

# **Ponto 8 do Relatório Final do Projecto PTDC/AGR-AAM/098100/2008 EUTROPHOS**

## **Índice**

### **Tarefa 1. Avaliação da erosão em função do uso do solo. Monitorizações na bacia hidrográfica..... 3**

|   |    |
|---|----|
| 1.1. A bacia hidrográfica do Enxoé .....  | 3  |
| 1.2. Ensaios de erosão.....   | 4  |
| 1.2.1. Caracterização física e química dos solos dos ensaios de erosão .....              | 9  |
| 1.2.2. Caracterização hidrodinâmica dos solos estudados .....                             | 9  |
| 1.2.3. Balanço hídrico nos talhões de erosão .....  | 13 |
| 1.2.4. Séries temporais nos talhões de erosão .....                                       | 20 |
| 1.2.4. Identificação das zonas com maior risco de erosão hídrica com o modelo PESERA..... | 20 |
| 1.3. Monitorizações no rio Enxoé.....   | 23 |
| 1.3.1. Séries temporais no rio Enxoé .....  | 23 |
| 1.3.2. Cargas de sedimentos e de nutrientes transportados para o reservatório .....       | 28 |
| 1.3.3. Histerese na relação concentração-caudal.....                                      | 30 |
| 1.4. Principais conclusões das monitorizações na bacia hidrográfica (Tarefa 1).....       | 34 |

### **Tarefa 2 – Monitorização dos nutrientes e actividade trófica no reservatório do Enxoé ..... 36**

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Monitorizações no reservatório .....  | 36 |
| 2.2. Classificação do potencial ecológico da massa de água – Critérios INAG (2009) ..... | 43 |
| 2.3. Principais conclusões das monitorizações na bacia hidrográfica (Tarefa 2).....      | 44 |

### **Tarefa 3 – Modelação da dinâmica do P e do N na bacia hidrográfica e no reservatório ..... 45**

|   |    |
|---|----|
| 3.1. Funcionamento da bacia do Enxoé no longo termo – aplicação do modelo SWAT .....            | 46 |
| 3.1.1 Abordagem .....   | 46 |
| 3.1.2 Dados de Base.....  | 46 |
| 3.1.3 Resultados.....   | 46 |
| 3.2. Funcionamento da bacia do Enxoé nos eventos e cheia – aplicação do modelo MOHID Land ..... | 51 |
| 3.2.1 Abordagem .....   | 51 |
| 3.2.2 Dados de Base.....  | 51 |
| 3.2.3 Resultados.....   | 51 |
| 3.3. Funcionamento da albufeira do Enxoé – aplicação do modelo CE-QUAL-W2 .....                 | 57 |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.1 Abordagem .....   | 57        |
| 3.3.2 Dados de Base.....  | 57        |
| 3.3.3 Resultados.....   | 57        |
| 3.4. Funcionamento da albufeira do Enxoé – aplicação do modelo MOHID Water.....   | 62        |
| 3.4.1 Abordagem .....   | 62        |
| 3.4.2 Dados de Base.....  | 62        |
| 3.4.3 Resultados.....   | 62        |
| <b>Tarefa 4. Impactos ambientais, económicos e sociais resultantes das alterações das práticas culturais.....</b>   | <b>65</b> |
| 4.1. Caracterização dos principais sistemas agrícolas do Concelho de Serpa (Bacia do Enxoé) com base nos dados da Rede de Informação de Contabilidades Agrícolas (RICA).<br>..... | 65        |
| 4.2. Optimização com modelos de programação linear e determinação da matrix “Pay-off”<br>.....  | 68        |
| <b>Tarefa 5 - Divulgação dos resultados e gestão .....</b>  | <b>69</b> |
| 5.1. Divulgação dos resultados.....   | 69        |
| 5.1.1. Organização de cursos, seminários e reuniões de divulgação dos resultados .....  | 69        |
| 5.1.2. Publicações científicas .....  | 69        |
| 5.2. Gestão.....  | 74        |
| Referências bibliográficas.....   | 74        |

A página do projecto EUTROPHOS pode ser acedida em:  
<http://eutrophosproject.wordpress.com/>

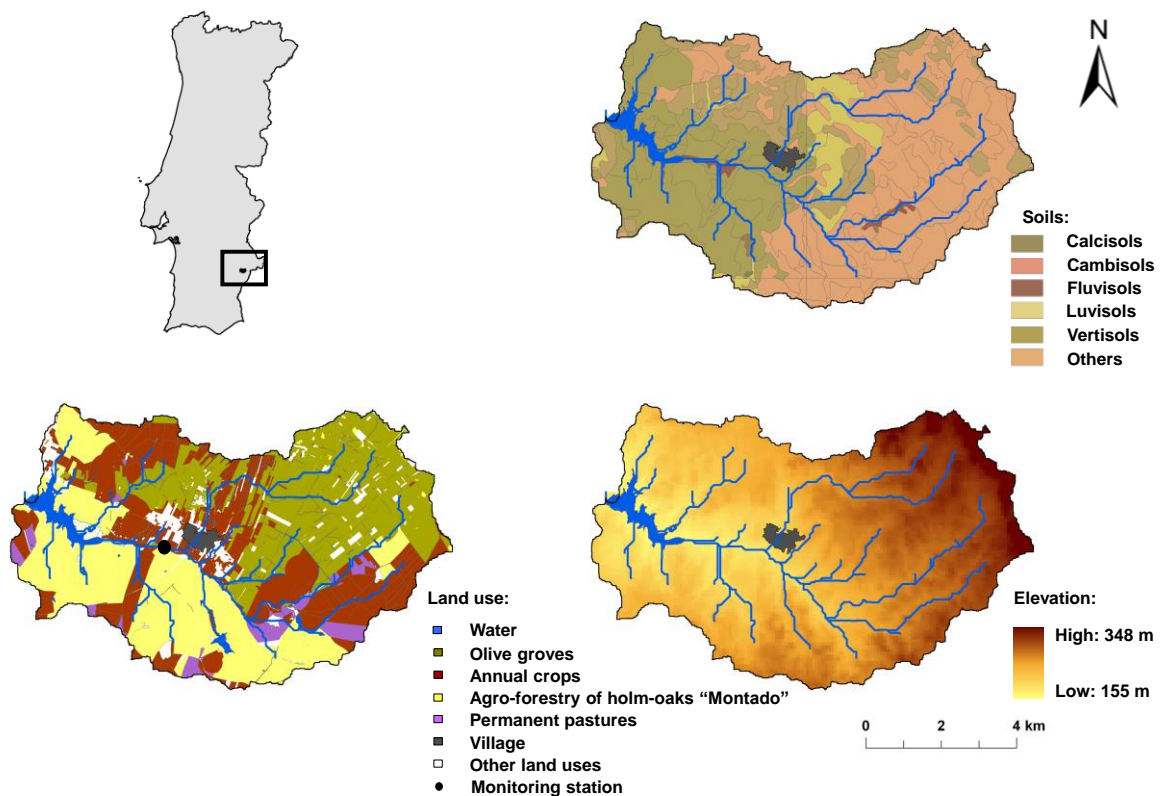
# Tarefa 1. Avaliação da erosão em função do uso do solo. Monitorizações na bacia hidrográfica.

## 1.1. A bacia hidrográfica do Enxoé

A bacia hidrográfica do Enxoé situa-se no concelho de Serpa, distrito de Beja, Baixo Alentejo. Tem uma área aproximada de 60.8 km<sup>2</sup>, uma altitude média de 200 m e é delimitada a jusante pela barragem do rio Enxoé. O rio é um dos afluentes do Guadiana, apresenta um comprimento de cerca de 9 km e características de um rio temporário.

O clima da região é sub-húmido seco a semi-árido. A precipitação média anual é de 500 mm, distribuída irregularmente ao longo do ano e com intensidade muito variável. Entre o Outono e a Primavera, o rio apresenta frequentemente picos de caudal após chuvadas intensas, e encontra-se seco no Verão. A temperatura média anual é de 16°C e a evapotranspiração de referência varia entre 1200 e 1300 mm/ano.

Os principais tipos de solo são os Luvisolos (em 47% da área), Cambissolos (31%), Calcissolos (14%) e Vertissolos (6%) (FAO, 2006). O uso do solo compreende o olival tradicional e intensivo (18.3%), o montado de azinho (17.6%) e as culturas arvenses anuais de sequeiro (17%) (Fig. 1.1).



**Figura 1.1.** Localização, principais usos do solo, principais grupos de solo de referência e topografia da bacia hidrográfica do Enxoé.

## 1.2. Ensaio de erosão

Para avaliação das perdas de solo por erosão hídrica foram construídos 3 talhões de erosão na Herdade da Abóbada, pertencente à Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo (DRAP Alentejo). O Quadro 1.1 apresenta as principais características de cada talhão.

Quadro 1.1. Coordenadas e algumas características dos 3 talhões de erosão.

|                                   | Talhão 1                        | Talhão 2                        | Talhão 3                        |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Localização                       | 37° 57' 41,6 N<br>7° 25' 11,4 W | 37° 57' 41,6 N<br>7° 25' 11,4 W | 37° 57' 24,8 N<br>7° 23' 59,4 W |
| Área (m <sup>2</sup> )            | 800                             | 180                             | 380                             |
| Família de solo<br>Cardoso (1974) | Pg                              | Pc'                             | Vx                              |
| Uso do solo                       | Montado com aveia               | Olival intensivo                | Montado com vegetação natural   |

Procedeu-se à monitorização do escoamento superficial e das perdas de solo, em cada um dos talhões de erosão, entre Janeiro de 2010 e Abril de 2013. Para tal, foram retiradas amostras volumétricas de água de escoamento para determinação das concentrações de sedimentos suspensos (SSC), fósforo total (TP), fósforo particulado (PP), fósforo solúvel reactivo (SRP), nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), carbono orgânico particulado (POC) e solúvel (DOC), da condutividade eléctrica (CE), do pH, e das concentrações de Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>, Fe<sup>3+</sup> e Cl<sup>-</sup>. O talhão de erosão 1 estava localizado numa parcela com uma lagoa de recepção a jusante, que foi também monitorizada (Quadro 1, Anexo 1).

Nos anos hidrológicos de 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013, a precipitação foi de 695, 270 e 570 mm, respectivamente, podendo classificar-se aqueles anos como húmido, muito seco e médio (≈ 500 mm).

Apresentam-se, em seguida, as descrições detalhadas dos solos e dos locais onde a avaliação da erosão do solo ao nível da parcela foi realizada.

### **Talhão de erosão 1. Montado pastoreado como uso do solo. Solo derivado de granito. Área de 800 m<sup>2</sup>.**

Perfil de solo P156 (Fig. 1.2)

Classificação:

Cardoso (1974): Solo Litólico Não Húmico de granitos (Pg). Carta de Solos 43-D (523);

FAO (2006): Cambissolo háplico;

Localização: freguesia de Salvador, Concelho de Serpa;

Latitude (N): 37° 57' 41,6'', Longitude (W): 7° 25' 11,4'';

Topografia: zona ondulada, com declives suaves a moderados (3 a 8%);

Drenagem superficial: boa;

Drenagem interna: boa;  
 Risco de erosão: ligeiro;  
 Uso da terra: aveia;  
 Data: 3 de Fevereiro de 2011  
 Descrição efectuada por: J. Casimiro Martins e F. Pereira Pires.

| Horizonte /camada | Prof. (cm)               | Descrição   |
|-------------------|--------------------------|---|
| Ap                | 0-20                     | Pouco húmido; pardo pálido (10 YR 6/3, seco) e pardo (10 YR 5/3, húmido); textura areno-franca, com bastantes elementos grosseiros (saibro, cascalho e pedras miúdas de quartzo e feldspato); estrutura granulosa fraca ou sem estrutura; compactidade mínima; muito poroso com poros médios, finos e muito finos; consistência solta (estados seco e húmido); com bastantes raízes finas e muito finas; sem efervescência ao HCl a 10%; transição plana abrupta. |
| C                 | 20-70<br>(Fundo da cova) | Material originário de granitos, muito meteorizado (arenizado); pardo muito pálido a esbranquiçado; sem estrutura; friável; sem efervescência ao HCl a 10%.   |



**Figura 1.2.** Solo Pg (Perfil P156) e talhão de erosão 1.



## Talhão de erosão 2. Olival intensivo como uso do solo. Solo calcário. Área de 180 m<sup>2</sup>.

Perfil de solo P155 (Fig. 1.3)

Classificação:

Cardoso (1974): Solo Calcário Pardo Para-Barro de calcários não compactos associados a gabros (Pc'). Carta de Solos 43-D (533);

FAO (2006): Cambissolo calcário;

Localização: freguesia de Salvador, Concelho de Serpa;

Latitude (N):37° 57' 41,6'', Longitude (W): 7° 25' 11,4'';

Topografia: zona de encosta, com declives suaves (3 a 5%);

Drenagem superficial: boa;

Drenagem interna: boa;

Risco de erosão: ligeiro a moderado;

Uso da terra: olival intensivo (6×7 m) sem revestimento na entrelinha;

Data: 3 de Fevereiro de 2011;

Descrição efectuada por: J. Casimiro Martins e F. Pereira Pires.

| Horizonte /camada | Prof. (cm)               | Descrição  |
|-------------------|--------------------------|--|
| Ap                | 0-35                     | Pouco húmido; pardo oliváceo claro (2,5 Y 5/4, seco) e pardo oliváceo (2,5 Y 4/4, húmido), apresentando fendilhamento à superfície do solo; textura franco-argilosa, com bastantes elementos grosseiros (saibro, cascalho e pedras miúdas de gabro e calcário); estrutura anisoforme subangulosa grosseira e média, forte, composta de granulosa média e fina; compacidade pequena; muito poroso com poros muito finos; extremamente rijo e friável; com bastantes raízes médias e finas; reacção viva a muito viva ao HCl a 10%; transição plana abrupta. |
| C                 | 35-70<br>(Fundo da cova) | Material originário de gabro bastante meteorizado associado a depósitos calcários; cor acinzentada escura com manchas esbranquiçadas do calcário.  |





**Figura 1.3.** Solo Pc' (Perfil P155) e do talhão de erosão 2

**Talhão de erosão 3. Montado pastoreado como uso do solo. Solo derivado de xisto. Área de 380 m<sup>2</sup>.**

Perfil P190 (Fig. 1.4)

Classificação:

Cardoso (1974): Solo Mediterrâneo Vermelho ou Amarelo, de Materiais Não calcários, de xistos (Vx); Carta de Solos 44-C (524);

FAO (2006): Luvisolo Crómico (LVcr)

Localização: freguesia de Salvador, Concelho de Serpa;

Latitude (N): 37° 57' 24.8'', Longitude (W): 7° 23' 59.4'';

Topografia: zona ondulada, com declives entre 2 e 5%;

Drenagem superficial: boa;

Drenagem interna: moderada;

Risco de erosão: ligeiro a moderado;

Uso da terra: montado de azinho com vegetação natural;

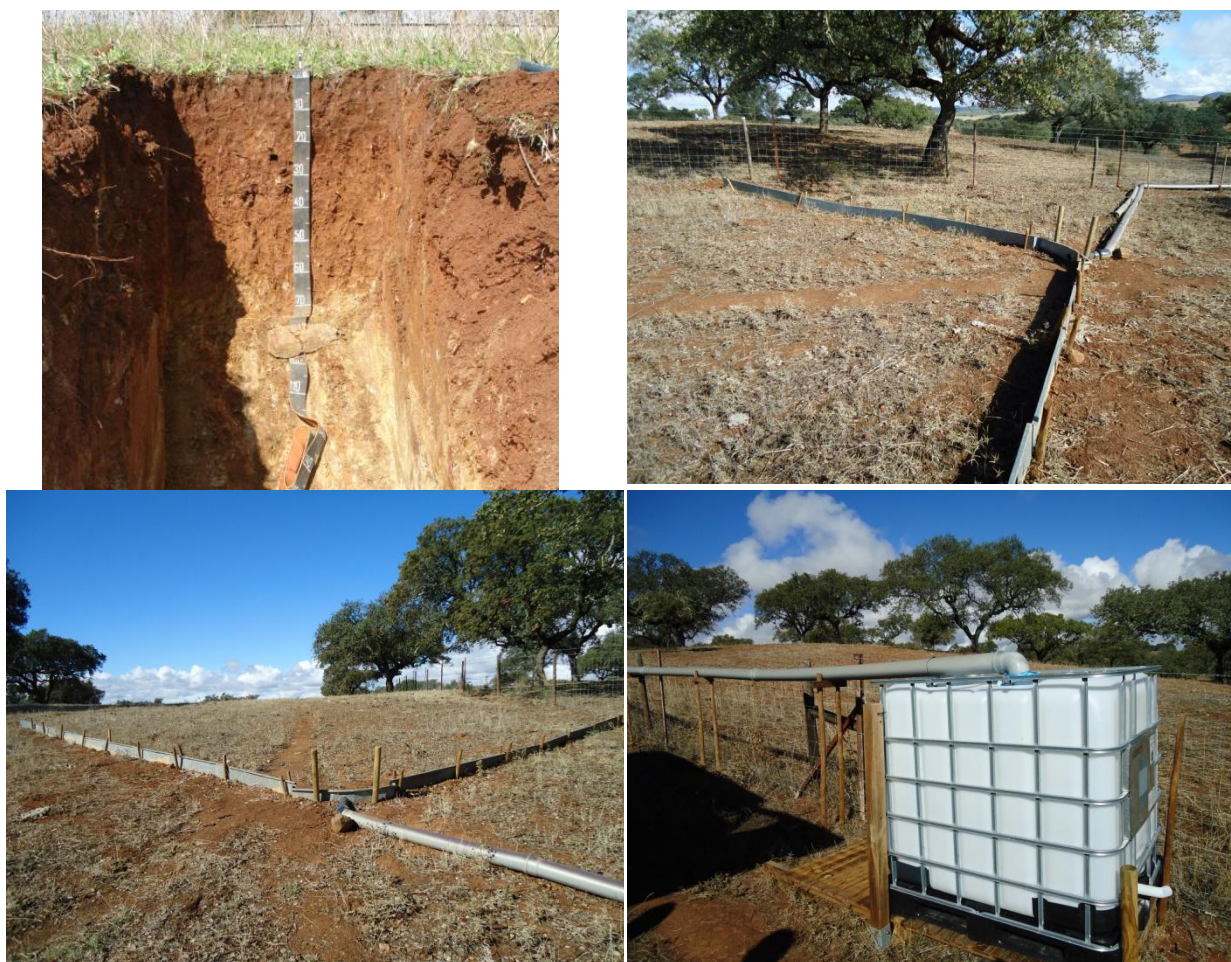
Data: 5 de Abril de 2012;

Descrição efetuada por: J. Casimiro Martins e M. Luís Fernandes.

| Horizonte /camada | Prof. (cm) | Descrição   |
|-------------------|------------|---|
| Ap                | 0-20       | Pouco húmido; pardo avermelhado escuro (5 YR 3/4, seco e 5 YR 3/3, húmido); textura franca, com alguns elementos grosseiros (saibro e cascalho e pedras miúdas de xisto esverdeado e de rochas cristalofílicas); estrutura anisóforme subangulosa grosseira e média, forte, composta de granulosa média e fina; compacidade pequena; muito rijo (seco) e friável; moderadamente poroso, com poros finos e muito finos; com bastantes raízes médias, finas e muito finas da vegetação natural; sem reacção ao HCl a 10%; transição plana nítida. |
| Bt1               | 20-45      | Muito pouco húmido; pardo avermelhado escuro (5 YR 3/4, seco e 5 YR 3/3, húmido); textura franco-argilosa, com elementos grosseiros de todas as dimensões (saibro, cascalho, pedras miúdas e pedras); prismática grosseira e média moderada; com evidência de películas de argila nas faces de alguns agregados (slickensides); pouco poroso; compacidade muito grande; muito rijo (seco) e firme; bastantes raízes grossas, médias, finas e muito finas e ainda a epiderme de raízes apodrecidas de azinheira com 2                            |



|     |                           |  |
|-----|---------------------------|--|
|     |                           | a 3 cm de diâmetro; sem reação ao HCl a 10%; transição plana nítida.   |
| Bt2 | 45-62                     | Pouco Húmido; pardo avermelhado (5 YR 4/4, seco) e pardo avermelhado escuro (5 YR 3/4, húmido); textura franco-argilosa, com alguns elementos grosseiros (saibro e cascalho); prismática grosseira e média moderada; com evidência de algumas películas de argila nas faces dos agregados (slickensides); pouco poroso; compactidade média; muito rijo (seco) e firme; poucas raízes muito finas; sem reação ao HCl a 10%; transição plana nítida. |
| C   | 62-115<br>(Fundo da cova) | Material originário de xisto mais ou menos meteorizado (rijo a “podre”) com variegado de cores desde o amarelado acinzentado, alaranjado e esverdeado, mas predominando as cores esverdeada e acinzentada; seco; sem raízes; sem reação ao HCl a 10%.  |



**Figura 1.4.** Solo Vx (Perfil P190) e talhão de erosão 3



### 1.2.1. Caracterização física e química dos solos dos ensaios de erosão

A caracterização física e química dos perfis de solo estudados é apresentada no Quadro 1.2.

**Quadro 1.2.** Características físicas e químicas das amostras de terras crivadas correspondentes aos perfis de solo P155, P156 e P190.

| Local  | P155            | P156         | P190   |                 |                 |
|--|-----------------|--------------|--------|-----------------|-----------------|
| Prof. (cm)   | 0-35            | 0-20         | 0-20   | 20-45           | 45-62           |
| Amostra n°   | 55869           | 55870        | 56608  | 56609           | 56610           |
| Textura  | Franco-argilosa | Areno-franca | Franca | Franco-argilosa | Franco-argilosa |
| Areia Grossa (g kg <sup>-1</sup> )                               | 187             | 568          | 242    | 168             | 98              |
| Areia Fina (g kg <sup>-1</sup> )                                 | 345             | 264          | 351    | 294             | 336             |
| Limo (g kg <sup>-1</sup> )                                       | 182             | 116          | 211    | 193             | 179             |
| Argila (g kg <sup>-1</sup> )                                     | 286             | 52           | 196    | 345             | 387             |
| pH (H <sub>2</sub> O)  | 8.69            | 6.34         | 8.66   | 8.39            | 8.0             |
| CE (dS m <sup>-1</sup> )   | 0.252           | 0.354        | 0.47   | 0.27            | 0.20            |
| SAR (meq L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>                        | 0.244           | 0.483        | 0.53   | 0.50            | 0.42            |
| Cl (mmol <sub>(c)</sub> L <sup>-1</sup> )                        | 0.253           | 0.795        | 0.70   | 0.34            | 0.24            |
| Csolúveis (cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup> )                |                 |              |        |                 |                 |
| Ca   | 0.081           | 0.038        | 1.82   | 1.03            | 1.07            |
| Mg   | 0.004           | 0.013        | 1.82   | 1.08            | 0.81            |
| Na   | 0.011           | 0.012        | 0.72   | 0.51            | 0.41            |
| K  | 0.001           | 0.014        | 0.05   | 0.01            | 0.004           |
| Σ Catiões solúveis (cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup> )       | 0.097           | 0.078        | 4.4    | 2.6             | 2.3             |
| Ctroca (cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup> )                   |                 |              |        |                 |                 |
| Ca   | 39.260          | 2.412        | 16.42  | 20.20           | 29.86           |
| Mg   | 0.714           | 0.032        | 6.42   | 11.04           | 17.18           |
| Na   | 0.047           | 0.023        | 0.17   | 0.19            | 0.27            |
| K  | 0.096           | 0.288        | 0.11   | 0.05            | 0.04            |
| Σ Catiões de troca (cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup> )       | 40.117          | 3.055        | 23.13  | 31.48           | 47.35           |
| CTC (cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup> )                      | 40.117          | 7.557        | 23.66  | 32.89           | 47.35           |
| ESP (%)  | 0.117           | 0.300        | 0.72   | 0.57            | 0.58            |
| V (%)  | 100             | 40.4         | 97.73  | 95.72           | 100.00          |
| N inorgânico (mg kg <sup>-1</sup> )                              |                 |              |        |                 |                 |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                                   | 1.993           | 18.3         | 1.45   | 0.46            | 0.72            |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                                   | 0.009           | 0.018        | nd     | nd              | nd              |
| N Kjeldahl (g kg <sup>-1</sup> )                                 | 0.52            | 0.59         | 1.00   | 0.64            | 0.29            |
| M. O. (g kg <sup>-1</sup> )                                      | 8.0             | 11.7         | 12.0   | 8.3             | 4.1             |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilável (mg kg <sup>-1</sup> ) | 115             | 26           | 4      | 2               | 1               |
| K <sub>2</sub> O assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )              | 38              | 108          | 64     | 47              | 35              |

### 1.2.2. Caracterização hidrodinâmica dos solos estudados

Os valores médios do teor de água retida no solo (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>), entre os potenciais mátricos de 0.25 kPa e 1500 kPa (pF 0.4 e pF 4.2), e da massa volúmica aparente das amostras colhidas no estado natural (100 cm<sup>3</sup>) nos perfis estudados, são apresentados no Quadro 1.3.

**Quadro 1.3.** Características físicas (valores médios observados) das amostras no estado natural dos perfis de solo P155, P156 e P190.

| Perfil                   | P155                                | P156                                | P190                                |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Prof. (cm)               | 0-35                                | 0-20                                | 0-20                                | 20-45                               |
| pF                       | (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) | (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) | (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) | (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) |
| 0.4                      | 0.4859                              | 0.3790                              | 0.3867                              | 0.4099                              |
| 1.0                      | 0.4615                              | 0.3081                              | 0.3735                              | 0.3989                              |
| 1.5                      | 0.4293                              | 0.2308                              | 0.3450                              | 0.3740                              |
| 1.8                      | 0.4081                              | 0.2040                              | 0.3299                              | 0.3527                              |
| 2.0                      | 0.3776                              | 0.1926                              | 0.3192                              | 0.3399                              |
| 2.5                      | 0.3083                              | 0.1250                              | 0.2835                              | 0.3039                              |
| 3.0                      | 0.2582                              | 0.0840                              | 0.2551                              | 0.2550                              |
| 3.4                      | 0.2102                              | 0.0533                              | 0.2403                              | 0.2102                              |
| 4.2                      | 0.1642                              | 0.0243                              | 0.2036                              | 0.1429                              |
| Mva (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.362                               | 1.549                               | 1.626                               | 1.534                               |

Mva, Massa volúmica aparente.

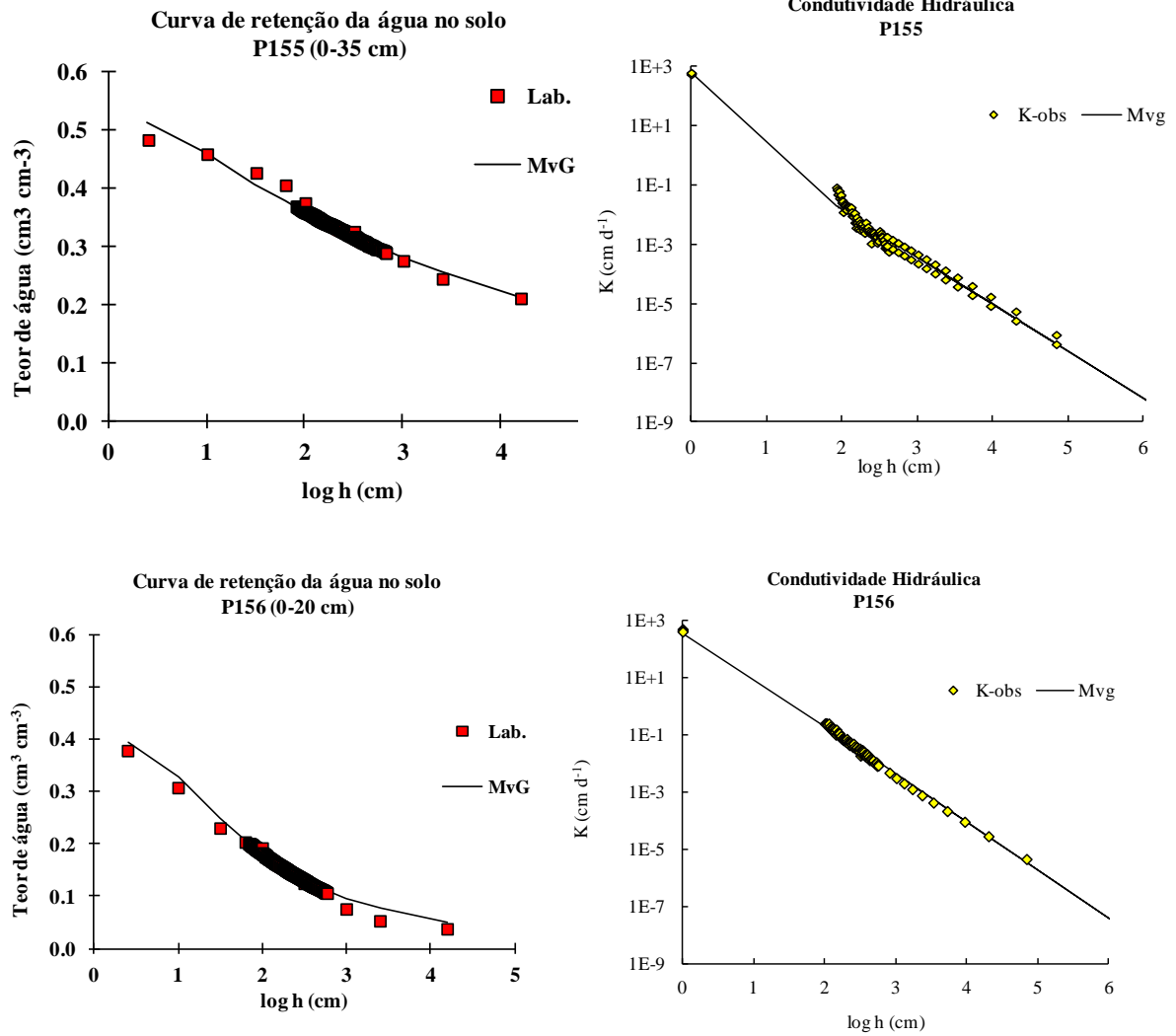
Os parâmetros hidráulicos das curvas de retenção de água no solo e da condutividade hidráulica do solo, segundo o modelo de Mualem-van Genuchten (van Genuchten, 1980), correspondentes aos 3 perfis de solo estudados são apresentados no Quadro 1.4.

**Quadro 1.4.** Parâmetros do modelo Mualem-van Genuchten para a curva de retenção de água e para a curva de condutividade hidráulica dos Perfis P155, P156 e P190

| Perfil     | P155    | P156    | P190   |        |
|------------|---------|---------|--------|--------|
| Prof. (cm) | 0-35    | 0-20    | 0-20   | 20-45  |
| $\theta_r$ | 0.0393  | 0.0096  | 0.0795 | 0.0394 |
| $\theta_s$ | 0.5134  | 0.4112  | 0.3923 | 0.3974 |
| $\alpha$   | 0.1258  | 0.1395  | 0.0802 | 0.0102 |
| $\eta$     | 1.1608  | 1.3221  | 1.1287 | 1.2439 |
| $\ell$     | -3.5064 | -2.8450 |        |        |
| $K_s$      | 232.1   | 362.5   | 549.1  | 128.6  |

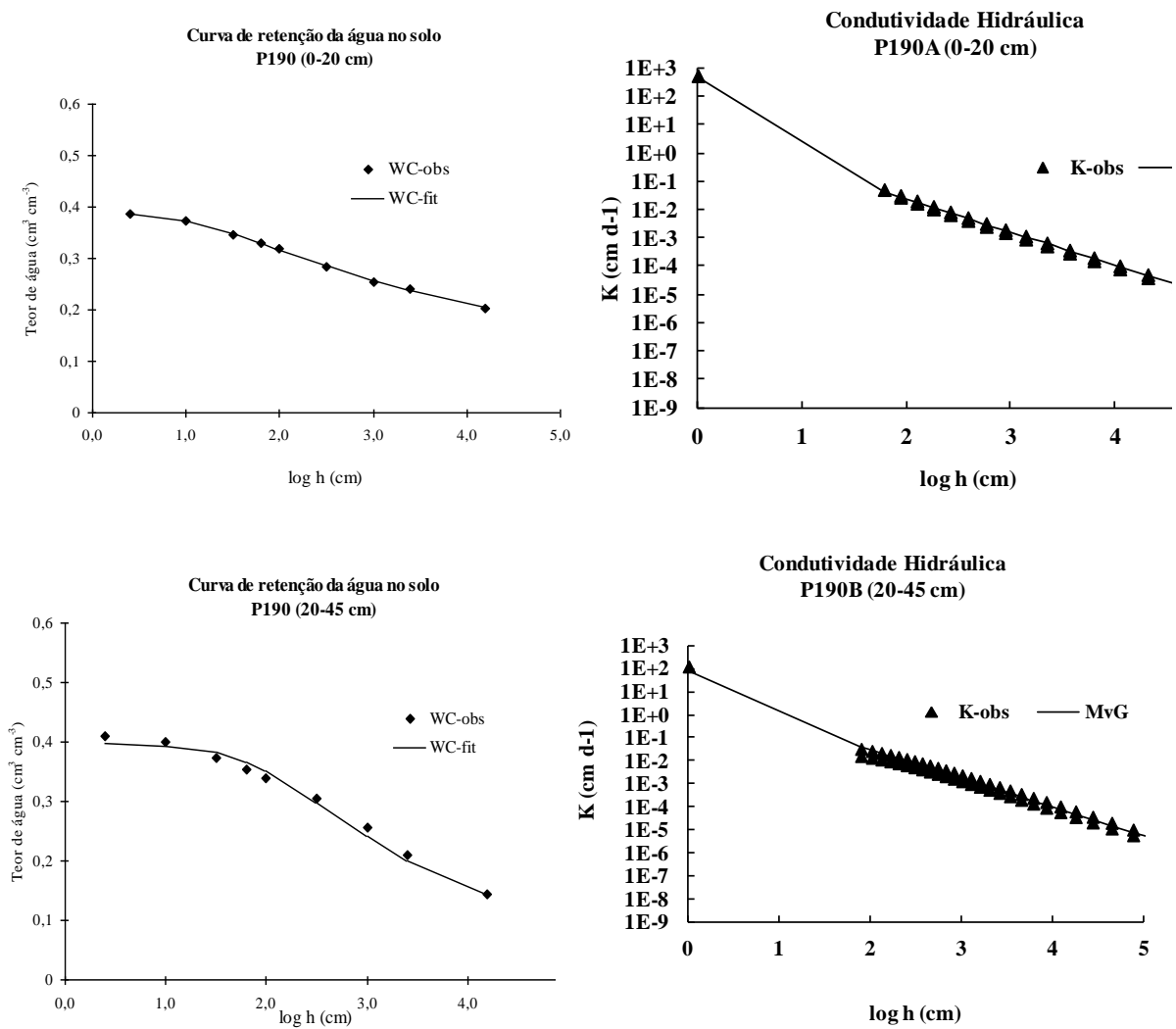
$\theta_r$  e  $\theta_s$ , teor de água residual e na saturação, respectivamente;  $\alpha$ ,  $\eta$ , parâmetros de ajustamento;  $\ell$  conectividade/tortuosidade;  $K_s$ , condutividade hidráulica saturada.

Nas Figuras 1.5 e 1.6 apresentam-se, para os 3 perfis de solo estudados, as curvas de retenção de água no solo e da condutividade hidráulica obtidas com metodologias laboratoriais. Apresenta-se ainda as curvas ajustadas com o modelo de Mualem-van Genuchten aos dados experimentais.



**Figura 1.5.** Curvas de retenção de água no solo e da condutividade hidráulica. Valores medidos laboratorialmente e ajustados com o modelo de Mualem-van Genuchten para os perfis P155 e P156.

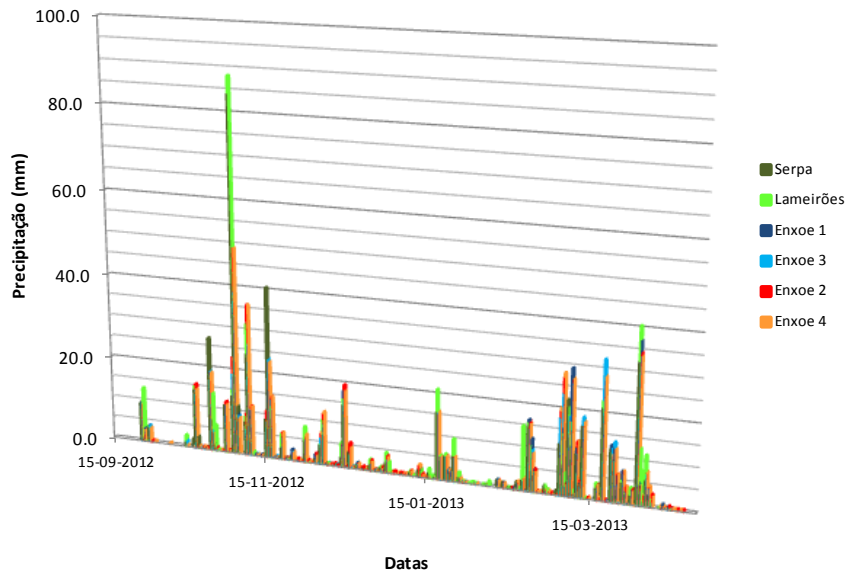




**Figura 1.6.** Curvas de retenção de água no solo e da condutividade hidráulica. Valores medidos e ajustados com o modelo de Mualem-van Genuchten para o perfil P190.

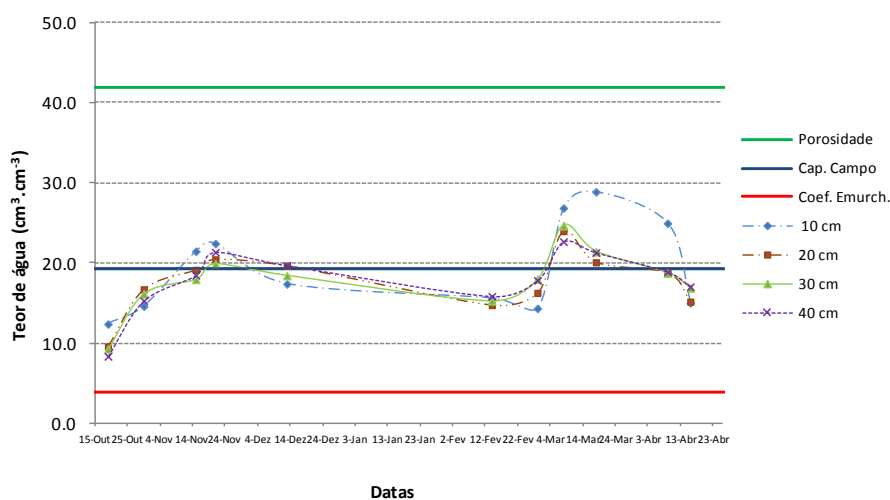
### 1.2.3. Balanço hídrico nos talhões de erosão

Na figura 1.7 pode observar-se a evolução da precipitação registada, para o período entre 23-09-2012 e 16-04-2013, nos postos udométricos de Serpa e Lameirões e ainda em 4 udómetros automáticos, 2 instalados no talhão de erosão 1 (montado no solo derivado de granito) e 2 instalados no talhão de erosão 2 (olival em solo derivado de calcário).

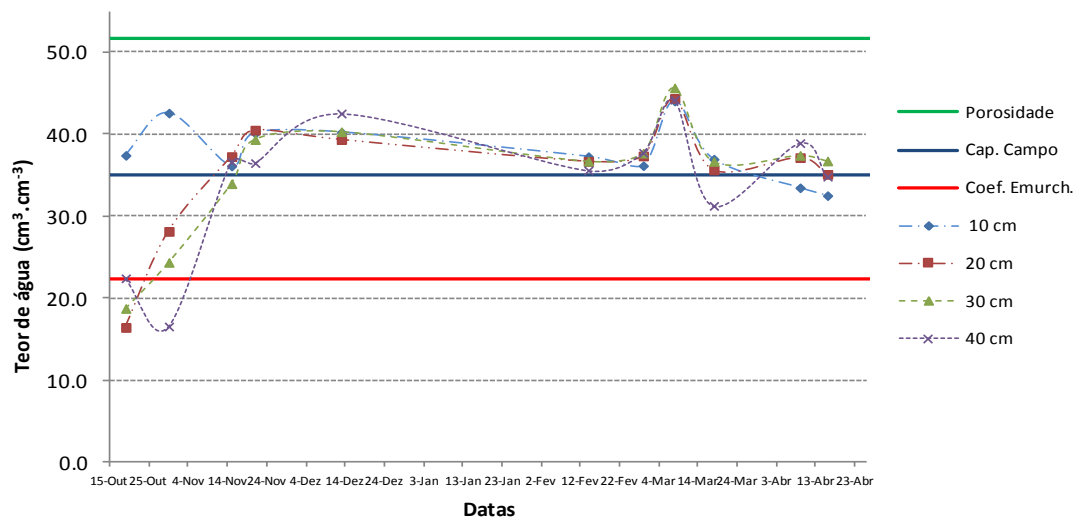


**Figura 1.7.** Evolução da precipitação registada no período de 23-09-2012 a 16-04-2013, nos postos udométricos de Serpa e Lameirões e nos udómetros automáticos instalados em 2 dos talhões erosão: talhão de erosão 1 (udómetros 2 e 4) e talhão de erosão 2 (udómetros 1 e 3).

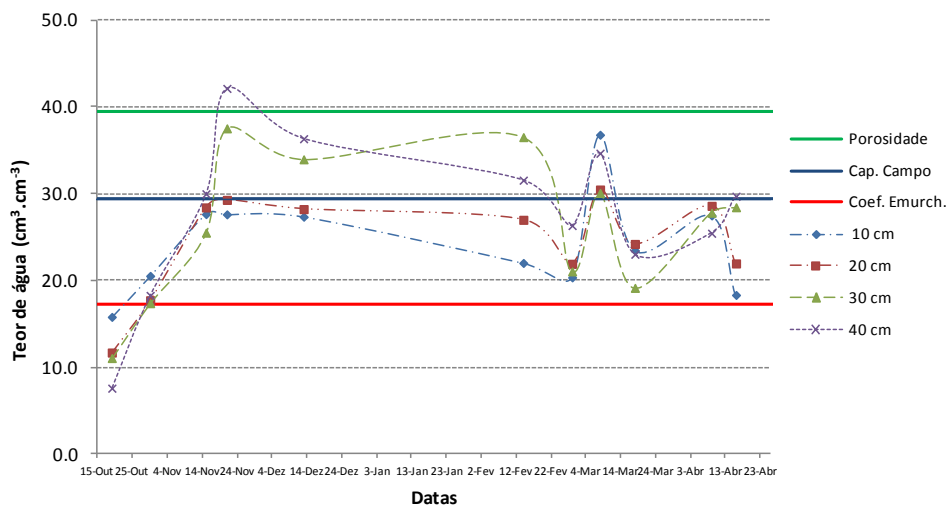
Nas figuras 1.8 a 1.10 apresenta-se a evolução do teor de água no solo, obtida pelo método gravimétrico nos 3 talhões de erosão.



**Figura 1.8.** Evolução do teor de água no solo (método gravimétrico) no montado de granito.



**Figura 1.9.** Evolução do teor de água no solo (método gravimétrico) no olival intensivo.



**Figura 1.10.** Evolução do teor de água no solo pelo método gravimétrico no montado de xisto.

No quadro 1.5 encontra-se a quantidade de água, proveniente do escoamento superficial, recolhida nos depósitos.



**Quadro 1.5.** Quantidade de água recolhida nos depósitos, proveniente do escoamento superficial nos talhões de erosão

| <b>Alturas de água nos depósitos (cm)</b> |                              |               |                         |
|---|------------------------------|---------------|-------------------------|
|   | <b>MONTADO DE GRANITO</b>    | <b>OLIVAL</b> | <b>MONTADO DE XISTO</b> |
| 30-10-2012                                | 0,0                          | 0,0           | 6,5                     |
| 09-11-2012                                | 3 depósitos (cheios) (900 L) | 10,0          | 44,0                    |
| 15-11-2012                                | 1/2 depósito                 | 0,0           | 28,0                    |
| 21-11-2012                                | cheios                       | 0,0           | 95,0 (cheio) (1000 L)   |
| 13-12-2012                                | 0,0                          | 0,0           | 9,0                     |
| 25-01-2013                                | -                            | -             | -                       |
| 14-02-2013                                | 0,0                          | 0,0           | 0,0                     |
| 28-02-2013                                | 0,0                          | 0,0           | 0,0                     |
| 08-03-2013                                | cheios                       | 0,0           | cheio                   |
| 18-03-2013                                | cheios                       | 0,0           | cheio                   |
| 09-04-2013                                | cheios                       | 12,0          | cheio                   |
| 16-04-2013                                | 0,0                          | 0,0           | 0,0                     |

Nos Quadros 1.6, 1.7 e 1.8 apresentam-se resultados de um balanço hídrico simplificado, no período de 19 de Outubro a 13 de Dezembro de 2012, para cada um dos talhões de erosão estudados. Seguem-se umas observações gerais para uma melhor compreensão dos valores apresentados:

- A determinação do teor de água do solo pelo método gravimétrico foi efectuada para 4 profundidades (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm) em diferentes datas. Resultados são dados em % de volume (considerando-se a densidade aparente do solo);
- Nos balanços de água: a) = e) + f) + g) + h) + i) ou seja, os dados de entrada (precipitação) menos os dados de saída anulam-se;
- O valor da variação do teor de água na espessura de solo ( $\Delta H$ ) é obtido multiplicando a variação média do teor de água dos 0-40 cm pela profundidade, entre duas datas consecutivas: e) = c) x d). Em d), no caso de profundidades maiores que 40 cm, assumiu-se o valor do teor de água médio para o intervalo 0-40 cm;
- a), b) e i) são valores medidos nos talhões e apresentam-se a vermelho para facilitar a visualização;
- e), f), g) e h) são valores calculados (considerando as leituras e/ou simulações);

## Quadro 1.6. Balanço hídrico para o talhão de erosão 1.

ANÁLISE DOS BALANÇOS HÍDRICOS - 2012

MONTADO DE GRANITO

**DADOS:**

Declive : superior a 5 %  
 Área de retenção: 800 m<sup>2</sup> com coberto vegetal  
 Textura: Areno-Franco  
 Densidade Aparente: 1,55  
 Porosidade: 41,9 %  
 Cap. Campo (vol)(pF=2,0): 19,3 %  
 Coef. Emurch. (vol.): 3,9 %  
 Precipitação: Udógrafos automáticos (3 min.)

| AT (% vol.) - Datas | 10 cm | 20 cm | 30 cm | 40 cm |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| 19-10-2012          | 12,4  | 9,6   | 9,3   | 8,4   |
| 30-10-2012          | 14,6  | 16,7  | 16,2  | 15,3  |
| 15-11-2012          | 21,5  | 19,2  | 18,0  | 18,5  |
| 21-11-2012          | 22,4  | 20,5  | 19,9  | 21,4  |
| 13-12-2012          | 17,4  | 19,7  | 18,4  | 19,7  |

| Data:                     | 19.10 | 30.10     | 15.11      | 21.11     | 13.12      |
|---------------------------|-------|-----------|------------|-----------|------------|
| a) $\Sigma$ Prec.(mm)     |       | 36,6      | 137,8      | 55,4      | 32,4       |
| b) % Humidade             | 9,9   | 15,7      | 19,3       | 21,1      | 18,8       |
| c) $\Delta$ H (%)         |       | 5,8       | 3,6        | 1,8       | (-)2,3     |
| d) Profundidade (m)       | 0,4   | 0,4       | 0,7        | 0,7       | 0,7        |
| e) $\Delta$ H (mm)        |       | 23,2      | 25,2       | 12,6      | (-)16,1    |
| f) [ET/dia] - $\Sigma$ ET |       | [0,5] 5,5 | [1,0] 16,0 | [1,0] 6,0 | [1,0] 22,0 |
| g) Evap. Sup.             |       | 0,0       | 0,0        | 0,0       | 0,0        |
| h) Percolação             |       | 7,9       | 95,3       | 35,7      | 26,5       |
| i) Esc. Sup.              |       | 0,0       | 1,3        | 1,1       | 0,0        |
| j) B.H.(mm)               |       | 0         | 0          | 0         | 0          |

- O escoamento superficial no enquadramento dos períodos avaliados foi pouco expressivo.
- Neste talhão foi-se desenvolvendo alguma vegetação espontânea. Observou-se pelos dados meteorológicos (Serpa, Mourão), uma ET<sub>0</sub> média diária de cerca de 1 mm. No período inicial, até final de Outubro, considerou-se apenas algum coberto vegetal residual e seco.
- No período 19-10-2012 a 30-10-2012 verificou-se um aumento do teor de água no solo de 5.8 %
- Nesse período de 11 dias e em função dos 36.6 mm de precipitação, destaca-se uma subida de humidade de 23.2 mm, uma evaporação de base de 5.5 mm, a não existência de evaporação superficial (ao contrário do sucedido no olival com valores de humidade muito superiores à superfície) leva à previsão de 7.9 mm de percolação, consistente com teores de água crescentes nas camadas dos 30-40 cm.
- No período 30-10-2012 a 15-11-2012 verificou-se um aumento do teor de água (atingindo os 19.3%) para valores próximos da CC (neste talhão a CC está associada a um pF de 2.0 dada a textura mais arenosa). A precipitação global foi extremamente elevada: 137.8 mm, mas o escoamento agregado atingiu apenas 1.3 mm (0.8%). No entanto, em termos de eventos diários de precipitação, poderá ter ultrapassado os 2 % (49 mm de precipitação no dia 3). Por outro lado, face à subida de 25.2 mm do teor de água no perfil de solo, até aos 70 cm, e a uma ET<sub>0</sub> de 16 mm, prevê-se que a percolação (abaixo dos 70 cm) seja também extremamente elevada, atingindo os 95,3 mm (Quadro 1.7);
- Após 15-11-2012 os dados revelam consistência com uma certa regularidade do perfil de humidade até aos 70 cm, crescendo ou baixando pouco expressivamente, confirmando-se que a CC é um valor adequado. No balanço hídrico registou-se um escoamento superficial de apenas 1.1 mm (2% da precipitação global), mas próximo dos 3% se considerarmos o ES relacionado com um evento de cerca de 36 mm. A

maior componente foi neste período a percolação (abaixo dos 70 cm), mesmo com a diminuição da precipitação.

- No mês de dezembro, a precipitação foi menor que nos períodos anteriores e iniciou-se uma descida do teor de água no solo (Fig.1.7).

### Quadro 1.7. Balanço hídrico para o talhão de erosão 2.

| ANÁLISE DOS BALANÇOS HÍDRICOS - 2012                     |              | OLIVAL           |                  |                  |                   |  |
|--|--------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--|
| <b>DADOS:</b>  |              |                  |                  |                  |                   |  |
| Declive : superior a 5 %                                 |              |                  |                  |                  |                   |  |
| Área de retenção: 180 m <sup>2</sup> sem coberto vegetal |              |                  |                  |                  |                   |  |
| Textura: Franco-argilosa                                 |              |                  |                  |                  |                   |  |
| Densidade Aparente: 1,36                                 |              |                  |                  |                  |                   |  |
| Porosidade: 51 %   |              |                  |                  |                  |                   |  |
| Cap. Campo (vol)(pF=2,5): 35 %                           |              |                  |                  |                  |                   |  |
| Coef. Emurch. (vol.):22 %                                |              |                  |                  |                  |                   |  |
| Precipitação: Udógrafos automáticos (3 min.)             |              |                  |                  |                  |                   |  |
| <b>AT (% vol.) - Datas</b>                               | <b>10 cm</b> | <b>20 cm</b>     | <b>30 cm</b>     | <b>40 cm</b>     |                   |  |
| <b>19-10-2012</b>  | 37.5         | 16.5             | 18.8             | 22.5             |                   |  |
| <b>30-10-2012</b>  | 42.6         | 28.2             | 24.4             | 16.6             |                   |  |
| <b>15-11-2012</b>  | 36.2         | 37.3             | 34.0             | 36.7             |                   |  |
| <b>21-11-2012</b>  | 40.2         | 40.5             | 39.4             | 36.5             |                   |  |
| <b>13-12-2012</b>  | 40.3         | 39.4             | 40.3             | 42.6             |                   |  |
| <b>Data:</b>   | <b>19.10</b> | <b>30.10</b>     | <b>15.11</b>     | <b>21.11</b>     | <b>13.12</b>      |  |
| a) <b>Σ Prec.(mm)</b>                                    |              | <b>36.0</b>      | <b>109.8</b>     | <b>51.6</b>      | <b>25.0</b>       |  |
| b) <b>% Humidade</b>                                     | <b>23.8</b>  | <b>28.0</b>      | <b>36.1</b>      | <b>39.2</b>      | <b>40.7</b>       |  |
| c) <b>Δ H (%)</b>  |              | <b>4.2</b>       | <b>8.1</b>       | <b>3.1</b>       | <b>1.5</b>        |  |
| d) <b>Profundidade (m)</b>                               | 0.4          | 0.4              | 0.7              | 0.7              | 0.7               |  |
| e) <b>Δ H (mm)</b>                                       |              | <b>16.8</b>      | <b>56.7</b>      | <b>21.7</b>      | <b>10.5</b>       |  |
| f) <b>[ET/dia] - Σ ET</b>                                |              | [0,5] <b>5,5</b> | [0,5] <b>8,0</b> | [0,5] <b>3,0</b> | [0,5] <b>11,0</b> |  |
| g) <b>Evap. Sup.(mm)</b>                                 |              | <b>13.7</b>      | <b>15.0</b>      | <b>0.0</b>       | <b>0.0</b>        |  |
| h) <b>Percolação(mm)</b>                                 |              | <b>0.0</b>       | <b>30.1</b>      | <b>26.9</b>      | <b>3.5</b>        |  |
| i) <b>Esc. Sup.(mm)</b>                                  |              | <b>0.0</b>       | <b>0.0</b>       | <b>0.0</b>       | <b>0.0</b>        |  |
| j) <b>B.H.(mm)</b>                                       |              | <b>0</b>         | <b>0</b>         | <b>0</b>         | <b>0</b>          |  |

- Não se verificou escoamento superficial em todo o período avaliado, relativo ao 4º trimestre de 2012;
- Neste talhão não existia coberto vegetal. Observou-se pelos dados meteorológicos (Serpa, Mourão), uma ET<sub>0</sub> média diária de cerca de 1 mm. Considerou-se, como aproximação, uma componente base de evaporação do solo de 50 % da ET<sub>0</sub>, ou seja, 0.5 mm/dia;
- No período 19-10-12 a 30-10-12 verificou-se um aumento médio do teor de água no perfil do solo de 4.2 %;
- O facto do teor de água na camada dos 40 cm diminuir, permite concluir que a água infiltrada a partir da precipitação não a atingiu (Fig. 1.8);
- Nesse período de 11 dias e em função dos 36 mm de precipitação ocorridos, destaca-se um aumento do teor de água de 16.8 mm, uma evaporação de base de 5.5 mm, a não existência de percolação que leva a prever uma evaporação superficial acrescida de 13.7 mm, consistente com os teores muito elevados (entre C.C. e saturação) de água na camada dos 10 cm superficiais relativamente à média do perfil (37.5 - 23.8 = 13.7% = 13.7 mm/ 10 cm).
- No período 30-10-12 a 15-11-2012 verificou-se a subida do teor de água para valores próximos da capacidade de campo (CC) (atingindo os 36.1%), decorrente de uma



elevada precipitação. O elevado teor de água da camada superficial permite prever a continuação de evaporação superficial ( $42.6\% - 28\% \approx +15\% = 15 \text{ mm}/10 \text{ cm}$ ), que acresce aos 8 mm de evaporação de base estimada. Considerando um perfil de humidade de 70 cm, a subida de 8.1% de humidade dará um valor de 56.7 mm. Não se registando escoamento superficial, prevê-se uma percolação de 30.1 mm de água abaixo dos 70 cm (Fig. 1.8);

- Após 15-11-2012 os dados revelam consistência com uma certa regularidade do perfil de humidade até aos 70 cm, crescendo pouco expressivamente, atingindo os 40.7% em 13-12-2012, e confirmando que a CC, medida laboratorialmente, é um valor adequado. No balanço hídrico não se registou escoamento superficial e a camada superficial mantém-se com valores próximos da média do perfil, pelo que não se assinala evaporação superficial, para além dos valores atribuídos à evaporação diária considerada na meteorologia. Com a diminuição da precipitação verificada: de 51.6 mm até 21-11-2012 e de 25 mm entre 21-11 e 13-12-2012, prevê-se então que a componente de percolação (abaixo dos 70 cm) ainda se verifique mas diminuindo para 26.9 mm e 3.5 mm, nesses períodos, respetivamente. Com estes pressupostos e correspondentes valores o balanço hídrico fica assim correto.

### Quadro 1.8. Balanço hídrico para o talhão de erosão 3.

| ANÁLISE DOS BALANÇOS HÍDRICOS - 2012                     |              | MONTADO DE XISTO |              |              |               |  |
|--|--------------|------------------|--------------|--------------|---------------|--|
| <b>DADOS:</b>  |              |                  |              |              |               |  |
| Declive : superior a 5 %                                 |              |                  |              |              |               |  |
| Área de retenção: 380 m <sup>2</sup> com coberto vegetal |              |                  |              |              |               |  |
| Textura: Franca a Franco-argilosa                        |              |                  |              |              |               |  |
| Densidade Aparente: 1,58                                 |              |                  |              |              |               |  |
| Porosidade: 39,5 %                                       |              |                  |              |              |               |  |
| Cap. Campo (vol)(pF=2,5): 29,4 %                         |              |                  |              |              |               |  |
| Coef. Emurch. (vol.):17,2 %                              |              |                  |              |              |               |  |
| Precipitação: Estimativa com dados do montado de granito |              |                  |              |              |               |  |
| <b>AT (% vol.) - Datas</b>                               | <b>10 cm</b> | <b>20 cm</b>     | <b>30 cm</b> | <b>40 cm</b> |               |  |
| 19-10-2012   | 15,8         | 11,7             | 11,1         | 7,6          |               |  |
| 30-10-2012   | 20,5         | 17,7             | 17,4         | 18,3         |               |  |
| 15-11-2012   | 27,6         | 28,4             | 25,5         | 30,0         |               |  |
| 21-11-2012   | 27,6         | 29,3             | 37,5         | 42,1         |               |  |
| 13-12-2012   | 27,3         | 28,2             | 34,0         | 36,3         |               |  |
| <b>Data:</b>   | <b>19.10</b> | <b>30.10</b>     | <b>15.11</b> | <b>21.11</b> | <b>13.12</b>  |  |
| a) <b>Σ Prec.(mm)</b>                                    |              | <b>36,6</b>      | <b>137,8</b> | <b>55,4</b>  | <b>32,4</b>   |  |
| b) <b>% Humidade</b>                                     | <b>11,6</b>  | <b>18,5</b>      | <b>27,9</b>  | <b>34,1</b>  | <b>31,5</b>   |  |
| c) <b>Δ H (%)</b>  |              | <b>6,9</b>       | <b>9,4</b>   | <b>6,2</b>   | <b>(-)2,6</b> |  |
| d) <b>Profundidade (m)</b>                               | 0,4          | 0,4              | 0,7          | 0,7          | 0,7           |  |
| e) <b>Δ H (mm)</b>                                       |              | 27,6             | 65,8         | 43,4         | (-)18,2       |  |
| f) <b>[ET/dia] - Σ ET</b>                                |              | [0,5] 5,5        | [1,0] 16,0   | [1,0] 6,0    | [1,0] 22,0    |  |
| g) <b>Evap. Sup.</b>                                     |              | 0,0              | 0,0          | 0,0          | 0,0           |  |
| h) <b>Percolação</b>                                     |              | 3,3              | 53,9         | 3,2          | 28,3          |  |
| i) <b>Esc. Sup.</b>                                      |              | <b>0,2</b>       | <b>2,1</b>   | <b>2,8</b>   | <b>0,3</b>    |  |
| j) <b>B.H.(mm)</b>                                       |              | 0                | 0            | 0            | 0             |  |

- O escoamento superficial em todo o período avaliado foi pouco significativo, mas superior ao dos outros talhões.
- Neste talhão foi-se desenvolvendo alguma vegetação espontânea. Observou-se pelos dados meteorológicos (Serpa, Mourão), uma ET<sub>0</sub> média diária de cerca de 1 mm. No

período inicial, até final de Outubro, considerou-se apenas algum coberto vegetal residual e seco.

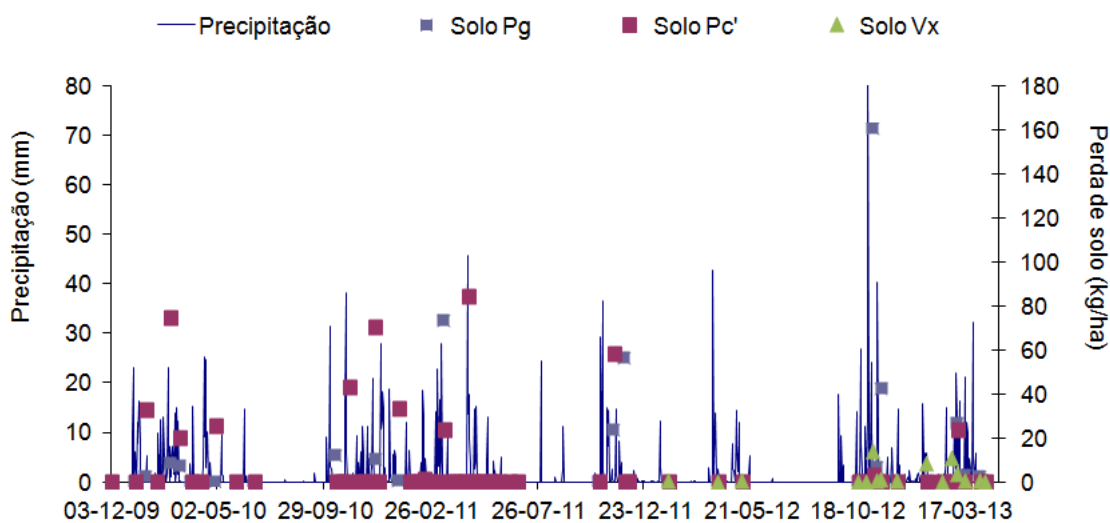
- No período 19-10-2012 a 30-10-2012 verificou-se um aumento do teor de água no solo de 6.9%.
- Nesse período de 11 dias e em função dos 36 mm de precipitação, destaca-se então no perfil 0-40 cm uma subida de humidade de 27.6 mm, uma evaporação de base de 5.5 mm, o escoamento superficial foi apenas de 0.2 mm, a não existência de evaporação superficial (ao contrário do sucedido no olival com valores de humidade muito superiores à superfície) leva à previsão de 3.3 mm de percolação, consistente com teores de água crescentes nas camadas dos 30-40 cm.
- No período 30-10-2012 a 15-11-2012 verificou-se o aumento do teor de água (atingindo os 27.9%) para valores próximos da capacidade de campo (Fig. 1.14). A precipitação foi extremamente elevada: 137.8 mm, mas o escoamento atingiu apenas 2.1 mm (1.5%). Por outro lado, mesmo face a uma subida de 65.8 mm do teor de água no perfil de solo, até aos 70 cm, e a uma  $ET_0$  de 16 mm, prevê-se que a percolação (abaixo dos 70 cm) seja ainda assim elevada, atingindo os 53.9 mm;
- Após 15-11-2012 os dados revelam consistência com uma certa regularidade do perfil de humidade até aos 70 cm, aumentando ou diminuindo pouco significativamente, confirmando-se que a CC é um valor adequado. No balanço hídrico registou-se escoamentos superficiais de 2.8 mm e 0.3 mm. Se considerarmos que o ES de 2.8 mm pode estar relacionado com um evento de cerca de 36 mm, corresponderá a 7.8% da precipitação.

A análise dos dados experimentais recolhidos nos três talhões de erosão entre 23 de Setembro de 2012 e 16 de Abril de 2013, e dos balanços hídricos efectuados (apenas para o período de 2013), fundamenta as seguintes observações:

- As determinações locais de algumas variáveis (precipitação, humidade do solo, coberto vegetal e da classificação do solo) são cruciais para os processos de validação dos balanços hídricos e dos modelos hidrológicos;
- A consistência dos dados de campo com os resultados de escoamento superficial dos modelos estará associada a uma extrema sensibilidade das propriedades hidráulicas do solo, sobretudo da condutividade hidráulica saturada;
- O número de dias de precipitação considerados para a produção de valores de escoamento superficial real com um peso expressivo foi bastante reduzido (2 a 4), face ao número total de dias com ocorrência de precipitação (cerca de 40). Esse escoamento superficial terá resultado da conjugação de humidades no perfil do solo (média 0-40 cm de profundidade) acima da capacidade de campo e de eventos/dias com precipitação superior a 15 mm.
- Os valores de escoamento superficial medidos e em proporção de eventos de precipitação alcançaram, pelo menos (podendo ser superiores face ao enchimento total dos depósitos), os 3,1% no montado sobre solos derivados de granito, os 7,8% no montado sobre solos derivados de xisto e foram apenas residuais no talhão do olival
- No contexto dos objectivos estabelecidos neste estudo pode-se reconhecer na análise dos balanços hídricos e na modelação procedimentos adequados para o conhecimento do ciclo hidrológico local e para a gestão de uma bacia de uma forma mais racional.

#### 1.2.4. Séries temporais nos talhões de erosão

Na Figura 1.11 apresentam-se os valores de precipitação e as perdas de sedimentos registadas nos 3 ensaios de erosão entre Janeiro de 2010 a Abril de 2013. No montado em solo derivado de granito (talhão 1) e no olival intensivo em solo calcário (talhão 2) verificaram-se perdas de solo de 436 e 493 kg/ha, respectivamente. No montado em solo derivado de xisto (talhão 3), a erosão foi menor (40 kg/ha), mas refere-se apenas ao período de Janeiro de 2012 a Abril de 2013. Reportando aqueles valores globais para valores anuais, os talhões 1, 2 e 3 registaram perdas de solo de 145, 164 e 40 kg/ha/ano, respectivamente. Contudo, durante o ano hidrológico 2011/2012 não se observaram praticamente perdas de solo em nenhum dos talhões amostrados, uma vez que, aquele ano hidrológico foi muito seco (270 mm).



**Figura 1.11.** Registo de precipitação e perdas de solo nos talhões da Bacia do Enxoé.

#### 1. 2.4. Identificação das zonas com maior risco de erosão hídrica com o modelo PESERA

Elaborou-se a carta do risco potencial de erosão do solo para a bacia hidrográfica do Enxoé com recurso ao modelo PESERA (Kirkby *et al.*, 2004) (Fig. 1.12). Os dados do clima, solos, vegetação e topografia necessários são indicados no Quadro 1.9.

Os dados meteorológicos foram obtidos na estação meteorológica da Herdade da Valada (37.9° N, 07.4° W), da rede do Instituto Nacional da Água ([www.snirh.pt](http://www.snirh.pt)), para o período 01-01-2000 a 31-12-2010. Os dados de solos foram obtidos a partir das cartas de solos de Portugal, na escala 1:25 000 (Cardoso, 1974), da base dados de solos PROPSOLO (Gonçalves *et al.*, 2011) e de funções de pedotransferência (Ramos *et al.*, 2013). Os principais usos do solo na bacia hidrográfica do Enxoé foram identificados com base no voo de 2009 do Sistema de Identificação Parcelar do MADRP, tendo essa informação sido cedida pelo IFAP. A topografia foi obtida a partir do modelo digital do terreno da NASA (90 m).

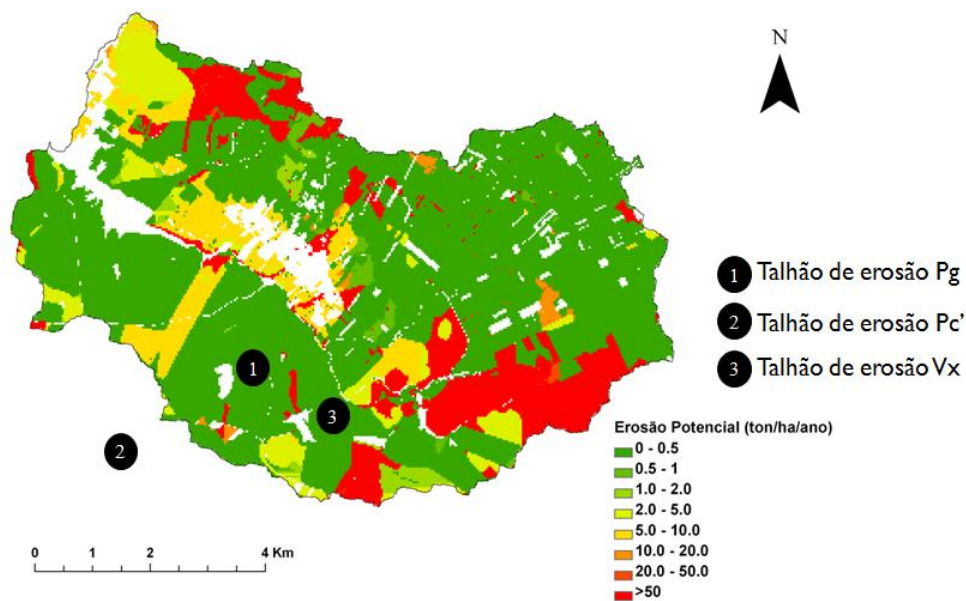


**Quadro 1.9.** Dados de entrada para o modelo PESERA (Irvine e Kosmas, 2003)

| Dados      | Descrição  |
|------------|--|
| Clima      | Precipitação média mensal (mm)   |
|            | Temperatura média mensal (°C)  |
|            | Amplitude térmica mensal (°C)  |
|            | Coefficiente de variação da precipitação por dias de chuva para cada mês (-) |
|            | Precipitação mensal / dias de chuva (mm)                                     |
|            | Evapotranspiração potencial média mensal (mm)                                |
| Solos      | Água utilizável do solo (mm)   |
|            | Água utilizável na camada superficial (mm)                                   |
|            | Encrustamento (mm)   |
|            | Erodibilidade (mm)   |
|            | Profundidade do solo (mm)  |
|            | Textura do solo  |
| Vegetação  | Uso do solo (-)  |
|            | Redução da rugosidade da superfície do solo em cada mês (%)                  |
|            | Profundidade radicular (mm)  |
|            | Grau de cobertura em cada mês (%)  |
| Topografia | Desvio padrão da altitude (m)  |

O modelo PESERA estimou que aproximadamente 65% da área total apresenta uma taxa de perda de solo inferior a 0,5 t/ha/ano, isto é, um risco de erosão potencial muito baixo (Quadro 1.10). Estas estimativas foram obtidas nas zonas ocupadas por olival e montado de sobro e azinho, sujeitas a agricultura e pastoreio extensivos. Estes sistemas conferem grande protecção do solo contra a erosão, dado que este se encontra coberto com vegetação durante a maior parte do ano. As áreas que apresentam maior risco de erosão (> 50 t/ha/ano), correspondem a cerca de 19% da área total e localizam-se sobretudo a noroeste e sudeste da bacia, nas zonas de agricultura mais intensiva (com culturas anuais) (Fig. 1.1 e Fig. 1.12). Verifica-se ainda que, cerca de 30% da área total da bacia do Enxoé apresenta uma taxa potencial de perda de solo superior a 2 t/ha/ano, limite considerado tolerável em regiões como o Baixo Alentejo (Huber *et al.*, 2007) (Quadro 1.10).

Os valores observados nos ensaios de erosão, no geral, validam os resultados do modelo PESERA. Nos ensaios experimentais, obtiveram-se valores para a taxa de perda de solo média entre 40 e 164 kg/ha/ano, ou seja, incluídos na classe de menor risco de erosão dada pelo modelo PESERA (Fig. 1.12). O modelo PESERA mostrou, no entanto, grande sensibilidade ao parâmetro erodibilidade do solo que é definido em função da textura do solo.



**Figura 1.12.** Carta do risco potencial de erosão do solo determinada com o modelo PESERA, para a bacia hidrográfica do Enxoé.

**Quadro 1.10.** Perda de solo potencial na bacia hidrográfica do Enxoé em função das diferentes classes de erosão potencial obtida com o modelo PESERA

| Classe (t/ha/ano) | %          | Área (ha)      | Perda solo (t/ha/ano) |
|-------------------|------------|----------------|-----------------------|
| 0-0.5             | 64.7       | 3593.77        | 898.4                 |
| 0.5-1.0           | 2.7        | 151.32         | 113.5                 |
| 1.0-2.0           | 1.8        | 100.57         | 150.9                 |
| 2.0-5.0           | 7.0        | 389.69         | 1363.9                |
| 5.0-10.0          | 3.3        | 181.95         | 1364.7                |
| 10.0-20.0         | 1.6        | 87.97          | 1319.6                |
| 20.0-50.0         | 0.4        | 20.23          | 708.1                 |
| >50.0             | 18.6       | 1033.0         | 51650.1               |
| <b>Total</b>      | <b>100</b> | <b>5558.51</b> | <b>57569.1</b>        |

### 1.3. Monitorizações no rio Enxoé

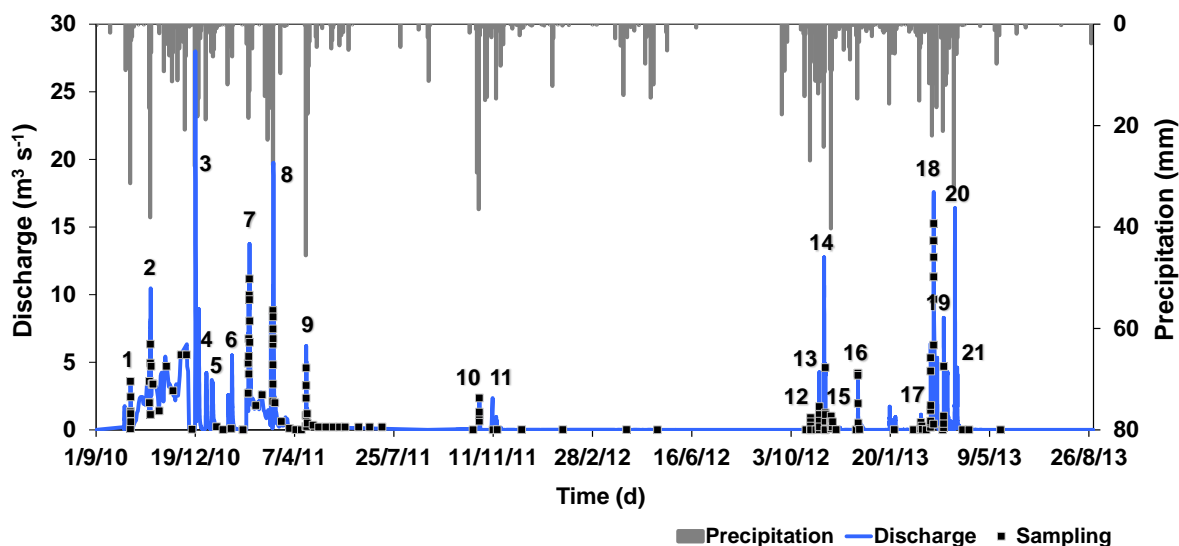
#### 1.3.1. Séries temporais no rio Enxoé

A qualidade da água do rio Enxoé foi monitorizada junto à aldeia de Vale de Vargo, entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013. Uma sonda multiparamétrica de medição automática (YSI 6920 Incorporated, Ohio, EUA) foi usada para monitorizar automaticamente o nível da água no rio e a turbidez (nefelometria). O caudal do rio foi calculado posteriormente a partir do nível da água medido pela sonda e da geometria do leito do rio, com a equação de Gauckler-Manning (Fig. 1.13).

A sonda controlava um colhedor automático (EcoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH, Bona, Alemanha) com 8 frascos de 2 L cada (Fig. 1.13), programado para colher amostras de água sempre que se verificava uma variação do nível da água no rio de 10 cm. Foram ainda colhidas amostras manualmente fora dos períodos de cheia. Nas colheitas manuais e automáticas obtiveram-se um total de 191 amostras. Registaram-se 21 cheias, distribuídas pelo Outono (10), Inverno (8) e Primavera (3). (Figura 1.14). Cada evento de cheia foi definido como um evento hidrológico completo, com um ramo ascendente e descendente.



**Figura 1.13.** Estação automática de monitorização da água no rio Enxoé. Nas fotos superiores pode ver-se parcialmente a sonda ISY e a medição da geometria do leito do rio. Na parte inferior da figura apresenta-se o colhedor automático de amostras.



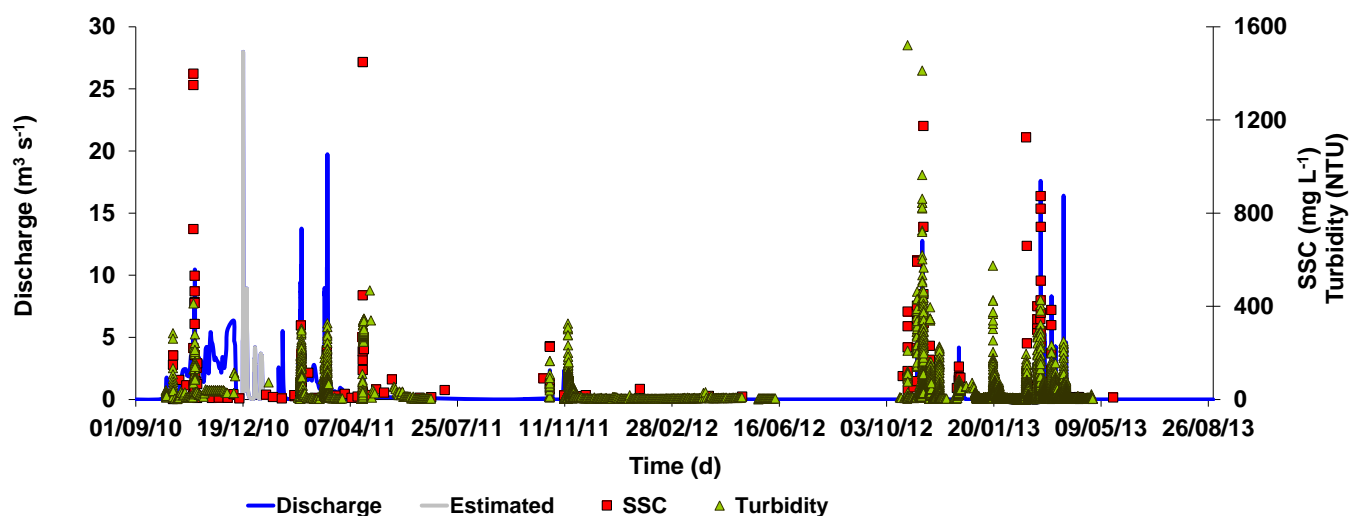
**Figura 1.14.** Precipitação (mm) e caudal ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) no local de monitorização no rio Enxoe entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013. As cheias monitorizadas encontram-se numeradas de 1 a 21.

Nas amostras de água monitorizaram-se a concentração de sedimentos suspensos (SSC), o fósforo total (TP), o fósforo particulado (PP), o fósforo solúvel reactivo (SRP), os nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), o carbono orgânico particulado (POC) e solúvel (DOC), a condutividade eléctrica (EC), os cátions  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , o pH e os  $\text{Cl}^-$ . Nas Figuras 1.15 a 1.20 encontram-se os resultados da monitorização de alguns desses parâmetros. A restante informação é dada no Anexo 1.

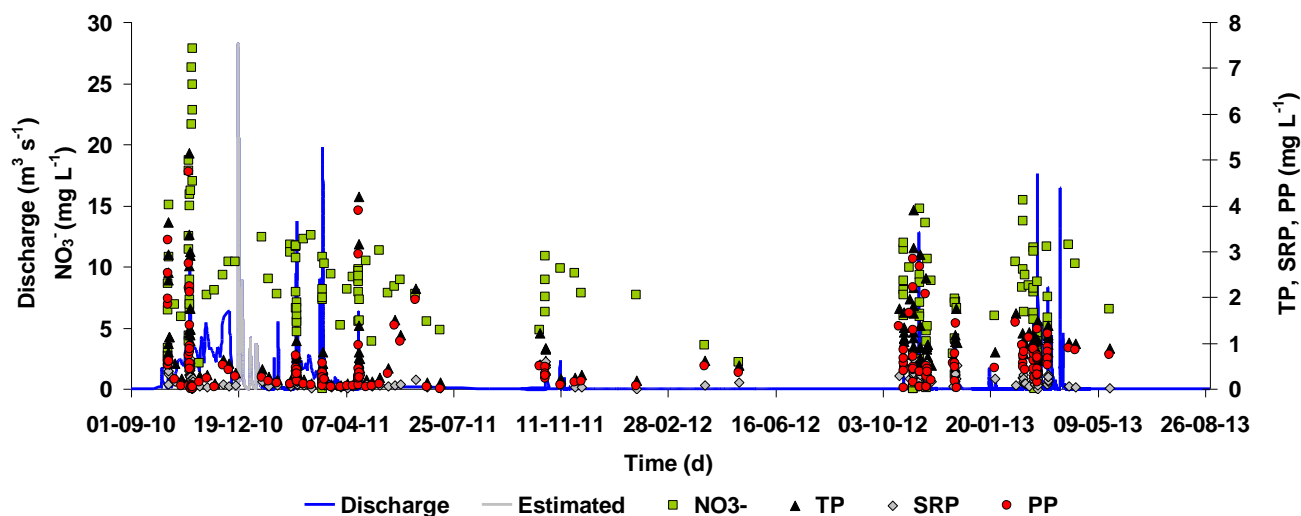
A Figura 1.15 apresenta a evolução da SSC e da turbidez entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013. No geral, a SSC apresenta valores máximos durante os eventos das cheias ( $1.6\text{--}1447.9 \text{ mg L}^{-1}$ ) e valores mais baixos durante o resto do ano ( $2.0\text{--}215.0 \text{ mg L}^{-1}$ ). O valor médio para os 3 períodos hidrológicos estudados foi de  $187.4 \text{ mg L}^{-1}$  ( $\sigma=269.6 \text{ mg L}^{-1}$ ). Os valores mais altos coincidem com os períodos de precipitação mais elevada. Os valores da turbidez seguem as tendências observadas para a SSC. Durante o período monitorizado obteve-se um valor médio para a turbidez de  $22.8 \text{ NTU}$  ( $\sigma=55.0 \text{ NTU}$ ).

A Figura 1.16 apresenta as concentrações de TP, SRP, PP e  $\text{NO}_3^-$  monitorizadas no período em estudo. As concentrações de P variam entre eventos de cheias e estações do ano, diminuindo do Outono para o Inverno e aumentando de novo na Primavera. Os valores máximos foram de novo observados durante os períodos de cheias. Os valores de TP variaram entre  $0.05$  e  $5.15 \text{ mg L}^{-1}$  (média= $0.94 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\sigma=0.83 \text{ mg L}^{-1}$ ). Os valores de PP variaram entre  $0$  e  $4.74 \text{ mg L}^{-1}$  (média= $0.60 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\sigma=0.74 \text{ mg L}^{-1}$ ). Os máximos de TP e PP foram obtidos em Outubro de 2010 (evento nº 2), quando SSC também atingiu um valor muito elevado. SRP variou entre  $0$  to  $0.67 \text{ mg L}^{-1}$  (média= $0.22 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\sigma=0.16 \text{ mg L}^{-1}$ ). Os valores mais elevados foram observados uma vez mais durante as cheias. O valor máximo foi observado, uma vez mais, no evento nº 2. O fósforo total dissolvido (TDP) variou entre  $0.01$  e  $1.34 \text{ mg L}^{-1}$  (média= $0.34 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\sigma=0.26 \text{ mg L}^{-1}$ ). A contribuição do SRP para o TDP variou entre  $49\%$  e  $97\%$ , enquanto a fracção do PP constitui a maior proporção do TP durante a maior parte dos eventos (valor médio de  $56.3\%$ ). SRP constitui geralmente somente uma pequena fracção de TP, mas atingiu valores  $>35\%$  em 6 eventos. Como o SRP é directamente absorvido pelas algas, estes 6 eventos podem ter tido uma contribuição mais negativa para a eutrofização do reservatório do Enxoe que todos os restantes.

Os Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) variaram entre 0 e  $27.84 \text{ mg L}^{-1}$  (média= $8.02 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\sigma=4.99 \text{ mg L}^{-1}$ ). O valor máximo foi observado em Novembro de 2010 (também durante o evento 2).



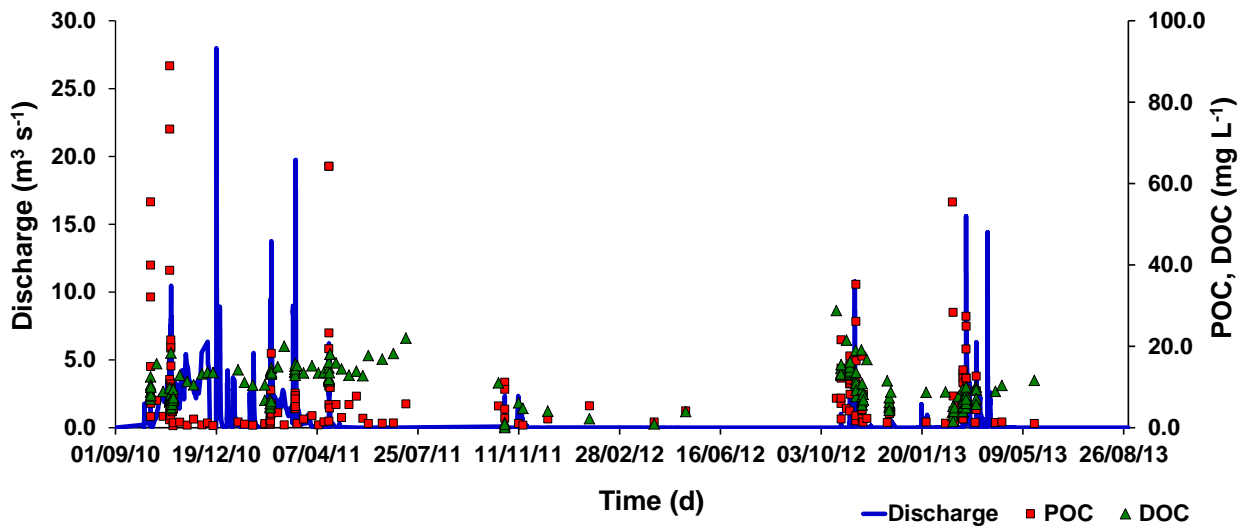
**Figura 1.15.** Caudal, concentração de sólidos suspensos (SSC) e turbidez monitorizadas no rio Enxoé, entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013.



**Figura 1.16.** Caudal e concentrações de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), fósforo total (TP), fósforo particulado (PP) e fósforo solúvel reactivo (SRP) no rio Enxoé, entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013.

A Figura 1.17 apresenta as concentrações do carbono orgânico particulado (POC) e solúvel (DOC) monitorizadas. O POC variou entre  $0.49$  e  $88.93 \text{ mg L}^{-1}$  (média  $9.52 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\sigma = 13.32 \text{ mg L}^{-1}$ ). A concentração do DOC variou entre  $0.25$  e  $25.75 \text{ mg L}^{-1}$  (média  $10.27 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\sigma = 4.69 \text{ mg L}^{-1}$ ), com o máximo valor registado em Outubro de 2012, mesmo antes do evento 12. As cheias tiveram pois um maior efeito na variabilidade do POC do que do DOC.

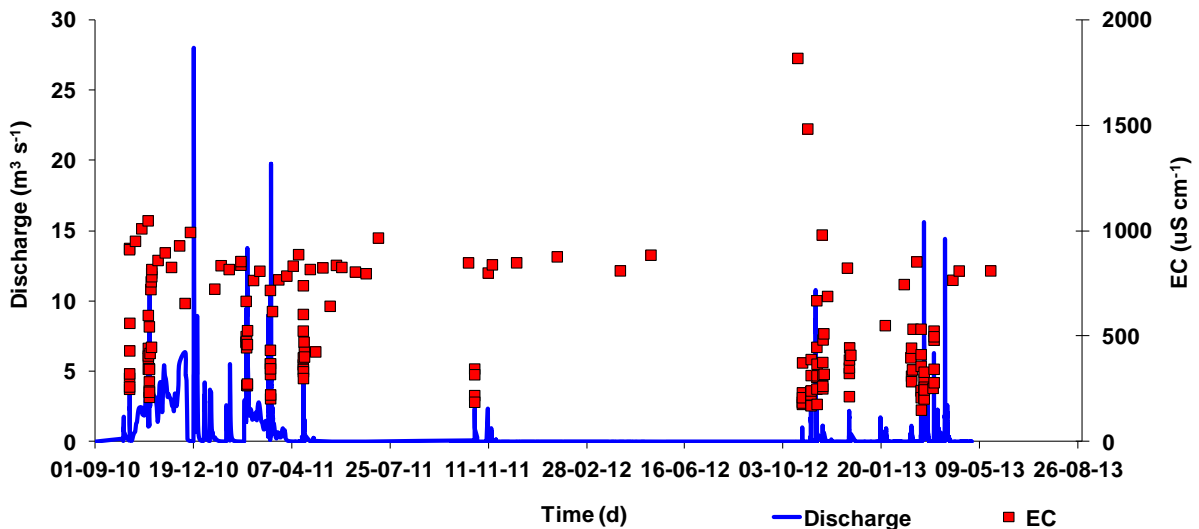




**Figura 1.17.** Caudal e concentrações de carbono orgânico particulado (POC) e carbono orgânico solúvel (DOC) no rio Enxoé, entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013.

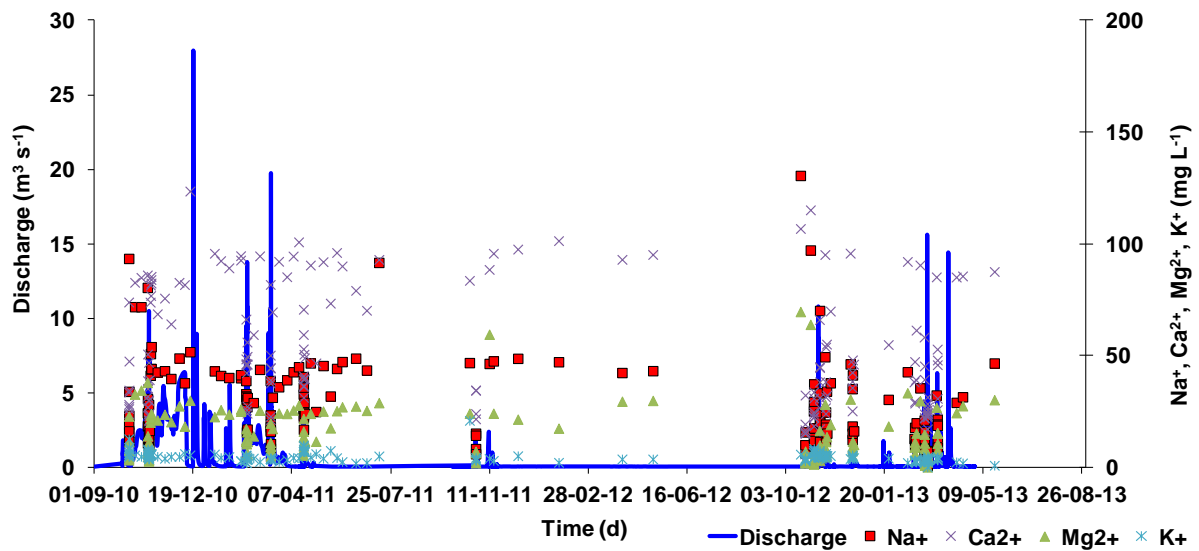
Na Figura 1.18 pode observar-se a evolução da condutividade eléctrica (EC) da água do rio Enxoé. A EC apresentou, de um modo geral, valores baixos (média de  $510 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), verificando-se um efeito de diluição durante as cheias. Contudo, observou-se um valor máximo de  $1818 \mu\text{S cm}^{-1}$  na primeira monitorização realizada em 2012/2013, certamente devido à acumulação de sais durante o Verão e ao período de seca prolongada no ano anterior (2011/2012). Os catiões solúveis apresentam naturalmente um comportamento semelhante ao da EC (Fig. 1.19), podendo ver-se também um efeito de diluição durante as cheias.

O pH apresentou um valor médio de 8.26, variando entre 7.57 e 9.19 (Fig. 1.20).

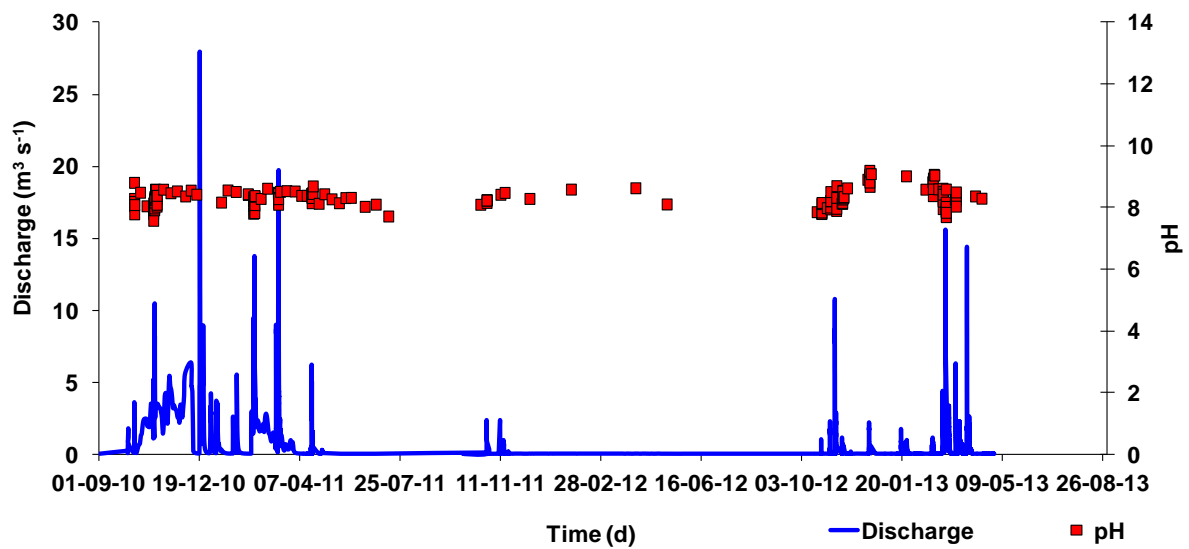


**Figura 1.18.** Caudal e condutividade eléctrica monitorizada no rio Enxoé, entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013.





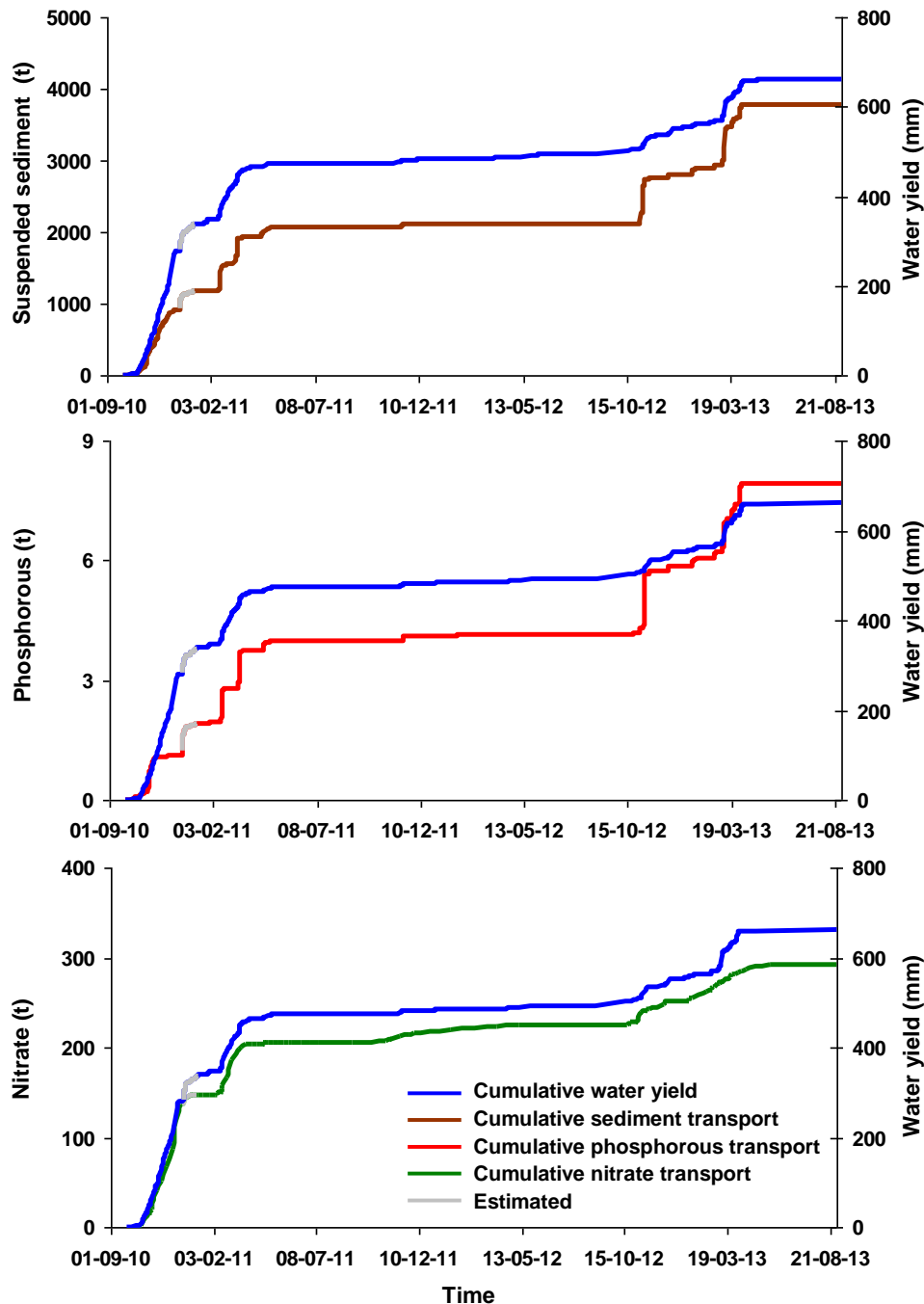
**Figura 1.19.** Caudal e concentrações de cátions solúveis monitorizadas no rio Enxoé, entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013.



**Figura 1.20.** Caudal e pH monitorizado no rio Enxoé, entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013.

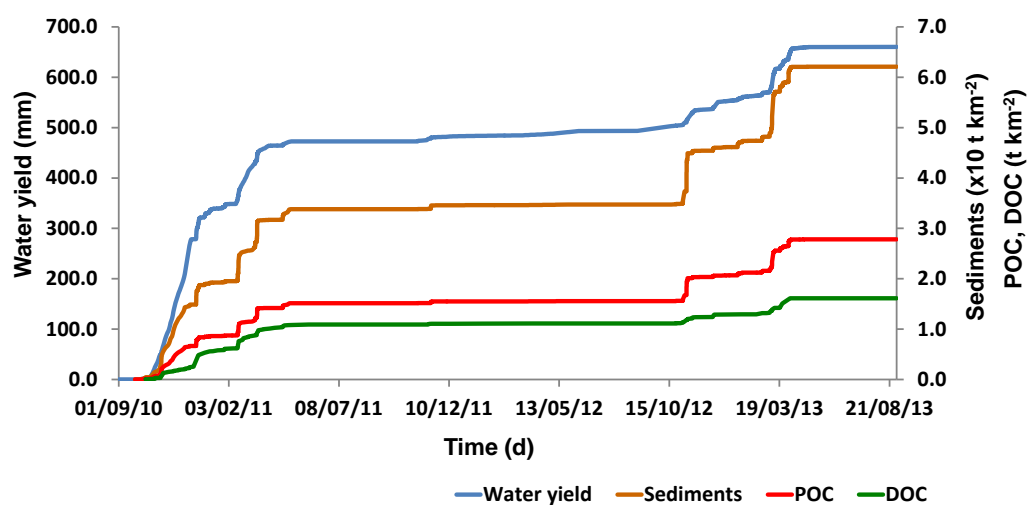
### 1.3.2. Cargas de sedimentos e de nutrientes transportados para o reservatório

As cargas para o reservatório foram calculadas a partir do integral no tempo, do produto das concentrações pelo caudal. As cargas dos elementos particulados (SS, P, POC) foram obtidas a partir dos valores de turbidez medidos automaticamente (em intervalos de tempo muito pequenos), uma vez que a correlação da turbidez com aqueles elementos era elevada ( $R^2$  entre 0,792 e 0,897). Na Figura 1.21 encontram-se as cargas acumuladas de sedimentos suspensos e de nutrientes (fósforo total e nitratos) para o reservatório do Enxoé, entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013.



**Figura 1.21.** Quantidade de água, sedimentos suspensos, fósforo total e nitratos transportados para o reservatório do Enxoé entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013.

Na Figura 1.22 podem observar-se as cargas de DOC e POC transportadas para o reservatório durante o mesmo período de tempo.



**Figura 1.22.** Quantidade de água, carbono orgânico particulado (POC) e solúvel (DOC) transportados para o reservatório do Enxó entre Setembro de 2010 e Agosto de 2013.

No Quadro 1.11, encontram-se as quantidades anuais de água, nutrientes (fósforo e azoto) e carbono orgânico (solúvel e particulado) que foram calculadas como sendo transportadas para a albufeira do Enxó durante o período monitorizado (Setembro de 2010 a Agosto de 2013). Encontra-se ainda referido a percentagem desses elementos que foram transportados durante os períodos de cheias. Assim, os eventos das cheias foram directamente responsáveis por mais de metade das perdas dos elementos particulados. No caso dos elementos solúveis as perdas mais significativas chegam ao rio fora dos períodos de cheia (Quadro 1.11).

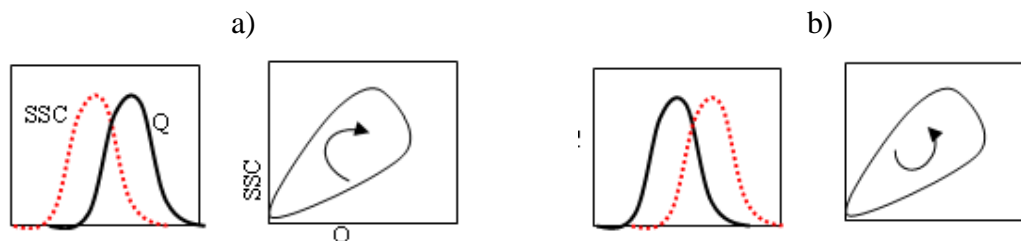
**Quadro 1.11.** Quantidades anuais de água, sedimentos, fósforo, azoto, carbono orgânico solúvel e particulado que saem da bacia hidrográfica do Enxó e percentagem que tem origem nos eventos de cheia.

|                                   | 2010/2011                |                     | 2011/2012                |                     | 2012/2013                |                     |
|-----------------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
|                                   | Saídas para reservatório | % origem nas cheias | Saídas para reservatório | % origem nas cheias | Saídas para reservatório | % origem nas cheias |
| Quantidade de água (mm)           | 473                      | 18.7                | 21                       | 18                  | 167                      | 60.9                |
| Sedimentos (kg ha <sup>-1</sup> ) | 338.2                    | 55.8                | 9.3                      | 5.7                 | 273.4                    | 76.8                |
| P (kg ha <sup>-1</sup> )          | 0.65                     | 82.4                | 0.03                     | 5.2                 | 0.62                     | 80.4                |
| N (kg ha <sup>-1</sup> )          | 7.61                     | 15.2                | 0.73                     | 16.9                | 2.52                     | 18.7                |
| POC (kg ha <sup>-1</sup> )        | 15.1                     | 51.4                | 0.4                      | 5.7                 | 1.22                     | 85.7                |
| DOC(kg ha <sup>-1</sup> )         | 10.9                     | 64.5                | 0.2                      | 63                  | 0.50                     | 95.2                |

### 1.3.3. Histerese na relação concentração-caudal

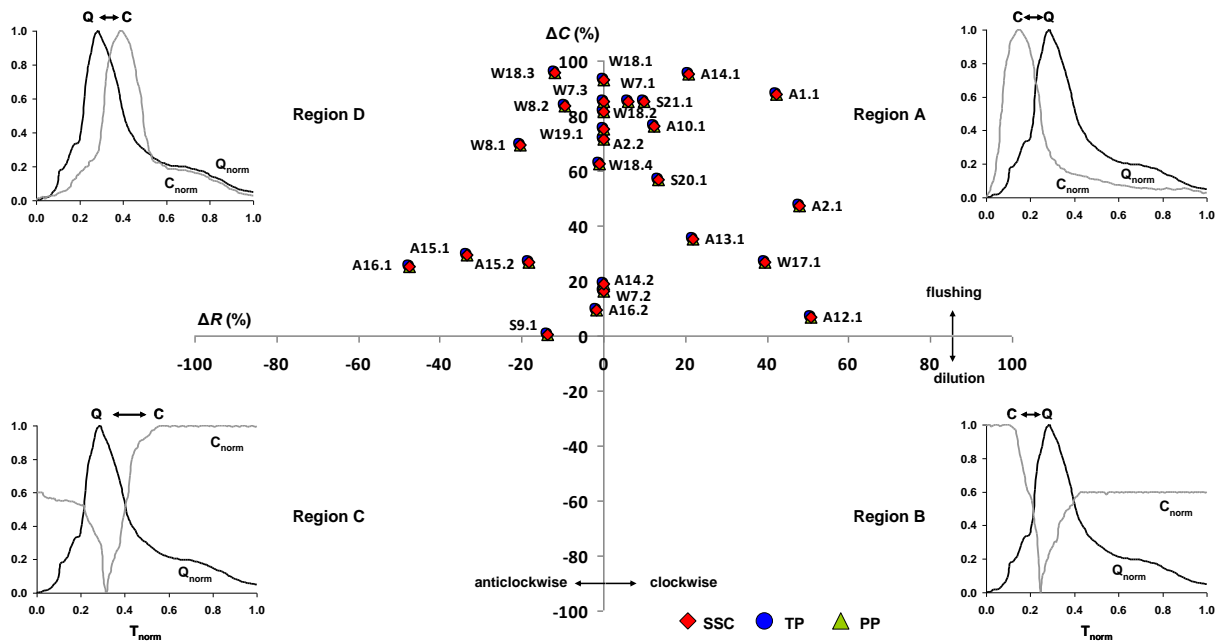
A monitorização da concentração dos sedimentos e dos nutrientes nas linhas de água e reservatórios é importante para a determinação do seu estado trófico. Contudo, a monitorização desses elementos, só por si, não fornece informação sobre a sua origem. Nesse sentido, os padrões de histerese na relação concentração-caudal são frequentemente analisados para obter essa informação (Butturini *et al.*, 2006).

A histerese para um dado caudal é caracterizada por diferenças na concentração de um elemento, no ramo ascendente e descendente do hidrograma (Figura 1.23). As variações na relação concentração-caudal resultam em trajetórias no sentido horário quando a concentração é mais alta no ramo ascendente (indicando cargas provenientes de locais próximos i.e., margens e leito do rio e escoamento superficial), e no sentido anti-horário quando a concentração é superior no ramo descendente da cheia (indicando uma transferência mais lenta e difusa dos elementos para o rio, proveniente de locais mais remotos, isto é, resultante da erosão da parte montante da bacia e de escoamentos sub-superficiais) (Oeurng *et al.*, 2011; Bowes *et al.*, 2005).

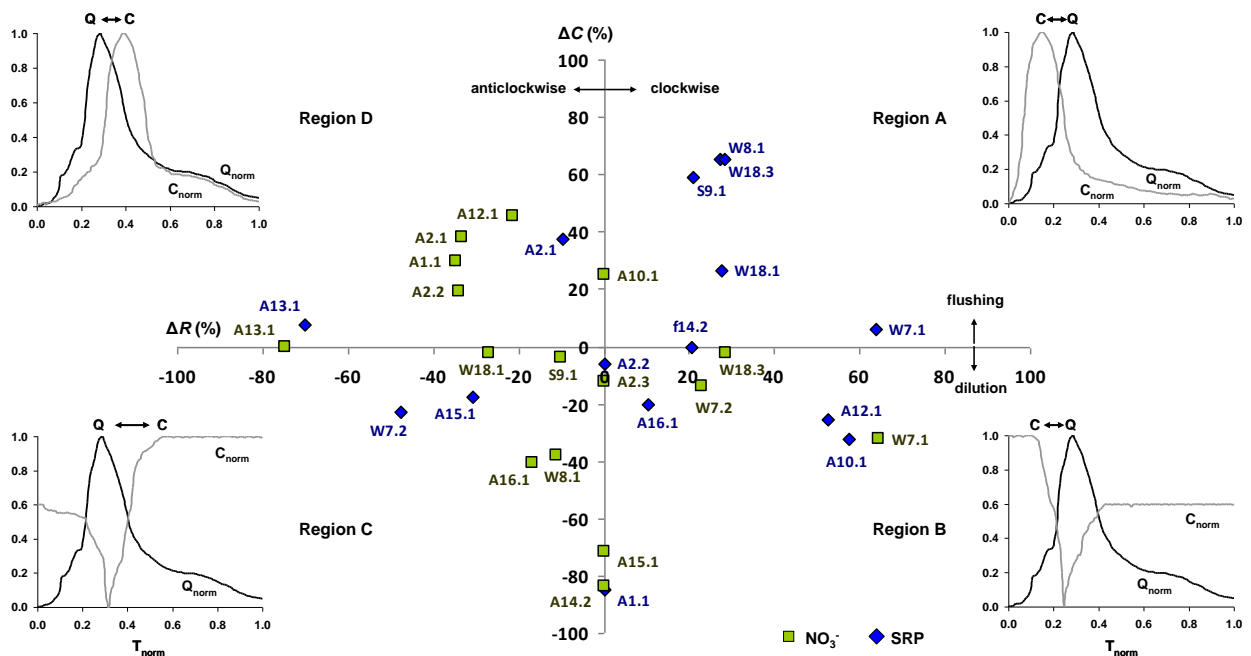


**Figura 1.23.** Padrões da histerese. a) Sentido horário, o pico de concentração chega antes do pico da cheia (entradas rápidas do elemento no rio - locais próximos). b) Sentido anti-horário, o pico de concentração chega depois do pico da cheia (transferência para o rio mais lenta e difusa - locais mais afastados).

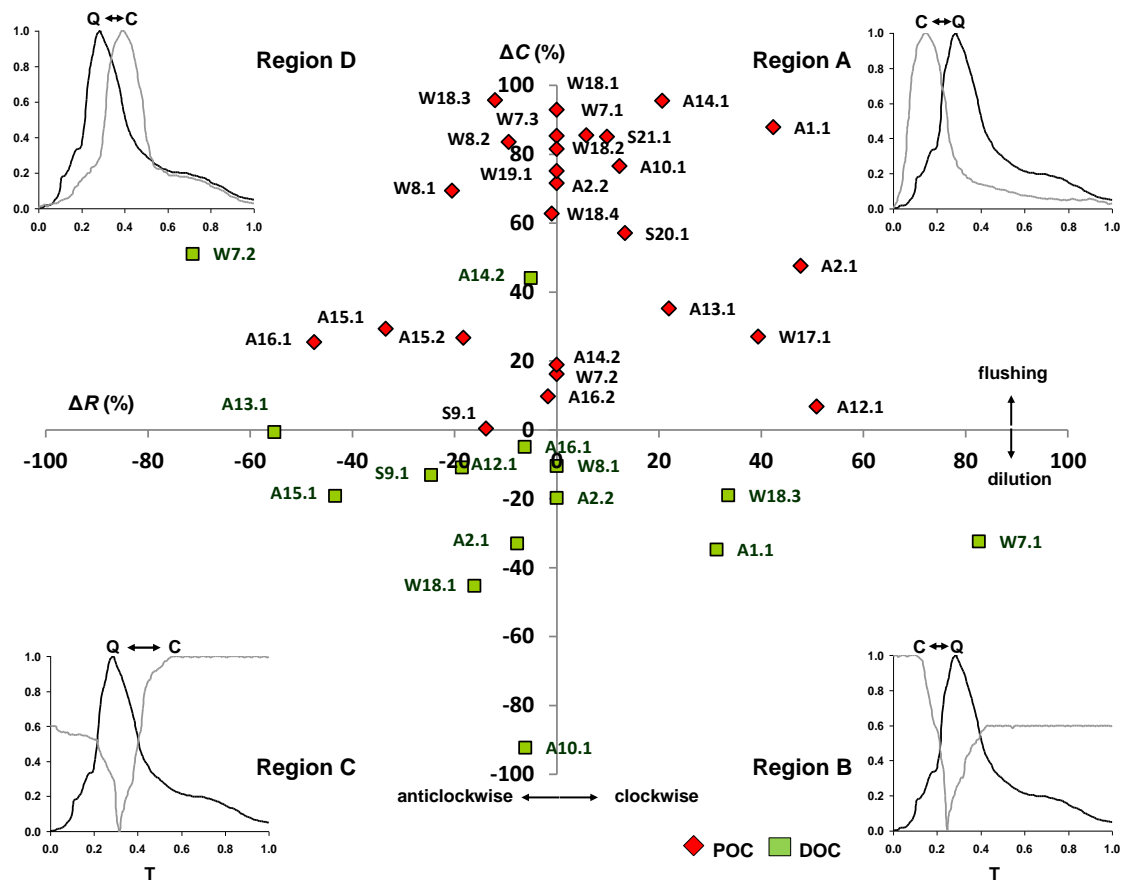
A análise das relações entre as concentrações de SSC, TP, PP, SRP,  $\text{NO}_3^-$ , POC e DOC e o caudal foi efectuada, para cada evento de cheia, com modelo empírico de Butturini *et al.* (2006). Este modelo descreve o comportamento da histerese a partir de 2 parâmetros: as alterações na concentração dos solutos ( $\Delta C$ ) e a área e o padrão rotacional de cada curva da histerese ( $\Delta R$ ). A variabilidade dos 2 parâmetros incluídos no modelo empírico de Butturini *et al.* (2006) pode ser descrita num plano unitário  $\Delta C$  vs.  $\Delta R$ , onde 4 regiões são identificadas de acordo com o aumento de concentração/diluição do elemento e o padrão rotacional (horário e anti-horário) da histerese. Esta informação permite clarificar a fonte (origem) dos solutos e do material transportado e identificar diferentes os tipos de cheias. Nas Figuras 1.24, 1.25 e 1.26 encontram-se planos unitários  $\Delta C$  vs.  $\Delta R$  para os sedimentos, o fósforo total e o particulado (Fig 1.24), para o fósforo solúvel reactivo e para os nitratos (Fig. 1.25) e para o POC e DOC (Fig. 1.26), tal como definidos por Buturrini *et al.* (2006).



**Figura 1.24.** Plano unitário  $\Delta C$  vs.  $\Delta R$  para análise da histerese na relação  $C-Q$  da concentração dos sedimentos (SSC), fósforo total (TP), e fósforo particulado (PP). Os índices  $i,j$  correspondem ao  $i^{th}$  evento de cheia monitorizado (1-21) e ao  $j^{th}$  pico de caudal (1-4) monitorizados durante o Outono (A), Inverno (W) e Primavera (S). São apresentadas as relações  $C-Q$  típicas de cada quadrante do plano unitário  $\Delta C$  vs.  $\Delta R$ .



**Figura 1.25.** Plano unitário  $\Delta C$  vs.  $\Delta R$  para análise da histerese na relação  $C-Q$  da concentração do fósforo solúvel reactivo (SRP) e dos nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). Os índices  $i,j$  correspondem ao  $i^{th}$  evento de cheia monitorizado (1-21) e ao  $j^{th}$  pico de caudal (1-4) monitorizados durante o Outono (A), Inverno (W) e Primavera (S). São apresentadas as relações  $C-Q$  típicas dos quadrantes do plano unitário  $\Delta C$  vs.  $\Delta R$ .



**Figura 1.26.** Plano unitário  $\Delta C$  vs.  $\Delta R$  para análise da histerese na relação  $C-Q$  da concentração do carbono orgânico particulado (POC) e carbono orgânico solúvel (DOC). Os índices  $i,j$  correspondem ao  $i^{th}$  evento de cheia monitorizado (1-21) e ao  $j^{th}$  pico de caudal (1-4) monitorizados durante o Outono (A), Inverno (W) e Primavera (S). São apresentadas as relações  $C-Q$  típicas de cada quadrante do plano unitário  $\Delta C$  vs.  $\Delta R$ .

Os resultados anteriores permitiram estabelecer o modelo conceptual do transporte e origem dos sedimentos, nutrientes e carbono orgânico na bacia hidrográfica do Enxóe (Quadros 1.12 e 1.13).



**Quadro 1.12.** Modelo conceptual da origem e transporte dos sedimentos e nutrientes na bacia hidrográfica do Enxóé. No Verão não houve fluxo (rio temporário)

|   | Outono           |                        |                     | Inverno          |                        |                     | Primavera        |                        |                       |
|---|------------------|------------------------|---------------------|------------------|------------------------|---------------------|------------------|------------------------|-----------------------|
|   | Origem           | Transferência          | Padrão de Histerese | Origem           | Transferência          | Padrão de Histerese | Origem           | Transferência          | Padrão de Histerese   |
| <b>Elementos particulados<br/>SSC, TP, and PP</b> | Margens do rio   | Escoamento superficial | Carga               | Campos agrícolas | Escoamento superficial | Carga               | Margens do rio   | Escoamento superficial | Carta                 |
|   |                  |                        | Sentido horário     |                  |                        | Misto               |                  |                        | Campos agrícolas      |
| <b>Elementos solúveis<br/>SRP</b>                 | Margens do rio   | Escoamento superficial | Diluição            | Margens do rio   | Escoamento superficial | Carga               | Margens do rio   | Escoamento superficial | Carga                 |
|   | Campos agrícolas | Fluxo lateral          | Misto               |                  |                        | Sentido horário     |                  |                        | Sentido horário       |
| <b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>                 | Campos agrícolas | Fluxo lateral          | Carga Anti-horário  | Campos agrícolas | Fluxo lateral          | Diluição Misto      | Campos agrícolas | Fluxo lateral          | Diluição Anti-horário |

**Quadro 1.13.** Modelo conceptual da origem e transporte do carbono orgânico particulado (POC) e solúvel (DOC) na bacia hidrográfica do Enxoé.

| Estação do ano        | POC   | DOC                          |
|-----------------------|---|------------------------------|
| <b>Outono:</b>        |   |                              |
| - Origem              | Terrestre/Aquático (Margens do rio)         | Terrestre (Campos agrícolas) |
| - Transferência       | Escorrimento superficial                    | Fluxo subsuperficial         |
| - Padrão de histerese | Sentido horário/Carga                       | Anti-horário/Diluição        |
| <b>Inverno:</b>       |   |                              |
| - Origem              | Terrestre (Campos agrícolas)                | Terrestre (Campos agrícolas) |
| - Transferência       | Escorrimento superficial                    | Fluxo subsuperficial         |
| - Padrão de histerese | Misto/Carga                                 | Misto/Diluição               |
| <b>Primavera:</b>     |   |                              |
| - Origem              | Terrestre (Margens do rio/campos agrícolas) | Terrestre (Campos agrícolas) |
| - Transferência       | Escorrimento superficial                    | Fluxo subsuperficial         |
| - Padrão de histerese | Misto/Carga                                 | Anti-horário/Diluição        |
| <b>Verão:</b>         |   |                              |
| - Transferência       | Sem fluxo                                   | Sem fluxo                    |

#### 1.4. Principais conclusões das monitorizações na bacia hidrográfica (Tarefa 1)

O modelo PESERA estimou que 65% da área total da bacia hidrográfica do Enxoé apresenta uma taxa de perda de solo inferior a 0,5 t/ha/ano, isto é, um risco de erosão potencial muito baixo. Estas estimativas foram obtidas essencialmente nas zonas ocupadas por olival e montado de sobre e azinho, sujeitas a agricultura e pastoreio extensivos. Estes sistemas conferem grande protecção contra a erosão, dado que o solo encontra-se coberto com vegetação durante a maior parte do ano. As áreas que apresentam maior risco de erosão (> 50 t/ha/ano de perda de solo) correspondem a cerca de 19% da área total e localizam-se sobretudo a noroeste e sudeste da bacia, nas zonas de agricultura mais intensiva (com culturas anuais). Verifica-se, que cerca de 30% da área total da bacia do Enxoé apresenta uma taxa potencial de perda de solo superior a 2 t/ha/ano, limite considerado tolerável em regiões como o Baixo Alentejo. Nos ensaios experimentais, obtiveram-se taxas de perda de solo médias entre 40 e 164 kg/ha/ano, incluindo-se na classe de menor risco de erosão avaliada pelo modelo PESERA.

A dinâmica dos sedimentos e nutrientes na bacia hidrográfica do Enxoé apresentou uma grande variabilidade sazonal e anual durante o período monitorizado (Setembro de 2010 a Agosto de 2013). O caudal anual variou entre 1.2 e 28.7 hm<sup>3</sup>, dependendo da quantidade de chuva registada em cada ano hidrológico. As perdas anuais de sedimentos foram relativamente baixas (9.3–338.2 kg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>) e estiveram relacionadas também com a quantidade de precipitação registada em cada ano. Os eventos de cheias foram responsáveis por 55.8-76.8% das cargas anuais de sedimentos para o reservatório. O transporte anual de fósforo foi considerado como dentro dos valores médios (0.03-0.65 kg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>), quando comparado com outras bacias do mediterrâneo, sendo as cheias responsáveis pela maior parte do transporte do P (80.2-82.4%).

Durante o período monitorizado, 46.2% dos sedimentos e fósforo transportados tiveram origem nos depósitos acumulados no leito do rio, resultantes da diminuição da estabilidade e desagregação das margens com o pastoreio, enquanto que 42.9% tiveram origem na erosão do solo provocada por operações de mobilização do solo nos campos agrícolas. A dinâmica dos sedimentos e do fósforo na bacia hidrográfica foi assim associada à capacidade de transporte das linhas de água e à disponibilidade das partículas durante as estações do ano.

A dinâmica do carbono orgânico particulado foi semelhante à verificada para os sedimentos. As concentrações do carbono orgânico particulado na descarga do rio aumentaram consideravelmente durante as cheias, especialmente no Outono e na Primavera. No Outono, as cargas tiveram essencialmente uma origem terrestre, resultando também dos depósitos no leito do rio, da destruição das margens e do pastoreio. A produção aquática do carbono particulado constituiu apenas uma fracção mínima das exportações, tendo sido arrastado durante a primeira cheia no Outono. No Inverno e na Primavera, a erosão nos campos agrícolas foi o principal processo responsável pela remoção do carbono particulado. As exportações anuais de POC variaram entre 0.04 e 1.51 t km<sup>-2</sup>, com valores mais elevados observados nos anos húmidos.

O comportamento dos elementos solúveis foi de um modo geral diferente do dos elementos particulados. As cargas anuais de nitratos foram baixas (3.24–33.70 kg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>), sendo as maiores exportações observadas no Outono e Primavera. Contudo, a contribuição dos eventos das cheias para as cargas de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foi de apenas 15.2–18.7% das perdas anuais. A parte mais significativa foi transportada dos campos agrícolas, fora dos períodos de cheia, por escoamento sub-superficial. O transporte de nitratos foi, portanto, dependente das características hidráulicas dos solos. O SRP teve origem, geralmente, nas margens do rio. Contudo, são necessárias mais observações das respostas SRP-*Q* para identificar melhor qual o padrão típico para este elemento.

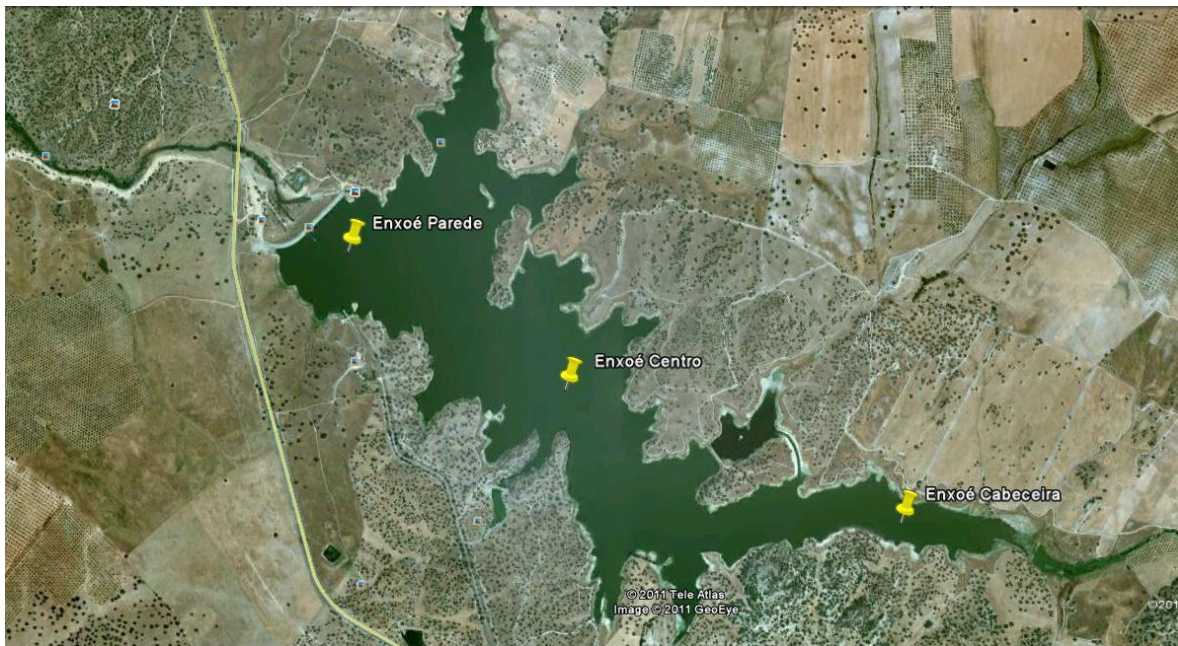
O efeito das cheias na variabilidade do DOC foi menor que a observada no POC. O carbono orgânico solúvel teve essencialmente uma origem terrestre, resultante de processos da mineralização dos resíduos das culturas e de outros resíduos orgânicos e da mineralização do húmus do solo. As exportações variaram entre 0.02 e 1.09 t km<sup>-2</sup>, dependentes também da precipitação ocorrida.

Baseado no modelo conceptual desenvolvido para o Enxoé, as medidas mais eficazes para reduzir a eutrofização no reservatório do Enxoé seriam a adopção de práticas de mobilização mínima que levariam a uma melhoria da estabilidade do solo, ao aumento da infiltração da água no solo e à redução do escoamento superficial. Também a protecção das margens do rio contra o pastoreio e a conservação da vegetação ripária seria importante para reter uma parte significativa dos nutrientes transportados no rio, para aumentar a agregação e estabilidade das margens e reduzir os depósitos de sedimentos no leito do rio.

## Tarefa 2 – Monitorização dos nutrientes e actividade trófica no reservatório do Enxoé

### 2.1. Monitorizações no reservatório

Nesta tarefa monitorizaram-se as propriedades da água ao longo da albufeira a duas profundidades. Na Figura 2.1 encontram-se assinalados os 3 locais de monitorização na albufeira (ou reservatório) do Enxoé.



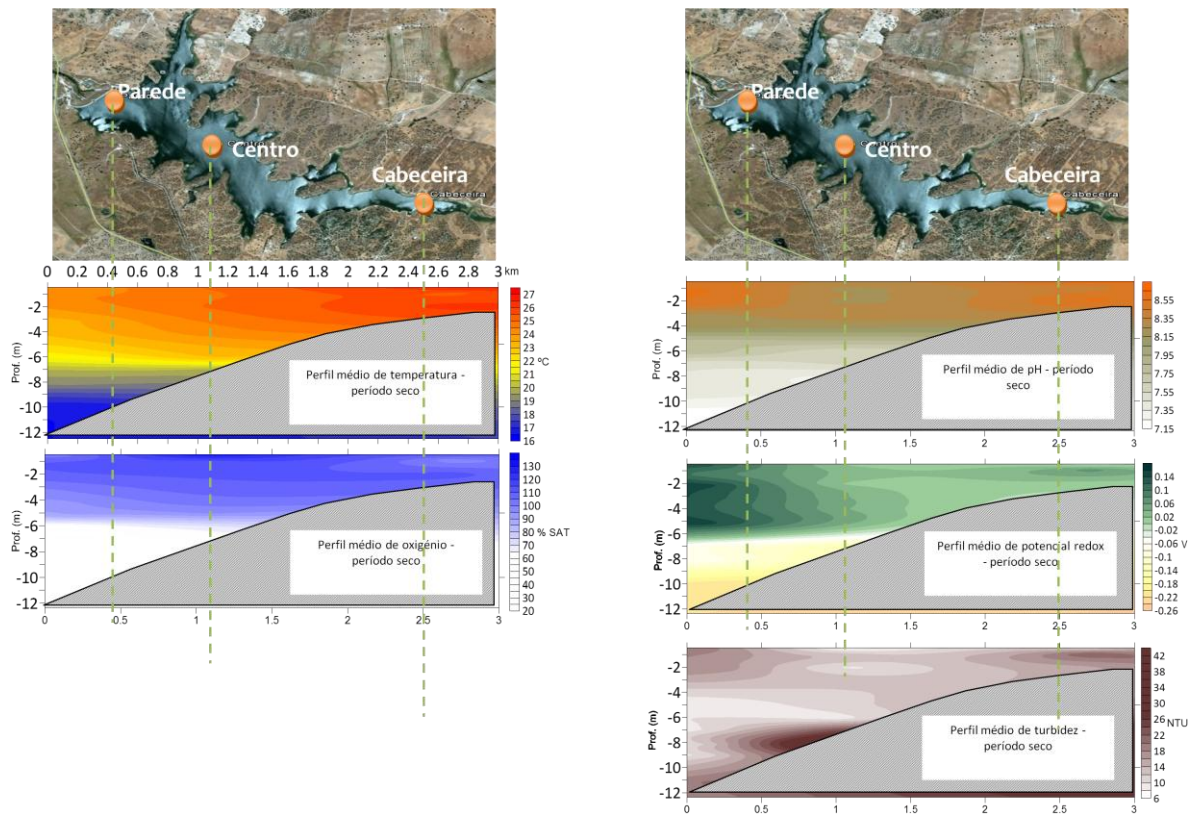
**Figura 2.1.** Locais de amostragem no reservatório do Enxoé.

Foram realizadas campanhas de amostragem mensais nos 3 locais da albufeira (cabeceira, centro da albufeira e barragem) a 2 profundidades (superfície e fundo), entre Setembro de 2010 e Março de 2012.

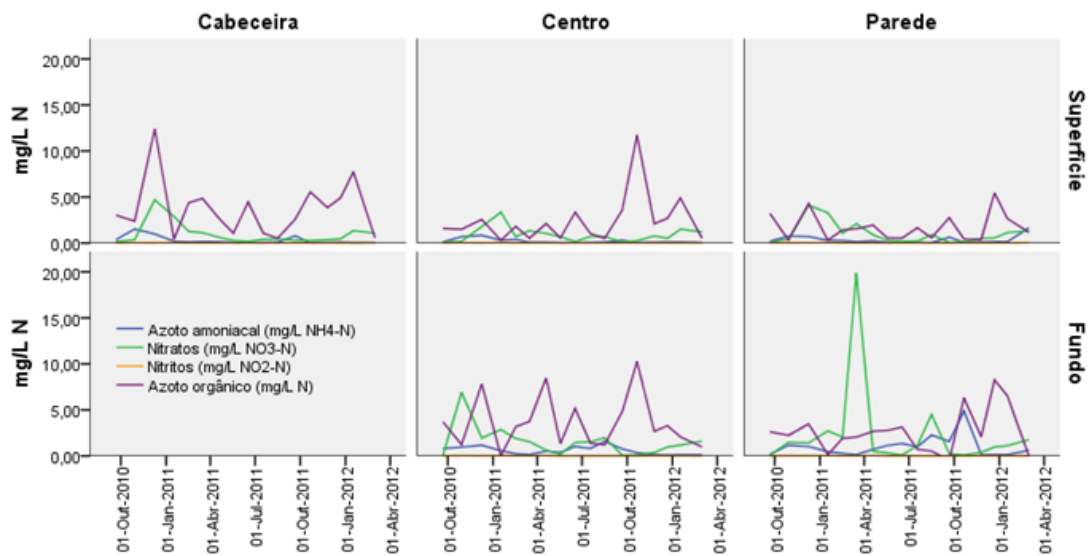
Monitorizaram-se os perfis verticais de temperatura, o pH, o potencial redox, o oxigénio dissolvido, a condutividade, a turvação, os sólidos suspensos totais, a matéria orgânica, o azoto e o fósforo à superfície e fundo da albufeira. Para a análise do fitoplâncton fizeram-se amostras compostas da zona eufótica para determinação da clorofila *a*, identificação e quantificação de fitoplâncton e biovolume específico.

Na Figura 2.2 podem observar-se os perfis longitudinais médios anuais da temperatura, oxigénio, pH, potencial redox e turbidez, para o período seco (de Maio a Outubro).

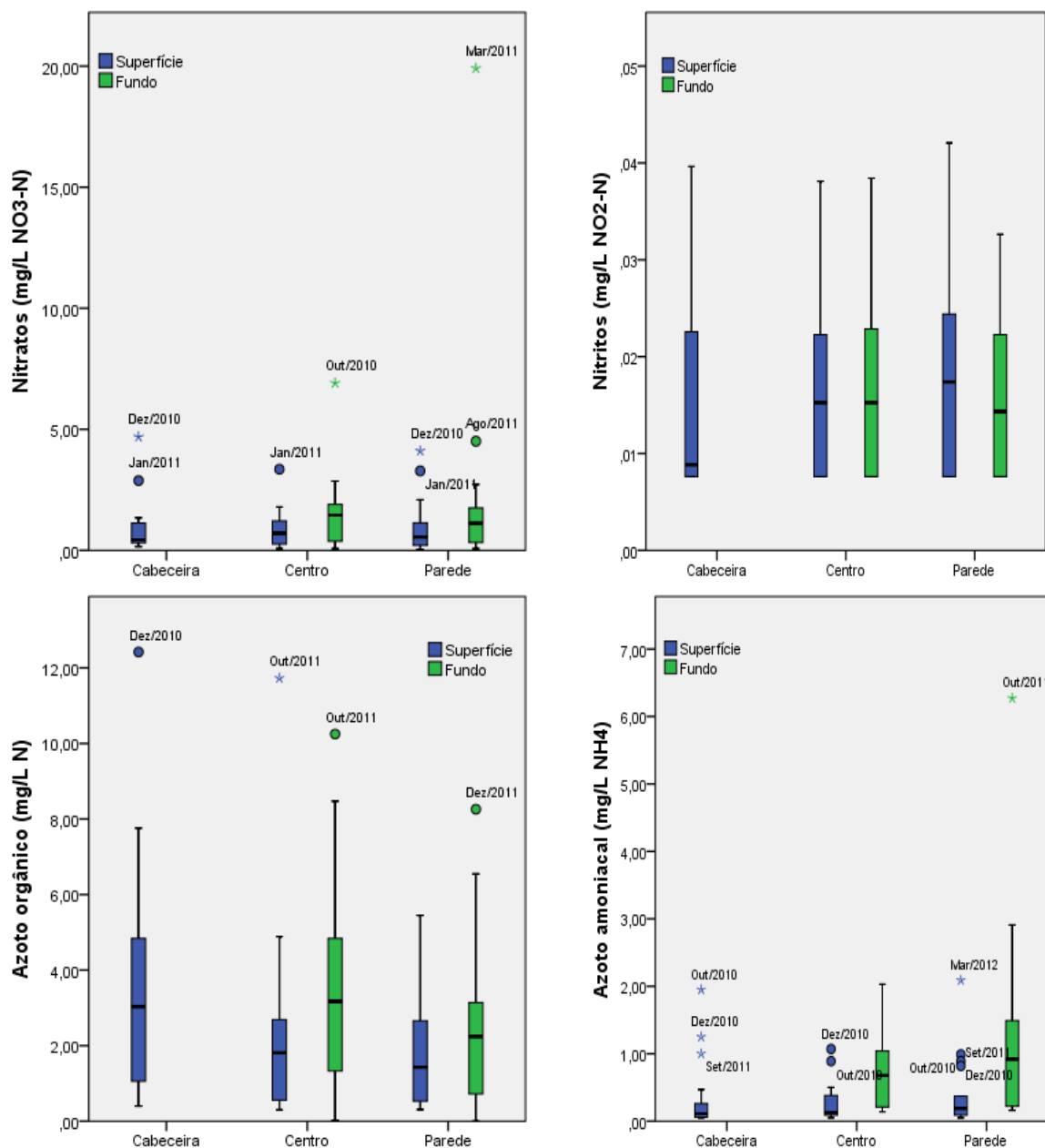
Nas Figuras 2.3 e 2.4 apresentam-se os resultados obtidos referentes ao azoto. Na Figura 2.3 podem observar-se as séries temporais da concentração das várias formas de azoto (amoniaco, nitratos, nitritos e orgânico) nos 3 locais e 2 profundidades amostrados. Na Figura 2.4 comparam-se os níveis das várias formas de azoto entre locais e profundidades de amostragem, utilizando toda a série de dados (de 2010 a 2012)



**Figura 2.2.** Perfis longitudinais médios anuais da temperatura, oxigénio, pH, potencial redox e turbidez, para o período seco (Maio a Outubro).



**Figura 2.3.** Séries temporais da concentração do azoto amoniacal, dos nitratos, nitritos e azoto orgânico em 3 locais da albufeira do Enxoe (cabeceira, centro e parede) à superfície e no fundo.



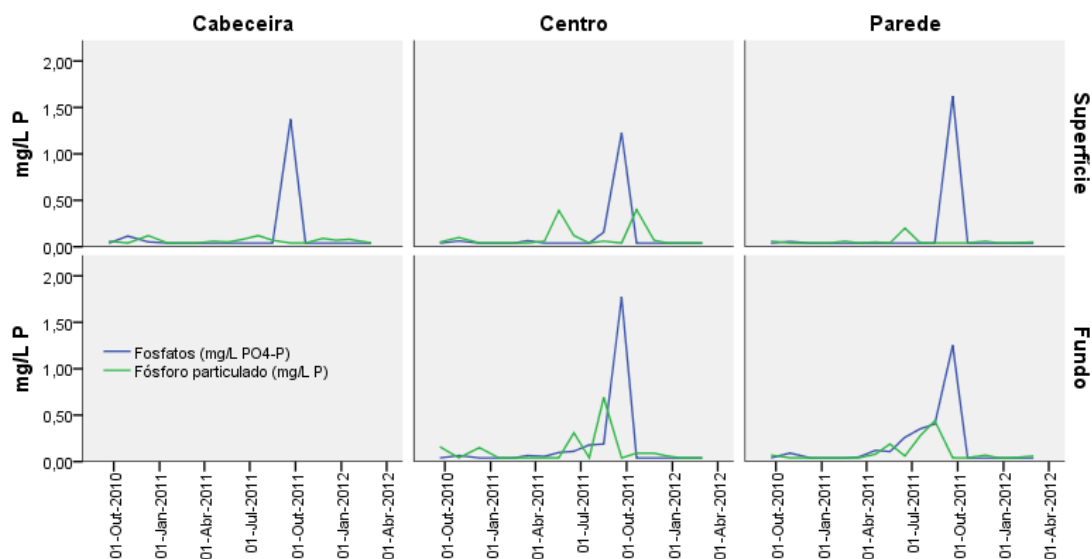
**Figura 2.4.** Comparação dos níveis de azoto entre locais e profundidades de amostragem utilizando toda a série de dados (2010-2012)

As Figuras 2.5 e 2.6 são referentes aos resultados obtidos para o fósforo. Na Figura 2.5 podem observar-se as séries temporais da concentração de fosfatos ( $P-PO_4$ ) e de fósforo particulado nos 3 locais e profundidades amostradas. Na Figura 2.6 comparam-se os níveis de fósforo entre locais e profundidades de amostragem utilizando toda a série de dados (2010-2012).

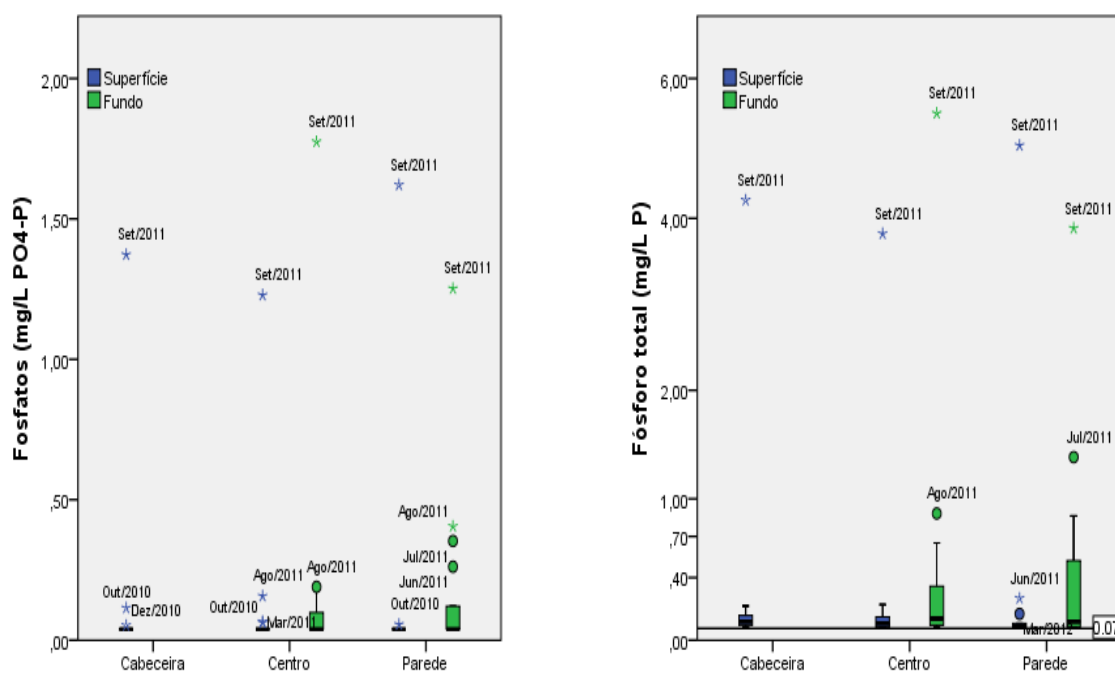
Nota:

Os níveis de azoto e de fósforo das amostras de água recolhidas junto ao fundo são significativamente mais elevados que os das amostras de superfície, o que aponta para uma elevada taxa de libertação dos sedimentos. Esta recarga interna de fósforo sustenta elevados níveis de produtividade primária.



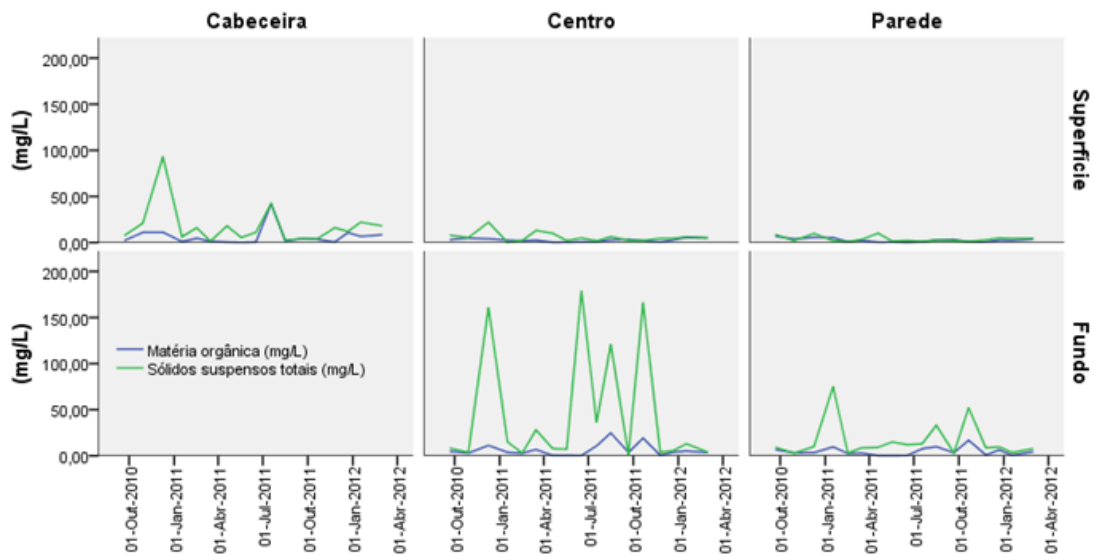


**Figura 2.5.** Séries temporais da concentração de fosfatos e de fósforo particulado em 3 locais da albufeira do Enxóe (cabeceira, centro e parede) à superfície e no fundo.

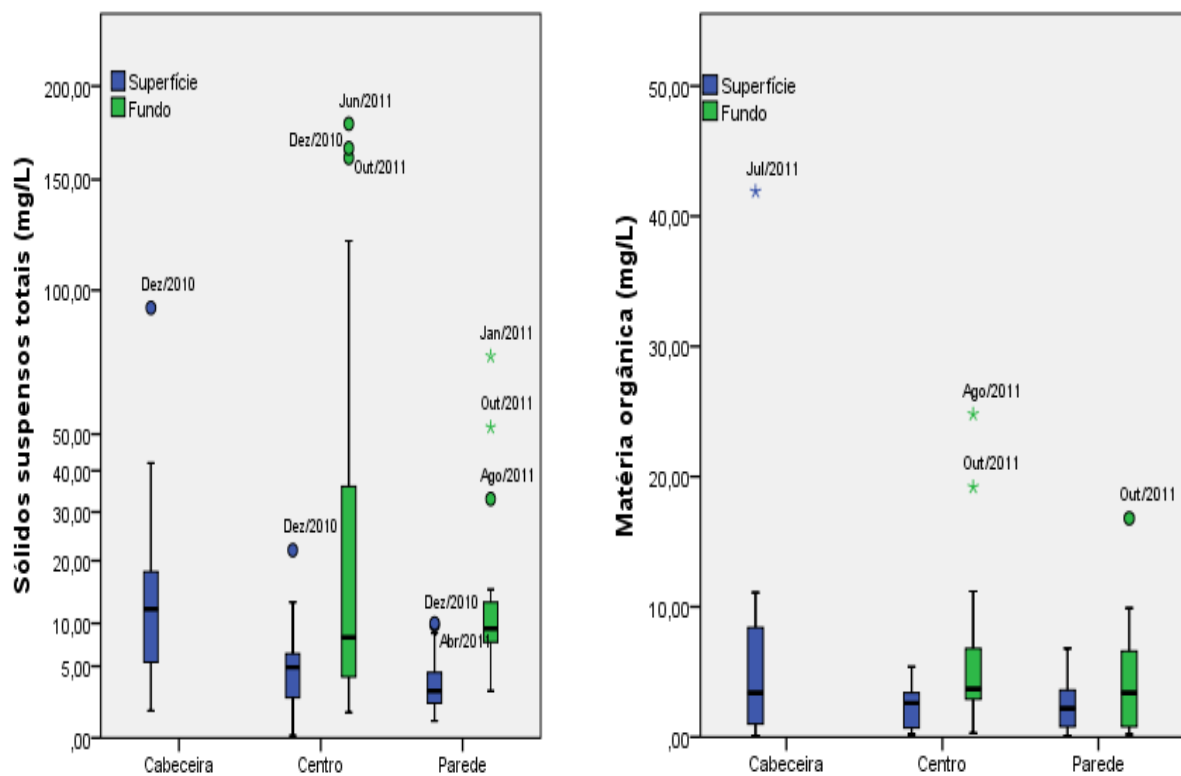


**Figura 2.6.** Comparação dos níveis de fósforo entre locais e profundidades de amostragem utilizando toda a série de dados (2010-2012)

Nas Figuras 2.7 e 2.8, podem visualizar-se os resultados obtidos no caso da matéria orgânica e dos sólidos suspensos totais. Na Figura 2.7 encontram-se as séries temporais da concentração de matéria orgânica e de sólidos suspensos totais nos 3 locais e 2 profundidades amostradas. Na Figura 2.8 comparam-se os níveis de sólidos em suspensão e a matéria orgânica entre locais e profundidades de amostragem utilizando toda a série de dados (2010-2012).



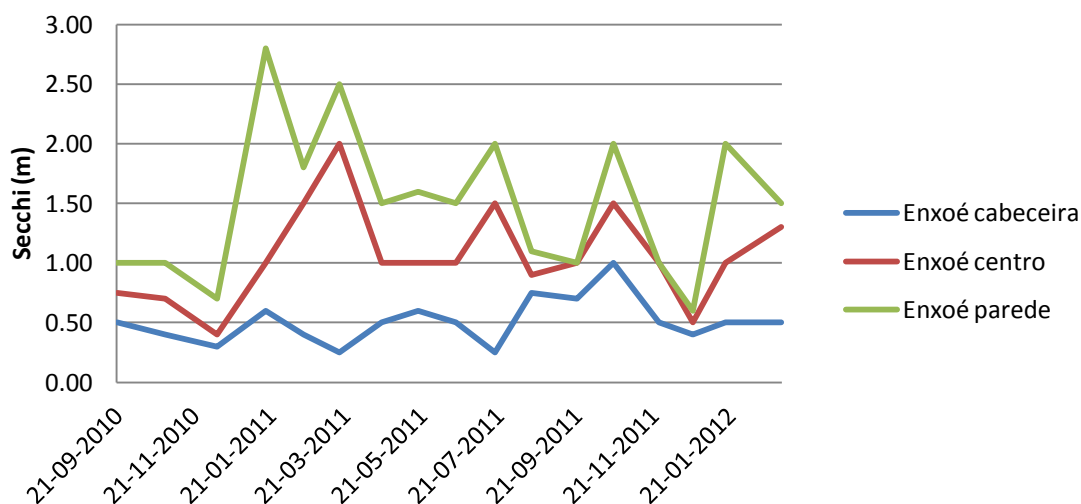
**Figura 2.7.** Séries temporais da concentração de matéria orgânica e de sólidos suspensos totais em 3 locais da albufeira do Enxóe (cabeceira, centro e parede) à superfície e no fundo.



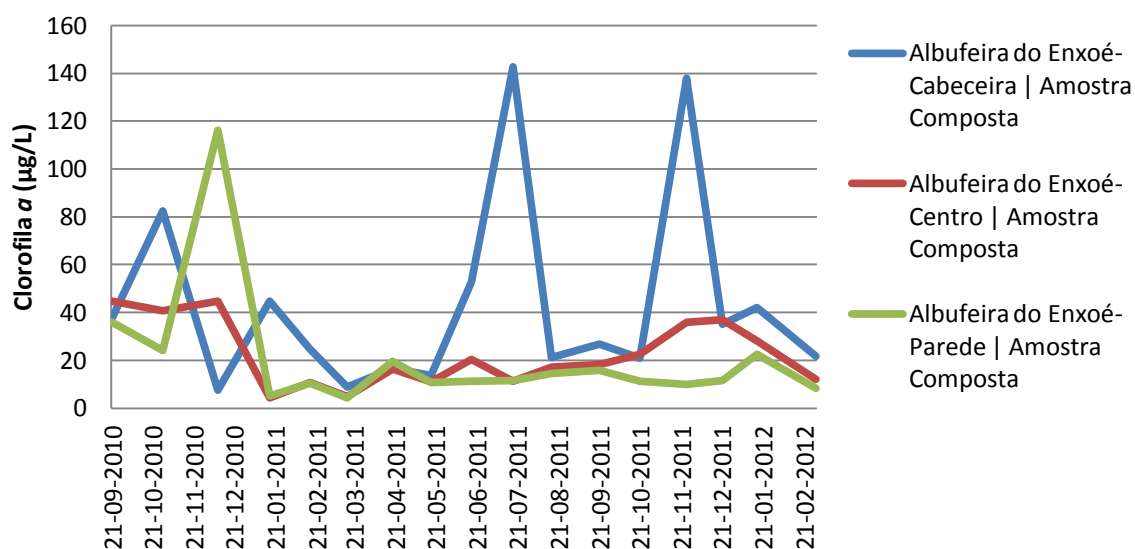
**Figura 2.8.** Comparação dos níveis de sólidos em suspensão e matéria orgânica entre locais e profundidades de amostragem utilizando toda a série de dados (2010-2012)

Na Figura 2.9 pode observar-se a evolução da transparência com a profundidade, obtida com o disco de Secchi, para os 3 locais amostrados.

Na Figura 2.10 encontra-se a série temporal da evolução da clorofila *a* na albufeira do Enxóe, nos 3 locais de estudo (cabeceira, centro e parede).



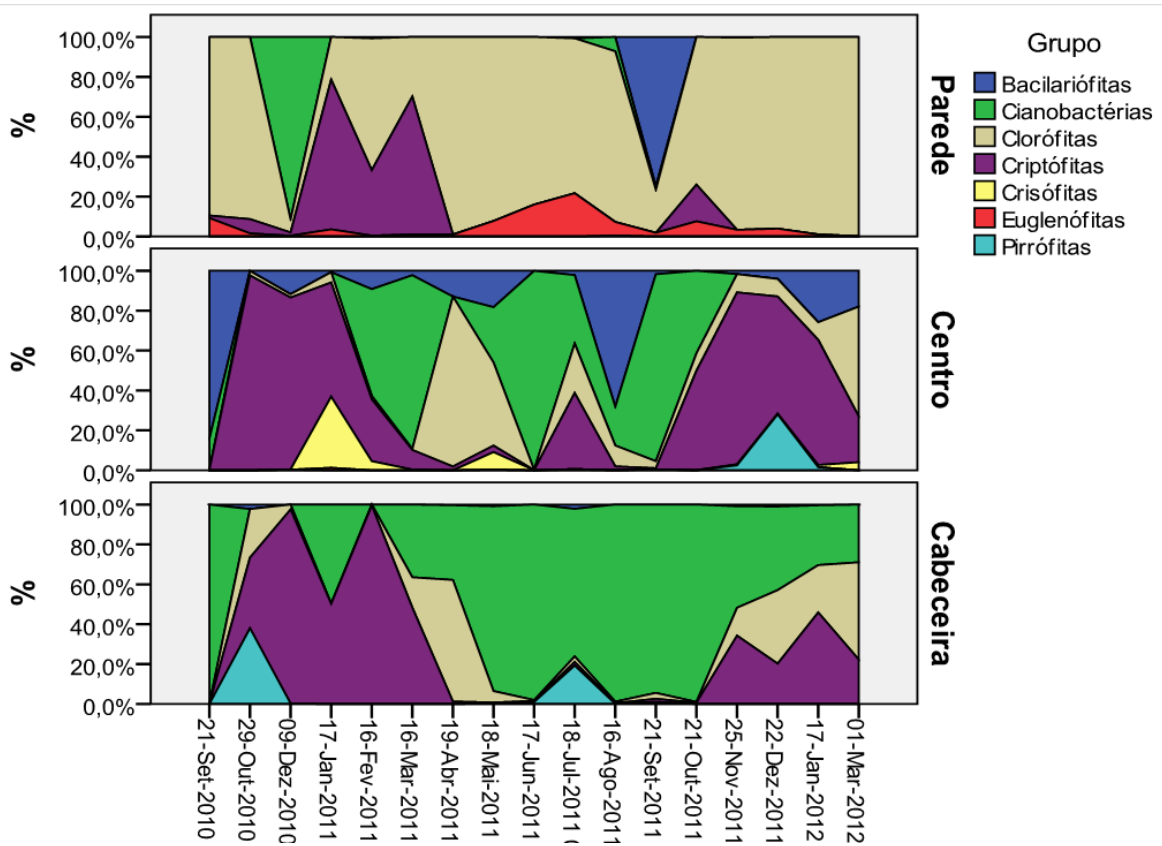
**Figura 2.9.** Evolução das profundidades do disco secchi (transparência), nos 3 locais monitorizados na albufeira do Enxóe.



**Figura 2.10.** Biomassa fitoplânctónica. Série temporal da evolução da clorofila *a* na albufeira do Enxóe, nos 3 locais de estudo (cabeceira, centro e parede).

Na Figura 2.11 visualiza-se a composição da comunidade fitoplânctonica. Verifica-se que, junto à parede, na zona lacustre, o grupo das Clorófitas (Fig. 2.12) domina claramente a comunidade durante a maior parte do ano. Durante o período seco destaca-se ainda a presença das Euglenófitas, grupo que não surge nos restantes pontos a montante. No Centro (a cerca de apenas 1km da Parede), a composição da comunidade fitoplânctonica altera-se drasticamente, passando a ser dominada pelo grupo das Criptófitas (Fig. 12) durante os períodos húmidos e pelas Cianobactérias (Fig. 12), Bacilariófitas e Clorófitas durante os períodos secos. Surgem ainda com alguma expressividade, exemplares dos grupos das Pirrófitas e Crisófitas. Junto à

Cabeceira (a cerca de 3km da parede) as principais diferenças fazem-se notar sobretudo no período seco em que a dominância do grupo das Cianobactérias é praticamente total.



**Figura 2.11.** Composição da comunidade fitoplânctonica.



**Figura 2.11.** Imagens de alguns grupos da comunidade fitoplânctonica.

## 2.2. Classificação do potencial ecológico da massa de água – Critérios INAG (2009)

Nos Quadros 2.1 e 2.2 encontram-se os elementos de suporte para a classificação do potencial ecológico de uma massa de água, com os critérios do INAG (2009).

**Quadro 2.1.** Elementos físico-químicos de suporte

| Ano  | pH  | Oxigénio dissolvido (%) | Oxigénio dissolvido (mg/L) | Nitratos* (mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) | Fósforo total* (mg/l P) |
|------|-----|-------------------------|----------------------------|--|-------------------------|
| 2004 | 6-9 |                         | > 5                        | 0,74   | 0,12                    |
| 2005 | 6-9 |                         |                            | 0,88   | 0,13                    |
| 2006 | 6-9 | 60%-140%                | > 5                        | 2,02   | 0,14                    |
| 2007 | 6-9 | 60%-140%                | > 5                        | 2,82   | 0,08                    |
| 2008 | 6-9 | 60%-140%                | > 5                        | 2,40   | 0,13                    |
| 2009 | 6-9 | 60%-140%                | > 5                        | 2,04   | 0,12                    |
| 2010 | 6-9 | 60%-140%                | > 5                        | 6,80   | 0,05                    |
| 2011 | 6-9 | 60%-140%                | > 5                        | 3,74   | 0,08                    |

\*Médias anuais

**Quadro 2.1.** Elementos biológicos

| Ano  | Clorofila a* (mg/m <sup>3</sup> ) | Clorofila a (RQE) |
|------|-----------------------------------|-------------------|
| 2004 | 43,7                              | 0,04              |
| 2005 | 47,6                              | 0,03              |
| 2006 | 70,5                              | 0,02              |
| 2007 | 52,8                              | 0,03              |
| 2008 | 44,6                              | 0,04              |
| 2009 | 27,3                              | 0,06              |
| 2010 | 58,7                              | 0,03              |
| 2011 | 11,27                             | 0,14              |

\*Médias anuais

Na Figura 2.12 indica-se a classificação do potencial ecológico da albufeira do Enxóe baseada nos critérios do INAG (2009). O estado final da massa de água é inferior a Bom embora o seu estado químico seja Bom, os elementos físico-químicos de suporte sejam razoáveis e não tenha poluentes específicos.

| Identificação |                 |            |                                      | ESTADO ECOLÓGICO    |                         |                                |                       |                |                                | ESTADO QUÍMICO  |                              | ESTADO FINAL DA MASSA DE ÁGUA |
|---------------|-----------------|------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|
| RH            | Código da massa | Nome       | Ano considerado para a classificação | Qualidade Biológica |                         | Qualidade Químicos e FQ gerais |                       |                | Classificação estado ecológico | Substâncias prioritárias e outras Substâncias Perigosas |                              |                               |
|               |                 |            |                                      | clorofila a (RQE)   | Classificação Biológica | FQ suporte                     | Poluentes Específicos | Classificação  |                                | Substâncias Prioritárias e outras Substâncias Perigosas | Classificação estado químico |                               |
| RH7           | PT07GUA1522     | Alb. Enxoé | 2009                                 | 0,04                | Inferior a Bom          | Razoável                       | Bom                   | Inferior a Bom | Inferior a Bom                 | Bom   | Bom                          | Inferior a Bom                |

**Figura 2.12.** Classificação do potencial ecológico da massa de água – Critérios INAG (2009) para a albufeira do Enxoé

### 2.3. Principais conclusões das monitorizações na bacia hidrográfica (Tarefa 2)

Analisando os resultados é possível identificar três zonas ao longo do eixo longitudinal da albufeira:

- A zona de transição rio-albufeira (cabeceira), um ambiente turbulento, caracterizado por concentrações médias mais elevadas de azoto, fósforo, matéria orgânica, sólidos em suspensão, turbidez, condutividade, temperatura e pH. Esta zona caracteriza-se também por valores médios de turvação elevados (*secchi* = 0,5m) e por um reduzido tempo de residência quando comparado com as restantes zonas a jusante, devido à baixa profundidade local;
- A zona central caracterizada por uma maior profundidade, diminuição da velocidade da água e aumento das taxas de sedimentação. A menor turbidez da água traduz-se no aumento da penetração da luz (*secchi* = 1,1m);
- A zona lacustre, próxima da parede da barragem, caracterizada por um maior tempo de residência da água, por uma zona eufótica mais espessa (*secchi* = 1,5m) e por níveis de azoto e fósforo mais baixos. Nesta zona, durante a estação seca, verifica-se a presença de uma estratificação vertical acentuada. A termoclina (zona de taxa máxima de decréscimo da temperatura, que separa a camada superficial – quente – da água da camada inferior mais fria) posiciona-se em média entre os 5 e os 6 metros. No hipolímion verifica-se uma total depleção do oxigénio dissolvido acompanhada de potenciais redox negativos, consequência das reações bioquímicas de degradação da matéria orgânica gerada na camada superficial ou transportada pelo rio e que se vai afundando.

A qualidade da água na albufeira do Enxoé segue um acentuado gradiente longitudinal, apresentando uma menor qualidade a montante, com níveis mais elevados de nutrientes, matéria orgânica e proliferação de cianobactérias e uma melhoria à medida que a água vai progredindo para jusante. Este gradiente além de estar relacionado com vários aspectos físicos e morfométricos da albufeira, relaciona-se também com os processos biogeoquímicos de transformação dos elementos transportados pela água afluente, reforçando a necessidade conhecer os processos biogeoquímicos e a hidrodinâmica na albufeira.



### **Tarefa 3 – Modelação da dinâmica do P e do N na bacia hidrográfica e no reservatório**

#### ***Objectivos***

A tarefa de modelação pretendia fazer a ligação entre as pressões e o estado da albufeira do Enxoé (super eutrófico) descrevendo os processos na origem desse estado e quantificar a redução necessária de modo a este poder ser reduzido.

#### ***Abordagem***

De modo a responder ao objectivo, o estudo da albufeira tem de ser feito em conjunto com o da bacia pois a albufeira recebe as suas cargas pelo rio. A bacia hidrográfica do Enxoé tem cerca de 60 km<sup>2</sup> sendo um rio temporário com regime torrencial pelo que o transporte em tempo e cheia pode ser importante. Assim, decidiu-se estudar a bacia a dois níveis: a) no longo termo e b) no período de cheia.

#### ***Ferramentas***

Foi utilizado o modelo SWAT, para o estudo na bacia no longo termo (modelo com passo temporal de um dia) e para as cheias foi utilizado o modelo MOHID Land (passo temporal variável) pois as cheias no Enxoé ocorrem numa questão de poucas horas e o primeiro modelo não tem capacidade para tal descrição detalhada. Para a albufeira foi utilizado o modelo CE-QUAL-W2 e o modelo MOHID Water.

O MOHID Land é um modelo de bacias hidrográficas desenvolvido no Instituto Superior Técnico. É um modelo físico, distribuído com passo de tempo variável que agrupa 4 compartimentos (atmosfera, meio poroso, *runoff* e rede de rios) e a água move-se através dos meios com base em balanços de massa e de momento. A atmosfera não é explicitamente simulada, mas fornece os dados necessários para a imposição de condições de fronteira para o modelo (precipitação, radiação solar, vento, etc) e o transporte na rede de rios e no *runoff* superficial são calculados pelas equações de St. Venant e no meio poroso pela equação de Richards. O modelo MOHID Land usa uma abordagem de volumes finitos (volume de controle) para o cálculo de variáveis de estado e fluxos.

O SWAT é um modelo de bacia hidrográfica desenvolvido na Soil & Water Research Laboratory, USDA-ARS, EUA, sendo semi-empírico e semi-distribuído com passo temporal diário, cujo componente hidrodinâmico resolve o balanço hídrico, relacionando variáveis meteorológicas com características da bacia (topografia, tipo de solo e uso). Na componente de qualidade de água, resolve o crescimento de vegetação, os ciclos do azoto e fósforo, e transporte de sedimentos e pesticidas.

O CE-QUAL-W2 é um modelo de corpos de águas da Portland State University Water Quality Group. É um modelo 2D distribuído com passo temporal variável e a componente hidrodinâmica deste modelo resolve as equações de Navier-Stokes para escoamento incompressível. Na componente de qualidade da água, as fontes e sumidouros de propriedades são calculados considerando as interações entre temperatura, nutrientes, algas, oxigénio dissolvido, matéria orgânica e sedimentos.

O MOHID Water é um modelo de corpos de água desenvolvido no Instituto Superior Técnico. É um modelo hidrodinâmico totalmente em 3D, que é acoplado a diferentes módulos que compõem a qualidade da água, os processos da atmosfera, descargas, dispersão de óleo, modelo de mistura da zona de descargas de fontes pontuais, etc. Na componente da qualidade da água estão disponíveis, entre outros, o acoplamentos ao módulo de qualidade da água do modelo CE-QUAL-W2.

Uma vez que a bacia era não monitorizada anteriormente ao início do projecto, os resultados validados na bacia permitiram estimar as cargas afluentes à albufeira para o período de funcionamento desta (desde 1999) e fundamentais para a simulação dos modelos na albufeira.

As diferentes aplicações serão separadas por secções e que se mostram seguidamente.

### **3.1. Funcionamento da bacia do Enxoé no longo termo – aplicação do modelo SWAT**

#### **3.1.1 Abordagem**

A abordagem seguida foi utilizar o modelo SWAT para descrever a dinâmica da bacia ao nível dos valores médios anuais e permitir estimar a afluência ao reservatório (não existiam dados nos rios antes deste projecto) para poder prosseguir com a modelação no reservatório. O modelo foi validado com dados de caudal estimado de entrada no reservatório e em termos de qualidade da água com base nas amostras recolhidas no projecto manualmente e que foi descrito nos capítulos anteriores.

#### **3.1.2 Dados de Base**

Os dados de base para implementação do modelo SWAT consistiram no modelo digital de terreno (MDT) da NASA<sup>1</sup> com cerca de 70-90m de resolução, meteorologia das estações de monitorização do SNIRH<sup>2</sup>, uso de solo da carta CORINE 2000<sup>3</sup> e tipo de solo da carta de solos EUSOIL database<sup>4</sup>.

Os dados para validação foram os recolhidos no projecto e que estão descritos nos capítulos anteriores.

Mais pormenores da implementação no site do projecto em

<http://eutrophosproject.wordpress.com/>

#### **3.1.3 Resultados**

Os principais resultados são mostrados de seguida separando na componente de validação do modelo e depois de exploração dos resultados de modo a verificar o funcionamento da bacia em média ao nível anual e as cargas associadas.

##### **3.1.3.1. Validação**

A Figura 3.1 apresenta a série temporal de caudal mensal estimado para a entrada na albufeira - a partir dos dados de evaporação e descargas (barras cinzentas) - e o mesmo resultado calculado pelo modelo (barras pretas) e os valores nos dois eixos com a correlação e eficiência do modelo.

É possível verificar que o modelo consegue representar as mesmas tendências (quantificado pelo elevado  $R^2$ ) mas também a mesma ordem dos valores (eficiência de Nash-Sutcliffe elevada) de caudal mensal mostrado dos dados. A eficiência é calculada da mesma forma que o  $R^2$  mas em vez de se medir desvios em relação a uma linearização entre variáveis (em relação à recta de regressão), na eficiência a recta de regressão é forçada a ser a diagonal do

---

<sup>1</sup> <http://earthexplorer.usgs.gov/>

<sup>2</sup> <http://snirh.pt/>

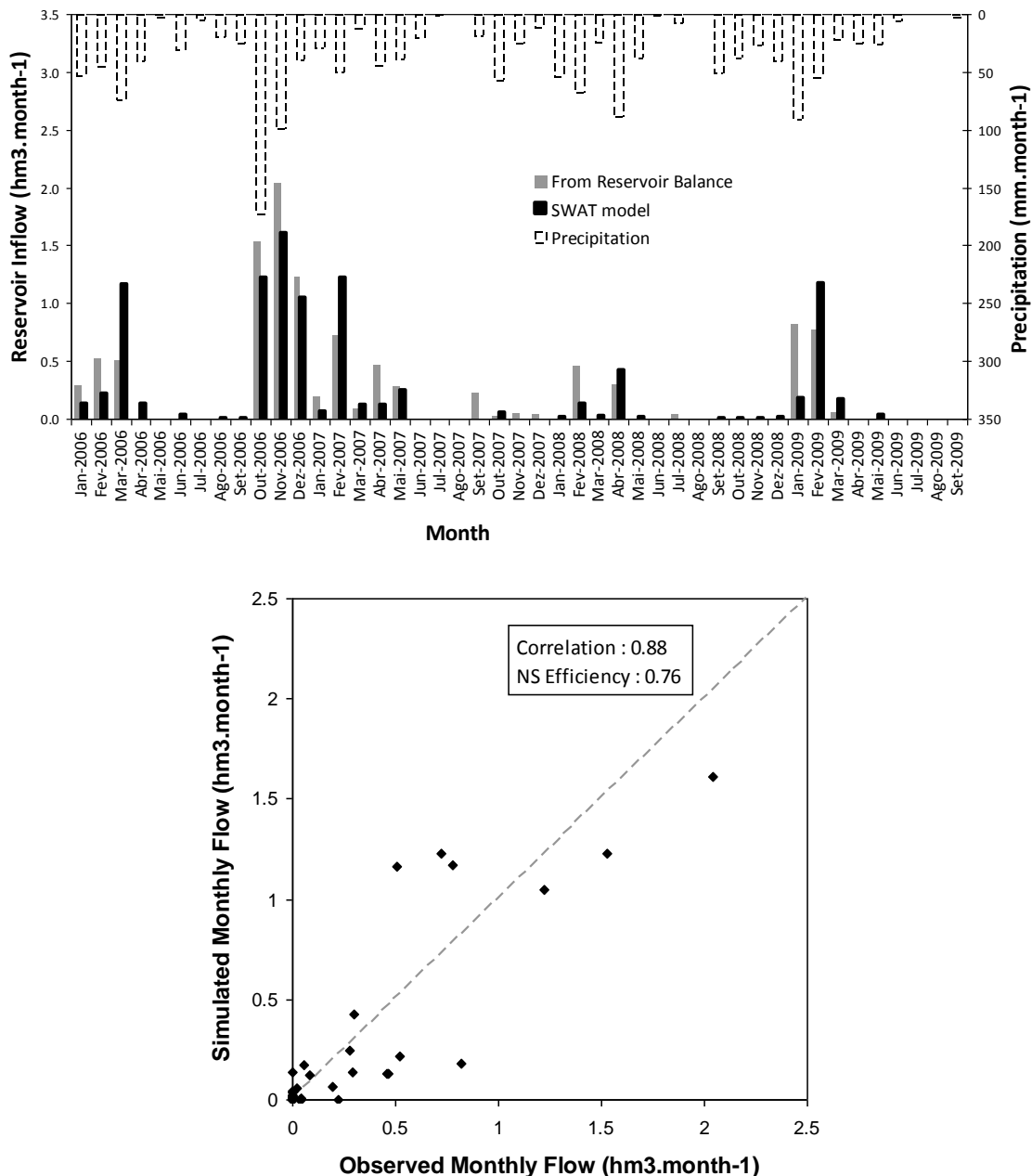
<sup>3</sup> <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2000-clc2000-seamless-vector-database>

<sup>4</sup> [http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/ESDB/](http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/ESDB/)

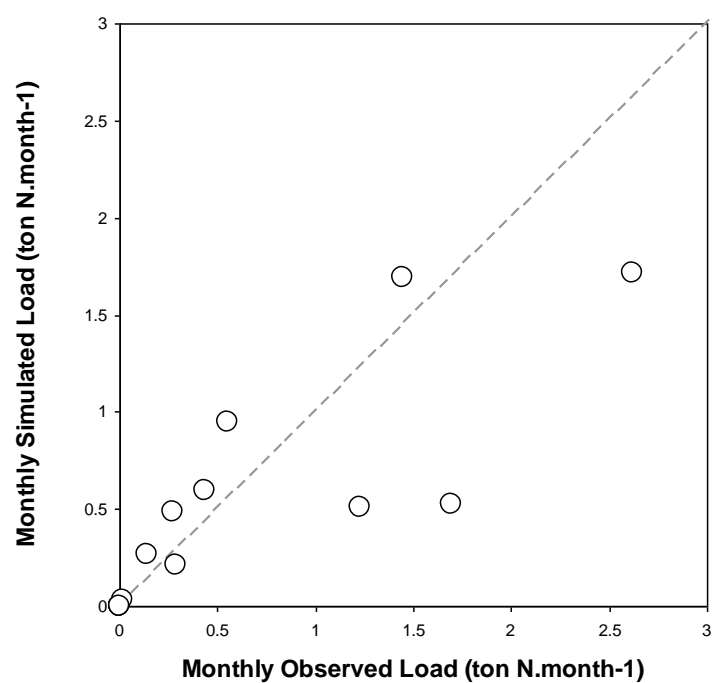
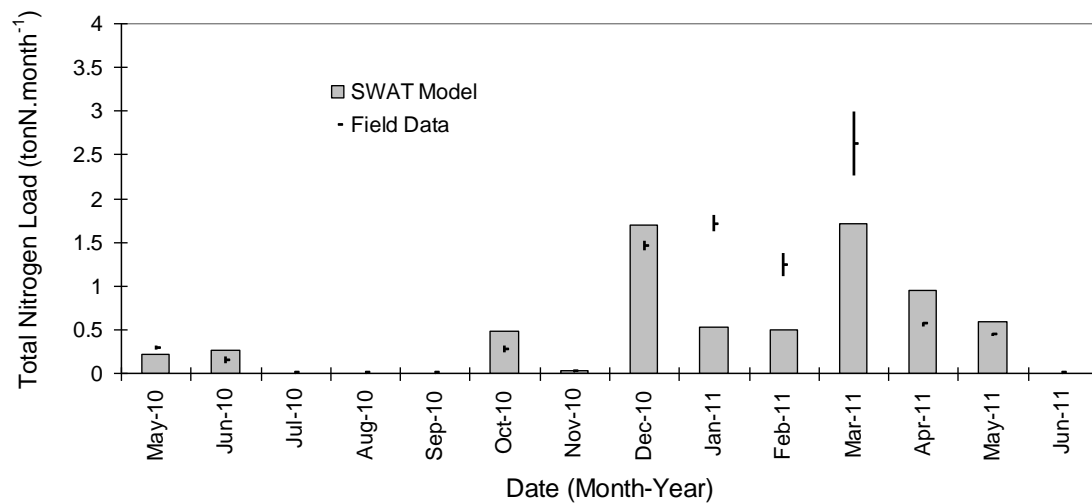
gráfico de baixo e assim um valor de 1 significa que os resultados do modelo seriam iguais aos dados e todos os pontos apareceriam sobre a diagonal.

A Figura 3.2 e Figura 3.3 seguem a mesma lógica e apresentam a comparação de cargas medidas e modeladas no rio e pode-se verificar o modelo consegue representar em geral as tendências e ordens de grandeza dos dados. Para mais detalhe verificar em <http://eutrophosproject.wordpress.com/>

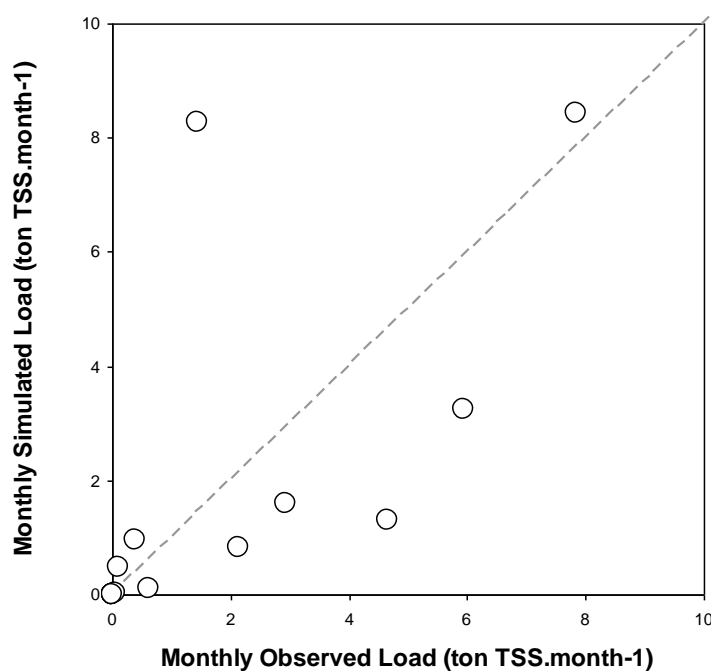
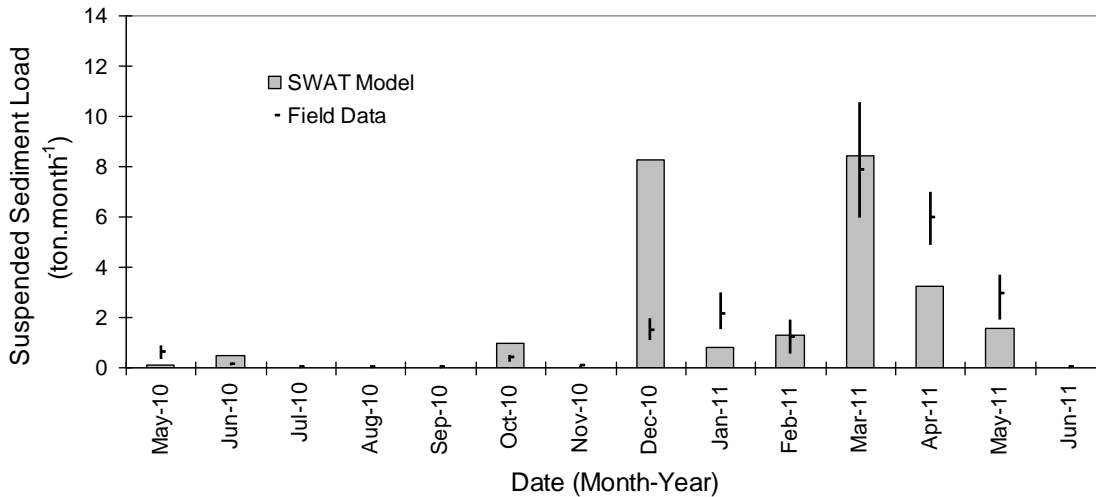
O modelo SWAT permite assim representar a dinâmica mensal e de longo termo com base nos dados do ponto de monitorização e pode ser utilizado para extrapolar os resultados para a bacia toda e para um período mais alargado.



**Figura 3.1.** Caudal mensal de entrada no reservatório do Enxoé. Figura superior – Comparação dos caudais mensais; a precipitação mensal está representada no 2º eixo e invertida. Figura inferior – Correlação entre o caudal mensal observado e estimado (o  $R^2$  e o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe estão indicados).



**Figura 3.2.** Carga de azoto total no rio Enxóe – comparação entre os valores estimados a partir dos dados experimentais e os resultados da modelação com o modelo SWAT. Figura superior – comparação das cargas por mês. Figura inferior – correlação entre as cargas observadas e estimadas por modelação (o  $R^2$  e o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe estão indicados).



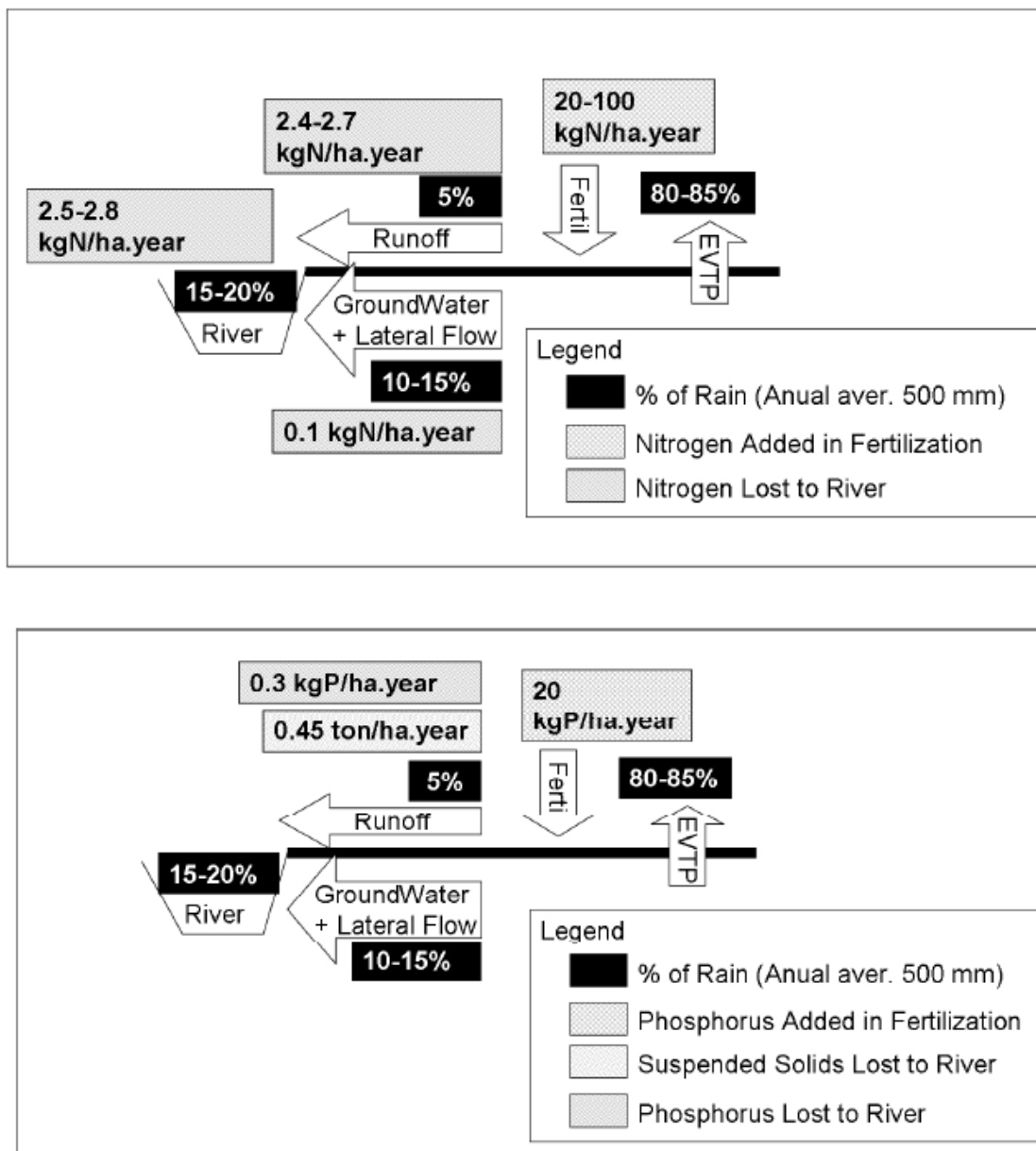
**Figura 3.3.** Carga de fósforo total no rio Enxóé – comparação entre os valores estimados a partir dos dados experimentais e os valores estimados por modelação com o modelo SWAT. Figura superior – comparação das cargas por mês. Figura inferior – correlação entre as cargas observadas e os valores estimados por modelação (o  $R^2$  e o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe estão indicados).

### 3.1.3.2. Balanço anual à bacia

O balanço médio de água e de azoto exportados para o rio obtidos com o modelo SWAT na bacia hidrográfica do Enxóé são apresentados na Fig. 3.4. Aproximadamente 80-85% da precipitação (média anual na bacia é cerca de 500mm) é evapotranspirada e a restante 15-20% é transportada para o rio (10-15% pela toalha freática e fluxos laterais e 5 % por escoamento superficial). Devido ao regime do fluxo o escoamento superficial transporta para o rio 20 vezes mais azoto ( $2.4-2.7 \text{ kgN.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ) do que a toalha freática ( $0.1 \text{ kgN.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ).

Um balanço similar foi também efetuado para o fósforo e sólidos suspensos. O fósforo é transportado principalmente pelo escoamento superficial pois as suas formas inorgânicas têm carga negativa, tal como o solo, e são normalmente retidas à superfície do solo e transportadas na fase solúvel, particulada ou ligadas às partículas finas do solo por erosão. A taxa de exportação dos sólidos suspensos foi estimada em  $0.45 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , enquanto a do fósforo foi estimada em  $0.3 \text{ kgP.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

Estas cargas anuais são cargas de ordem normal às verificadas em bacias sem agricultura intensiva e com relevos suaves como o Enxoé e que normalmente não produzem problemas semelhantes nos corpos de jusante. O que coloca a questão o papel que as cheias podem ter no transporte das cargas para jusante e o papel que a própria geometria da albufeira (pouco profunda) pode ter no estado trófico. Estas questões podem ser respondidas nas implementações seguintes.



**Figura 3.4.** Balanço médio de água, nutrientes e sedimentos na bacia hidrográfica do Enxoé, obtidos com o modelo SWAT. Figura superior – médias anuais de água e azoto Figura inferior – médias anuais de água, fósforo e sólidos suspensos



### **3.2. Funcionamento da bacia do Enxoé nos eventos e cheia – aplicação do modelo MOHID Land**

#### **3.2.1 Abordagem**

A abordagem seguida foi utilizar o modelo MOHID Land para descrever a dinâmica da bacia ao nível das cheias e quantificar o seu peso ao nível anual. O modelo foi validado com dados de caudal mensal estimado de entrada no reservatório (tal como o modelo SWAT) e em termos de nível medido instantâneo no amostrador automático.

#### **3.2.2 Dados de Base**

Os dados de base para a implementação do modelo MOHID Land são os mesmos que para o modelo SWAT. Para o MOHID Land foi utilizada precipitação horária em vez de diária mas nas mesmas estações.

Foram utilizados os dados de concentrações recolhidos manualmente mas também os dados recolhidos durante as cheias com o amostrador automático para calcular as cargas transportadas.

Mais pormenores da implementação no site do projecto em:

<http://eutrophosproject.wordpress.com/>

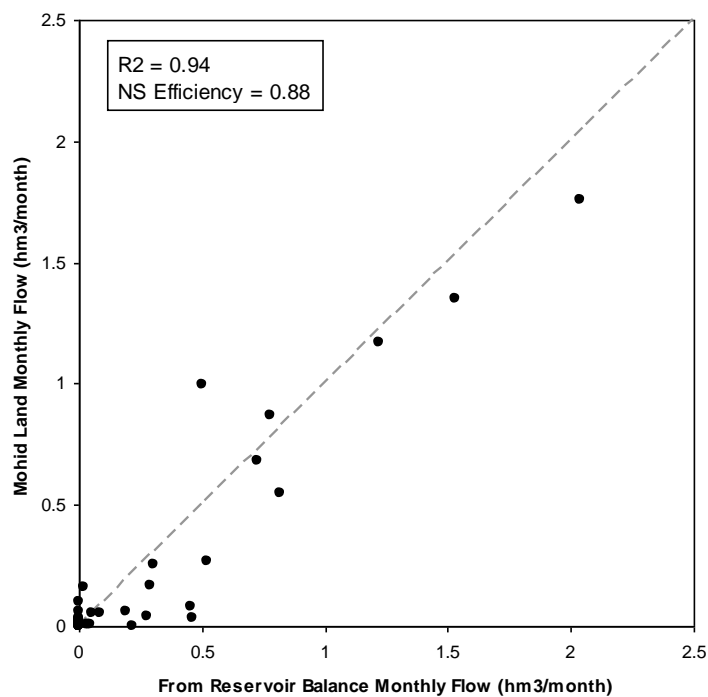
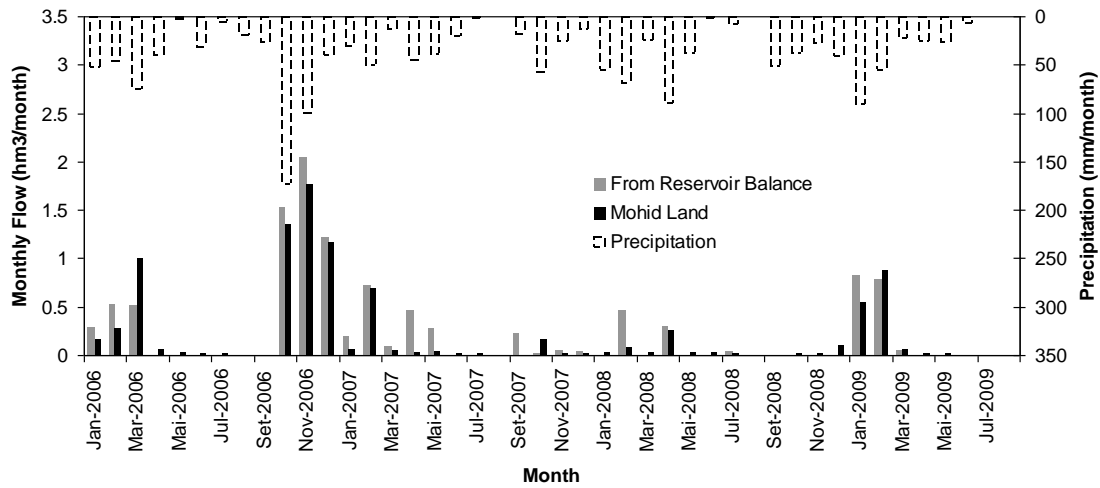
#### **3.2.3 Resultados**

Os principais resultados são mostrados de seguida separando na componente de validação do modelo e depois de exploração dos resultados de modo a verificar o peso das cheias e o comportamento da bacia na primeira cheia.

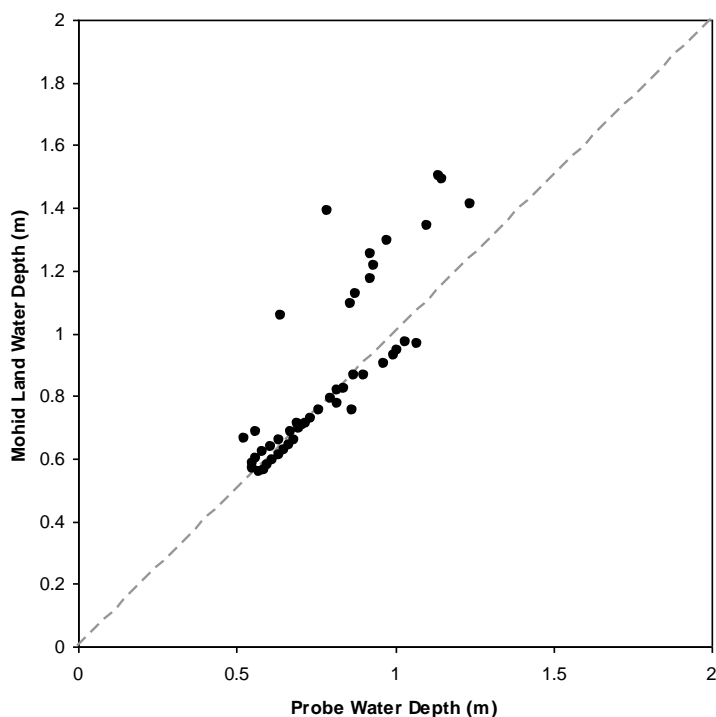
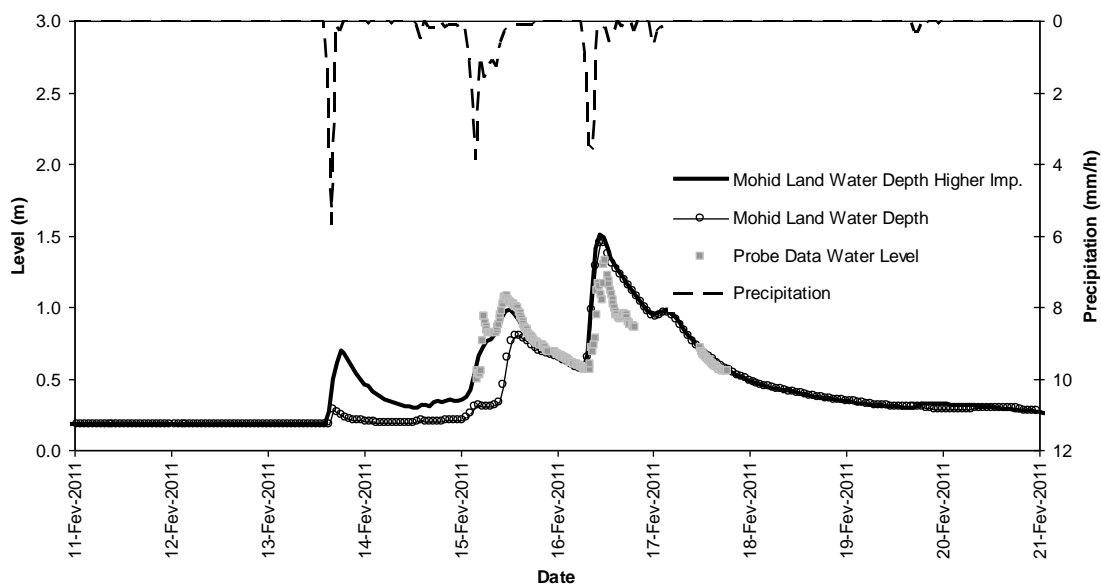
##### **3.2.3.1 Validação**

A Figura 3.5 mostra a comparação entre o caudal mensal afluyente ao reservatório estimado com base no balanço à albufeira e é semelhante à comparação para o modelo SWAT, com o modelo MOHID Land a conseguir representar quer as mesmas tendências que os dados quer a sua ordem de grandeza.

No entanto o modelo MOHID Land tem a vantagem em relação ao modelo SWAT que consegue representar as cheias que ocorrem com subidas e descidas de nível em poucas horas. Na Figura 3.6 é mostrada a comparação de nível entre os dados do amostrador automático numa das cheias e os resultados do MOHID Land. E o modelo consegue representar quer as mesmas tendências quer a ordem de grandeza dos dados pelo que consegue descrever a dinâmica das cheias no Enxoé.



**Figura 3.5.** Caudal mensal de entrada no reservatório do Enxoé. Figura superior – comparação dos caudais mensais; a precipitação mensal está representada no 2º eixo e invertida. Figura inferior – correlação entre o caudal mensal observado e estimado (o  $R^2$  e o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe estão indicados).



**Figure 3.6.** Figura superior – comparação entre o nível de água medido pelo amostrador e estimado com o modelo MOHID Land no rio Enxóé, durante a cheia de Fevereiro de 2011. A precipitação horária está representada no 2º eixo e invertida. Figura inferior – correlação entre o nível de água observado e estimado.

### 3.2.3.2 *Peso das cheias e efeito das primeiras cheias*

Após a validação do caudal e nível das cheias utilizaram-se as concentrações medidas de forma manual e automática para calcular as cargas nas cheias e ao nível anual.

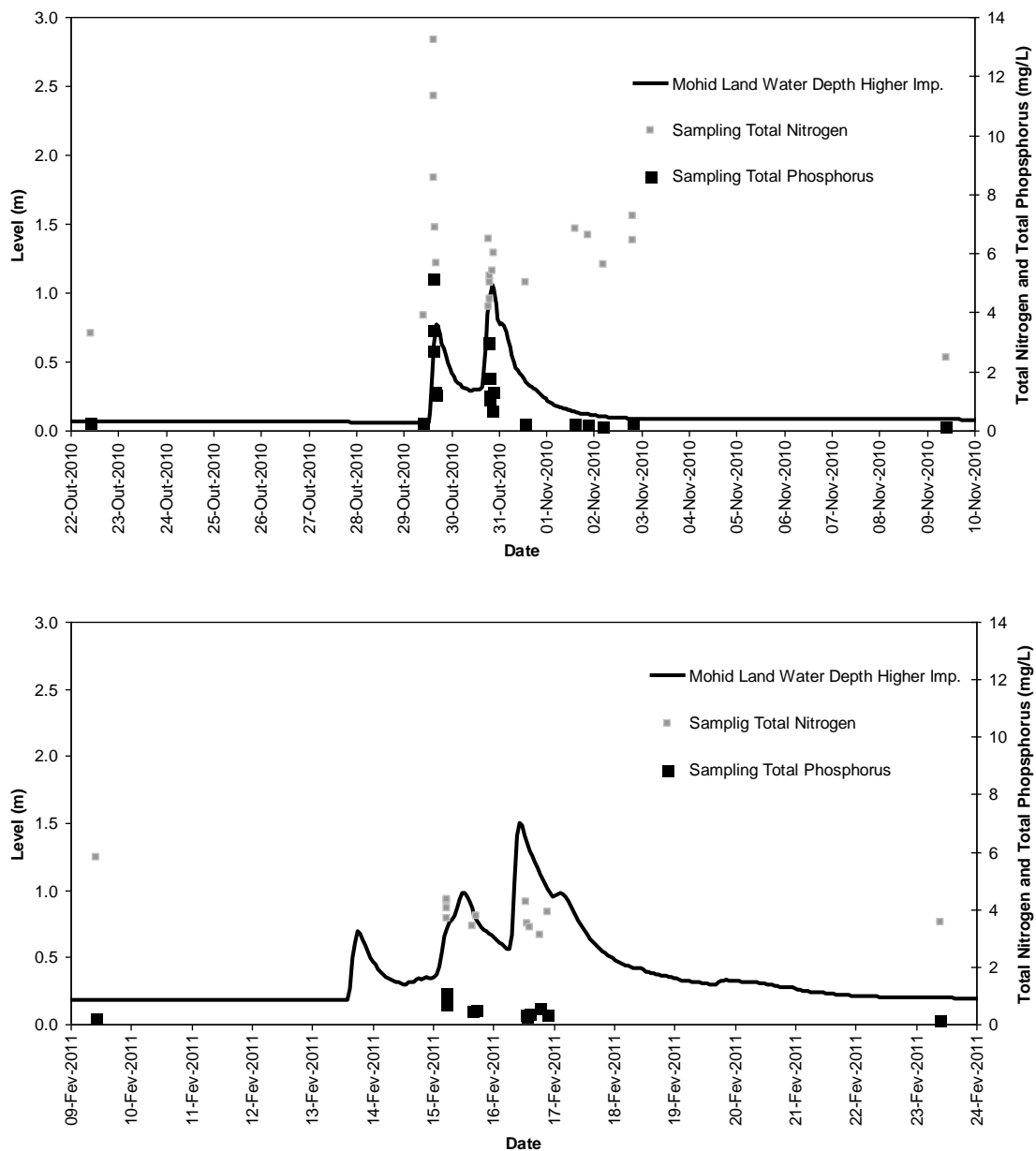
As primeiras cheias (geralmente em Outubro) obtiveram um peso inferior no volume e cargas anuais de azoto e fósforo (inferior a 10% do total anual quando as cheias de inverno

normalmente têm pesos maiores da ordem dos 10-20%). Isto ocorre porque as primeiras cheias produzem menos caudal (solo tem ainda capacidade de infiltração) e não quer dizer que têm menos importância uma vez que transportam concentrações muito elevadas. Isto pode ser verificado na Figura 3.7 onde no topo é graficado o nível e concentrações de azoto total e fósforo total numa cheia de Outubro e em baixo o mesmo mas para uma cheia de Inverno em Fevereiro. E verifica-se que na cheia de Outubro as concentrações na cheia aumentaram até 5 vezes em relação às concentrações anteriores à cheia enquanto que na cheia de Fevereiro praticamente não se alteraram.

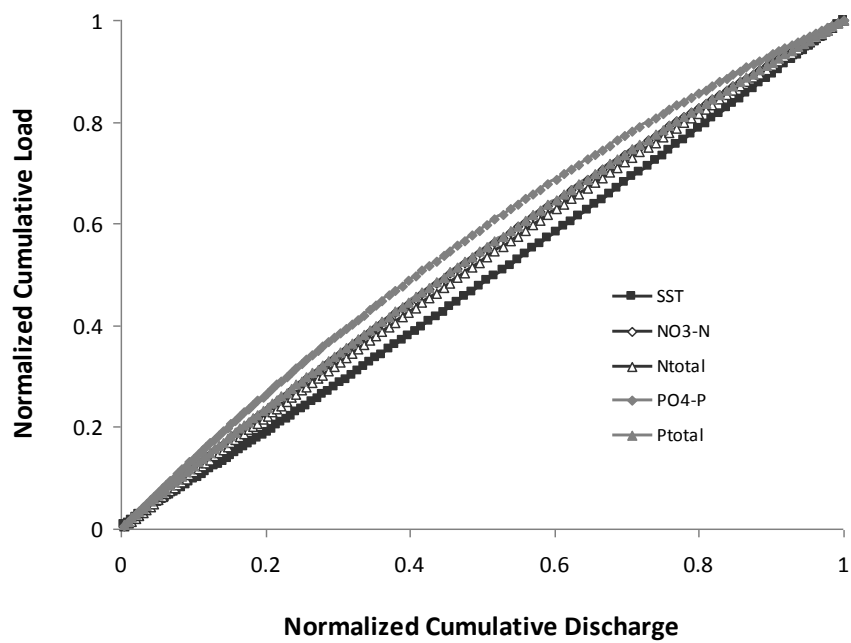
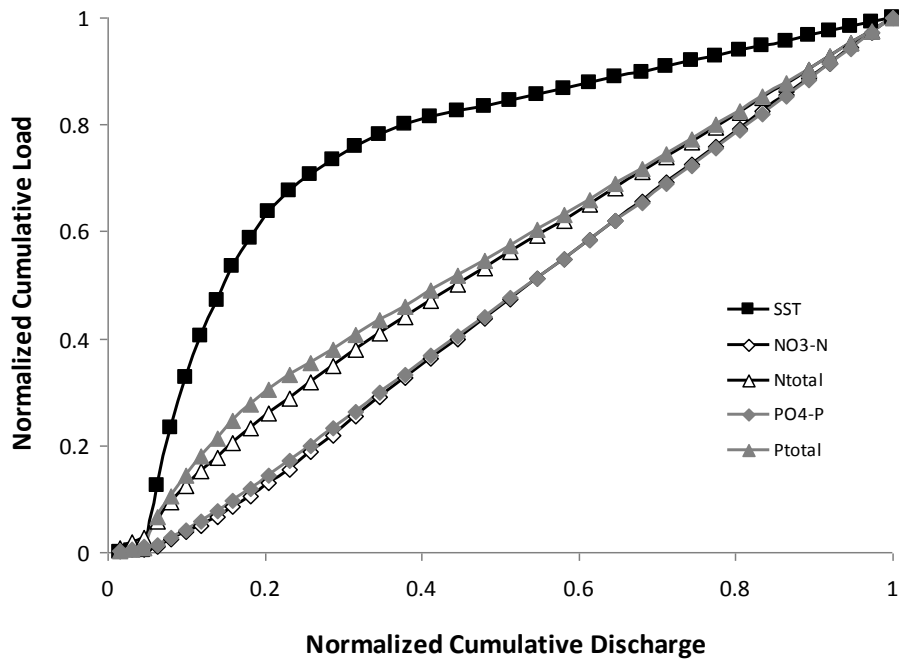
O efeito de incremento rápido da concentração de azoto total e fósforo total está relacionado com o acumular de matéria orgânica e sólidos na bacia e leito do rio durante a época seca e que na primeira cheia são arrastados para os corpos de água de jusante.

Para avaliar o comportamento das cheias no Enxoé em comparação com outras bacias utilizou-se a abordagem da carga acumulada (Figura 3.8). Nesta figura estão o caudal acumulado e a carga acumulada durante a cheia para as duas cheias referidas e pode-se verificar que na cheia de Outubro os sólidos suspensos e o azoto e fósforo totais incrementam rapidamente com o início da cheia mostrando o efeito do arrastamento rápido do material acumulado na bacia. Os valores de carga transportada por caudal na primeira cheia estão na ordem do observado em bacias com elevado índice de impermeabilização com bacias urbanas. Por outro lado na cheia de Fevereiro as curvas encontram-se sobre a diagonal pois a concentração praticamente não varia uma vez que a superfície e solo já foram “lavados” e a concentração é muito homogénea.

De referir que embora os dois modelos (SWAT e MOHID Land) apresentem os mesmos resultados para o caudal, o caudal do MOHID Land e as concentrações medidas resultam em cargas anuais exportadas para a albufeira de fósforo 3x superiores ao SWAT e da ordem da carga estimada pelo SWAT que chegaria à rede de drenagem (Figura 3.4). Isto quer dizer que o modelo SWAT estará a subestimar as cargas de fósforo ao depositar na rede de drenagem e que de facto a carga de fósforo que deposita em situação normal é transportada para jusante em situação de cheia. Este resultado será importante para interpretar os resultados na albufeira.



**Figura 3.7.** Concentração de azoto total e de fósforo total no rio Enxóe antes, durante e após as cheias de Outubro de 2010 (figura superior) e de Fevereiro de 2011 (figura inferior) - comparação entre os valores medidos no local e os resultados da simulação com o modelo MOHID Land.



**Figura 3.8.** Relação normalizada entre as cargas acumuladas de sólidos suspensos totais (SST), azoto total (Ntotal), nitratos (NO3-N), fósforo total (Ptotal) e ortofosfatos (PO4-P) e caudal acumulado no primeiro pico das cheias de Outubro 2010 (figura superior) e Fevereiro de 2011 (figura inferior).



### **3.3. Funcionamento da albufeira do Enxoé – aplicação do modelo CE-QUAL-W2**

#### **3.3.1 Abordagem**

A abordagem seguida foi utilizar o modelo CE-QUAL-W2 (modelo 2D) para descrever a dinâmica da albufeira utilizando as afluências estimadas pelo SWAT (aplicação do MOHID Land foi apenas da hidrologia). O modelo foi validado com dados de qualidade da água recolhidos desde a construção da albufeira à superfície e dados de perfis recolhidos durante o projecto e que foram descritos anteriormente.

#### **3.3.2 Dados de Base**

Os dados de base para implementação do modelo são informação da geometria da albufeira (a partir de cartas militares) e a meteorologia já referida anteriormente.

Mais pormenores da implementação no site do projecto em:

<http://eutrophosproject.wordpress.com/>

#### **3.3.3 Resultados**

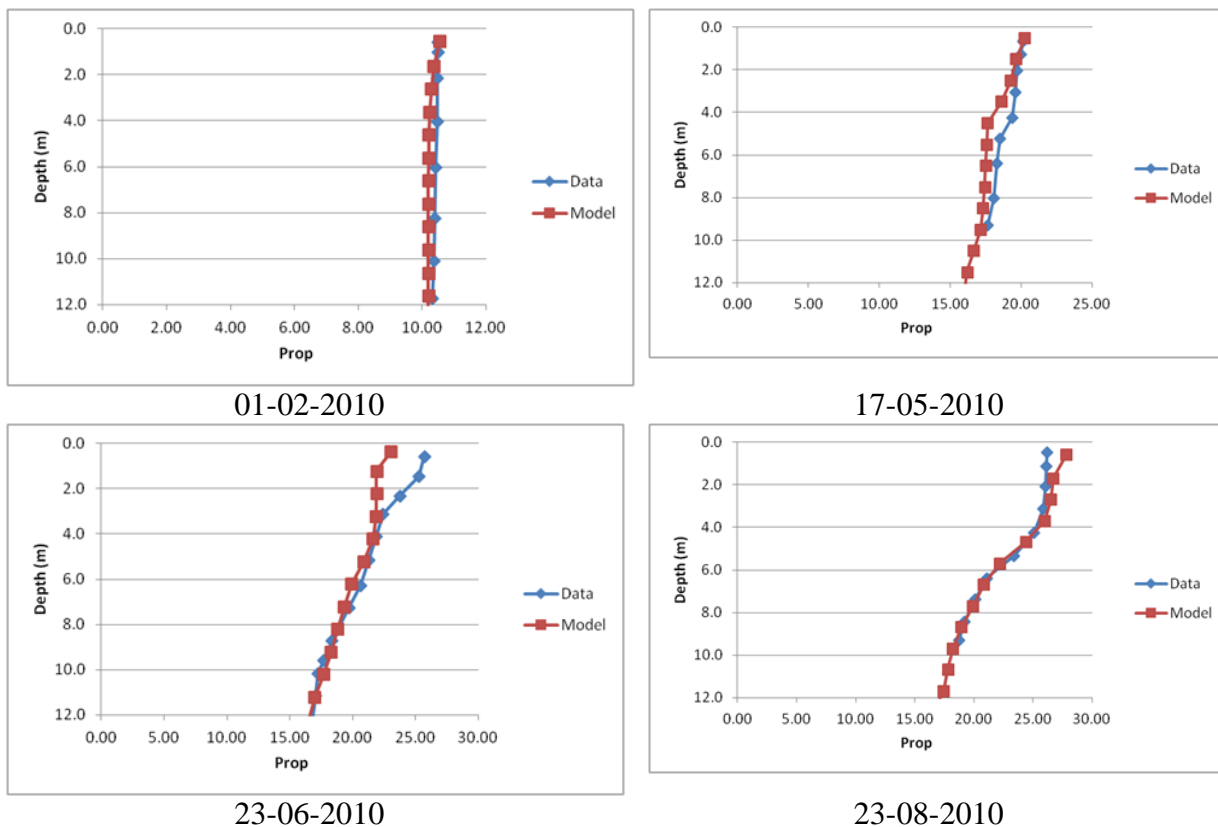
Os principais resultados são mostrados de seguida separando na componente de validação do modelo e depois de exploração dos resultados de modo a verificar como o balanço à albufeira e que acções se poderão fazer para reduzir o seu estado trófico.

##### **3.3.3.1 Validação**

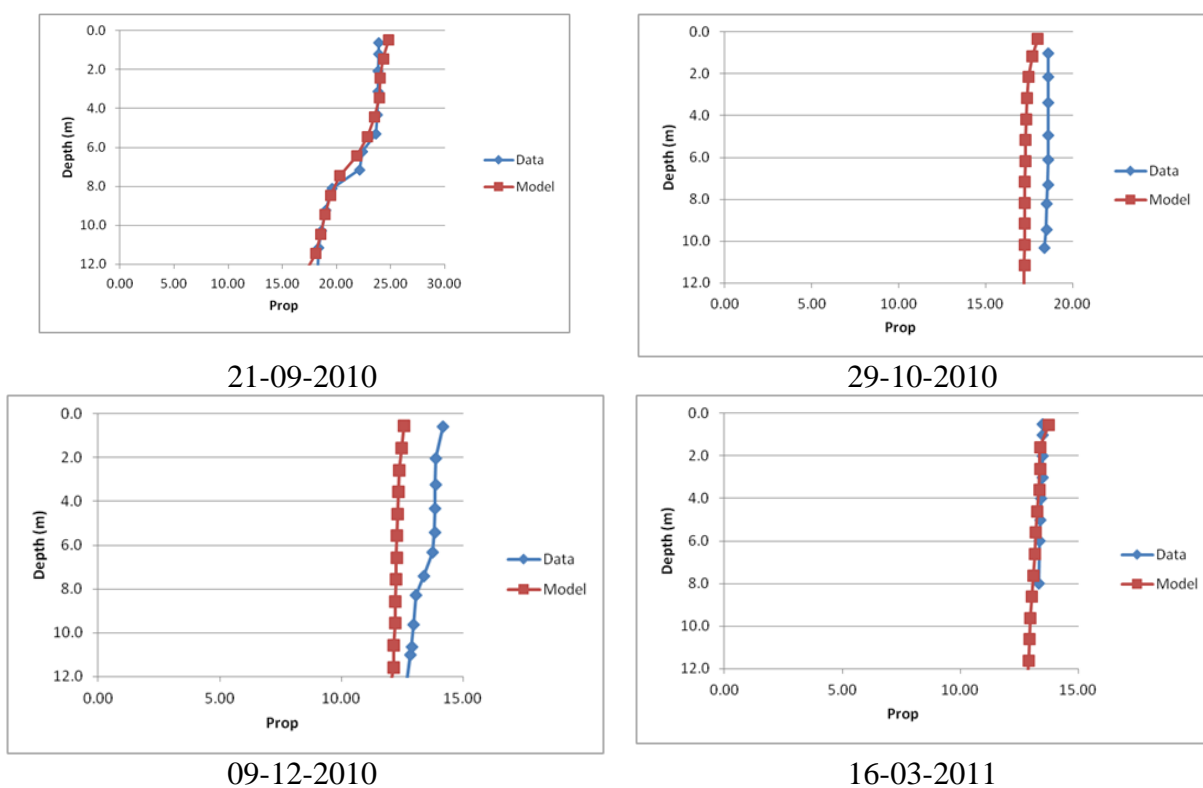
A Figura 3.9 e Figura 3.10 apresentam a comparação de temperatura para os diversos perfis recolhidos e o estimado pelo modelo no paredão da barragem. Podemos ver que o modelo consegue representar quer a estratificação que ocorre na Primavera e fortalece no Verão quer a sua destruição no início do Outono/Inverno. A diferença de temperatura entre superfície e fundo é bem representada tal como a localização da termoclina. Isto quer dizer que o modelo consegue representar as principais componentes da hidrodinâmica da albufeira.

A Figura 3.11 apresenta uma comparação semelhante mas para o oxigénio e embora o modelo consiga representar as principais tendências dos dados normalmente subestima a concentração de oxigénio no fundo e sobrestima a da superfície. Várias parametrizações foram tentadas nos processos que afectam a concentração de oxigénio (consumo pela mineralização e nitrificação, produção pelas algas e rearejamento) mas a tendência não desapareceu. De modo a verificar se estes resultados poderiam ser melhorados com um modelo mais detalhado em termos de descrição e de processos foi implementado o modelo MOHID Water de que se falará seguidamente.

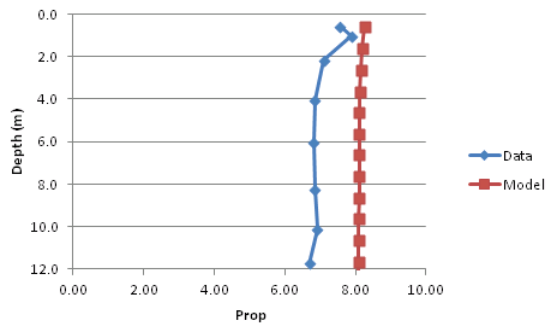
A Figura 3.12 apresenta a comparação dos resultados do modelo com os dados de superfície do INAG desde a construção da albufeira e verifica-se que o modelo consegue representar a ordem de grandeza dos dados que nos modelos de qualidade da água é mais que aceitável uma vez que a dinâmica de populações de algas é um processo complexo de simular. Assim o modelo mostra ser capaz de representar as principais dinâmicas dos processos de qualidade da água e permite elaborar cenários de redução das cargas afluentes para verificar qual a resposta da albufeira.



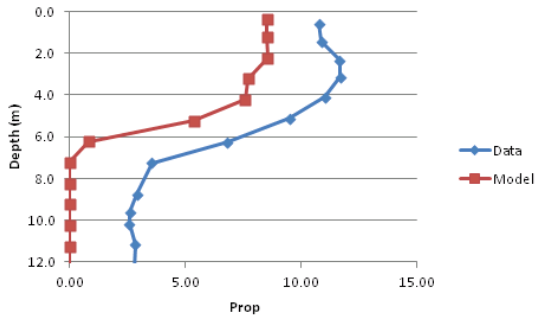
**Figura 3.9.** Comparação dos perfis de temperatura para os dados recolhidos no projecto e para o modelo na albufeira do Enxóe para uma altura de formação de estratificação.



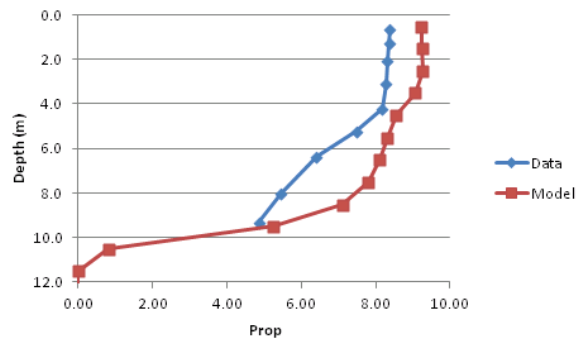
**Figura 3.10.** Comparação dos perfis de temperatura para os dados recolhidos no projecto e para o modelo na albufeira do Enxóe para uma altura de destruição de estratificação.



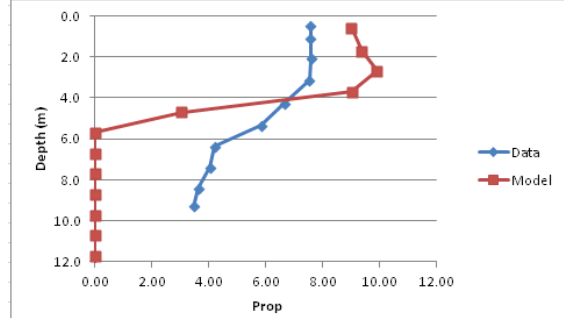
01-02-2010



23-06-2010

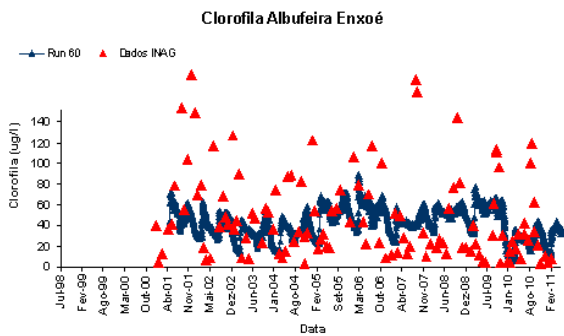


17-05-2010

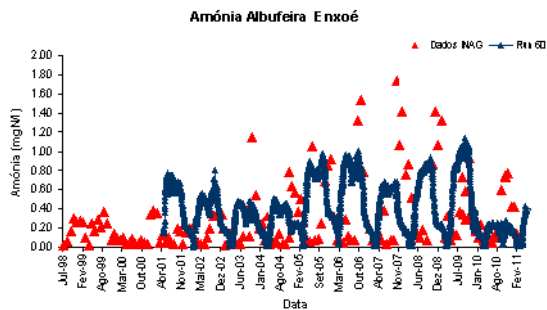


23-08-2010

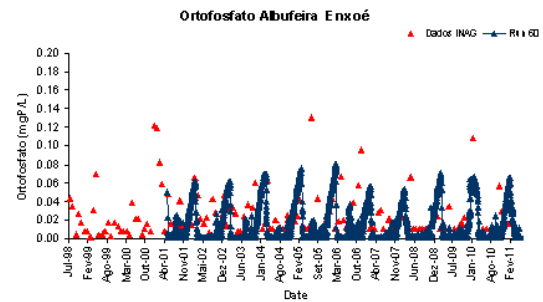
**Figura 3.11.** Comparação dos perfis de oxigénio para os dados recolhidos no projecto e para o modelo na albufeira do Enxóe para uma altura de formação de estratificação.



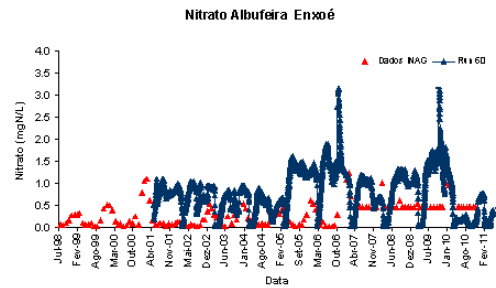
Clorofila-a



Amónia



Ortófosfato



Nitrato

**Figura 3.12.** Comparação dos dados de qualidade da água da albufeira à superfície (SNIRH) com os resultados do modelo.

### **3.3.3.2 Balanço médio anual à albufeira e acções de gestão.**

Com o modelo validado foi efectuado um balanço à albufeira de modo a entender a origem das altas concentrações de algas e de que modo se poderiam reduzir.

Os balanços para o azoto e fósforo são apresentados na Figura 3.13 onde a carga afluenta é referida e os restantes fluxos (assimilação pelas algas, mineralização e decaimento, assimilação de N<sub>2</sub> pelas cianobactérias e desnitrificação) em percentagem desta. Verifica-se que a reciclagem de nutrientes é muito importante, ou seja, em média os processos de assimilação pelas algas e mineralização são elevados e que a assimilação de N<sub>2</sub> da atmosfera e de fosfato do fundo apresentam a mesma ordem da carga afluenta.

Foi referido anteriormente que a carga de fósforo do modelo SWAT poderia estar subestimada pela deposição nos rios que ocorre em situação normal mas que com as cheias o material depositado é transportado para jusante.

De referir que estes resultados (o nível tão elevado de concentrações de algas) só foram possíveis de simular com uma libertação de fósforo do fundo da albufeira (processo anaeróbio e que é o único do esquema - para além da carga afluenta - que é imposto pelo utilizador) com cargas da ordem do fósforo que estava em falta na comparação entre a carga do SWAT e carga com caudal do MOHID Land (com as cheias) e com os dados recolhidos nas cheias e fora das cheias. O que fecha o ciclo e mostra que este fósforo realmente chega à albufeira e que os resultados encontrados anteriormente são consistentes.

Com libertações menores de fósforo do fundo o crescimento algal simulado resultou em muito mais reduzido. O que explica a manutenção do estado eutrofizado da albufeira pela componente de libertação de fósforo do fundo pois o azoto as cianobactérias podem obter da atmosfera sem limitação.

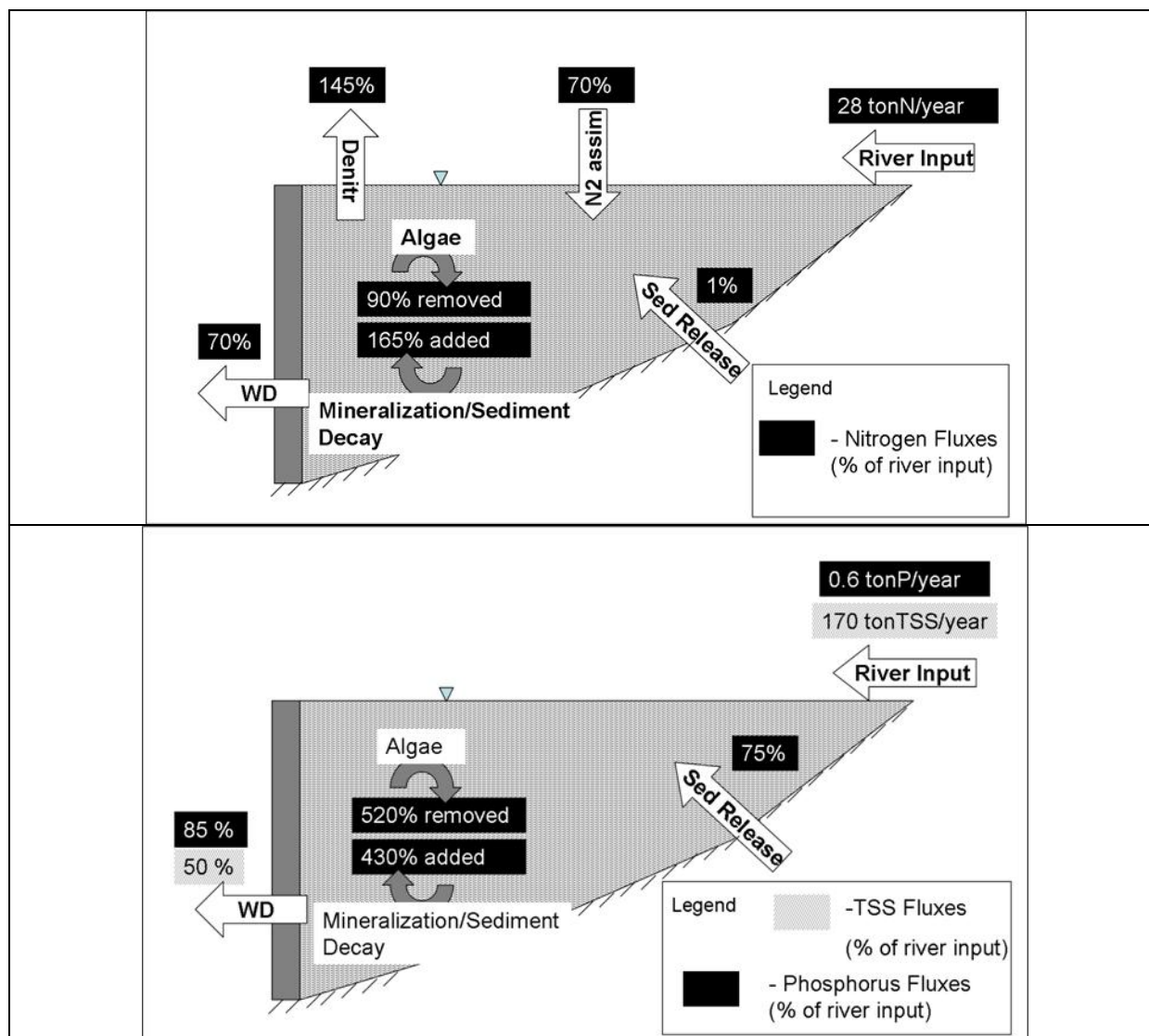
Foram efectuados simulações com cenários de gestão para determinar qual a redução de carga afluenta para que o estado trófico (média geométrica de concentração de clorofila-a à superfície) fosse reduzido. Na Figura 3.14 mostra-se que a simulação estimou um estado trófico de 40ug/L quando o medido é de cerca 33 ug/L, ou seja, a sobrestimação pode ser da ordem dos 20%.

Com as reduções de carga proposta (controlar a carga de fósforo reduzindo cerca de 50% (redução aplicada à carga afluenta e à do fundo uma vez que a do fundo representa o material que é transportado em situação de cheias) resulta numa redução do estado trófico de cerca de 50% (resposta directa). Pelo que o estado trófico na realidade se poderia aproximar dos 15ug/L.

De referir que a situação na albufeira tem vindo a melhorar nos últimos anos fruto das medidas impostas na bacia (e.g. criação de uma charca de retenção, criação de pré-barragens, etc.) e o estado trófico em 2009-2001 foi de cerca de 20ug/L pelo que uma redução de 50% poderia colocar a albufeira abaixo do limiar de eutrofização (10ug/L). O facto de as medidas implementadas serem associadas a controlo de erosão e estarem a mostrar sinais de melhoria reforça que a redução da carga de fósforo (e.g. transportada durante as cheias, limitando mais a erosão) pode ser benéfica para a albufeira.

Assim, medidas de controlo de erosão como a criação de charcas de retenção, protecção das margens (na ribeira do Enxoé em geral existe utilização de solo até ao rio), e agricultura com protecção do solo com vegetação podem fazer reduzir a erosão, a carga de fósforo e a eutrofização na albufeira.

As medidas de alterações das práticas serão avaliadas nos capítulos de gestão.



**Figura 3.13.** Balanço de azoto (topo) e fósforo (baixo) à albufeira com as cargas de entrada e os restantes fluxos como percentagem da carga de entrada.

| Cenário   | Estado trófico*  |
|---|------------------|
| Cenários de Referência – Dados de Campo   | 32.8 (eutrófico) |
| Cenários de Referência – simulação  | 40.0 (eutrófico) |
| Simulação com remoção 50% P (entrada + fundo) em relação ao cenário de referência | 20.8 (eutrófico) |
| Simulação com remoção entrada do fundo em relação ao cenário de referência        | 16.7 (eutrófico) |

\* média geométrica à superfície de concentração de clorofila-a (µg/l) no paredão no período de 2001 a 2011.

**Figura 3.14.** Estado trófico na situação de referência e nos cenários de gestão.

### ***3.4. Funcionamento da albufeira do Enxoé – aplicação do modelo MOHID Water***

#### **3.4.1 Abordagem**

A abordagem seguida foi utilizar o modelo MOHID Water (modelo 3D) em que ao modelo hidrodinâmico foi acoplado o modelo de qualidade do CE-QUAL-W2 para descrever a dinâmica da albufeira utilizando as afluências estimadas pelo SWAT (aplicação do MOHID Land foi apenas da hidrologia) e verificar se se conseguiam resultados semelhantes ao modelo CE-QUAL-W2. O modelo foi validado com dados de qualidade da água recolhidos desde a construção da albufeira à superfície e dados de perfis recolhidos durante o projecto e que foram descritos anteriormente.

#### **3.4.2 Dados de Base**

Os dados de base para a implementação do modelo são os mesmos que para o modelo CE-QUAL-W2.

#### **3.4.3 Resultados**

##### ***3.4.3.1 Validação***

Os resultados do modelo MOHID Water são em tudo semelhantes aos do CE-QUAL-W2 para a temperatura como se pode verificar na Figura 3.15 conseguindo representar a estratificação no verão com a termoclina à profundidade correcta e com as diferenças de temperatura entre superfície e fundo correctas.

Para o oxigénio o modelo MOHID Water representa os perfis de oxigénio com melhor ajuste aos dados sem que o oxigénio desça tão rapidamente para zero como no modelo CE-QUAL\_W2 e estabilizando no fundo para valores próximos dos medidos.

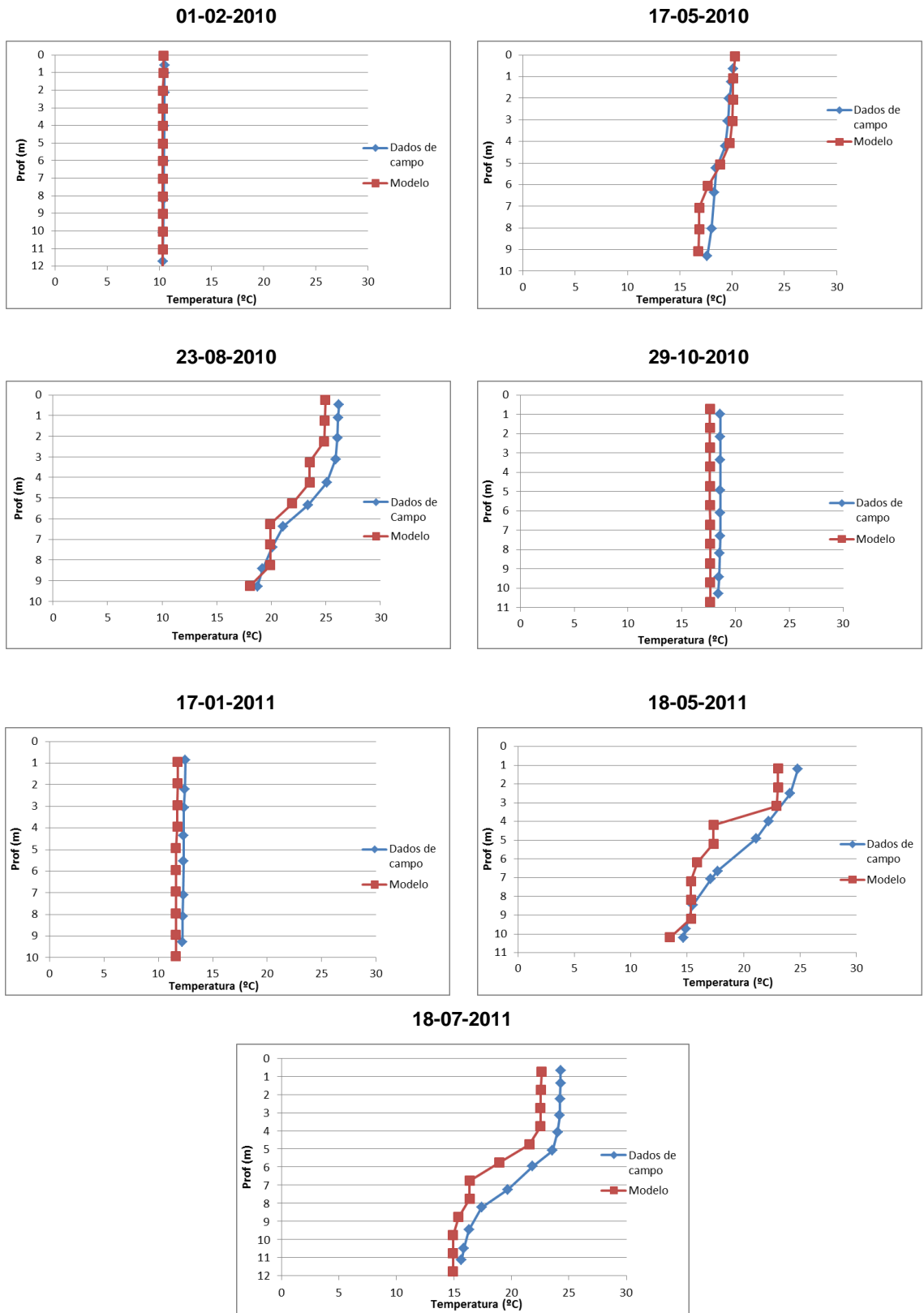
Nestas condições a carga de fósforo libertada do fundo necessária para sustentar o crescimento algal foi da mesma ordem da carga afluenta que corrobora os resultados apresentados pelo modelo CE-QUAL-W2 e mostra que a subestimação de oxigénio no fundo por este modelo não tem influência nos resultados e na sua validade.

Assim, o modelo MOHID Water permitiu melhorar os resultados melhorando o ajuste aos dados de campo e chegou à mesma conclusão que nas simulações anteriores que o fósforo libertado do fundo mantém o crescimento algal na albufeira pois as cianobactérias não estão dependentes da disponibilidade de azoto (obtem o N<sub>2</sub> atmosférico).

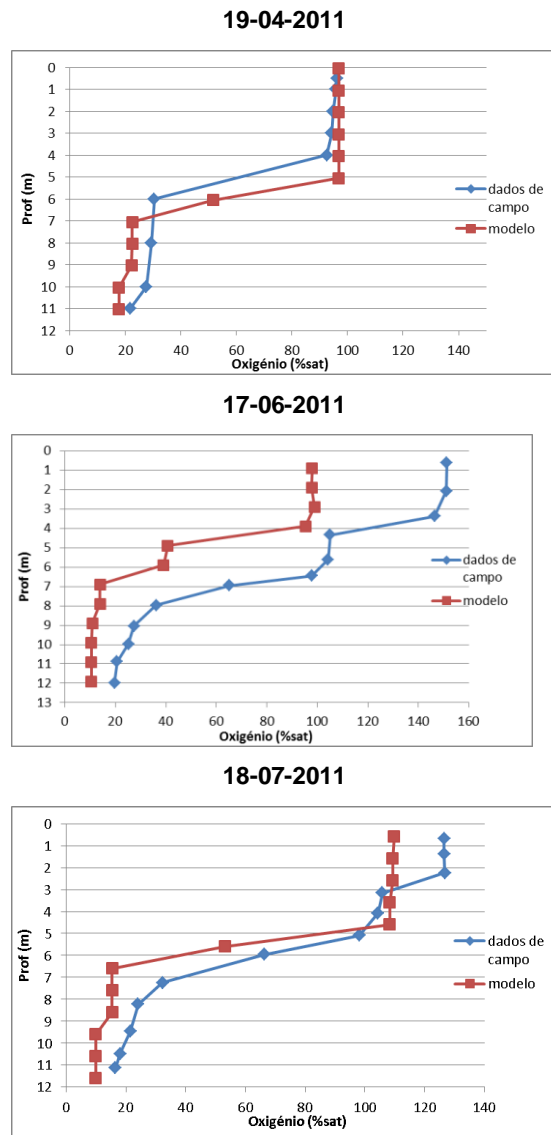
Uma vez que este fósforo libertado do fundo atinge a albufeira principalmente em situações de cheia, o controlo da eutrofização na albufeira passa pelo controlo da erosão e do transporte de fósforo nestas alturas.

Mais detalhes dos estudos da modelação na albufeira encontram-se no Anexo.





**Figura 3.15** Comparação entre os perfis de temperatura simulados pelo modelo e os perfis medidos.



**Figura 3.16.** Comparação entre os perfis de oxigênio simulados pelo modelo e os perfis medidos.

## Tarefa 4. Impactos ambientais, económicos e sociais resultantes das alterações das práticas culturais

### 4.1. Caracterização dos principais sistemas agrícolas do Concelho de Serpa (Bacia do Enxoé) com base nos dados da Rede de Informação de Contabilidades Agrícolas (RICA).

A Rede de Informação de Contabilidades Agrícolas (RICA) recolhe anualmente informação contabilística e técnica a partir de uma amostra de explorações agrícolas, com metodologia harmonizada de registo a nível comunitário. O objectivo é obter-se, sobre as explorações agrícolas, dados representativos no plano estrutural (efectivos, quantidade de trabalho, áreas e quantidades produzidas, etc.), económico e financeiro (valor da produção das várias culturas, compras e vendas, custos de produção, juros e subsídios) por região, dimensão económica (DE) e orientação técnico-económica (OTE) a fim de se disponibilizar e avaliar informação que permita acompanhar e delinear medidas de política agrícola e de desenvolvimento rural no espaço da Política Agrícola Comum.

Para caracterizar a região do Enxoé efectuou-se o apuramento de dados e resultados relativos ao concelho de Serpa a que pertencem um total de 87 contabilidades no período de 2005 a 2009.

**Quadro 4.1.** Distribuição do número de contabilidades no concelho de Serpa onde se situa a bacia hidrográfica do Enxoé

|                          | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Total |
|--------------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Olival                   | 3    | 1    | 2    | 1    | 3    | 10    |
| Ovinos                   | 2    | 2    | 5    | 6    | 4    | 19    |
| Herbívoros «SAU*≤250 ha» | 8    | 6    | 3    | 3    | 7    | 27    |
| Herbívoros «SAU*>250 ha» | 2    | 5    | 5    | 4    | 4    | 20    |
| Policultura              | 3    | 1    | 2    | 3    | 2    | 11    |
| Total                    | 18   | 15   | 17   | 17   | 20   | 87    |

\*SAU- Superfície Agrícola Útil

Durante os 5 anos verifica-se que os sistemas de produção olival, ovinos, herbívoros (entendidos como combinações de ovinos e bovinos) e policultura (entendida como uma combinação de grandes culturas, culturas permanentes e gado) são os sistemas de produção mais representativos no concelho de Serpa com uma distribuição entre eles que varia entre 10 (olival) e 27 casos (Herbívoros com SAU≤250 ha).

Como elementos caracterizadores dos sistemas de produção atrás identificados apresentam-se, em seguida, uma série de quadros que agrupam e abrangem dados de informações afins.

**Quadro 4.2.** Caracterização da Superfície Agrícola Útil (SAU) e da Mão-de-obra (UHT)

|                           | Olival | Ovinos | Herbívoros<br>SAU≤250 | Herbívoros<br>SAU>250 | Policultura |
|---------------------------|--------|--------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| SAU (ha)                  | 67.14  | 75.46  | 130.70                | 379.50                | 204.17      |
| SAU regadio (ha)          | 0.00   | 0.00   | 0.00                  | 0.00                  | 1.92        |
| Superfície Florestal (ha) | 0.00   | 0.00   | 0.00                  | 62.00                 | 1.88        |
| UHT total                 | 1.90   | 1.05   | 1.27                  | 1.95                  | 3.20        |
| UHT não assalariada       | 0.81   | 0.98   | 1.20                  | 1.06                  | 0.97        |
| UHT assalariada           | 1.09   | 0.07   | 0.07                  | 0.89                  | 2.23        |
| UHT temporária            | 0.04   | 0.01   | 0.01                  | 0.05                  | 0.04        |

Enxoé (Concelho de Serpa)

Em média, os sistemas mais especializados (olival e ovinos) têm uma superfície agrícola útil (SAU) menor, o sistema de produção de Herbívoros com SAU>250 ha apresenta uma área Florestal com peso significativo e o sistema de Policultura regista existência de área com regadio. A mão-de-obra medida pela unidade homem trabalho (UHT) total apresenta maior valor para os sistemas de produção de Policultura, Herbívoros com SAU>250 ha e Olival. Observe-se que a mão-de-obra assalariada é maior que a não assalariada para os sistemas de olival e de Policultura que contrasta com os sistemas de Ovinos e de Herbívoros com SAU≤250 ha onde a mão-de-obra é principalmente não assalariada.

**Quadro 4.3.** Caracterização da Composição do Produto Bruto (CPB), em Euros

|                       | Olival | Ovinos | Herbívoros<br>SAU≤250 | Herbívoros<br>SAU>250 | Policultura |
|-----------------------|--------|--------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| CPB vegetal           | 38648  | 18999  | 23756                 | 44121                 | 77183       |
| CPB Cereais           | 597    | 686    | 475                   | 3263                  | 9079        |
| CPB Horto-industriais | 732    | 0      | 0                     | 0                     | 22661       |
| CPB Olival            | 34996  | 454    | 416                   | 1591                  | 38960       |
| CPB Viticultura       | 0      | 0      | 0                     | 371                   | 0           |
| CPB Animal            | 2324   | 17237  | 18873                 | 37899                 | 2283        |
| CPB Bovinos           | 0      | 33     | 7044                  | 26120                 | 2085        |
| CPB Ovinos            | 2324   | 17120  | 11746                 | 6726                  | 198         |
| CPB Suínos            | 0      | 84     | 83                    | 5053                  | 0           |

Enxoé (Concelho de Serpa);

**Quadro 4.4.** Distribuição da Superfície e das Espécies Animais

|                                 | Olival | Ovinos | Herbívoros |         | Policultura |
|---------------------------------|--------|--------|------------|---------|-------------|
|                                 |        |        | SAU≤250    | SAU>250 |             |
| Afetação cereais (ha)           | 2.27   | 5.87   | 18.92      | 52.27   | 59.43       |
| Afetação trigo (ha)             | 1.97   | 0.00   | 0.19       | 15.62   | 29.64       |
| Afetação Out. cereais (ha)      | 0.30   | 5.87   | 18.73      | 36.65   | 29.79       |
| Afetação Horto-industriais (ha) | 0.15   | 0.00   | 0.00       | 0.00    | 3.05        |
| Afetação Olival (ha)            | 46.56  | 1.77   | 3.35       | 21.11   | 80.30       |
| Afetação Viticultura (ha)       | 0.00   | 0.00   | 0.00       | 0.44    | 0.00        |
| Afetação Sup. Forrageira (ha)   | 19.40  | 64.71  | 67.70      | 263.29  | 38.37       |
| Afetação Pousio (ha)            | 4.37   | 1.99   | 30.34      | 33.19   | 20.15       |
| Cabeças Naturais                | 61.89  | 307.71 | 314.43     | 501.60  | 27.82       |
| Cabeças Normais (CN)            | 10.73  | 52.74  | 71.88      | 177.65  | 22.64       |
| Bovinos (CN)                    | 0.00   | 0.33   | 23.18      | 108.91  | 22.34       |
| Ovinos (CN)                     | 10.73  | 52.32  | 47.89      | 60.63   | 0.20        |
| Suínos (CN)                     | 0.00   | 0.09   | 0.63       | 7.39    | 0.00        |

Enxoé (Conselho de Serpa)

Entendendo-se a Composição do Produto Bruto (CPB), a afectação da área e repartição dos efectivos animais (Quadros 3 e 4) como indicadores do modo de produção, verifica-se que, para além da evidente importância do produto consoante a especialização do sistema de produção, nos Herbívoros com SAU≤250 ha predominam os ovinos e que nos Herbívoros com SAU>250 ha predominam os bovinos. No sistema de Policultura, o valor do produto com origem na olivicultura representa mais de 50% do produto vegetal. As áreas de Afectação Cultural reflectem naturalmente a orientação produtiva dos sistemas de produção onde se relevam áreas afectas a cereais e olival no caso da Policultura e áreas forrageiras nos Herbívoros.

**Quadro 4.5.** Caracterização do Produto Bruto Agrícola (PBA), dos Encargos e Consumos Intermédios (CI) por superfície agrícola útil (SAU), em euros

|                       | Olival | Ovinos | Herbívoros |         | Policultura |
|-----------------------|--------|--------|------------|---------|-------------|
|                       |        |        | SAU≤250    | SAU>250 |             |
| PBA/SAU               | 945    | 477    | 36         | 32      | 58          |
| TER/SAU               | 528    | 266    | 64         | 44      | 86          |
| Salários/SAU          | 115    | 8      | 6          | 16      | 55          |
| Amortizações/SAU      | 134    | 41     | 60         | 37      | 97          |
| Cons. Intermédios/SAU | 258    | 214    | 92         | 88      | 87          |
| CI Máquinas/SAU       | 134    | 63     | 49         | 27      | 11          |
| CI Alim. gado/SAU     | 0      | 104    | 95         | 30      | 1           |
| CI Fertilizantes/SAU  | 68     | 13     | 19         | 16      | 42          |
| CI Fitofármacos/SAU   | 31     | 1      | 0          | 2       | 28          |
| CI Diversos/SAU       | 4      | 5      | 11         | 3       | 16          |

Enxoé (Concelho de Serpa)

Relativamente à receita representada pelo Produto Bruto Agrícola (PBA) por SAU verificam-se valores mais elevados para os sistemas de especializados de Olival e Ovinos aos quais correspondem Encargos (TER) e Consumos Intermédio (CI) também mais elevados. Na despesa, o peso dos Salários, Amortizações e Máquinas é bastante maior para o Olival. No

caso dos encargos com Fertilizantes e Fitofármacos verifica-se que obtêm maior importância nos sistemas de Olival e de Policultura. Nos sistemas com produção animal, os gastos com alimentos para o gado obtêm importância relativamente ao valor total dos consumos intermédios.

Em resumo, os sistemas de produção identificados através do RICA para o concelho de Serpa correspondem a explorações especializadas em Olival, Ovinos, explorações mistas de Herbívoros com área inferior a 250 ha, de Herbívoros com área superior a 250 ha e de Policultura. Em média, as explorações mais especializadas como Olival e Ovinos têm áreas bastante inferiores às explorações de Herbívoros e Policultura. A distinção entre os sistemas de produção de herbívoros está na importância relativa que ovinos e os bovinos representam no produto sendo que os ovinos apresentam maior importância quando a área é menor e os bovinos na situação inversa, ou seja, quando a área é maior. No sistema de Policultura, o valor dos produtos com origem na olivicultura representa quase 50% do produto vegetal. Nos sistemas onde o olival tem maior importância, os encargos com máquinas, fertilizantes e fitofármacos apresentam maior importância.

Na prospecção relativa à existência de dados que possam contribuir para a caracterização das culturas incluídas nos sistemas de produção (instrumentos importantes a incluir na construção dos modelos) verificou-se existirem um conjunto de contas de cultura, elaborados pelo Gabinete de Planeamento e Políticas (GPP) do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAMAOT) para a região do Alentejo respeitantes a cereais (trigo, triticale, cevada e aveia), girassol, olival, consociação (aveia x tremocilha), azevém anual, pastagem sequeiro (azevém x trevo subterrâneo), pastagem de sequeiro (natural e melhorada).

#### ***4.2. Optimização com modelos de programação linear e determinação da matrix "Pay-off"***

No ponto 4.1 definiram-se os principais condicionalismos e características edafo-climáticas, de competitividade assim como a caracterização técnico-económica das atividades tendo em atenção as necessidades unitárias dos principais recursos e fatores (mão-de-obra, capital operativo, consumos de fertilizantes, etc.), a produtividade e aos custos de produção. Com base neste conjunto de informações está-se a formular os diversos modelos normativos adaptados aos referidos condicionalismos regionais identificados, a partir dos quais se procede à optimização individual dos objetivos em análise. A partir destes resultados está-se a obter a matriz dos valores ideais e anti-ideais ("pay-off matrix") que permitem estimar o grau de conflitualidade entre objetivos e procurar os conjuntos de soluções possíveis e eficientes e de compromisso que melhor respondem aos diversos critérios em análise no quadro da teoria da decisão multicritério (programação multiobjectivo e de compromisso)

Esta é toda a informação que me foi fornecida respeitante a esta tarefa. A tarefa não foi concluída devido a doença grave e prolongada do seu responsável actual Mestre Victor da Conceição Martins. O responsável original, o Investigador Nuno Siqueira de Carvalho, aposentou-se a meio do projecto.



## **Tarefa 5 - Divulgação dos resultados e gestão**

As publicações e as apresentações em reuniões científicas e nas reuniões de trabalho do projeto podem ser visualizadas na página da internet do projecto <http://eutrophosproject.wordpress.com/>

### **5.1. Divulgação dos resultados**

#### **5.1.1. Organização de cursos, seminários e reuniões de divulgação dos resultados**

- Organização da reunião “PESERA user group meeting” para utilizadores do modelo PESERA. Esta reunião decorreu no Instituto Superior Técnico, em Lisboa nos dias 19 a 21 de Novembro de 2013 e foi financiada pelo Bioforsk, the Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, e pela Universidade de Leeds (UK).
- Seminário: Gestão integrada do fósforo para controlo da eutrofização de bacias hidrográficas EUTROPHOS. O caso da Bacia do Enxoé. Realizado na Herdade da Abóbada (DRAPAI), em Serpa no dia 28 de Outubro de 2013. Teve a participação de cerca de 30 pessoas, que se mostraram muito interessadas nos resultados do projecto, incluindo os representantes da EDIA, FENAREG, APA-ARH do Alentejo e Algarve, DRAPAI, Camaras Municipais da área e agricultores da zona.
- Organização do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, realizada no INIAV, Auditório do CAP, em Oeiras, nos dias 26 a 28 de Junho de 2013.
- Organização de um curso para utilização do modelo MOHID\_Land, realizado no IST, de 26 de Novembro a 7 de Dezembro de 2012.
- Sessão pública sobre os riscos de poluição na bacia do Enxoé. Realizada no Cine-Teatro Municipal de Serpa, com o apoio da Câmara de Serpa, no dia 11 de Março de 2011. Teve a participação de cerca de 40 pessoas. Os presentes referiram a necessidade de preservação do solo controlando a erosão.

#### **5.1.2. Publicações científicas**

##### ***Tese de Doutoramento***

- Submetido – T. B. Ramos, “Propriedades hidráulicas dos solos e modelação para a optimização da rega considerando a dinâmica do azoto e dos sais”, Tese submetida (Novembro de 2013) para obtenção do grau de Doutor em Engenharia dos Biosistemas no Instituto Superior de Agronomia, UL, 2013. (Tese de doutoramento financiada pela FCT (referência SFRH/BD/60363/2009).  
URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/tese.pdf>

##### ***Teses de Mestrado***

- Publicado – M. D. Diaconu, “Erosion and sediment dynamics in Enxoé watershed”. Tese de mestrado no âmbito do programa ERASMUS de intercâmbio IST-Technical University of Iasi, Roménia, 2013. URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/monica.pdf>

- Publicado – P. Ioana, “Modeling floods in Enxoé watershed”. Tese de mestrado no âmbito do programa ERASMUS de intercâmbio IST-Technical University of Iasi, Roménia, 2013. URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/petre-ioana.pdf>
- Publicado – L. Simionesei, “Aspects of modeling soil processes”, Tese de mestrado no âmbito do programa ERASMUS de intercâmbio IST - Technical University of Iasi, Roménia, 2012. URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/lucian2012-aspecte-privind-modelarea-unor-procese-din-sol.pdf>
- Em conclusão – R. Godinho, “Qualidade Ecológica da Albufeira do Enxoé, Bacia do Guadiana”, Mestrado em Ciências e Tecnologia da Terra, da Atmosfera e do Espaço; Universidade de Évora.

### ***Capítulos de livro:***

- Publicado – M. C. Gonçalves, T. B. Ramos, F. P. Pires, “Base de dados georeferenciada das propriedades do solo”, In: P.S. Coelho, P. Reis (eds.), Agrorural. Contributos Científicos, Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, I.P. e Imprensa Nacional – Casa da Moeda, S.A., Portugal, ISBN 978-972-27-2022-9, pp. 564-574, 2011. URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/base-de-dados-prosolo1.pdf>

### **Revistas Internacionais com arbitragem científica:**

- Publicado - P.B. Luz, "A graphical solution to estimate potential runoff in center-pivot irrigation", Transactions of ASABE, Vol. 54, pp. 81-92, Janeiro de 2011. URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/asabe\\_pbl.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/asabe_pbl.pdf)
- Publicado - T. B. Ramos, M. C. Gonçalves, D. Brito, J. C. Martins, L. S. Pereira, “Development of class pedotransfer functions for integrating water retention properties into Portuguese soil maps”. Soil Research, 51: 262–277, Setembro de 2013. URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/sr12347.pdf>
- Submetido – D. Brito, R. Neves, M. A. Branco, A. Prazeres, S. Rodrigues, M. C. Gonçalves, T. B. Ramos, ”Assessing the long-term dynamics and nutrient loads to an eutrophic reservoir in a temporary river basin in southeast Portugal (Enxoé)”, Submetido ao Journal of Hydrology, Dezembro de 2012. URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/hydrol-s-12-02042-2.pdf>
- Submetido – D. Brito, R. Neves, M. A. Branco, M. C. Gonçalves, “Modeling flood dynamics in a temporary river basin draining to an eutrophic reservoir in southeast Portugal (Enxoé)”, Submetido ao Journal of Hydrology, Janeiro de 2013. URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/hydrol-s-13-00104.pdf>
- Submetido - T. B. Ramos, M. C. Gonçalves, M. A. Branco, D. Brito, S. Rodrigues, J.M. Sánchez-Pérez, S. Sauvage, A. Prazeres, J.C. Martins, M.L. Fernandes, F.P. Pires, “Sediment and nutrient dynamics during storm events in the Enxoé temporary river, Southern Portugal”, Submetido a Hydrological Processes, Outubro de 2013. URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/paper-enxoe.pdf>
- Submetido - T. B. Ramos, M.C. Gonçalves, A.M. Horta, J.C. Martins, L.S. Pereira, “Development of ternary diagrams for estimating water retention properties using a geostatistical approach”, Submetido a Geoderma, Agosto de 2013. URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/ptfs-triangles.pdf>

- Submetido - T. B. Ramos, M.A. Branco, M. Morais, S. Rodrigues, A. Prazeres, D. Brito, M.C. Gonçalves, J.C. Martins, M.L. Fernandes, F.P. Pires, “Temporal variability of soil organic carbon transport in the enxoé agricultural watershed”, Submetido a Hydrological Processes, Janeiro de 2014.  
URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/paper-carbonos.pdf>

### ***Revistas nacionais com arbitragem científica***

- Publicado - Ramos, T. B., Gonçalves, M. C., Martins, J. C., Pires, F. P., Pereira, L. S., “Propriedades hidráulicas dos solos para as diferentes classes texturais”, Revista das Ciências Agrárias, Volume 34, nº. 2, pp. 252-266, 2011.  
URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/v34n2a23.pdf>

### ***Publicações em Actas de Reuniões Internacionais:***

- Publicado - P. B. Luz, “Perspectivas de desenvolvimento de guias temáticos no âmbito do regadio”, Actas do VI Congresso Ibérico de AgroEngenharia, Évora, Setembro de 2011.  
URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/vi-congresso-agroengenharia-pbluz4.pdf>
- Publicado - T. B. Ramos, J. Šimůnek, M. C. Gonçalves, J. C. Martins, A. Prazeres, L. S. Pereira, “Modeling water and nitrogen fate in plots with sweet sorghum irrigated with fresh and blended saline waters using HYDRUS-2D”, In: J. Šimůnek, M. Th. van Genuchten, and R. Kodešová (eds.), Proc. of the 4<sup>th</sup> International Conference “HYDRUS software applications to subsurface flow and contaminant transport problems”, March 21-22, Dept. of Soil Science and Geology, Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic, ISBN: 978-80-213-2380-3, pp. 307-314, March 2013.  
URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/hydrus-workshop.pdf>

### ***Publicações em Actas de Reuniões Nacionais***

- Aceite – M. C. Gonçalves, T. B. Ramos, M. A. Branco, D. Brito, J. Tavares, S. Rodrigues, Â. Prazeres, J. C. Martins, M. L. Fernandes, F. P. Pires, “Avaliação de risco de degradação da qualidade da água em bacias hidrográficas agrícolas em situação de cheia”, In: M. C. Gonçalves, J. C. Martins (Eds.), Actas do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, em publicação, 2014.  
URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/7-gonc3a7alves-histerese.pdf>
- Aceite – P.B. Luz, M.L. Fernandes, F. P. Pires, “Modelo hidrológico do “número de escoamento” para estimar o escoamento superficial em pequenas bacias”, In: M. C. Gonçalves, J. C. Martins (Eds.), Actas do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, em publicação, 2014.  
URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/artigopbl\\_2014.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/artigopbl_2014.pdf)
- Aceite – T.B. Ramos, J. Šimůnek, M.C. Gonçalves, J.C. Martins, A. Prazeres, L.S. Pereira, “Modelação bidimensional da dinâmica da água e dos fertilizantes azotados num solo regado com águas salinas”, In: M. C. Gonçalves, J. C. Martins (Eds.), Actas do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, em publicação, 2014.  
URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/17-spcs2013\\_tiago\\_hydrus2d.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/17-spcs2013_tiago_hydrus2d.pdf)
- Aceite – T. B. Ramos, M. C. Gonçalves, J. C. Martins, L. S. Pereira, “Comparação de diferentes funções de pedotransferência para estimar as propriedades hidráulicas dos

solos em Portugal”, In: M. C. Gonçalves, J. C. Martins (Eds.), Actas do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, em publicação, 2014.

URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/18-spcs2013\\_tiago\\_ptfs.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/18-spcs2013_tiago_ptfs.pdf)

- Aceite – T. B. Ramos, M. C. Gonçalves, S. Rodrigues, F. P. Pires, A. Guerreiro, J. C. Martins, “Quantificação dos parâmetros de transporte de solutos do solo na área de influência do perímetro de rega de Alqueva”, In: M. C. Gonçalves, J. C. Martins (Eds.), Actas do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, em publicação, 2014.

URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/casimiro\\_btcs.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/casimiro_btcs.pdf)

- Aceite – S. Rodrigues, T. B. Ramos, M. C. Gonçalves, J. C. Martins, M. A. Branco, A. Guerreiro, M. L. Fernandes, “Erosão hídrica potencial na área da bacia da ribeira do Enxoé”, In: M. C. Gonçalves, J. C. Martins (Eds.), Actas do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, em publicação, 2014.

URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/19-sara-erosc3a3o.pdf>

### *Comunicações em reuniões científicas*

- Apresentado - M. A. Branco, Â. Prazeres, S. Rodrigues, J. C. Martins, M. L. Fernandes, D. Brito, F. P. Pires, T. B. Ramos, M. C. Gonçalves, “Impacte do uso do solo na qualidade da água superficial da ribeira do Enxoé (Alentejo)”, Livro de Resumos do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, p. 61-62, Junho de 2013.

URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/m-spcs2013.pdf>

- Apresentado - D. Brito, R. Neves, M.A. Branco, M.C. Gonçalves, ”Modelação da dinâmica de cheias num rio temporário que drena para um reservatório eutrófico (Enxoé)”, Livro de Resumos do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, p. 16, Junho de 2013.

URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/david-brito-ist-eutrophos.pdf>

- Apresentado - M. C. Gonçalves, T. B. Ramos, M. A. Branco, D. Brito, J. Tavares, S. Rodrigues, A. Prazeres, J. C. Martins, M. L. Fernandes, F. P. Pires, “Avaliação de risco de degradação da qualidade da água em bacias hidrográficas agrícolas em situação de cheia”, Livro de Resumos do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, p. 30, Junho de 2013.

URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/gonc3a7alves-eutrophos.pdf>

- Apresentado - P.B. Luz, M.L. Fernandes, F. P. Pires, “Utilização do modelo hidrológico do “número de curva” para estimar o escoamento superficial em pequenas bacias”, Livro de Resumos do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, p. 15, Junho de 2013.

URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/encsolos\\_0613.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/encsolos_0613.pdf)

- Apresentado - R. Neves, D. Brito, E. Jauch, P. C. Leitão, C. Almeida, “Modelação do escoamento da água no solo, “upscaling” e “downscaling””, Livro de Resumos do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, p. 11, Junho de 2013.

URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/mod\\_escoamento.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/mod_escoamento.pdf)

- Apresentado - T. B. Ramos, M. C. Gonçalves, J. C. Martins, L. S. Pereira, “Comparação de diferentes funções de pedotransferência para estimar as propriedades hidráulicas dos solos em Portugal”, Livro de Resumos do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, p. 19, Junho de 2013.

URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/spcs2013\\_ptfs.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/spcs2013_ptfs.pdf)

- Apresentado - T. B. Ramos, J. Šimůnek, M. C. Gonçalves, J. C. Martins, A. Prazeres, L. S. Pereira, “Modelação bidimensional da dinâmica da água e dos fertilizantes azotados num solo regado com águas salinas”, Livro de Resumos do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, p. 13, Junho de 2013.  
URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/tiago-ramos\\_hydrus.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/tiago-ramos_hydrus.pdf)
- Apresentado - T. B. Ramos, M. C. Gonçalves, S. Rodrigues, F. P. Pires, A. Guerreiro, J. C. Martins, “Quantificação dos parâmetros de transporte de solutos do solo na área de influência do perímetro de rega de Alqueva”, Livro de Resumos do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, p. 20, Junho de 2013.  
URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/spcs2013\\_btcs.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/spcs2013_btcs.pdf)
- Apresentado - T. B. Ramos, J. Šimůnek, M. C. Gonçalves, J. C. Martins, A. Prazeres, L. S. Pereira, “Modeling water and nitrogen fate in plots with sweet sorghum irrigated with fresh and blended saline waters using HYDRUS-2D. HYDRUS software applications to subsurface flow and contaminant transport problems”, 4th International Conference, Praga, República Checa, p. 57, March 2013.  
URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/praga\\_hydrus2d\\_2013.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/praga_hydrus2d_2013.pdf)
- Apresentado - S. Rodrigues, T. B. Ramos, M. C. Gonçalves, J. C. Martins, M. A. Branco, A. Guerreiro, M. L. Fernandes, “Erosão hídrica potencial na área da bacia da ribeira do Enxoé”, Livro de Resumos do Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Oeiras, p. 31, Junho de 2013.  
URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/sara-rodrigues-iniav.pdf>
- Apresentado - T. B. Ramos, M. C. Gonçalves, A. M. Horta, J. C. Martins, L. S. Pereira, “Pedotransfer functions for estimating soil hydraulic properties of Portuguese soils: State-of-the-art”, Proc. of 4th International Congress of ECSS – EUROSOIL, Bari, Italy, July 2012.  
URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/2012\\_eurosoil\\_upscaling3.pdf](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/2012_eurosoil_upscaling3.pdf)
- Apresentado - A. Prazeres, S. Rodrigues, J. Tavares, O. Morgado, M. A. Castelo Branco, M. C. Gonçalves, “Evaluation of the water quality in the Enxoé river – Eutrophization risk?”, Book of Abstracts EcoHCC International Conference on Ecohydrology and Climate Change, p. 72, Tomar, Portugal, Setembro 2011.  
URL: <http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/resumo.pdf>
- Apresentado - D. Brito, P. C. Leitão, R. Neves, S. Sauvage, J. M. Sánchez-Pérez, “Modeling watershed dynamics in agricultural/silvopastoral system of a semi-arid zone: Enxoé River in southeast Portugal”, Book of Abstracts International SWAT Conference, Toledo, Spain, Junho de 2011.  
URL: [http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/swat\\_toledoconf\\_enxowatershed.doc](http://eutrophosproject.files.wordpress.com/2012/03/swat_toledoconf_enxowatershed.doc)
- Apresentado – M. M. Morais, “Estado dos Recursos Hídricos em Portugal”. XIV Encontro Paranaense de Educação Ambiental e Colóquio Internacional de Rede de Pesquisa em Educação Ambiental por Bacia Hidrográfica. Unioeste; Câmpus de Cascavel, Brasil 1 a 4 de outubro de 2013.
- Apresentado – M. M. Morais, “A escassez de água: tecnologias de gestão para adaptação e mitigação. II Simpósio Internacional Ciência, Saúde e Território. “Tecnologias Sociais, Desenvolvimento e Sustentabilidade Ambiental. Universidade do Planalto Catarinense/UNIPLAC, Lages, Brasil. 8 de novembro de 2013.

## 5.2. Gestão

Reunião da equipa do projeto, no dia 15/7/2010, no INIA em Oeiras.

Reunião da equipa do projeto, no dia 28/06/2011, na Universidade de Évora

Reunião, com a equipa do projeto, no dia 01/08/2012, no INIAV, em Oeiras

Reunião com a equipa do projeto, no dia 09/09/2013, no INIAV, em Oeiras

## Agradecimentos

A equipa do Projecto agradece à Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo, nomeadamente à equipa da Herdade da Abóbada, as facilidades na instalação dos talhões de erosão e toda a ajuda prestada durante as monitorizações.

## Referências bibliográficas

- Bowes, M. J., House, W. A., Hodgkinson, R. A., Leach, D. V. 2005. Phosphorus-discharge hysteresis during storm events along a river catchment: the River Swale, U.K. *Water Research* 39: 751-762.
- Butturini, A., Gallart, F., Latron, J., Vazquez, E., Sabater, F. 2006. Cross-site comparison of variability of DOC and nitrate c-q hysteresis during the autumn-winter period in three Mediterranean headwater streams: a synthetic approach. *Biogeochemistry* 77: 327-349. DOI:10.1007/s10533-005-0711-7.
- Cardoso, J.C., 1974. A classificação de solos de Portugal. *Boletim de Solos do S.R.O.A.*, 17:14-46. Lisboa.
- FAO. 2006. World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. World Soil Resources Reports 103. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Gonçalves, M. C., Ramos, T. B., Pires, F.P. 2011. Base de dados georreferenciada das propriedades do solo. In *Agro rural. Contributos Científicos*. Coelho P.S., Reis, P. (eds.). Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, I.P. e Imprensa Nacional – Casa da Moeda, S.A.: Oeiras, Portugal; 564-574.
- Huber, S., Prokop, G., Arrouays, D., Banko, G., Bispo, A., Jones, R., Kibblewhite, M., Lexer, W., Möller, A., Rickson, J., Shishkov, T., Stephens, M., Van den Akker, J., Varallyay, G. & Verheijen, F., 2007. Indicators and Criteria report. ENVASSO Project (Contract 022713) coordinated by Cranfield University, UK, for Scientific Support to Policy, European Commission 6th Framework Research Programme, 339 p.
- Irvine, B. , Kosmas, C. 2003. PESERA User's Manual. PESERA Technical Report Deliverable 15, European Commission funded fifth framework project - contract QLK5-CT- 1999-01323, 34pp.
- Kirkby, M.J., Jones, R.J.A., Irvine, B., Gobin, A, Govers, G., Cerdan, O., Van Rompaey, A.J.J., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J., King, D., Montanarella, L., Grimm, M., Vieillefont, V., Puigdefabregas, J., Boer, M., Kosmas, C., Yassoglou, N., Tsara, M., Mantel, S., Van Lynden, G.J. & Huting, J., 2004. Pan-European Soil Erosion Risk Assessment: The PESERA Map, Version 1 October 2003. Explanation of Special Publication Ispra 2004 No.73 (S.P.I.04.73). European Soil Bureau Research Report No.16, EUR 21176, 18pp. and 1 map in ISO B1 format. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

- Oeurng, C., Sauvage, S., Coynel, A., Maneux, E., Etcheber, H., Sánchez-Pérez, J. M. 2011. Fluvial transport of suspended sediment and organic carbon during flood events in a large agricultural catchment in southwest France. *Hydrological Processes* 25: 2365–2378. DOI:10.1002/hyp.7999.
- Ramos, T.B., Gonçalves, M.C., Brito, D., Martins, J.C., Pereira, L.S., 2013. Development of class pedotransfer functions for integrating water retention properties into Portuguese soil maps. *Soil Research*, 51: 262–277. <http://dx.doi.org/10.1071/SR12347>
- Van Genuchten, M. Th., 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **44**: 892-898.