

**UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA DO AMBIENTE
GESTÃO DE SISTEMAS AQUÁTICOS**

2º Trabalho – Águas interiores - Modelos de apoio à gestão da qualidade da água

1. Introdução

Os modelos matemáticos são importantes ferramentas de gestão da qualidade da água e a sua adequada utilização permite o estudo da interacção entre variáveis de qualidade assim como o estudo da relação entre pressões e a qualidade do meio hídrico receptor. A complexidade dos modelos matemáticos pode ser muito variada, em função não só das características qualitativas das massas de água incluídas no modelo e do tipo de entradas e saídas consideradas mas também da descrição temporal e espacial que o modelo permite representar.

O recurso a modelos matemáticos simples é frequentemente uma solução adequada já que as relações entre variáveis são facilmente compreendidas pelo utilizador, são menos exigentes em termos de dados de entrada e permitem uma rápida avaliação do sistema em estudo. São muitas vezes a melhor alternativa para estudos de qualidade da água face a limitações de dados que permitam descrever os sistemas, quer do ponto de vista físico quer do ponto de vista qualitativo, devendo naturalmente a análise dos resultados obtidos ter em consideração todas as limitações associadas às metodologias de modelação utilizadas.

O estudo a desenvolver tem por base a definição de um caso de estudo fictício, para o qual se deverá proceder à aplicação de modelos matemáticos que permitam a avaliação da variação do teor em oxigénio dissolvido num sistema fluvial e da concentração de fósforo total e clorofila *a* numa albufeira. O trabalho deverá ser desenvolvido em folha de cálculo e deverá permitir responder às várias questões colocadas neste enunciado, sendo os resultados apresentados em formato de *paper*, organizado e formatado de acordo com as instruções de publicação definidas para a 12th *International Specialized Conference on Watershed and River basin Management*, da IWA. O texto a apresentar deverá no entanto ser em português mas terá que ser acompanhado de um resumo de duas páginas escrito em inglês.

Para o presente trabalho foram identificados os seguintes objectivos a atingir:

- Aprendizagem e compreensão de técnicas simplificadas de modelação matemática.
- Compreensão de relações e comportamento de algumas variáveis de qualidade da água no meio hídrico.
- Desenvolvimento de capacidades de consulta e de escrita científica.

Leia com muita atenção o presente enunciado e refira adequadamente toda a bibliografia utilizada. Os dois documentos finais produzidos devem ser entregues em papel, até ao prazo indicado na página da disciplina, marcando-se posteriormente uma data para a discussão/apresentação dos resultados obtidos.

2. Descrição do Caso de Estudo

O sistema a estudar é por três linhas de água afluentes a uma albufeira, de acordo com a Figura seguinte. Considere ainda a existência de 3 Estações de Tratamento de Águas Residuais Urbanas (ETAR), com descarga nos locais indicados na mesma Figura.

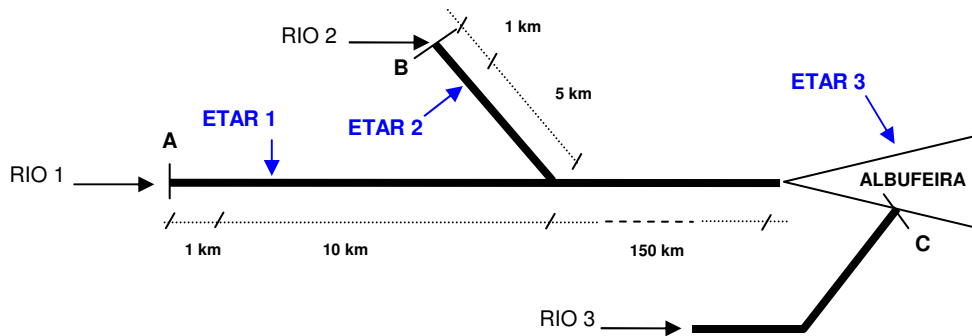


Figura 1 - Representação esquemática do sistema.

No Quadro 1 são apresentadas as características do meio hídrico nas secções de referência identificadas na Figura 1 e no Quadro 2 as características dos efluentes das 3 ETAR.

Quadro 1. Características das linhas de água nas secções de referência da Figura 1.

Secção	Cenário	Caudal (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	CBO ₅ (mg/l)	OD (% sat)	Temperatura (°C)	[P] (mg/l)
A	Médio anual	1,00	0,35	0,3	100	14	0,004
	Estiagem	0,20	0,2	0,8	70	19	(2)
B	Médio anual	1,20	0,035	0,3	100	14	0,004
	Estiagem	0,10	0,05	0,8	70	19	(2)
C	Médio anual	(1)	0,7	0,3	100	14	0,015

Nota: (1) definido em função da albufeira escolhida. (2) Cenário não incluído no estudo.

Quadro 2. Características das ETAR.

	Caudal (m ³ /s)	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	CBO ₅ (hab. eq.)	[P] (mg/L)
ETAR 1	0,20	17	2	86 400	0,010
ETAR 2	0,30	17	2	216 000	0,070
ETAR 3	0,50	17	2	-	5,500

A eficiência de remoção da carga orgânica, expressa em termos de % de remoção da CBO, poderá variar em cada ETAR entre 0 e 100. A função de custo que relaciona o custo de cada ETAR, \underline{C} (em euros), com a eficiência de tratamento, \underline{E}_f , expressa em termos de % de remoção da CBO, é dada pela seguinte expressão:

$$C = 1000000 + 2500 * e^{(0,084 * E_f)} \quad \text{[equação 1]}$$

3. Objectivos e métodos

O estudo a desenvolver contempla duas componentes, a primeira (A) relativa ao estudo da variação do teor em oxigénio dissolvido em meio fluvial e a segunda (B) relativa à avaliação da concentração de fósforo total e de clorofila a na albufeira. Para cada uma delas foram definidos objectivos concretos a atingir e metodologias a adoptar, as quais devem ser analisadas e discutidas ao longo do estudo.

Objectivos para a Componente A:

- A.1.** Avaliar qual a solução mais económica para satisfação de um teor mínimo de oxigénio dissolvido de 2 mg/L imediatamente a montante da albufeira, em termos de tratamento a garantir nas duas ETAR.
- A.2.** Calcular a distância, a contar a partir da secção A, onde se verificará no Rio 1 o valor mínimo de oxigénio dissolvido.
- A.3.** Traçar a curva SAG ao longo dos rios 1 e 2, desde as secções A e B até ao ponto de confluência das duas linhas de água e do Rio 1 com a albufeira.

Para o desenvolvimento desta componente do estudo:

- Considere tanto o cenário de caudal médio no rio como o da época de estiagem.
- Utilize o modelo de Streeter-Phelps para os cálculos.
- Considere que no troço do rio em estudo não há outros caudais afluentes ou tomadas de água.

Objectivos para a Componente B:

- B.1.** Com recurso a um modelo matemático de mistura completa que tenha em conta o decaimento do constituinte a modelar, determinar a concentração de fósforo total na albufeira para a situação descrita.
- B.2.** Classificar o estado trófico da albufeira, exclusivamente de acordo com critérios físico-químicos, em função do resultado anterior.
- B.3.** Determinar o nível de tratamento a aplicar na ETAR 3, expresso em termos de percentagem de remoção de fósforo e de acordo com o modelo de B.1., tendo como objectivo atingir na albufeira uma concentração de fósforo total que permita classificar a massa de água como oligotrófica.
- B.4.** Estimar a concentração de clorofila a com base na concentração de fósforo total e segundo relações estatísticas disponíveis em bibliografia sobre o tema.

Para o desenvolvimento desta componente do estudo considere:

- Apenas o cenário de caudal médio.
- Um modelo de mistura completa de acordo com metodologia descrita em bibliografia de referência.
- Volume da albufeira constante e correspondente ao NPA.
- Caudais afluentes e respectivas concentrações de fósforo constantes ao longo do tempo.
- Uma das albufeiras apresentadas no Quadro 3 para caracterizar o Rio 3 e volume de armazenamento.

Quadro 3 – Escoamento e capacidade de armazenamento de albufeiras de Portugal continental.

Albufeira	Bacia	Escoamento (dam ³ /ano)	Vol. NPA (dam ³)	Albufeira	Bacia	Escoamento (dam ³ /ano)	Vol. NPA (dam ³)	Albufeira	Bacia	Escoamento (dam ³ /ano)	Vol. NPA (dam ³)
Arade	Algarve	55 494	28 390	Vilar Ferreiro	Douro	3 838	1 200	Monte Migueis	Sado	670	939
Bravura	Algarve	15 311	34 825	Vilar Tabuaço (Vilar)	Douro	141 059	99 750	Odivelas	Sado	73 378	96 000
Andorinhas (Travassos)	Ave	179 237	1 200	Abrilongo	Guadiana	16 631	19 900	Pego do Altar	Sado	168 873	94 000
Guilhofrei (Ermal)	Ave	150 880	21 200	Alcoutim	Guadiana	1 831	1 000	Roxo	Sado	42 135	96 312
Queimadela	Ave	19 201	1 100	Beliche	Guadiana	15 317	48 000	Vale das Bicas	Sado	50 940	2 000
Alto Cávado	Cavado	99 017	3 300	Boavista	Guadiana	495	215	Vale do Gaio	Sado	109 217	63 000
Alto Rabagão	Cavado	292 406	568 690	Caia	Guadiana	76 761	203 000	Apartadura	Tejo	4 606	7 465
Caniçada	Cavado	1 382 875	159 300	Enxoé	Guadiana	6 932	10 400	Belver	Tejo	7 197 770	12 500
Paradela	Cavado	274 464	164 390	Grous	Guadiana	2 651	1 920	Bezágueda	Tejo	35 286	130
Penide	Cavado	2 131 427	500	Lucefecit	Guadiana	53 052	10 225	Bouçã	Tejo	1 479 533	48 400
Salamonde	Cavado	985 992	65 000	Luta	Guadiana	271	90	Cabril	Tejo	1 342 517	720 000
Venda Nova	Cavado	526 987	94 500	Monte Clerigo	Guadiana	408	406	Capinha	Tejo	2 276	500
Vilarinho das Furnas	Cavado	224 774	117 690	Monte Novo	Guadiana	32 655	15 280	Castelo do Bode	Tejo	2 111 942	1 095 000
Alijó (Vila Chã)	Douro	2 104	1 760	Odeleite	Guadiana	74 543	130 000	Corgas	Tejo	19 012	660
Arcosso	Douro	8 733	4 876	Pedrogão	Guadiana	7 144 039	106 000	Crato	Tejo	496	434
Arroio	Douro	216	200	Pereiro	Guadiana	194	510	Divor	Tejo	7 373	11 900
Azibo	Douro	24 366	54 470	Tapada Grande	Guadiana	2 644	5 000	Fratel	Tejo	6 592 685	92 500
Bastelos	Douro	8 100	1 126	Tapada Pequena	Guadiana	127	1 000	Furadouro	Tejo	505 809	400
Burga	Douro	2 218	1 539	Vale Formoso	Guadiana	438	130	Gafete	Tejo	7 962	423
Cachão	Douro	728 283	1 800	Vigia	Guadiana	20 121	16 725	Gameiro	Tejo	492 333	1 300
Camba	Douro	1 340	1 800	Alto Lindoso	Lima	1 140 533	390 000	Idanha	Tejo	75 943	78 100
Curalha	Douro	7 269	790	Touvedo	Lima	1 322 554	15 500	Magos	Tejo	16 610	3 032
Estevais	Douro	14 858	8 060	Corte Brique	Mira	6 538	1 632	Maranhão	Tejo	338 145	205 400
Esteveinha (Alfandega da Fé)	Douro	5 257	1 691	Santa Clara	Mira	101 490	485 000	Meimoa	Tejo	23 508	39 000
Fonte Longa	Douro	4 328	900	Açude de Coimbra	Mondego	4 009 303	1 600	Minutos	Tejo	20 530	52 000
Freigil	Douro	51 339	140	Aguieira	Mondego	2 676 773	423 030	Montargil	Tejo	178 773	164 300
Hidroeléctrica de Nunes	Douro	127 608	138	Alto Ceira	Mondego	28 966	1 200	Morgavél	Tejo	6 512	32 500
Olo	Douro	81 144	135	Caldeirão	Mondego	14 704	5 520	Negrelinho	Tejo	142	1 300
Palameiro	Douro	499	250	Fronhas	Mondego	483 446	62 100	Penha Garcia	Tejo	4 202	1 070
Peneireiro	Douro	1 170	768	Hidroeléctrica de Fagilde	Mondego	199 727	2 800	Pisco	Tejo	7 730	1 400
Ranhados	Douro	10 126	2 600	Lagoa Comprida	Mondego	2 243	14 000	Poio	Tejo	3 703	6 400
Sabugal	Douro	55 572	114 300	Lagoacho	Mondego	9 837	1 525	Póvoa e Meadas	Tejo	29 101	19 300
Salgueiro	Douro	14 258	1 750	Nossa Sra. do Desterro	Mondego	36 864	30	Pracana	Tejo	531 802	111 900
Santa Maria de Aguiar	Douro	8 768	5 400	Raiva	Mondego	2 855 253	24 100	Rio de Mula	Tejo	911	400
Serra Serrada	Douro	5 165	1 680	Vale Rossim	Mondego	5 204	3 567	Sabugueiro	Tejo	1 567	130
Sordo	Douro	19 959	1 000	Alvito	Sado	39 415	132 500	Santa Águeda (Marateca)	Tejo	16 390	37 200
Teja	Douro	21 547	3 470	Campilhas	Sado	26 491	27 156	Santa Luzia	Tejo	46 803	53 700
Torrão	Douro	1 456 683	123 990	Daroeira	Sado	2 895	5 000	São Domingos	Tejo	3 100	7 900
Vale Covo (Salgueiral)	Douro	762	200	Fonte Serne	Sado	3 759	5 150	Toulica	Tejo	3 584	2 023
Varosa	Douro	216 998	12 943	Monte da Rocha	Sado	33 828	102 760	Venda Velha	Tejo	22 506	500
Vascoveiro	Douro	22 290	3 000	Monte Gato	Sado	432	596				