 \times 10^{-2}$	$1,95 \times 10^4$	$1,39 \times 10^4$

Tabela 4. Valores calculados para o Fontanário – Nascente (Arouca)

Períodos de Recessão	Q_0 (m ³ /dia)	Q_t (m ³ /dia)	t (dias)	α	V_0 (m ³)	V_t (m ³)
1º	4,13	2,67	45	$9,70 \times 10^{-3}$	$4,26 \times 10^2$	275
2º	1,79	1,50	16	$7,24 \times 10^{-2}$	66,1	20,8
3º	1,50	0,393	52	$2,58 \times 10^{-2}$	58,3	15,2
Média				$3,66 \times 10^{-2}$	$1,84 \times 10^2$	104
Somatório Total				$1,08 \times 10^{-1}$	$5,50 \times 10^2$	311

Considerações finais

Um primeiro comentário final sobre o estudo desenvolvido, realça o facto de em todos os pontos de água se registarem valores médios elevados para os coeficientes de esgotamento. Efectivamente, só os valores registados na Mina de Aguiar de Sousa se aproximam dos padrões característicos de meios fissurados. Segundo Scholler (1965) in. A. Costa (1997), valores de coeficiente de esgotamento superiores a 10^{-2} são normalmente registados em circulações em meios cársicos.

Esta situação sugere que os meios onde estão implantados os pontos de água, evidenciam reduzida capacidade de armazenamento, para a qual, além da fracturação, deverão contribuir factores como a porosidade primária, as cavidades de dissolução de sulfuretos, a alteração, a evapotranspiração, etc.

Relativamente aos volumes médios de água armazenada nos aquíferos, no momento inicial (V_0), constata-se que os valores registados nas minas de Campo e Aguiar de Sousa aproximam-se do valor registado por Macedo & Lima (2007) em meio granítico (Vieira do Minho – Braga). No ponto de água estudado, estes autores registaram uma capacidade de armazenamento de aproximadamente $6,53 \times 10^3$ m³.

Contudo, se por um lado, na Mina de Valongo se registou uma capacidade de armazenamento consideravelmente superior ao registado por Macedo & Lima (2007), na Nascente de Arouca esse valor foi significativamente inferior.

Bibliografias

- CASTANY, G. (1975), “Prospección y Explotación de las Aguas Subterráneas.” Ediciones Omega, S. A. Barcelona.
- COSTA, A. (1997), “Sistema Aquífero Moura – Ficalho. Parte 4 – Quantificação das descargas do aquífero principal”. pp. 1 – 9.
- MACEDO, L. F. V. & LIMA, A. S. (2007), “Recursos Hídricos Subterráneos em Aquíferos Graníticos Pouco Profundos: Vieira do Minho (NW Portugal)”. Actas do 8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. pp. 20. São Paulo. Brasil.