

# SIMULAÇÃO DO FÓSFORO ORIGINADO DE FONTES DIFUSAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARADE NO ALGARVE UTILIZANDO UM MODELO MATEMÁTICO DE WINHSPF

## Simulation of Phosphorus from Diffuse Sources in the Arade Hydrographical Basin Using the WinHSPF Model

C.YAU CHENG <sup>(1)</sup> e V. COUTO <sup>(2)</sup>

*(1) Professor Auxiliar Convitado e Director do Laboratório de Engenharia Sanitária, FEUP*

*Rua Roberto Frias, s/n, 4200-465, Porto, cheng@fe.up.pt*

*(2) Aluna do Curso de Pós-graduação em Engenharia do Ambiente, FEUP  
vanielacouto@hotmail.com*

### Resumo

Um modelo matemático de simulação, construído para estudo da disponibilidade e da qualidade da água superficial da bacia hidrográfica do rio Arade, foi modificado para simulação do potencial de poluição induzido pelas alterações de uso do terreno resultantes do desenvolvimento turístico e agrícola. O transporte de fosfatos solúveis na água de escoamento superficial de terrenos agrícolas ou campos de golfe até às linhas de água é observável apenas quando existe precipitação significativa na época húmida. Uma vez que os novos campos de golfe ficarão localizados, muito provavelmente, na zona costeira, a possibilidade de contaminarem as águas das albufeiras do rio Arade com fósforo é remota. A criação hipotética de 1 450 hectares de terreno para cultivo de citrinos na zona a montante das albufeiras não provocará efeitos adversos na qualidade das águas superficiais. Os resultados deste estudo não podem ser interpretados como endosso para a expansão de campos de golfe no Algarve, uma vez que o impacto da aplicação de adubos químicos na qualidade das águas subterrâneas e do estuário não foi incluído no modelo de simulação.

**Palavras-chave:** citricultura, fertilizante, campo de golfe, fontes difusas

### Abstract

A mathematical model previously formulated for study of available surface water of the basin of river Arade was modified to simulate the pollution potential induced by alteration of land use due to tourism and agricultural development. Transport of soluble phosphorus by surface runoff from agricultural land and golf fields to water bodies is merely observable in the events of heavy rain. Since newly developed golf fields are mainly located in coastal area, contamination caused by phosphorus in the fresh surface waters stored in the reservoirs of the river basin is unlikely. Hypothetic conversion of 1 450 hectares of forest to citriculture land in upper stretches of the river system will not provoke adverse effect to the quality of the waters. Results of the simulation, however, cannot be regarded as an endorsement for the expansion of golf fields in Algarve, since impact caused to the groundwater as well as water of the estuary by the application of chemical or fertilizers was not included in the model of simulation.

**Keywords:** citriculture, fertilizer, golf field, diffuse sources

### 1. Introdução

A entrada de fósforo em excesso na bacia hidrográfica de um sistema de rios efémeros é considerada uma ameaça à qualidade das águas armazenadas nas albufeiras a jusante. A descarga e libertação de fósforo originado por fontes difusas é muito difícil de ser controlada devido às várias reacções e interacções entre o fósforo, a água e o solo (SCOPE 21, 1983; Ongley, 1996; EPA-Ireland, 2001; DEFRA, 2002). A bacia hidrográfica do rio Arade é a área agrícola mais produtiva do Algarve, graças ao aquífero Querença-Silves e aos sistemas de irrigação. Contudo, a utilização tradicional de águas subterrâneas de alta qualidade para irrigação no Algarve já não é aceitável devido à necessidade de recursos hídricos para o rápido desenvolvimento turístico e também à urgência prevenir a intrusão de água salgada no aquífero.

Actualmente, a maior parte das águas de irrigação na bacia são fornecidas pela albufeira do Arade, enquanto que as águas de abastecimento público e industrial são fornecidas pela albufeira do Funcho, a montante da primeira. Uma nova albufeira, Odelouca, situada num afluente do Arade, que se encontra em fase de construção com previsão de entrada em serviço no ano 2009, tem por objectivo desviar a água da ribeira de Odelouca para a albufeira do Funcho de modo a satisfazer a futura carência de água doce de 90 Mm<sup>3</sup>/d (MAOT, 2000). Apesar de não existir sinal de deterioração da qualidade da água armazenada nas albufeiras da bacia do Arade, de acordo com os resultados de monitorização recentemente publicados (SNIHR, 2004), é preocupante que a futura ampliação das actividades agrícolas, turísticas e de lazer possa aumentar o risco de contaminação proveniente das fontes difusas da bacia.

Os projectos de desenvolvimento turístico nas áreas a jusante das albufeiras poderão causar um impacte negativo no estuário do Arade.

Embora as condições geológicas favoráveis (Kopp *et al*, 2000) e as práticas agrícolas regularizadas (CCDR, 2004) na bacia amainem a poluição causada pelo fósforo nas albufeiras, um modelo de simulação da qualidade das águas capaz de informar quantitativamente sobre o possível impacte com origem no desenvolvimento agrícola e turístico é considerado muito útil para as entidades de planeamento. O modelo apresentado nesta comunicação foi originalmente criado em 2004 num estudo associado com o projecto da Comissão Europeia, "Developing Strategies for Regulating and Managing Water Resources and Demand in Water Deficient Regions" (INCO Project EVKI-CT-2001-00098), destinado à simulação da disponibilidade de água superficial da bacia do Arade em anos secos (Couto, V. *et al*, 2004).

### 1. Bacia Hidrográfica do Arade

A bacia hidrográfica do Arade, apresentada na Figura 1, ocupa uma área total de 990 km<sup>2</sup>, sendo 77% na zona de Serra, 14% na zona do Barrocal e o restante na zona Litoral. A zona da Serra, dividida por acidentes geográficos com cotas entre 100 e 600 m, é formada geologicamente por rochas antigas carbónicas. A zona do Barrocal situa-se entre as cotas 100 e 300 m, enquanto à zona do Litoral correspondem cotas inferiores a 100 m.

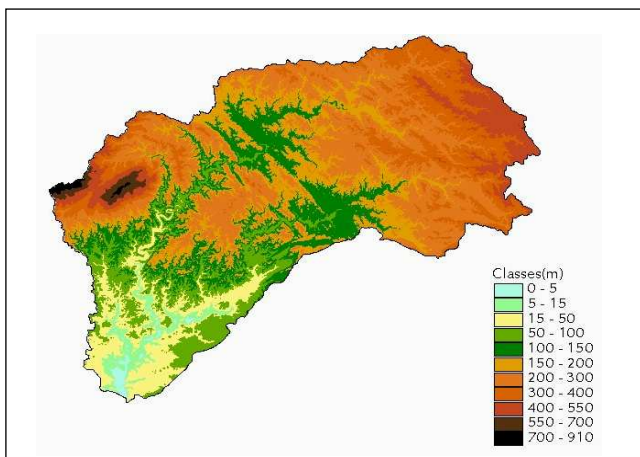


Figura 1. Bacia hidrográfica do rio Arade.

Ambas as zonas são formadas por sedimentos mais recentes (épocas do Triássico e do Jurássico) e nitidamente separadas da zona da Serra por uma faixa geológica muito estreita (0,5 - 3 km) de terrenos triássicos superior e inferior.

Os solos da zona da Serra, xistos argilosos e grauvaques, são formações marinhas da decomposição do granito, pobres em nutrientes. Contudo, a alteração das condições climáticas (humidade e temperatura) e as actividades antropogénicas (deflação e agricultura) têm modificado significativamente as características dos solos do Algarve (Kopp, 2000).

Embora a bacia do Arade se situe na zona climática mediterrânica, uma parte da serra de Monchique é influenciada pelo clima oceânico, o que aumenta significativamente a precipitação.

Na Figura 2 apresenta-se a distribuição da precipitação média mensal das zonas da bacia com base em dados recolhidos entre 1952 e 1983. As condições climáticas da bacia encontram-se resumidas no Quadro 1.

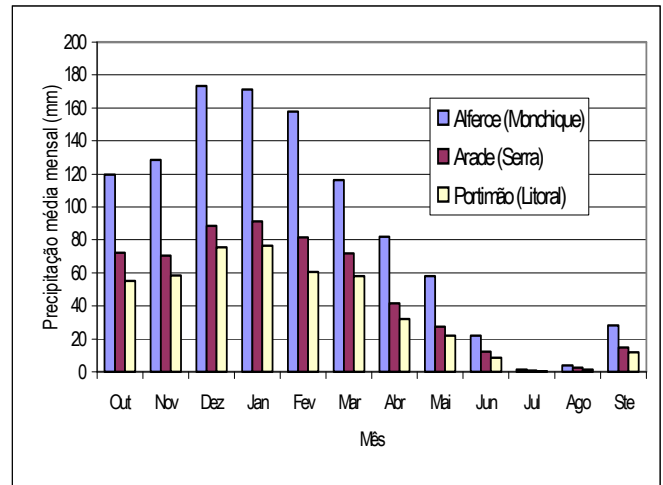


Figura 2. Distribuição da precipitação ao longo do ano (1952 - 1983).

Existem 8 estações hidrométricas na bacia do Arade, contudo quatro não têm registos e as restantes não possuem dados com continuidade e/ou fiabilidade. A estação que apresenta dados recentes, por um período razoável de registo, do escoamento mensal é a de Monte dos Pachecos, na Ribeira de Odelouca, com dados até Junho de 2001. Existem ainda 6 estações meteorológicas com registo automático, sendo a da albufeira do Arade a que possui um maior número de parâmetros de registo.

A acidentada zona da Serra, cujos solos se apresentam em declives potencialmente erodíveis, revela-se relativamente pouco afectada por problemas de erosão superficial, devido à elevada proporção de pedras e cascalho, que constitui um esqueleto estável do solo e forma uma capa de protecção, reforçada ainda pelos arbustos existentes, especialmente esteva, urze, rosmaninho, medronho e giesta.

Daí decorre que a perda e o transporte de solo na bacia é baixo, o que naturalmente explica o baixo valor (cerca de 6%) de redução da capacidade de armazenamento da albufeira do Arade ao longo dos últimos 30 anos. A maior parte da área superficial da bacia (> 65%) é ocupada por florestas de árvores e vegetação rasteira, enquanto a área agrícola representa apenas 30% e concentra-se na zona Litoral e nas zonas de regadio (Figura 3).

O sistema hidrográfico da bacia do Arade, que inclui, para além dele, as Ribeiras de Boina, Odelouca e Arade, apesar de ser o mais importante do barlavento algarvio não inclui cursos de água relevantes, anulando-se praticamente os caudais na época de estiagem. Salienta-se que a influência das marés no rio Arade é apreciável, havendo intrusão de água salgada até cerca de 16 km a montante do estuário.

No rio Arade existem actualmente duas albufeiras, a de Arade e a de Funcho, com capacidades de armazenamento útil de 27 e 43 Mm<sup>3</sup>, respectivamente, que servem para fornecimento de água de rega e de abastecimento público/industrial.

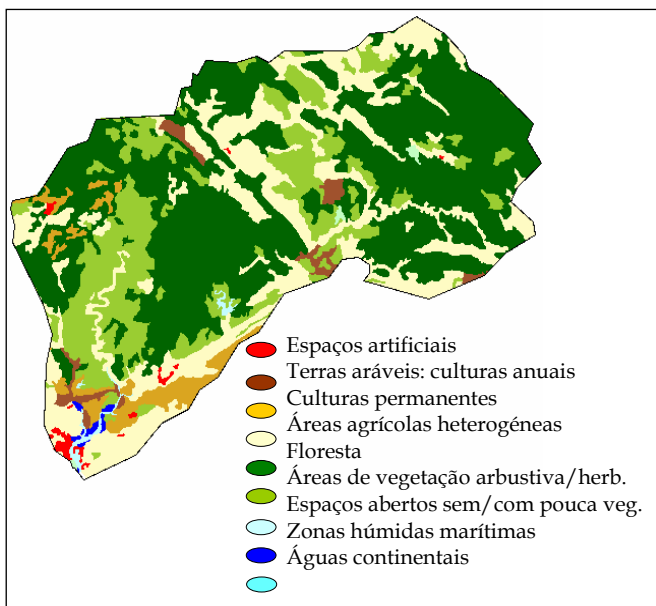


Figura 3. Tipo de ocupação do terreno na bacia do Arade (Fonte: SNIRH).

Prevê-se que a capacidade de fornecimento de água da albufeira do Funcho deverá, num futuro próximo, ser reforçada pela barragem de Odelouca, que com uma capacidade útil de 134 Mm<sup>3</sup> assegurará as necessidades actuais e futuras de abastecimento público e rega. No Quadro 2 apresenta-se o resumo das características técnicas das referidas albufeiras.

## 2. O Modelo Original da Bacia do Arade

Um modelo baseado no programa WinHSPF foi formulado em 2004 para estudo da disponibilidade de água superficial da bacia e também da qualidade das águas armazenadas nas albufeiras num ano tipicamente seco com uma precipitação anual de 550 mm (Couto, *et al*, 2004). No modelo de simulação construído para o presente estudo, a bacia do Arade foi dividida em 8 sub-bacias (R1 a R8), conforme indicado na Figura 4, sendo as suas dimensões e características apresentadas no Quadro 3.

Verifica-se que praticamente todo o terreno da zona é considerado “permeável”, conforme definição utilizada pelo programa HSPF (EPA) para todas as superfícies sem pavimento artificial. Sendo assim, as fontes de poluição consideradas no modelo incluem apenas as de origem difusa, correspondentes aos terrenos de uso agrícola e florestal (MAOT, 2000). Apenas as sub-bacias R1 e R2 incluem segmentos impermeáveis, enquanto as outras, que abrangem segmentos permeáveis, são divididas em 3 tipos de cobertura, nomeadamente, floresta de folha perene, floresta de folha caduca e agricultura. Praticamente todas as águas residuais urbanas são tratadas e posteriormente rejeitadas para fora da bacia em estudo.

A calibração do modelo relativo à qualidade da água dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Arade consistiu no ajuste de alguns parâmetros e coeficientes das reacções físicas, químicas e biológicas associadas a cada constituinte, assim como de algumas características da bacia e das linhas de água que influenciam a qualidade da água

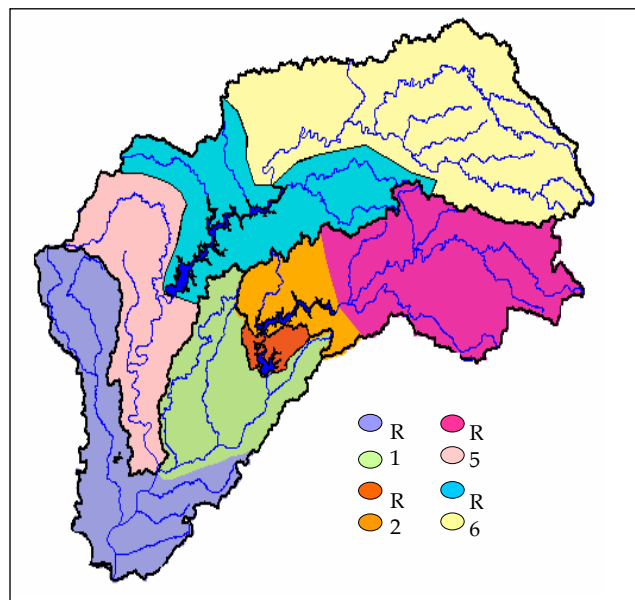


Figura 4. Divisão em sub-bacias para construção do modelo de simulação (R3 - Sub-bacia da Albufeira do Arade, R4 - Sub-bacia da Albufeira do Funcho, R7 - Sub-bacia da Albufeira de Odelouca).

Uma vez que os dados de registo das estações de monitorização são mensais, a calibração foi realizada com base na comparação da ordem de grandeza desses valores com os dados diários calculados pelo programa, sendo o período de calibração adoptado coincidente com o período usado para a calibração hidráulica (Figura 5).

Os resultados de calibração dos parâmetros de oxigénio dissolvido (OD), carência bioquímica de oxigénio (CBO), nitrato (NO<sub>3</sub>) e fosfatos (PO<sub>4</sub>) foram apresentados noutros documentos (Couto, 2004).

Em geral, constata-se que os valores resultantes da calibração da qualidade são da mesma ordem de grandeza dos registados e que as tendências de mudança dos valores calibrados ao longo do período de simulação são satisfatoriamente obtidas.

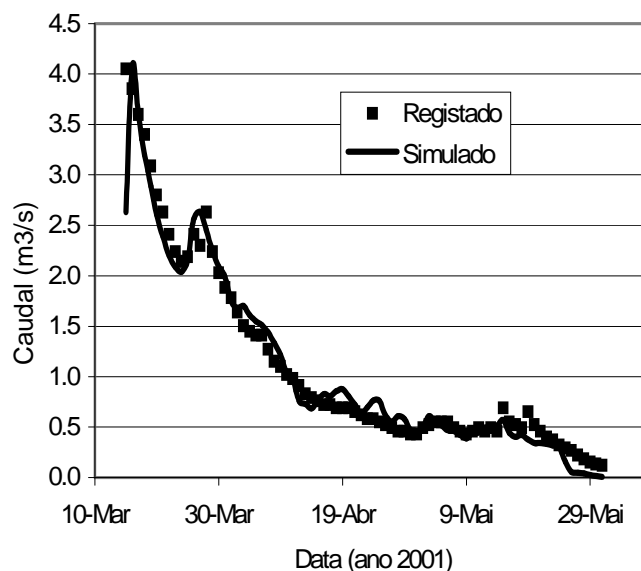


Figura 5. Resultados de calibração de caudal do rio Arade.

Quadro 1. Resumo das condições climáticas da bacia do Arade, Algarve (Fonte: SNIRH).

Parâmetro e unidades	Serra	Outras zonas
Temperatura média anual, °C	15,0 – 16,5	16,5 – 17,5
Número de horas de sol anual, horas	2 800 – 3 000	3 000 – 3 200
Radiação solar nos meses de Outubro e Março, kcal/cm <sup>2</sup>	165	165
Precipitação anual, mm	700 – 1 000	400 – 700
Evaporação potencial anual, mm	1 100 – 1 200	1 150 – 1 250

Quadro 2. Características físicas e hidráulicas das albufeiras (Fonte: SNIRH).

Parâmetro	Funcho	Arade	Odelouca
Capacidade total de armazenamento, x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	47,7	28,4	157
Volume útil de água, x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	42,8	27,0	134
Área de bacia hidrográfica, km <sup>2</sup>	211	12	393
Cota do nível de pleno armazenamento (NPA), m	96,0	61,0	102
Cota do nível máximo de cheia (NMC), m	96,8	62,5	-
Cota do nível mínimo de exploração (NmE), m	65,0	34,5	-
Área inundável à NPA, km <sup>2</sup>	3,6	1,8	-
Caudal do descarregador de cheia, m <sup>3</sup> /s	70	500	1 400
Caudal do descarregador de fundo, m <sup>3</sup> /s	-	-	54

Quadro 3. Dimensões e características das sub-bacias do Arade.

Sub-bacia	Tipo	Área (m <sup>2</sup> )	Terreno (%)		Declive médio do terreno (%)	Declive longitudinal (%)
			Agrícola	Florestal		
R1	Rio	149 528 600	8,8	87	2	0,10
R2	Rio	103 043 900	12,6	95	3	0,24
R3	Albuf.	12 302 300	0,0	100	7	0,19
R4	Albuf.	45 676 900	0,0	100	4	0,29
R5	Rio	165 869 000	0,0	100	5	1,11
R6	Rio	114 587 300	5,0	95	8	0,15
R7	Albuf.	148 171 800	0,0	100	3	0,28
R8	Rio	249 138 800	0,0	100	9	0,81

Foram definidos três cenários hipotéticos de operação dos reservatórios para simulação do modelo:

## Cenário 1:

- capacidade inicial: 40% da capacidade total, ajustada no fim de Setembro para todos os reservatórios,
- utilização anual de 25 Mm<sup>3</sup> para abastecimento público e 15 Mm<sup>3</sup> para irrigação provenientes do reservatório de Arade.

## Cenário 2:

- capacidade inicial no fim de Setembro: 40% da capacidade total, ajustada para todos os reservatórios,
- utilização anual de 75 Mm<sup>3</sup> para abastecimento público e industrial e 15 Mm<sup>3</sup> para irrigação provenientes do reservatório de Arade,
- transferência de 55 Mm<sup>3</sup>/ano do reservatório de Odelouca para o reservatório do Funcho mantendo um caudal constante de 0,3 m<sup>3</sup>/s para manutenção ecológica de caudais

## Cenário 3:

- capacidade inicial no fim de Setembro: 40% da capacidade total, ajustada para todos os reservatórios,
- utilização anual de 75 Mm<sup>3</sup> para abastecimento público e industrial e 20 Mm<sup>3</sup> para irrigação provenientes do reservatório de Arade,
- transferência de 55 Mm<sup>3</sup>/ano (entre Abril e Outubro) do reservatório de Odelouca para o reservatório de Arade mantendo um caudal constante de 890 m<sup>3</sup>/d para manutenção ecológica de caudais da ribeira de Odelouca

As aflúncias de água simuladas para os reservatórios do Funcho e de Arade, derivadas da precipitação actual de 2003 – 2004, apresentada na Figura 6, indicam que sem o reforço proveniente do reservatório de Odelouca existirá falta de água nos reservatórios do Funcho e de Arade para satisfazer a necessidade total de 95 Mm<sup>3</sup>/ano (Figura 7).

A quantidade de água transferida para responder à futura exigência de 75 Mm<sup>3</sup>/ano no reservatório do Funcho é 55 Mm<sup>3</sup>/ano, quantidade que esgotará o total armazenado no reservatório de Odelouca (Figura 8),

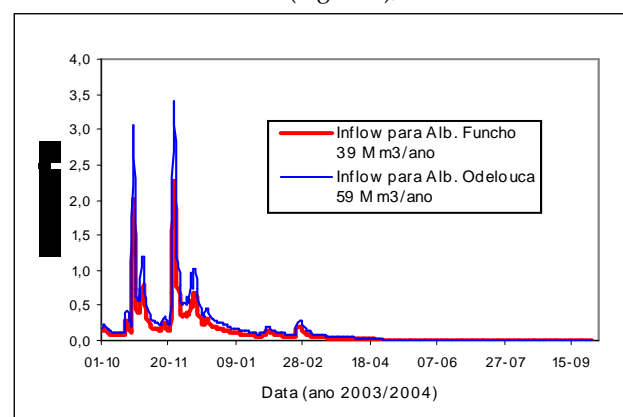


Figura 6. Aflúncia simulada aos reservatórios.

enquanto que o reservatório do Funcho manterá pelo menos 20% da capacidade de armazenamento no final do ano hidrológico (Figura 7). A transferência de água do reservatório de Odelouca também satisfará a irrigação realizada a partir do reservatório de Arade, mesmo que ocorra um aumento de 33% para 20 Mm<sup>3</sup>/ano.

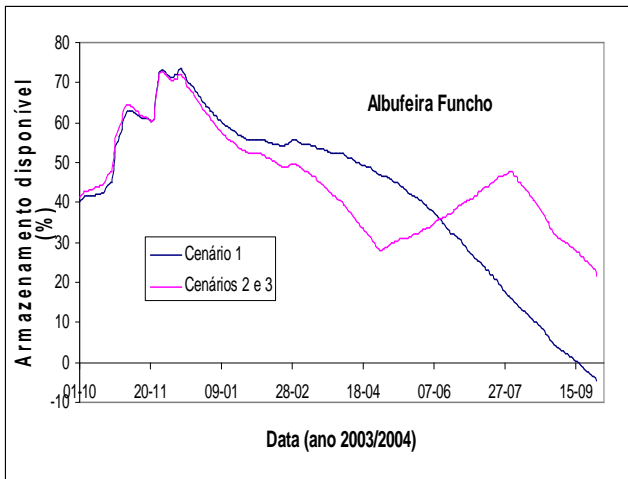


Figura 7. Armazenagem simulada no reservatório do Funcho.

Relativamente à qualidade da água, todos os parâmetros estudados, ou seja, CBO, OD, N, P e clorofila -  $\alpha$  (Figuras 9 a 12 e Quadro 4), apresentam concentrações aceitáveis em todos os reservatórios de água durante todo o ano. De facto, num relatório governamental sobre a forte seca do ano passado (INAG, 2005) é possível verificar que a qualidade da água nos dois reservatórios era normal.

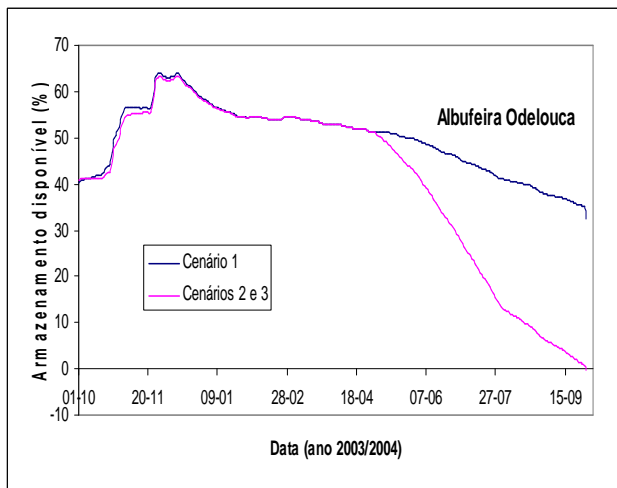


Figura 8. Efeito do desvio de água do reservatório Odelouca.

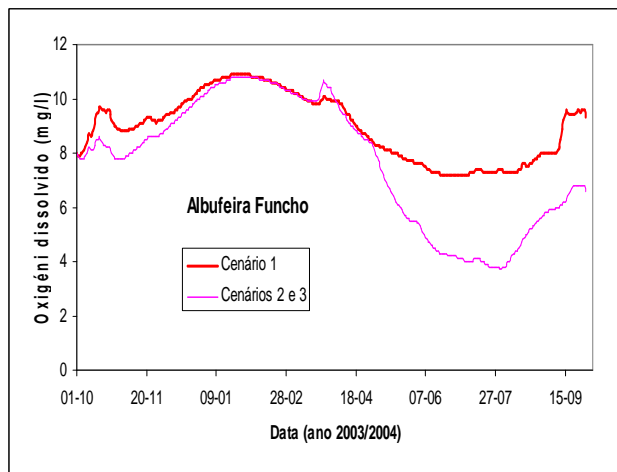


Figura 9. OD no reservatório do Funcho.

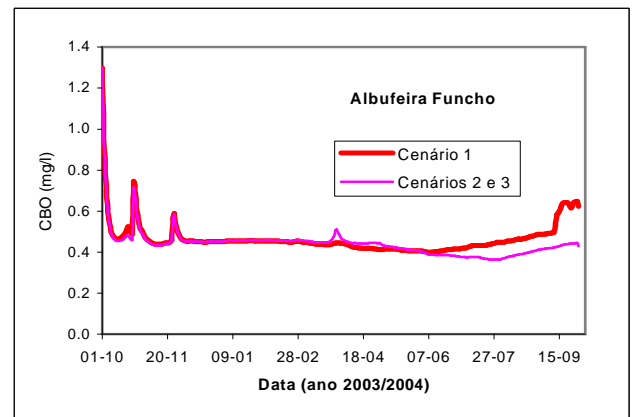


Figura 10. CBO no reservatório do Funcho.

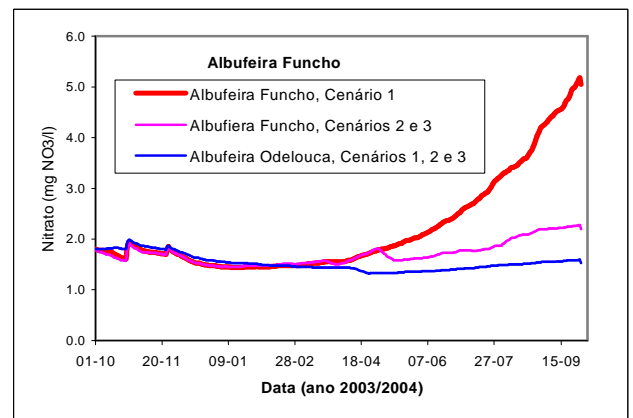


Figura 11. Nitratos no reservatório do Funcho.

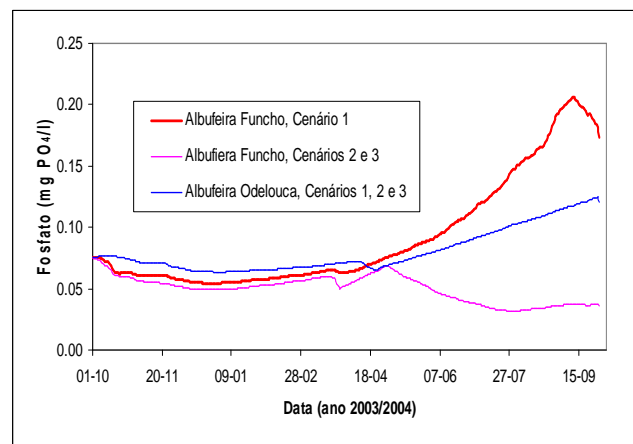


Figura 12. Fosfatos nos reservatórios.

Contudo, na simulação do Cenário 1 ocorre um aumento de 4 vezes na concentração de fosfatos, entre Março e Setembro, no reservatório do Funcho e um aumento de 2,5 vezes no reservatório de Odelouca para os Cenários 1 e 2. A maior concentração simulada de fósforo é de 0,2 mg  $PO_4/l$  (65  $\mu g P/l$ ), que se pode considerar como sendo de elevado risco para a ocorrência de eutrofização.

Tendo em conta um possível desenvolvimento agrícola e turístico nas áreas montante da bacia, foram realizados estudos adicionais sobre o impacto do fósforo proveniente de fontes difusas.

Quadro 4. Concentrações máximas e mínimas da qualidade da água simulada.

Parâmetro	Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3		
	Funcho	Arade	Odelou.	Funcho	Arade	Odelou.	Funcho	Arade	Odelou.
OD (mg/l)	7,2	6,9	7,5	3,7	6,9	7,6	3,7	6,9	7,6
	10,9	10,4	11,0	10,8	10,2	11,0	10,8	10,2	11,0
CBO (mg/l)	0,40	0,21	0,16	0,36	0,21	0,17	0,36	0,22	0,17
	101	1,49	0,73	1,01	1,49	0,74	1,01	1,49	0,74
NO <sub>3</sub> (mg/l)	1,44	1,63	1,32	1,45	1,69	1,33	1,45	1,71	1,33
	5,18	2,68	1,99	2,28	2,86	1,99	2,28	3,07	1,99
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,054	0,063	0,064	0,031	0,059	0,063	0,031	0,059	0,063
	0,206	0,135	0,125	0,075	0,133	0,147	0,075	0,143	0,147
Clorofila- $\alpha$ ( $\mu$ g/l)	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053
	8,230	0,848	5,180	7,200	0,824	5,130	7,200	0,841	5,130

### 3. Modelo Modificado para Simulação do Fósforo

De modo a simular os efeitos de um futuro desenvolvimento da agricultura e do turismo na área montante da bacia, o modelo original WinHSPF foi adaptado para incluir o bloco "Agri-chemical". Não são tidos em conta os efeitos da neve e do gelo e o ciclo do azoto é ignorado. O parâmetro de foco é o fósforo sob as condições apresentadas nos seguintes dois cenários:

- Cenário A:
- conversão de 300, 315, 4 e 17 ha de floresta em zonas de uso recreativo, principalmente campos de golfe, nas sub-bacias R1, R2, R3 e R5, respectivamente,
- sem alteração das zonas agrícolas.

Cenário B:

- igual ao (1) do Cenário A,
- redução de 985, 805, e 60 ha das zonas agrícolas em R1, R2, e R3, respectivamente, para urbanização,
- redução de 460, 335, 355, e 300 ha de floresta em R4, R5, R6 e R7, respectivamente, para desenvolvimento agrícola.

No Quadro 5 apresenta-se a distribuição das terras com diferentes coberturas e utilizações introduzidas no modelo para simulação.

Uma vez que no Algarve não existem explorações animais de grande escala e que a maior parte das terras agrícolas (70%) são utilizadas para o cultivo de citrinos (DRAALG, 2006), a aplicação de estrume nos terrenos é insignificante, no entanto os fertilizantes químicos são geralmente utilizados.

O consumo geral de fertilizantes à base de fósforo, em termos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na bacia do Arade é de 800 - 1 000 ton/ano para a agricultura e de 70 - 80 ton/ano para a produção de peixe. A quantidade média de fósforo aplicada em terreno agrícola é de 6 - 10 kg P/ha/ano e o consumo médio de água é de 2 250 m<sup>3</sup>/ha/ano. Devido às condições meteorológicas, a recomendações técnicas e a regulamentos legais existem variações sazonais na irrigação realizada e na aplicação de fertilizante.

Para as zonas recreativas (campos de golfe), o consumo estimado de água para 30 campos com dimensão unitária equivalente a 18 buracos, ocupando uma área total de 1 500 ha, no Algarve, é de 14 Mm<sup>3</sup>/ano, considerando uma taxa de irrigação de 1 000 mm/ano.

A utilização de fertilizante à base de fósforo pode ser calculada a partir de uma taxa média de aplicação de 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/ano (26 kg P/ha/ano) (UA, 2004). Regra geral, as variações da irrigação coincidem com as variações da temperatura do ar, enquanto que a fertilização também varia de acordo com as áreas relvadas (*green, tee, fairway e rough*) (UA, 2004).

No Quadro 6 é apresentado um programa estimado de irrigação e fertilização para o cultivo de citrinos e no Quadro 7 um programa de irrigação e fertilização utilizado em 10 campos de golfe do Algarve. Ambos foram introduzidos no modelo.

Para a simulação quantitativa considera-se que a aplicação do fertilizante à base de fósforo, utilizado sob a forma de solução, é deposição directa na camada superficial do solo. Os dados são introduzidos no bloco "EXT SOURCES" do ficheiro UCI (*user controlled input*) em forma de séries mensais de concentrações presentes. A migração de fosfatos solúveis para as camadas superiores e inferiores do solo é levada a cabo pela água de irrigação.

Uma vez que não existem dados de campo para determinar o destino dos fertilizantes à base de fósforo no solo do Algarve e particularmente na bacia do Arade, adoptaram-se valores dos coeficientes existentes no bloco PHOS do modelo relacionados com a transformação e o transporte de fosfatos, tendo presente que tanto na cultura de citrinos como nos campos de golfe só são utilizados fertilizantes à base de fosfatos inorgânicos solúveis cuja conversão para fósforo é automaticamente realizada na simulação.

Enquanto que nos campos de golfe típicos são utilizados sistemas de rega automáticos, na maior parte das terras de cultivo de citrinos na bacia do Arade a rega é feita por sistemas de irrigação por gota, no entanto, em alguns lotes pequenos aplicam-se as técnicas de irrigação por inundação ou aspersão.

Quadro 5. Distribuição da utilização da terra nos três cenários de simulação.

Troço do rio	Cenário Base					Cenário A					Cenário B				
	P101	P102	P103	P104	I101	P101	P102	P103	P104	I101	P101	P102	P103	P104	I101
R1	59	27	0	0	15	57	27	0	2	15	59	24	0	2	17
R2	0	38	56	0	6	0	38	53	3	6	3	35	53	3	10
R3	0	30	70	0	0	0	30	67	3	0	2	28	67	3	2
R4	0	10	90	0	0	0	10	90	0	0	0	14	86	0	0
R5	0	15	85	0	0	0	15	84	1	0	0	16	83	1	0
R6	0	15	85	0	0	0	15	85	0	0	0	16	84	0	0
R7	0	35	65	0	0	0	35	65	0	0	0	36	64	0	0
R8	0	20	80	0	0	0	20	80	0	0	0	20	80	0	0

Nota: P101 = terreno florestal permeável, P102 = terreno agrícola permeável, P103 = terreno permeável de floresta caduca, P104 = terreno permeável de recreação, I101 = terreno urbanizado não permeável

Quadro 6. Variação mensal estimada da irrigação e fertilização no cultivo de citrinos (Fonte: UA, 2004).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Irrigação, m <sup>3</sup> /ha	25	60	75	110	145	175	245	400	475	300	190	50
Aplicação de P, kg/ha	1,3	2,0	4,8	5,5	6,8	6,5	5,9	3,9	4,4	4,6	1,7	1,5

Quadro 7. Variação mensal da irrigação e fertilização utilizada em campos de golfe do Algarve (Fonte: UA, 2004).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Irrigação, m <sup>3</sup> /ha	110	330	500	555	890	1775	1885	1720	1050	330	130	50
Aplicação de P*, kg/ha	2,0	2,4	1,6	1,5	1,8	3,7	4,1	3,6	1,3	1,3	1,0	2,0

Incluindo *green*, *tee*, *fairway* e *rough*.

Consequentemente, não é de prever a formação de um caudal superficial proveniente da irrigação dos campos de golfe ou dos campos de cultivo. Qualquer possível movimento de contaminantes só ocorre quando existe escoamento superficial de águas e/ou escoamento de subsolo resultante da precipitação. Os resultados das simulações são apresentados nas Figuras 13 e 14. Apesar da conversão de 2 000 ha de floresta em zonas recreativas e da utilização de 1 450 ha de terras para agricultura na zona a montante das albufeiras, não há alterações óbvias na qualidade da água em termos de OD, CBO e fosfatos. Na época das chuvas, existem descargas de fósforo nas massas de água receptoras como é mostrado na Figura 15 contudo, os elevados volumes de escoamento superficial e de água do rio diluem o poluente até concentrações inferiores a 30 µg P/l no reservatório do Funcho.

#### 4. Conclusões

1. O modelo criado a partir do WinHSPF para a bacia hidrográfica do rio Arade permite simular o fluxo do rio com exactidão sendo uma ferramenta muito útil para as entidades responsáveis pelos recursos hídricos.

2. A simulação da qualidade da água superficial tem algumas limitações devido ao elevado grau de incerteza associado com muitos dos parâmetros de qualidade. Contudo, os valores dos parâmetros adoptados do programa ajustados para o local podem originar boas simulações qualitativas.
3. O transporte de fosfatos solúveis na água de escoamento superficial de terrenos agrícolas ou campos de golfe até às linhas de água é observável apenas quando existe precipitação significativa na época húmida
4. Uma vez que os novos campos de golfe muito provavelmente ficarão localizados na zona costeira, a possibilidade de contaminarem as águas das albufeiras do rio Arade por fósforo é remota.

A criação de 1450 ha de terreno para cultivo de citrinos na zona a montante das albufeiras não provocará efeitos adversos na qualidade das águas superficiais em termos de fosfatos, devido à favoráveis condições naturais e antropogénicas.

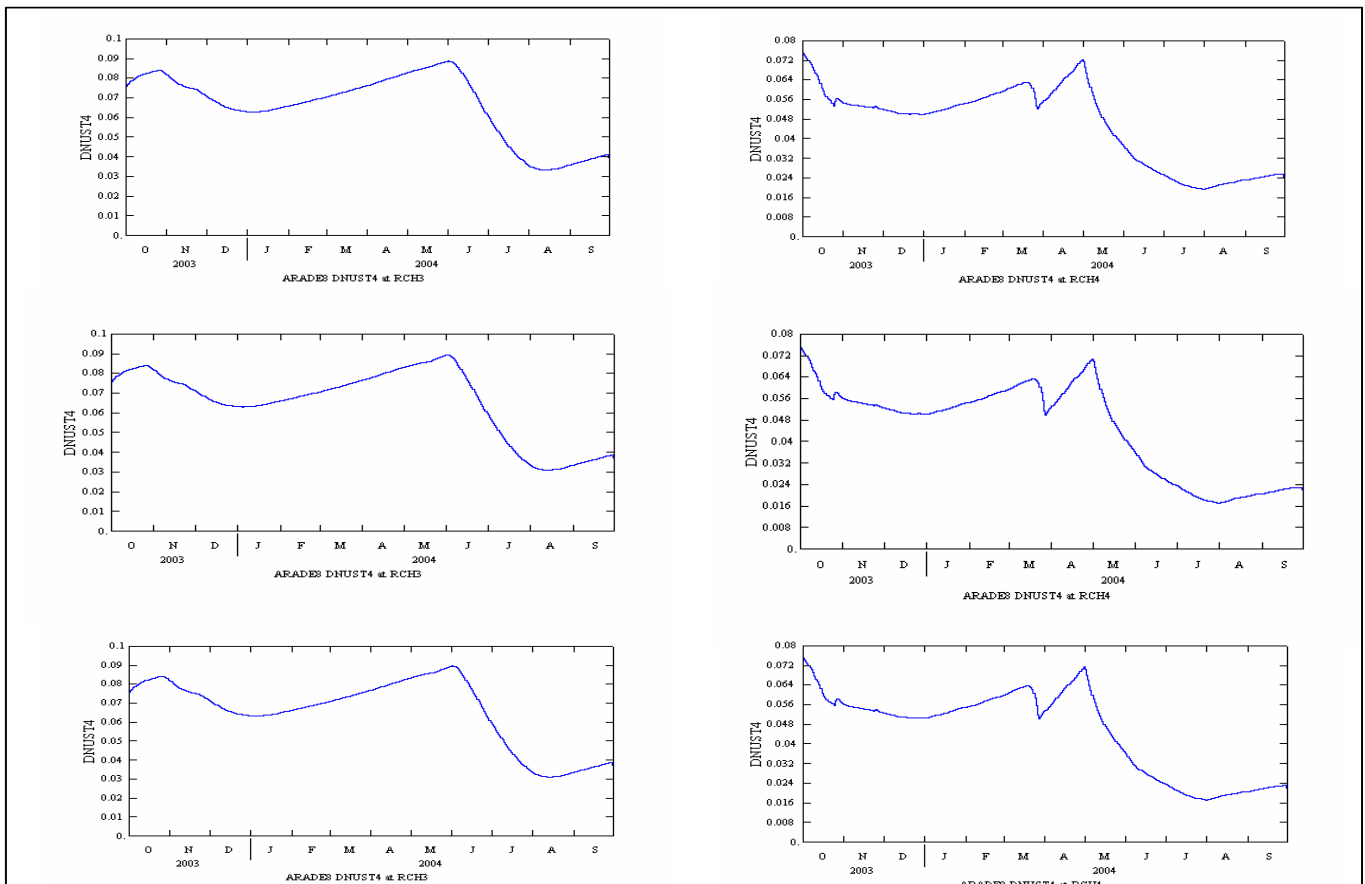


Figura 13. Descarga de PO4 total das zonas agrícolas (P102) e campos de golfe (P104) para o Cenário A.

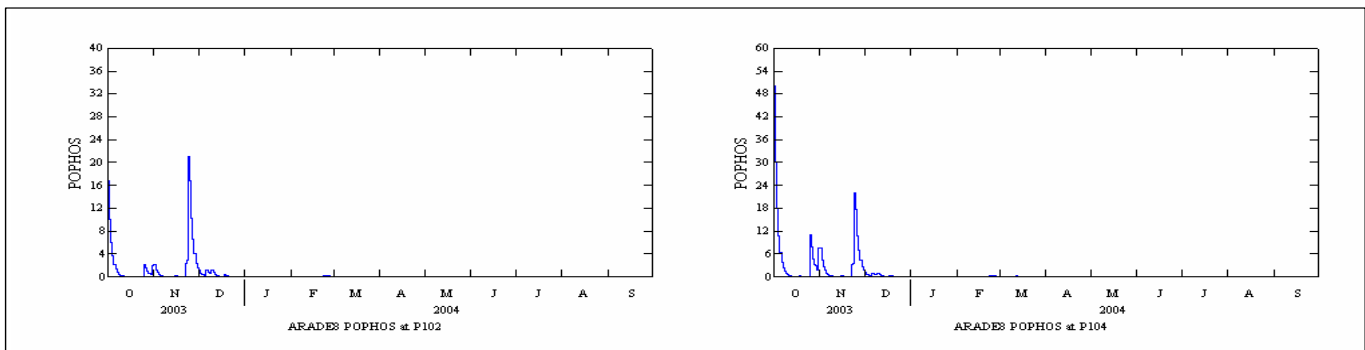


Figura 14. Concentrações de fosfatos (PO4) nos reservatórios de Funcho (RCH<sub>3</sub>) e do Arade (RCH<sub>4</sub>)

## Referências

DEFRA (2002). *Agriculture and Water: A Diffuse Pollution Review*, The Government's Strategic Review of diffuse water pollution from agriculture in England, Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK, June.

Ongley, E.D. (1996). *Control of Water Pollution from Agriculture*, FAO, Rome, Italy, ISBN 92-5-103875-9.

EPA-Ireland (2000). *Developing a National Phosphorus Balance for Agriculture in Ireland: a discussion document*, Environmental Protection Agency, Ireland.

SCOPE 21, (1983). *The Major Biogeochemical Cycles and Their Interactions*, ed. B. Bolin and R.B. Cook, Scientific Committee on Problems of the Environment, <http://www.icsu-scope.org>.

MAOT (Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território) (2000). *Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve*, Lisboa, Portugal.

SNIRH (2004) *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*, <http://snirh.inag.pt>

Kopp, E., M. Sobral, T. Soares e M. Woerner (2000). *Os Solos do Algarve e as Suas Características*, Instituto de Hidráulica, Engenharia e Ambiente, Faro, Portugal.

CCDR (2004). *Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve: Relatório de caracterização e Diagnóstico, Volume I - Síntese*, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Agrave, Fevereiro.



- MAOT (2000). Plano de bacia hidrográfica das ribeiras do Algarve, 1ª fase, volume III, capítulo 2, Parte C - Subsistema Ambiental, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa, Fevereiro.
- Couto, V., C.-Y. Cheng e R. Maia (2004). Uma Ferramenta para Avaliação do Possível Impacte à Qualidade da água Superficial das Sub-bacias Hidrográficas do Rio Arade, Algarve, IV Congrès Ibèric de Gesto i de l'Aigua, Tortosa, Spain, 8-12 December.
- DRAALG (2006). Direcção Regional da Agricultura do Algarve, <http://www.draalg.min-agricultura.pt>.
- UA (2004). Estudo sobre o Golfe no Algarve, Volume I: Diagnóstico e Áreas Problema, Universidade do Algarve, Março.
- Couto, V., e C.Y. Cheng (2004). *Notas Técnicas 4 a 6 - Desenvolvimento do Modelo para Avaliação da Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Arade*, Comunicações internas, Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal.
- INAG (2004) *Instituto da Água*, <http://www.inag.pt>