



ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

5  
1-2

I SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

TEMA I — SISTEMAS DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

RECURSOS HÍDRICOS DE SUPERFÍCIE -  
- CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DO CASO DO VOUGA

MANUEL NETO VALENTE  
Engenheiro civil — IST

Direcção - Geral de Saneamento Básico  
LISBOA — PORTUGAL

R E S U M O

O Vouga é rio de regime torrencial, que decliva no sentido leste-oeste, desde o centro da Beira Alta até ao litoral, onde, pela Ria de Aveiro, alcança o oceano. De traçado montanhoso, em terrenos impermeáveis, fixou já o perfil de equilíbrio, com fraca inclinação nas planuras do troço final onde estabeleceu o nível de base das suas aluviões. Constitui riqueza hídrica cuja exploração em benefício das terras ribeirinhas poderá ser aumentada com a correcção do regime dos escoamentos.

Por outro lado, o subsolo das terras baixas do litoral, por ser permeável, tem sido explorado por meio de captações tubulares para utilizações diversas, mormente para provimentos urbanos; e já se levantou o receio da salobridade crescente dessas águas subterrâneas por efeito da influência da água do mar. A ser assim, as exigências crescentes dos aglomerados humanos, além de outras, deverão vir a ser satisfeitas por novas fontes e, neste aspecto, o Vouga constitui naturalmente o mais adequado fornecedor de águas de superfície.

Sem se encararem aqui os aproveitamentos relativos aos provimentos industriais e agrícolas, analisam-se as potencialidades do rio para provimentos urbanos. Imaginado sistema regional constituído pelos concelhos da vizinhança do troço final do rio, examinam-se, nesse enquadramento, aquelas potencialidades. O fio de água, porém, posto que folgado na maior parte do ano, escasseia no verão e será por isso necessário promover a regularização do regime do curso de água.

Para o efeito, são aqui apresentadas, e comentadas, medições hidrométricas na correlação com o regime de chuvas, as quais podem contribuir para o conhecimento dos caudais do Vouga e permitem que desde já se enuncie solução técnica para cobrir o deficit estival.

1. A bacia hidrográfrica do Vouga, de planta triangular, é alongada E - W em 110 km; desde terras altas da Meseta, na Serra de Leomil, de granitos e xistos cristalinos existos argilosos, o rio sulca depois terrenos terciários da Bordadura Ocidental, de facies arenosa, atribuídos ao Pliocénico, e, antes da foz, espraia-se em rede lagunar sobre aluviões quaternárias, onde dá lugar à Ria de Aveiro.

A região plana do Baixo Vouga, de cerca de dez mil hectares, é especialmente vocacionada para a agricultura e criação de gado bovino; não está contudo ainda explorada com os melhores rendimentos, em parte pelas dificuldades que advêm do regime do rio, marcadamente torrencial.

São permeáveis em grande espessura aquelas terras baixas areno-argilosas que cobrem subsolo do Secundário (Cretácio Superior), o qual, aliás, também aflora; este tem sido explorado desde há mais de quarenta anos, por meio de captações tubulares, para provimentos agrícolas, industriais e urbanos; e é lícito o receio da salobridade crescente daquelas águas subterrâneas, no regime típico da hidrologia dos terrenos litorais permeáveis.

Assim, é natural prever-se, para o futuro, a utilização directa das águas do rio nos provimentos das vastas áreas da bacia hidrográfrica, designadamente para abastecer os aglomerados urbanos, nos quais se conta a cidade de Aveiro.

2. Sem se encararem aqui os problemas relativos aos provimentos industriais e agrícolas, analisa-se o caso dos provimentos urbanos, para se fazer ideia das potencialidades do rio, ainda que sô para este efeito.

Encontram-se naturalmente em posição geográfica adequada para constituirem sistema regional a prover pelas águas do Vouga pelo menos seis concelhos: Albergaria-a-Velha, Aveiro, Águeda, Estarreja, Ílhavo e Murtosa. Elaborada estimativa das solicitações futuras do conjunto, não andarã longe da realidade a previsão de caudal total da ordem de 700 l/s (1).

Cabe aqui observar que o curso de água não está sujeito a poluições graves antes de alcançar as terras baixas, mas, a 60 km da foz, o Caima, principal afluente do Vouga, já criou situação de poluição porventura irremediável. É portanto prudente notar-se que a água para provimentos urbanos terá de ser tomada a montante daquela confluência. Assim, nas avaliações das quantidades de água a destinar ao sistema regional atrás definido, devem adoptar-se somente os dados relativos ao troço do rio ainda não poluído.

Adiante-se já a ideia de que, para tal efeito, o caudal permanente do rio é escasso, carecendo de regularização que cubra a insuficiência estival.

Assinalam-se, e comentam-se, seguidamente registos dos escoamentos, com o fim de se contribuir para o conhecimento dos caudais estivais do rio e concomitante avaliação das disponibilidades de água.

3. Os registos fidedignos de que é possível dispor, adequados para o fim de sejado, apenas abrangem os anos de 1975 por diante (2).

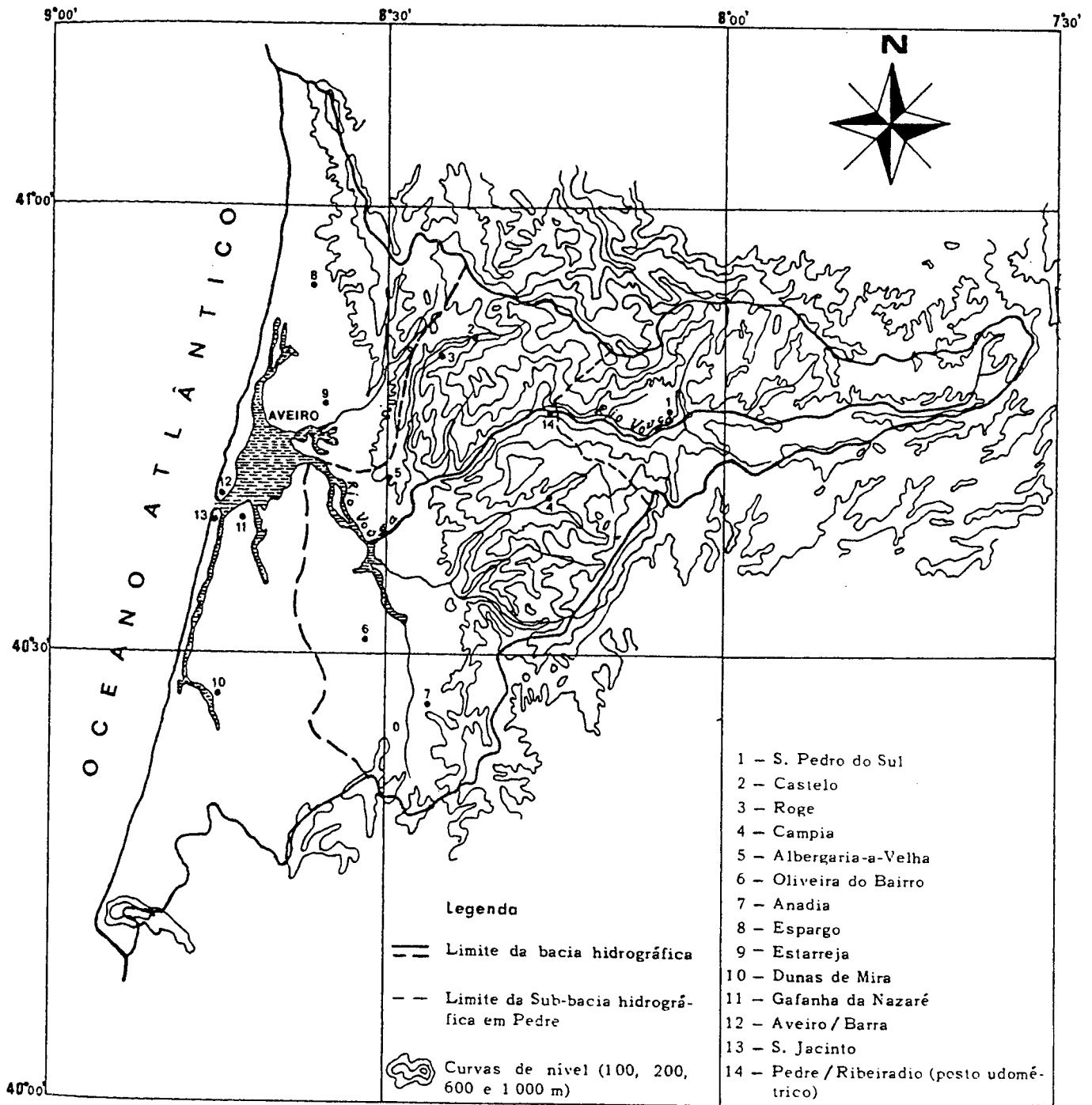
---

(1) - Dispensam-se as contas da dedução deste valor, bem como as próprias bases de cálculo, pela necessidade da economia do espaço, e também porque não é aqui necessário rigor da previsão. Assinale-se contudo que os 700 l/s correspondem sensivelmente a dotar 250 000 habitantes futuros a 240 litros diários.

(2) - Estação hidrométrica de Ribeiradio. Existem registos anteriores (Posto de Pessegueiro do Vouga), contudo de confiança precária (escala, e não limnógrafo, em posição inadequada).

Para, de algum modo, suprir a carência de dados, investigou-se a quantidade de chuva, a fim de se enquadrarem no regime pluviométrico os anos de que se conhecem as medições hidrométricas; mas também acerca das chuvas não abundam indicações de estreita correlação com os registos dos escoamentos.

As estações climatológicas e postos udométricos atribuídos à bacia do Vouga são contudo em número de 14, como se indica no mapa seguinte (1) :



BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VOUGA

Escala: 1 / 750 000

(1) - FARIA, J.M. da Rocha e MACHADO, M.J. Sousa 1979 — Contribuição para o Estudo Hidroclimatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Vouga, publicado na Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, vol. nº 1 e nº 2, de Janeiro - Junho de 1979.

Porém, de todas as posições, só as indicadas com os n.ºs 1 e 14 (S. Pedro do Sul e Ribeiradio) dizem respeito à sub-bacia de montante; todas as demais são distantes, situadas a jusante, e em posições orograficamente menos significativas, algumas delas fora da própria bacia.

Por curiosidade, contudo, indicam-se a precipitação média anual na bacia (total) do Vouga e os valores médios mensais das precipitações (mm), determinados para o período de 1931 - 1960 (1) :

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
184	134	173	118	97	47	17	24	58	116	163	192	1 323

O estudo já mencionado, entre numerosas determinações hidroclimatológicas, indica, a partir de registos dos Serviços Hidráulicos, caudais integrais médios da sub-bacia de Ribeiradio e determina para a dita sub-bacia os coeficientes de escoamento (é um ensaio de comparação com valores estimados pelos métodos de Thornthaitte e de Lettau).

Também por curiosidade, transcrevem-se esses valores de coeficientes :

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
0,65	1,4	0,91	0,75	0,6	0,7	0,4	0,1	0,14	0,22	0,60	0,44	0,64

Nota-se, contudo, que tais valores são ali calculados pelos quocientes dos totais dos escoamentos em Ribeiradio pelos valores médios das chuvas (quadro anteriormente transcrito). Mas o quadro das chuvas contém valores médios relativos a toda a bacia do Vouga enquanto os valores dos escoamentos são os da sub-bacia de montante, pelo que as determinações apresentadas são de significado precário. Não serão por isso utilizados neste estudo de agora, tanto mais que pouco aqui interessam valores médios, mas apenas valores de possível correlação com os escoamentos estivais de que se possuem registos.

O quadro anterior, contudo, não obstante a precaridade, permite observar que o retardamento do escoamento, assinalável nos meses de inverno (chega a dar escoamento superior à unidade), quase não se faz sentir no estio.

4. Conforme atrás se justificou, não se utilizam aqui os registos udométricos de fora da sub-bacia de Ribeiradio. Adentro da sub-bacia, contudo, só se encontram postos de observação em S. Pedro do Sul e em Ribeiradio (presentemente, Ribeirada — em local muito próximo daquele). Mas da segunda posição só se dispõe dos registos de 1977 / 78 a 1982 / 83 (anos hidrológicos).

Por isso, no presente estudo, as contas deduzidas das precipitações são apoiadas exclusivamente nos registos de S. Pedro do Sul, os quais estão contidos no quadro a seguir intercalado. Quanto a estes, excluídos os anos de 1935, 1937 e 1938 (por não apurados os resultados) e também 1949 e 1960 (por conterem mínimo e máximo muito desviados dos demais), a média anual das precipitações dos 23 anos considerados é, feitas as contas, 1 116,5 mm.

(1) - Ob. cit.

# PRECIPITAÇÕES (mm) EM S. PEDRO DO SUL

MESES ANOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
---------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

## POSTO UDOMÉTRICO (I.N.M.G.)

lat.40°45' long8°04' alt.190m

1933	120,2	234	151,9	27,5	48,1	18,5	0,0	0,0	43,1	77,6	67,9	70,7	648,9
34	46,9	0,8	218,3	143,9	33,3	2,4	7,2	16,5	4,4	19,9	79,3	351,2	924,1
35	0,8	122,8	38,4	57,7	75,1	58,3	0,0	3,0	5,0	15,3	259,0	—	—
36	307,1	189,0	292,4	169,5	63,5	68,3	15,3	0,3	16,0	72,8	69,6	103,3	1367,1
37	333,4	149,4	324,6	115,9	55,5	34,6	0,8	—	—	—	—	—	—
38	—	—	33,8	7,4	39,7	3,4	2,2	0,0	11,7	10,3	49,8	87,1	—
39	218,1	38,2	23,4	61,8	21,4	114,8	16,8	21,9	132,1	195,3	68,5	103,7	1016,0
40	277,9	225,3	163,6	93,4	49,6	31,6	8,3	1,1	5,0	171,5	214,7	97,8	1339,8

1941	329,2	316,2	187,6	175,9	99,8	47,6	72,7	0,2	14,8	0,9	176,0	15,4	1436,3
42	73,9	60,9	164,2	150,1	81,9	59,4	0,0	31,5	68,6	129,4	27,6	217,4	1064,9
43	319,8	17,5	115,0	79,4	15,6	0,0	52,8	9,4	132,6	245,3	23,6	119,1	1130,1
44	14,1	38,0	68,6	100,6	46,0	25,6	37,5	66,6	21,8	83,2	89,2	103,4	694,6
45	92,3	34,4	22,4	40,1	74,9	24,2	2,3	25,2	1,4	91,4	132,6	348,8	890,0
46	57,0	37,3	203,9	107,5	181,7	51,2	0,2	22,8	46,6	94,6	115,4	79,0	997,2
47	133,2	447,1	310,0	68,6	63,8	17,9	0,0	1,4	33,8	62,2	91,0	179,8	1408,8
48	458,0	43,4	71,6	36,0	121,2	1,4	0,0	17,8	4,6	95,8	20,6	192,6	1063,0
49	60,8	32,0	15,7	25,8	31,6	37,0	14,0	2,4	103,6	58,4	113,2	67,2	561,7
50	28,0	190,2	90,0	14,2	150,4	42,0	8,5	9,2	24,6	67,2	139,4	99,3	863,0

## ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA (I.N.M.G.)

mesma posição

1951	155,1	237,4	256,1	81,7	135,8	60,5	15,6	32,9	26,6	66,1	243,9	68,2	1379,3
52	56,8	8,4	173,2	72,3	124,2	18,4	2,4	20,4	15,4	45,2	205,1	185,1	926,9
53	31,6	29,3	47,4	133,2	35,0	15,8	1,5	8,6	79,4	50,0	164,2	172,4	768,4
54	62,1	146,2	521,6	100,5	101,7	81,5	0,0	21,5	1,0	27,0	174,3	60,7	1298,1
55	410,0	254,4	91,1	25,6	46,3	46,9	0,0	7,9	0,0	31,9	163,9	311,7	1389,7
56	170,2	54,4	464,6	145,4	188,4	0,0	23,5	80,0	111,1	40,7	5,1	111,1	1403,5
57	40,1	207,9	112,1	31,3	63,9	49,6	5,5	19,7	23,0	2,0	93,0	154,5	820,6
58	98,1	102,0	222,6	84,3	51,9	75,8	33,5	24,7	26,2	121,7	8,7	386,6	1236,1
59	137,1	29,0	238,3	145,5	79,6	28,9	4,4	8,6	121,7	131,1	281,1	306,6	1511,9
60	132,6	288,7	277,4	65,8	109,0	10,8	5,3	50,9	94,2	322,0	297,9	202,0	1856,6

## POSTO UDOGRÁFICO (D.G.R.A.H.)

mesma posição

	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ANO
1977/78	185,5	80,7	268,1	119,7	320,0	154,4	149,2	48,9	35,6	0,0	0,0	14,1	1376,2
78/79	33,5	64,6	573,3	183,4	451,0	225,7	112,4	81,5	2,9	23,3	1,0	4,3	1756,9
79/80	265,3	71,1	164,3	109,9	100,6	139,6	25,4	91,3	36,0	8,0	17,0	34,8	1063,3
80/81	86,6	156,7	21,9	0,8	64,0	108,5	93,9	134,3	24,2	11,1	23,6	80,8	806,4
81/82	98,8	1,7	423,0	108,9	88,5	6,1	52,2	60,7	25,5	3,2	19,4	117,8	1005,8
82/83	61,1	179,2	130,6	20,6	151,0	9,9	287,8	146,0	40,5	12,4	20,8	2,3	1062,2

E, à minguagem de mais elementos directamente aplicáveis, para caracterizar os anos hidrometricamente documentados em Ribeiradio, far-se-á o cotejo das precipitações desses anos com a média 1 116,5 mm determinada pelos valores de S. Pedro do Sul. Para o efeito adopta-se a seguinte classificação, criticável como qualquer outra, mas que, de algum modo, dá ideia da expressão de cada ano, em relação à média geral :

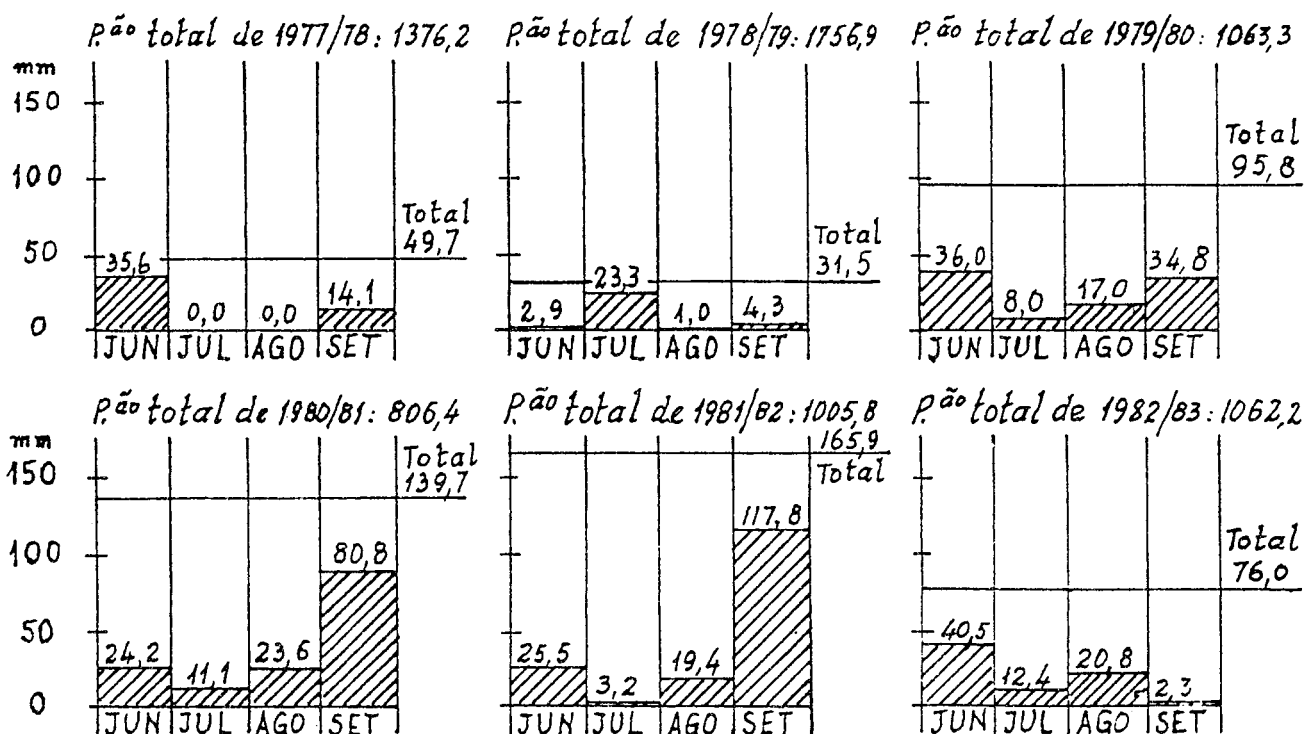
anos de precipitação	<	70%				da média - muito secos
" " "	de	70%	a	90%	" "	- secos
" " "	"	90%	a	110%	" "	- médios
" " "	"	110%	a	130%	" "	- húmidos
" " "	>			130%	" "	- muito húmidos

Assim, os anos de que se possuem registos limnigráficos poderão ser classificados, consoante as precipitações totais anuais :

1977 / 78 - precipitação	1 376 mm	=	média + 23%	: ano húmido
1978 / 79 - "	1 757 mm	=	" + 57%	: ano muito húmido
1979 / 80 - "	1 063 mm	=	" - 5%	: ano médio
1980 / 81 - "	806 mm	=	" - 28%	: ano seco
1981 / 82 - "	1 006 mm	=	" - 10%	: ano médio
1982 / 83 - "	1 062 mm	=	" - 5%	: ano médio

É dizer que estes seis anos são representativos do regime hidrológico da sub-bacia de montante do Vouga, todavia com notável desvio (para mais) do ano de 1978 / 79; e é curioso notar que as precipitações do inverno e da primavera desse ano é que avolumaram o total anual, porquanto os valores do estio são diminutos — como costuma acontecer todos os anos. A este respeito (fazer-se ideia do regime estival) podem examinar-se os gráficos seguintes, dos totais das chuvas mensais, de S. Pedro do Sul, relativas ao quadrimestre seco.

*Precipitações dos meses de estio, em S. Pedro do Sul, relativas aos anos de 1977/78 a 1982/83*



Seria agora ocasião para se tentar fazer algum ensaio de determinação de escoamentos a partir das precipitações. Tais contas, porém, seriam por demais teóricas, pois nenhum cálculo poderia reproduzir pormenores da grande variabilidade dos escoamentos do rio; e o problema entre mãos visa exactamente apreciar as pontas baixas dos escoamentos em períodos de dias. Por isso, as considerações anteriores sobre as precipitações tiveram unicamente o propósito de confirmar, mesmo em termos amplos, que os anos de que se conhecem os escoamentos são representativos do regime hidrológico regional, sem acentuados desvios, a fim de, então, se fazerem deduções unicamente a partir do conhecimento dos ditos escoamentos.

Pelos registos limnigráficos pode ver-se que o escoamento do rio em Ribeiradio cobre os 700 l/s de que se carece, praticamente durante nove meses de todos os anos; e acontece ainda que os atrasos dos escoamentos fazem que, não obstante a carência de chuvas de Junho e Julho, o falhanço hidrométrico em geral só se faça sentir em Agosto e Setembro. É o que se pode observar nos gráficos dos escoamentos de Agosto e Setembro, relacionados com as precipitações, e que são apresentados a seguir ao texto (1). A regularização a promover deverá portanto visar principalmente a cobertura daqueles dois meses e o eventual falhanço de Julho.

Mas é impressionante notar que, mesmo durante o trimestre seco, o escoamento total quase satisfaria os 700 l/s, se fosse distribuído uniformemente ao longo dos dias de cada um dos meses. É o que se alcança do quadro seguinte (2), contendo os escoamentos integrais mensais dos trimestres secos dos anos em apreço, e atendendo a que a exigência total mensal seria  $700 \times 86\,400 \times 30 \times 10^{-3} = 1,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

ANOS	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO
1977 / 78 ...	$11,0 \times 10^6 \text{ m}^3$	$1,9 \times 10^6 \text{ m}^3$	$1,4 \times 10^6 \text{ m}^3$
1978 / 79 ...	$8,7 \times 10^6 \text{ m}^3$	$2,1 \times 10^6 \text{ m}^3$	$1,5 \times 10^6 \text{ m}^3$
1979 / 80 ...	$6,1 \times 10^6 \text{ m}^3$	$3,6 \times 10^6 \text{ m}^3$	$3,0 \times 10^6 \text{ m}^3$
1980 / 81 ...	(não determinado)	$1,5 \times 10^6 \text{ m}^3$	$2,3 \times 10^6 \text{ m}^3$
1981 / 82 ...	$3,8 \times 10^6 \text{ m}^3$	$2,7 \times 10^6 \text{ m}^3$	$5,8 \times 10^6 \text{ m}^3$
1982 / 83 ...	$16,1 \times 10^6 \text{ m}^3$	$10,5 \times 10^6 \text{ m}^3$	$6,8 \times 10^6 \text{ m}^3$

Pode assim parecer que a dotação de  $1,8 \times 10^6 \text{ m}^3$  só não teria sido satisfeita nos meses de Setembro de 1978 e de 1979 e em Agosto de 1981. Mas os escoamentos diários estão muito longe da uniformidade, antes acusam facilmente as pontas correspondentes a chuvadas de curta duração, e, assim, figuram nos gráficos períodos de muitos dias (por vezes, mais de um mês) em que a exigência dos 700 l/s está longe de ser coberta. Por isso, desde que se dispõe de observações hidrométricas relativas a anos representativos do regime hidrológico aplicável, poderá determinar-se por aquelas a necessária capacidade de regularização.

Examinem-se, então, os mapas dos escoamentos dos trimestres secos para se quantificarem os déficits mensais e os acumulados. Feitas as contas (que os gráficos ajudam a compreender) obtêm-se os resultados que figuram no quadro a seguir inserido:

(1) - Fonte : Registos da D.G.R.A.H.

(2) - Idem (A limitação do espaço não permite a junção dos registos completos)

ANOS	Insuficiência em Julho	Insuficiência em Agosto	Insuficiência em Setembro	Insuf. <sup>a</sup> no trimestre
1975	$13 \times 10^3$	$748 \times 10^3$	$328 \times 10^3$ Compensação a deduzir $\frac{82 \times 10^3}{246 \times 10^3}$	$1007 \times 10^3$
1976	$566 \times 10^3$	$1175 \times 10^3$ Compensação a deduzir $\frac{86 \times 10^3}{1089 \times 10^3}$	Compensada	$1655 \times 10^3$
1977	Caudais suficientes			
1978	Caudal suficiente	$270 \times 10^3$	$1059 \times 10^3$ Compensação a deduzir $\frac{\sim 500 \times 10^3}{559 \times 10^3}$	$829 \times 10^3$
1979	Caudal suficiente	$404 \times 10^3$	$469 \times 10^3$	$873 \times 10^3$
1980	Caudais suficientes			
1981	caudal suficiente	$378 \times 10^3$	$299 \times 10^3$	$677 \times 10^3$
1982	Caudais suficientes			
1983	Caudais suficientes			

Conclui-se portanto das determinações indicadas que o volante para cobrir os períodos estivais deve ser superior a um milhão e meio de metros cúbicos. Mas as contas são apoiadas em leituras de poucos anos, e, se não interessa considerar o caso da sucessão de anos secos (não sendo necessário portanto promover regularização inter-anual), deve prever-se o caso de trimestres muito secos, em anos quaisquer.

Por outro lado, a capacidade regularizadora necessária é, em absoluto, diminuta, ao notar-se que se trata de obra que interseparará um rio por demais caudaloso em grande parte do ano. Assim, em relação ao rio, qualquer mini-barragem (por exemplo, galgável em todo o comprimento) poderá represar sensivelmente mais água do que a do cômputo que se fez.

5. Acerca da localização da barragem, poderá notar-se que 1 km a montante da povoação de Pessegueiro do Vouga, e portanto ao abrigo das escorrências deste aglomerado, e na cota aproximada 35, existe posição em que o rio, com inclinação suave, em leito encaixado, sulca terrenos impermeáveis (xistos argilosos e xistos cristalinos), onde seria adequado construir-se o dique.

A posição, aliás, contém ruínas de uma barragem (1). E, para construção de nova barragem, a obra existente pode ser útil, seja para eventual recuperação a complementar por novas obras, seja no aproveitamento como ensecadeira para a construção de nova barragem.

É pormenor por certo que não interessa aqui desenvolver.

Opina-se portanto, em conclusão, pela solução técnica de se construir naquela posição, ou na vizinhança, a obra de regularização dos caudais do Vouga e de tomada de água, para o problema que se formulou.

Agradece-se à Direcção-Geral dos Recursos Hídricos e Aproveitamentos Hidráulicos, designadamente aos Serviços de Hidrometria, a amabilidade da cedência dos registos hidrométricos.

(1) - A concessão relativa a este aproveitamento, ao que parece, caducou há já cerca de trinta anos, e, a confirmar-se esta informação obtida officiosamente, as obras abandonadas já reverteram para o Estado (Decreto-Lei nº 43 335, artigo 65º, nº 3).



# RIO VOUGA

ESTAÇÃO HIDROMÉTRICA DE RIBEIRADIO

CAUDAIS DIÁRIOS DOS MESES DE AGOSTO  
E SETEMBRO DE 1975, 1976, 1978, 1979 e 1981

FONTE: REGISTOS DOS S. HIDRÁULICOS

