

EXCERTO DO RELATÓRIO TÉCNICO

Sistema Aquífero Estremoz - Cano

Parte 2 - Climatologia

Carla Pinto Midões

2 – Caracterização Climatológica

2.1 - Classificação Climática

A região do Alentejo onde se insere o estudo como tendo um clima temperado, moderadamente chuvoso (500-1000 mm/ano), constituindo o inverno a estação onde cai praticamente toda a precipitação anual. No verão de um modo geral não chove.

A temperatura diurna e anual no Alentejo apresenta grandes amplitudes, consequência da influência muito forte da massa continental Ibérica, da reduzida altitude e da forte insolação estival. Origina-se assim clima seco, sujeito a fortes geadas, sendo o inverno frio e o verão muito quente.

2.2 - Interpretação de Dados Climatológicos

O ciclo hidrológico é composto por vários parâmetros climáticos como: precipitação, temperatura, evapotranspiração, etc, cuja sua análise e interpretação permite quantificar a recarga de um sistema aquífero ou seja determinar a renovação dos recursos hídricos subterrâneos. Neste trabalho foram utilizados os parâmetros climáticos fundamentais: precipitação e temperatura na caracterização climática da região.

2.3 - Precipitação

No presente trabalho foram utilizadas 10 estações, que se situam na área em estudo ou nas suas proximidades.

Segundo Costa Almeida (1985), quando são utilizadas séries de dados longas, (>30 anos) o cálculo do balanço hidrológico apoia-se nos dados relativos, à precipitação e evapotranspiração, podendo-se desprezar todos os outros termos.

Nas estações utilizadas foi possível considerar séries de 40 anos (1956/57 - 1995/96), uma vez que todas as estações eram suficientemente antigas, apresentando leituras anteriores a 1956.

Tabela 1 – Características das estações udométricas e climatológicas utilizadas

Designação	Coordenadas Gauss		Altitude (m)	Bacia Hidrográfica	Tipo
	M	P			
B. Maranhão	213792	226576	175	Tejo/Sorraia	Climatológica
Fronteira	241943	231425	245	Tejo/Avis	Udométrica
Pavia	210416	214405	192	Tejo/Sorraia	Udométrica
Sousel	239812	219942	265	Tejo/Avis	Udométrica
Estremoz	247204	208171	430	Tejo/Tera	Udométrica
Vimieiro	225840	206685	235	Tejo/Tera	Udométrica
Vila Viçosa	261915	202197	370	Guadiana/Assica	Udométrica
Alandroal	263421	191939	350	Guadiana	Udométrica
Juromenha	277509	197214	206	Guadiana	Udométrica
Redondo	250838	186792	315	Guadiana/Degebe	Udométrica

Os dados de precipitação foram sujeitos a tratamento estatístico, para serem detectados e corrigidos, possíveis erros e ainda para completar séries incompletas (Heras, 1976; Almeida, 1985 & Silva, 1988).

Algumas das estações consideradas apresentavam-se incompletas, faltando 3 ou menos dados mensais. Estes dados foram estimados através da aplicação de técnicas de regressão múltipla com transferência de informação de dados de precipitação ocorridos em estações próximas e com séries completas.

As técnicas de regressão para além de preencherem valores em falta, permitem melhorar a estimativa da distribuição de probabilidades da variável em estudo e ampliar amostras.

As estações cujos dados de precipitação estavam incompletos eram: Barragem do Maranhão, Fronteira, Estremoz, Vimieiro e Alandroal. Com o objectivo de determinar quais as estações com séries completas que eram mais correlacionáveis com as estações de séries incompletas foi elaborada uma matriz de correlação das 10 estações.

Com base na matriz de correlação foram seleccionadas as seguintes estações cujas séries estavam completas:

Estação a completar	Estações mais correlacionáveis
B. Maranhão	Pavia, Redondo e Sousel
Fronteira	Redondo, Pavia e Juromenha
Estremoz	Redondo, Sousel e Juromenha
Vimieiro	Juromenha e Pavia
Alandroal	Redondo, Sousel e Juromenha

O método de regressão múltipla descrito foi então aplicado de modo automatizado recorrendo ao programa COMPLET.BAS de Costa Almeida.

De seguida todas as séries foram testadas pelo método de dupla acumulação, através do programa DOBLMASS.BAS de Costa Almeida com o objectivo de detectar possíveis erros sistemáticos ou acidentais que tenham ocorrido.

Com a excepção da estação de Sousel onde foi identificado um erro sistemático nos primeiros 7 anos de registo, todas as outras estações apresentavam consistência de dados com a estação tipo.

◈ Cálculo da precipitação média

Em qualquer estudo hidrogeológico, nomeadamente na determinação do balanço hidrológico, o cálculo da precipitação média caída numa dada bacia hidrográfica ou região é muito importante.

Existem vários métodos para estimar a precipitação média, sendo a sua utilização função das características físicas e climáticas da área em estudo. Os métodos que geralmente são utilizados são: média aritmética, polígonos de Thiessen, curvas isoietas.

O método utilizado para calcular a precipitação média será o método dos polígonos de Thiessen que é comparativamente com o método da média aritmética mais fiável, no entanto os bons resultados estão dependentes da aplicação a zonas, planas e com homogeneidade no que se refere à distribuição pluviométrica (Custódio e Llamas, 1983).

Segundo este método a precipitação média anual numa determinada região é dada pela expressão:

$$P = \sum_{i=1}^n \left(P_i \cdot \frac{S_i}{S} \right)$$

em que : **P_i** - precipitação de cada polígono

S_i - área do polígono

S - área total da região considerada

Usando os polígonos de Thiessen (**figura 2**), a precipitação obtida para uma série de 40 anos e para uma área total média de 1929 km² é de 636,8 mm.

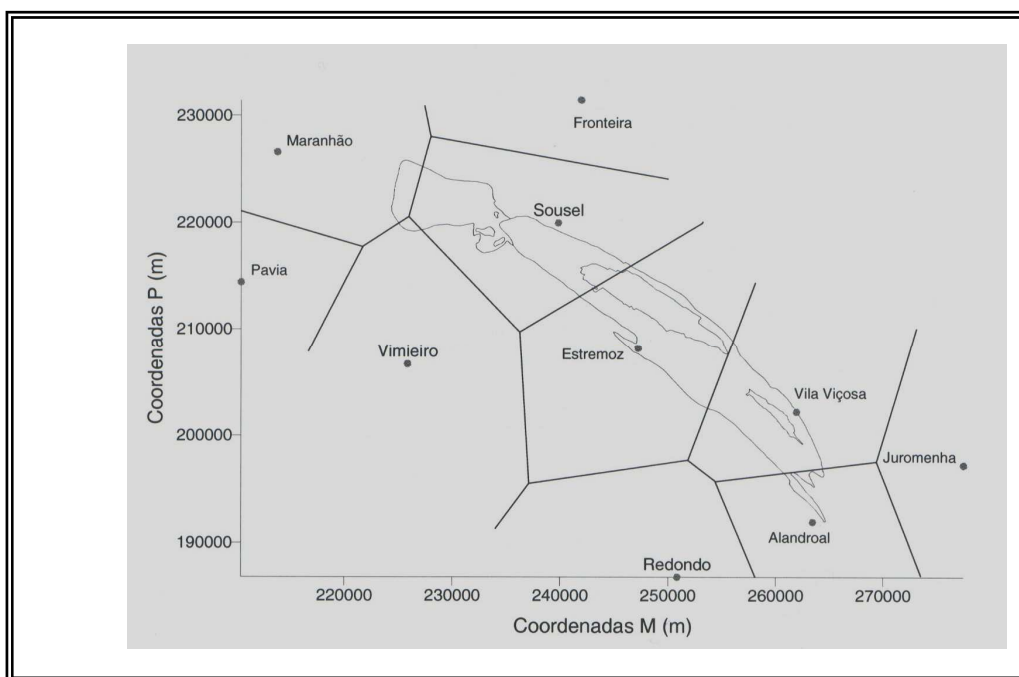


Figura 2 - Polígonos de Thiessen

Tabela 2 – Estimativa da precipitação média anual. Método dos polígonos de Thiessen

Estação	P _i (mm)	S _i (km ²)	S _i /S	P _i (S _i /S)
B. Maranhão	644,6	147	0,075	48,4
Pavia	607,9	76	0,039	23,7
Vimieiro	575,6	267	0,136	78,3
Sousel	633,8	357	0,182	115,3
Fronteira	563,6	94	0,048	27,1
Estremoz	638,2	462	0,235	150,0
Redondo	579,2	157	0,081	47,0
V.Viçosa	761,3	259	0,132	100,5
Alandroal	647,3	105	0,053	34,3
Juromenha	538,8	41	0,021	11,3
TOTAL	-	1929	-	636,8

A observação da distribuição mensal de precipitação nas várias estações consideradas permite verificar que mais de 50% da precipitação total anual ocorre nos meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março. Sendo de um modo geral os meses de Dezembro e Janeiro os mais chuvosos e os meses de Julho e Agosto aqueles onde ocorre menor precipitação.

2.4 - Temperatura

A distribuição da temperatura do ar, numa região, é principalmente condicionada pelos factores fisiográficos, tais como, o relevo (altitude e exposição), a natureza do solo e do seu revestimento e a proximidade de grandes massas de ar (Atlas do Ambiente, 1984). A análise dos valores médios da temperatura do ar, baseou-se nos dados obtidos na estação climatológica da Barragem do Maranhão (única estação com dados de temperatura).

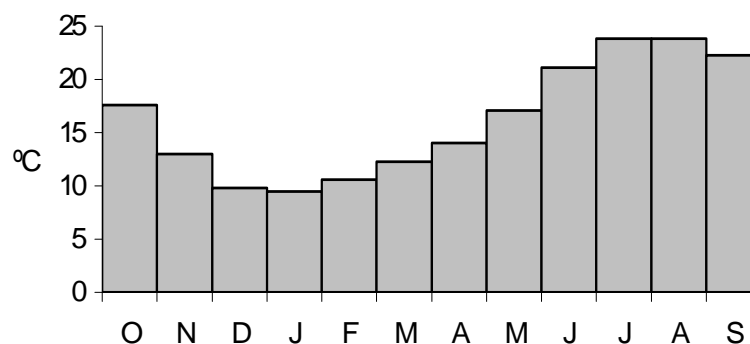


Figura 3 – Distribuição da temperatura média mensal na Barragem do Maranhão

A distribuição da temperatura média mensal representada demonstra que os meses com temperaturas mais elevadas são Julho e Agosto e com temperaturas mais baixas são, Dezembro e Janeiro. A temperatura média anual é de 16,2°C.

2.5 - Evapotranspiração

A evapotranspiração é um parâmetro hidrológico que depende de muitos e complexos factores que influenciam a evaporação e a transpiração. Este parâmetro pode ser estimado através dos métodos desenvolvidos por: Thornthwaite (1948), Turc e Coutagne (1955).

O calculo da evapotranspiração da área em estudo foi feito pelos métodos descritos cujos fundamentos teóricos podem ser consultados em Custódio & Llamas (1983) utilizando para tal o programa CEGEVAP de Almeida (1979).

Tabela 3 - Evapotranspiração real calculada segundo os métodos de Thornthwaite, Turc e Coutagne

Barragem do Maranhão	THORNTHWAITE			TURC	COUTAGNE
	c.c. 100	c.c. 125	c.c. 150	503.4	506.3
	465.6	490.6	515.6		

Os resultados de EVR obtidos pelos métodos de Turc e Coutagne são muito semelhantes. Sendo também semelhantes os resultados obtidos pelo método de Thornthwaite quando se considera uma capacidade de campo de 150. A escurência total para esta capacidade de campo é de 123.6 mm. Para valores de c.c. de 100 e 125 é respectivamente de 173.6 e 148.5 mm.

Tendo por base as características geológicas e pedológicas das formações carbonatadas da área em estudo como seja a existência de carsificação e a reduzida espessura do solo, o valor de capacidade de campo onde existe mais uniformidade nos resultados (125) é talvez excessivo. O mais correcto possivelmente é considerar valores de capacidade de campo entre 75 e 100 mm com excedentes (Exc) da ordem dos 200 mm.

2.6 - Curvas de esgotamento de nascentes

Perante um meio cársico / fissurado como é o caso do sistema aquífero de Estremoz – Cano onde ocorrem imensas estruturas em algar e sumidouros, a espessura de solo de alteração é reduzida e por vezes inexistente e onde a industria extractiva promove a abertura de grandes crateras nos níveis de mármore, a determinação de um valor de infiltração eficaz é complexa e imprecisa.

Com o objectivo de chegar a um valor de infiltração eficaz que traduzisse melhor a realidade procedeu-se à determinação de curvas de esgotamento de 4 nascentes que se localizam entre Estremoz e Borba.

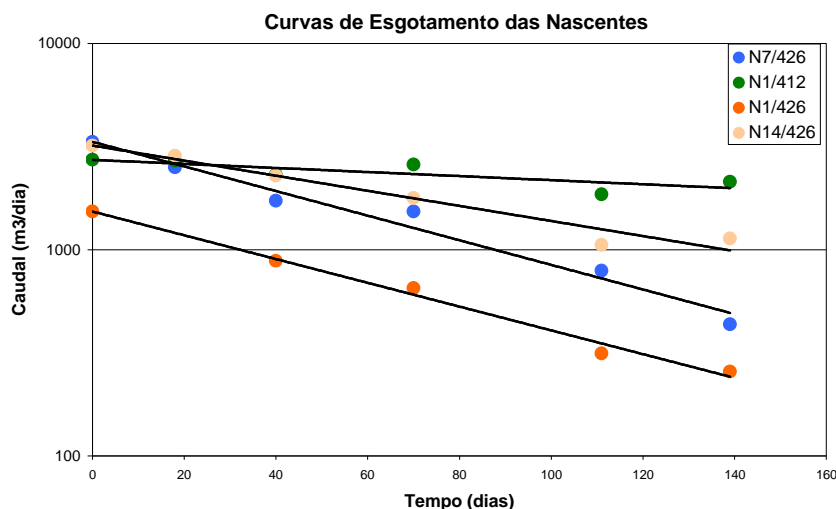


Figura 4 – Gráfico representativo das medições de caudal efectuadas

O método consiste no acompanhamento da medição do caudal das nascentes no período de estiagem ou seja a partir do momento em que deixou de chover.

A diminuição do caudal das nascentes parece seguir uma lei exponencial da forma:

$$Q=Q_0.e^{-\alpha t}$$

onde **Q** representa o caudal num dado instante, **Q₀** o caudal que se escoia no início da vasão, **t** o tempo decorrido desde essa altura e **α** é uma constante designada de coeficiente de esgotamento (Costa, 1985).

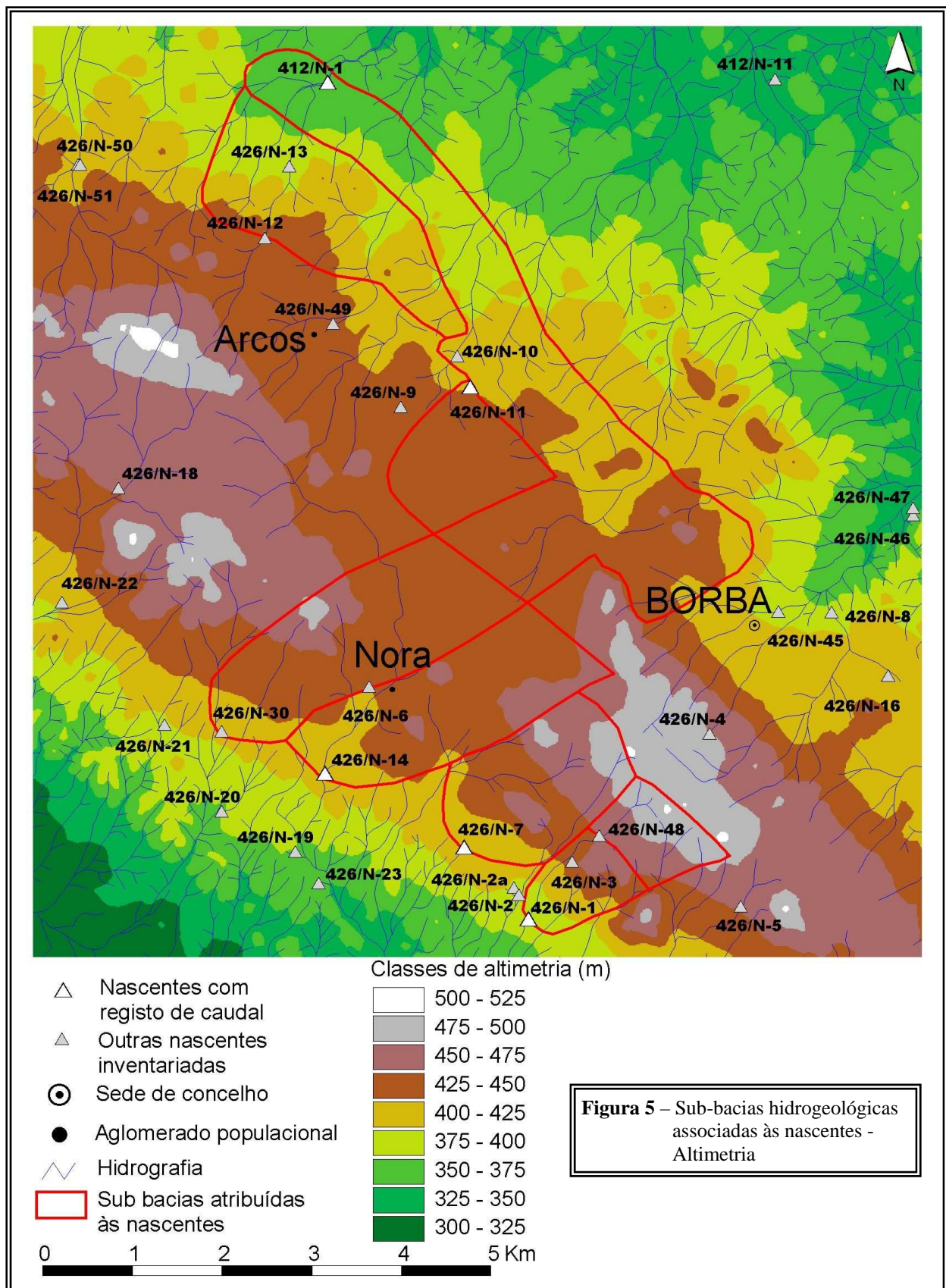
Foi possível determinar os volumes armazenados (**tabela 4**) correspondentes às descargas controladas, utilizando a expressão que relaciona os caudais de descarga com os respectivos volumes armazenados, num dado instante:

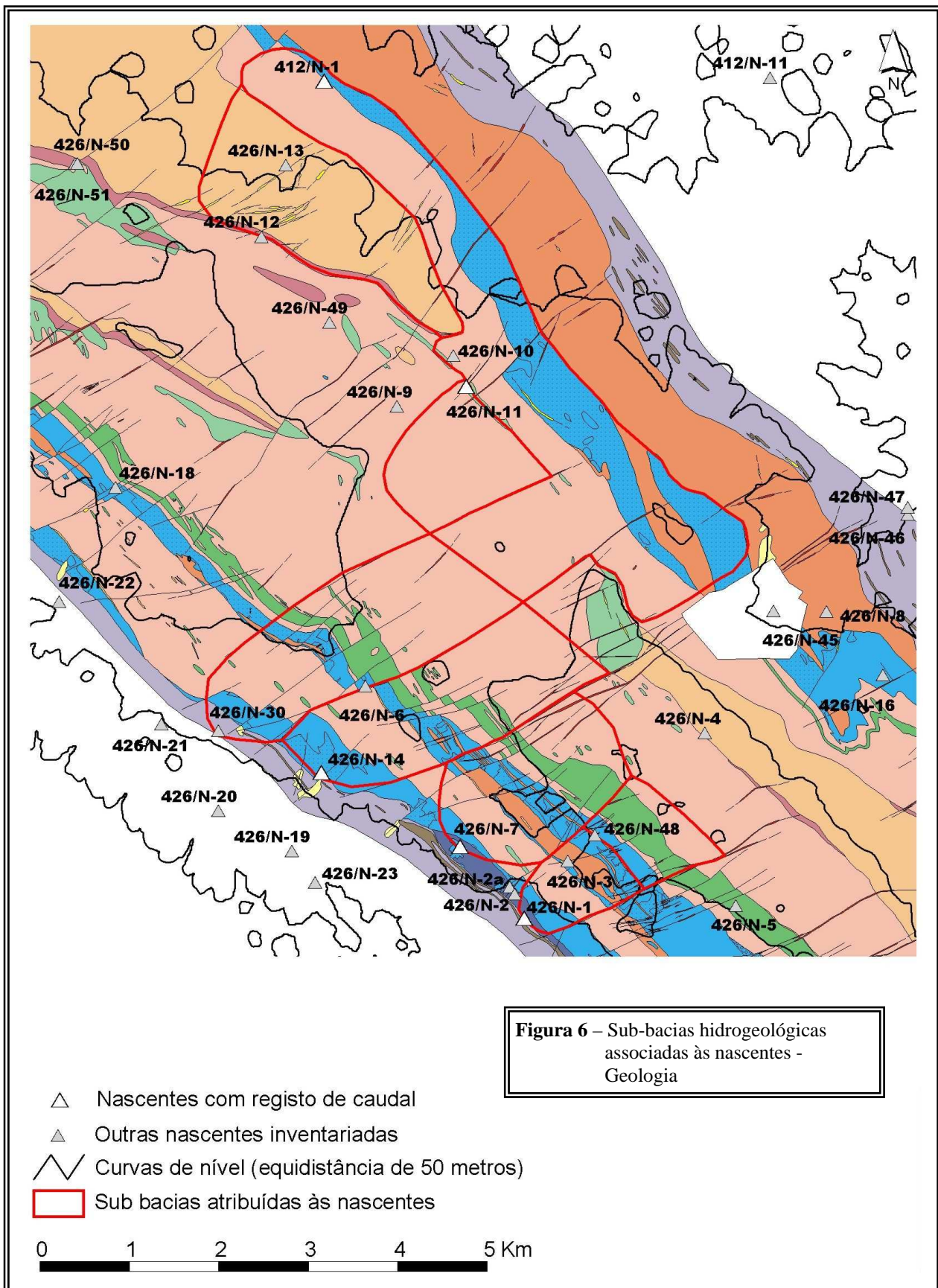
$$V_0= Q_0 / \alpha$$

esta expressão não é mais do que a integração da equação de Maillet para um valor inicial do caudal (**Q₀**), sendo **α** o coeficiente de armazenamento (Oliveira, M. 1997).

O somatório destes volumes corresponde a cerca de 4 hm³ para as 4 nascentes consideradas.

A determinação da área da sub-bacia hidrogeológica associada a cada nascente obedeceu a vários critérios, topografia, litologia, estrutural e hidrografia (**figuras 5 e 6**).





Na determinação da área de recarga associada à nascente N1/412–Techocas foram consideradas duas situações: uma em que a mancha dos xistos do Pré-câmbrico foi excluída por esta não contribuir com escoamento subterrâneo e outra onde esta formação xistenta foi incluída, uma vez que esta constitui uma área de recarga, por captura de linhas de água tendo-se obtido como consequência uma menor taxa de infiltração.

Perante estes dois cenários parece que o segundo traduz melhor a realidade uma vez que não se poderá desprezar o escoamento superficial que ocorre nesta zona e que se infiltrará na formação carbonatada que se encontra a jusante.

Na determinação da sub-bacia hidrogeológica associada à nascente das Techocas foi ainda possível determinar o comprimento da respectiva bacia utilizando a expressão:

$$\alpha = (2/L^2) \cdot (T/S) \quad \Leftrightarrow \quad L^2 = 2T/\alpha S$$

em que **T** (m²/dia) é a transmissividade, **S** o coeficiente de armazenamento do aquífero e **L** é o comprimento do aquífero (m) (Costa, 1985).

Os valores de **T** e **S** obtidos a partir de um ensaio de bombagem efectuado nos furos das Techocas (T= 3134 m²/dia e S= 0.084) permitiram obter um valor de L=7.1 Km.

Na tabela seguinte estão representados as áreas determinadas bem como a precipitação caída dentro de cada área, o volume debitado por cada nascente e o valor de recarga obtido.

Tabela 4 - Parâmetros utilizados na determinação da recarga

<i>Referencia da nascente</i>	<i>Área da bacia (Km²)</i>	<i>Volume de precipitação (mm)</i>	<i>Volume debitado pela nascente (m³)</i>	<i>Recarga (%)</i>
N1/412 s/ Pré-câmbrico	8.6	7043566.3	2739045.0	38.9
N1/412 c/ Pré-câmbrico	12.1	9629404.8	2739045.0	28.4
N1/426	1.0	802820.8	265687.0	33.1
N14/426	3.5	2939399.8	874520.1	29.8
N7/426	2.7	2249746.2	558796.7	24.8
Total s/ Pré-câmbrico	15.7	30119521.0	9004962.0	31.6
Total c/Pré-câmbrico	19.1	15621371.0	4438048.8	29.0

Com base nestes dados podemos admitir um valor de 30 % para a taxa de infiltração associada às formações carbonatadas do anticlinal de Estremoz.

2.7 - Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos renováveis

A avaliação do volume médio anual escoado no aquífero efectuou-se com base no valor de precipitação média anual obtido com base nos polígonos de Thiessen e num valor de infiltração eficaz de 30%. Temos então um valor de 636.8 mm que para uma área de aproximadamente 202,1 Km² que corresponde ao sistema aquífero um volume anual dos recursos hídricos subterrâneos renováveis da ordem dos 38.6×10^6 m³/ano.

2.8 – Quantificação dos usos

A quase totalidade da água consumida na região para os diversos fins, agro-pecuária, indústria, abastecimento privado e abastecimento público tem origem subterrânea. Sendo o sector da agro-pecuária aquele, que tendo em conta o inventário realizado para o uso dos pontos de água o que mais gasta. Dos usos considerados apenas foi possível estimar um valor de água subterrânea extraída para o abastecimento público, informação cedida pelas várias câmaras municipais da região.

O valor total de extracção estimado para os furos camarários que se localizam na área que corresponde ao sistema aquífero foi de 10 750 m³/dia o que corresponde a 3.9×10^6 m³/ano.

Este valor é apenas uma aproximação possivelmente subvalorizada uma vez que se baseia em deduções tendo em conta o tipo de bomba instalada e não um sistema de contagem.

Uma vez que este uso corresponde apenas a 16 % da água extraída ao sistema de acordo com o inventário efectuado, temos que o total de água extraída para os diferentes usos será da ordem dos 28×10^6 m³/ano. Convém referir que este valor será inferior ao valor real visto o inventário ter sido insuficiente na zona de pedreiras.

Tendo em conta que o volume de recursos hídricos subterrâneos renováveis anualmente é da ordem dos 38.6×10^6 m³/ano e que o valor estimado de consumos de água subterrânea é de 28×10^6 m³/ano, podemos dizer que estamos numa situação em que os recursos hídricos subterrâneos renováveis são suficientes para as necessidades, mas não vão contribuir grandemente para um aumento das reservas. Numa situação de seca prolongada e de consumos nesta ordem as reservas subterrâneas poderão ser atingidas.