

# Avaliação do risco de degradação da qualidade da água em bacias hidrográficas agrícolas em situação de cheia

Maria C. Gonçalves<sup>1</sup>, Tiago B. Ramos<sup>2</sup>, Maria A. Branco<sup>1</sup>, David Brito<sup>3</sup>, José Tavares<sup>1</sup>, Sara Rodrigues<sup>1</sup>, Ângela Prazeres<sup>1</sup>, José C. Martins<sup>1</sup>, Manuel L. Fernandes<sup>1</sup> e Fernando P. Pires<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, UEIS Sistemas Agrários e Florestais e Sanidade Vegetal*

*<sup>2</sup>CEER—Centro de Engenharia dos Biosistemas, Instituto Superior de Agronomia*

*<sup>3</sup>Instituto Superior Técnico*

Estudo realizado no âmbito dos projectos PTDC/AGR-AAM/098100/2008 EUTROPHOS e SOE1/P2/F146 AGUA FLASH

# Introdução



As cheias são fenómenos naturais responsáveis pelo transporte de sedimentos e nutrientes para as linhas de água.

Originam picos de poluição que podem durar de poucas horas a alguns dias e podem conduzir à eutrofização dos rios e reservatórios e à contaminação da água potável.

No caso do sudoeste Europeu, devido às características do clima mediterrânico, dos solos e do uso da terra, as cheias têm um contributo muito importante para a remoção de sedimentos, pesticidas, fósforo e azoto do solo, originando uma consequente degradação do solo e da água.

O **fósforo**, sendo um factor limitante para a produção primária, é transferido dos solos agrícolas, ligado às partículas do solo, através do escoamento superficial e da erosão do solo.

O **azoto** é, também, muito importante na produção autotrófica, nomeadamente na forma de nitratos, sendo fundamentalmente transportado nas águas de drenagem.

- Devido ao carácter esporádico das cheias, os picos de poluição podem escapar aos sistemas clássicos de monitorização, baseados em amostragens sazonais ou mesmo mensais.
- Programas de monitorização contínua são essenciais para compreender a dinâmica dos sedimentos e dos nutrientes na bacia hidrográfica.
- A monitorização não fornece contudo informação da fonte dos sedimentos ou dos nutrientes.
- A histerese verificada na relação concentração-caudal pode ser analisada para obter aquela informação.

# Objectivos



- Estudar a evolução da qualidade da água durante as cheias ocorridas na bacia do Enxoé ao longo do ano hidrológico 2010-2011.
- Determinar a carga de sedimentos e de nutrientes para o reservatório do Enxoé.
- Determinar a origem desses sedimentos e nutrientes, baseado na interpretação das curvas de histerese na relação concentração-caudal.



A concrete structure, likely a dam or bridge component, extends over a large body of water. The structure features a central tower with a blue and white color scheme and a blue metal railing. The background shows a hilly landscape with green vegetation and a cloudy sky.

# MATERIAL E MÉTODOS

# Bacia hidrográfica do Enxoé a montante do reservatório (60 km<sup>2</sup>)



Uso do solo:



Água



Olival (18.3 %)



Culturas anuais (17%)



Montado (17.6 %)



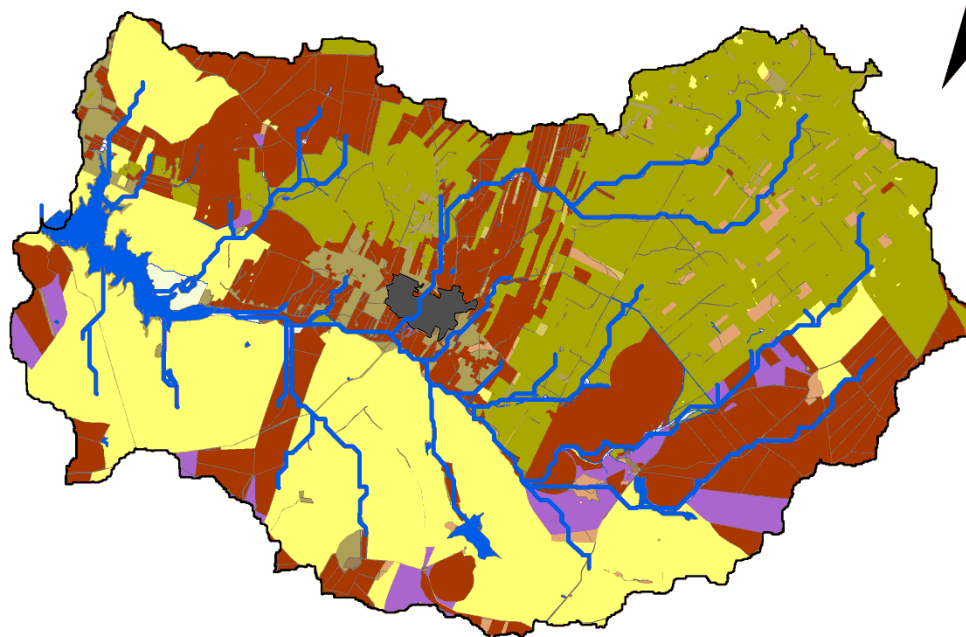
Pastagens permanentes



Povoação



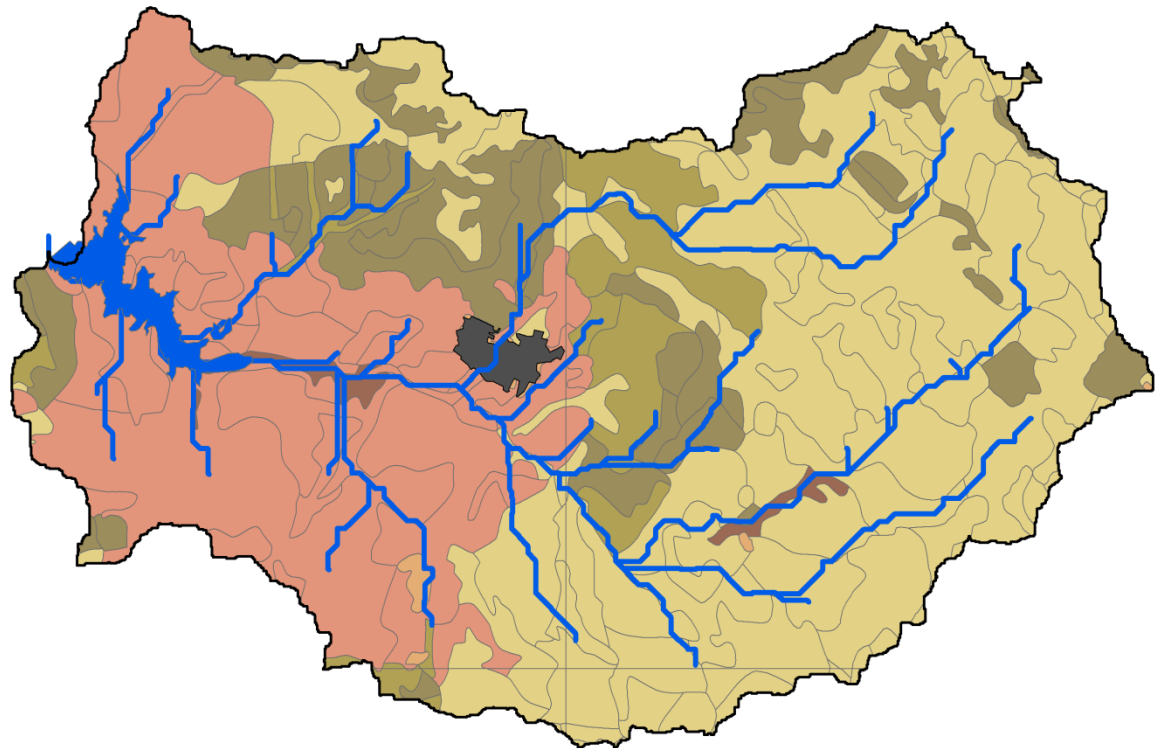
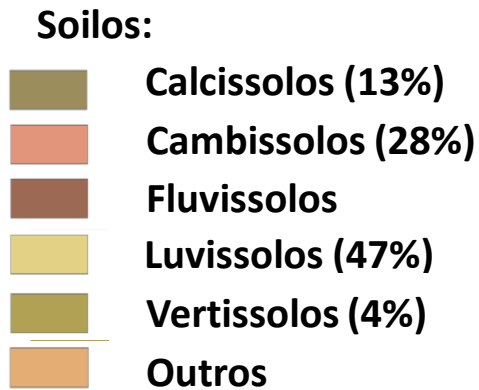
Outros usos da terra



Rio Enxoé com 9 km  
Altitude média 200 m



# Solos da bacia hidrográfica do Enxoé



# O rio Enxoé no fim da Primavera (rio temporário)









# O rio Enxoé após as primeiras chuvas





# O rio Enxoé após uma cheia



24 2 2010



# Monitorizações na bacia do Enxoé



## Medições automáticas (sonda YSI):

- Nível de água
- Turbidez

## Colheitas de água automáticas:

- Variação do nível de água de 10 cm

## Colheitas de água manuais

- No rio Enxoé e na Ribeira de Vale de Vargo, quinzenalmente

## Elementos monitorizados entre Outubro de 2010 e Junho de 2011:

- Nível de água
- Turbidez
- Concentração de sedimentos suspensos (SSC)
- Fósforo total (TP)
- Fósforo particulado (PP)
- Fósforo solúvel reactivo (SRP)
- Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )

- O caudal do rio foi calculado a partir do nível de água medido pela sonda e da geometria do leito do rio pela equação de Manning
- As cargas de sedimentos e de nutrientes para o reservatório foram calculadas a partir do integral no tempo do produto das concentrações pelo caudal.
- As cargas dos elementos particulados foram obtidas a partir dos valores de turbidez medidos automaticamente, devido à elevada correlação desta propriedade com os elementos particulados ( $R^2$  entre 0.792 e 0.897).



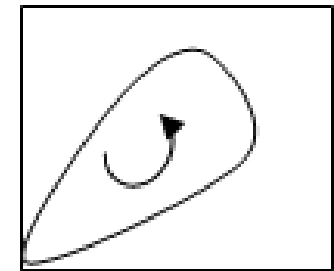
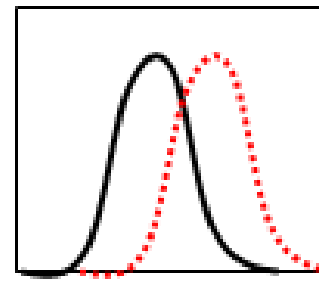
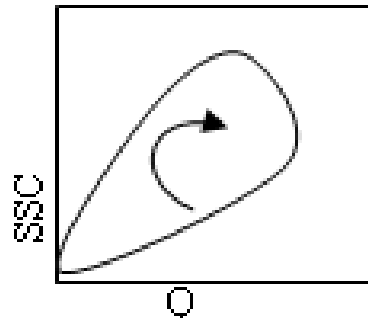
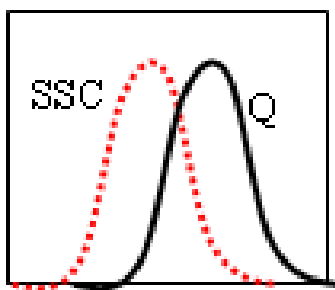






# Histerese

- A histerese para um dado caudal é caracterizada por diferenças na concentração de um elemento no ramo ascendente e descendente do hidrograma.
- As relações entre a variação da concentração-caudal podem resultar em trajetórias no sentido horário ou no sentido anti-horário



- **Sentido horário** – O pico de concentração chega antes do pico da cheia
- Entradas rápidas do elemento no rio - locais próximos

- **Sentido anti-horário** – O pico de concentração chega depois do pico da cheia
- Transferência para o rio mais lenta e difusa - de locais mais afastados

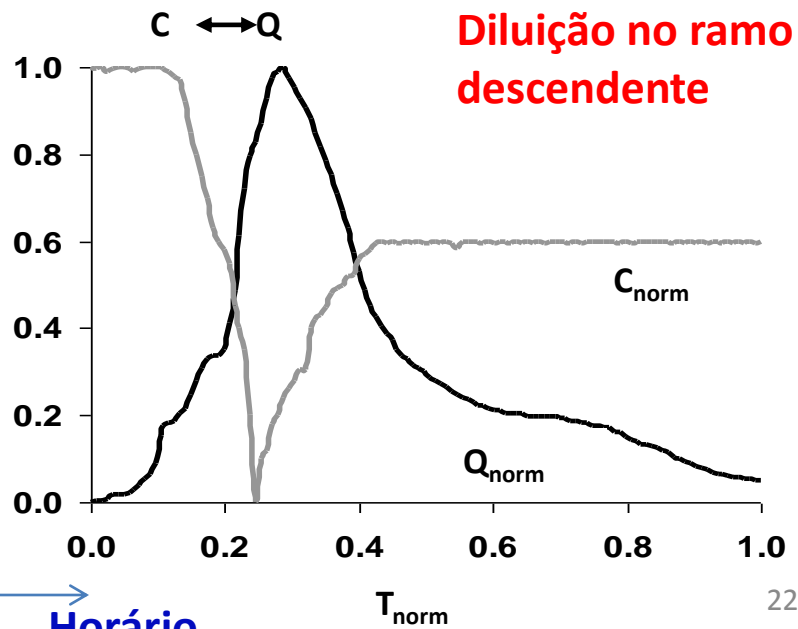
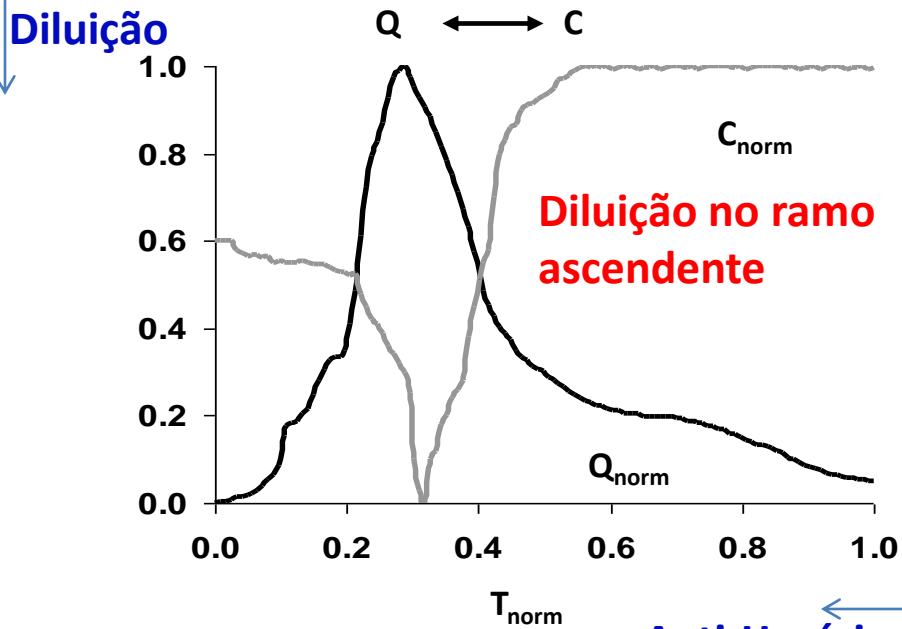
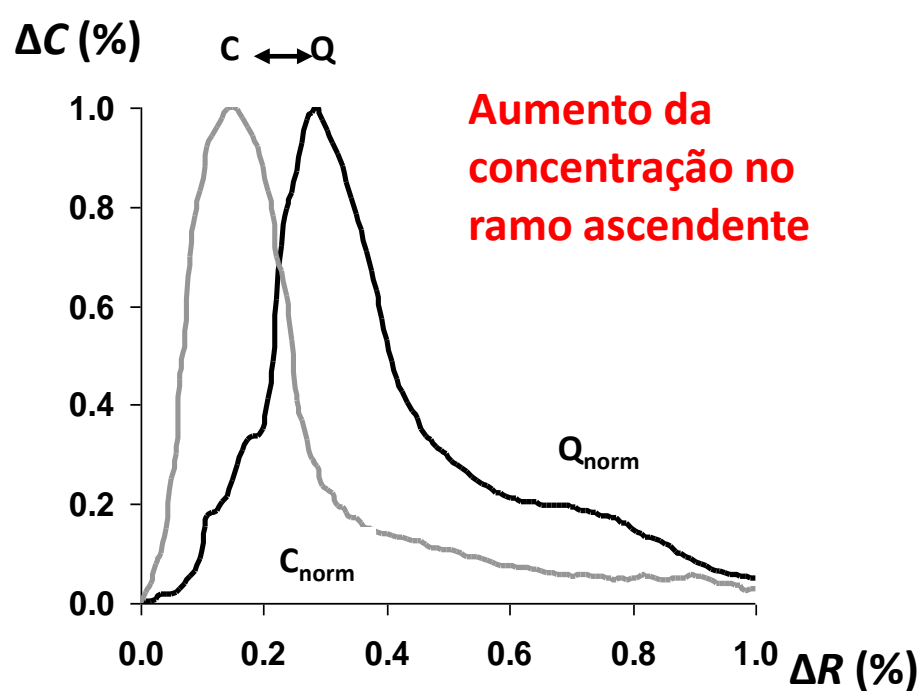
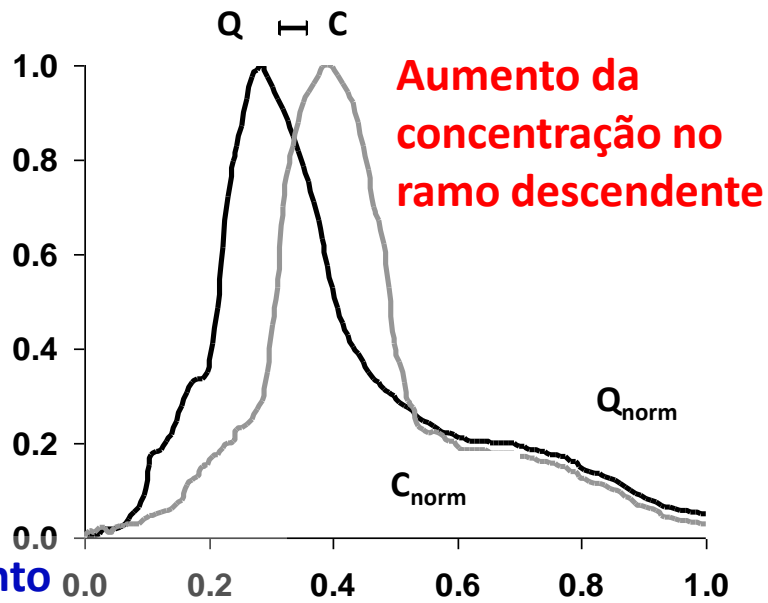


## Análise da histerese - Butturini *et al.* (2006)

Descreve o comportamento da histerese a partir de 2 parâmetros:

- ( $\Delta C$ ) - as alterações relativas na concentração dos solutos;
- ( $\Delta R$ ) - a área relativa e o padrão rotacional de cada curva da histerese.

A variabilidade dos 2 parâmetros pode ser descrita num plano unitário  $\Delta C$  vs.  $\Delta R$ , onde são identificadas 4 regiões de acordo com o aumento de concentração/diluição do elemento e o padrão rotacional (horário e anti-horário) da histerese.

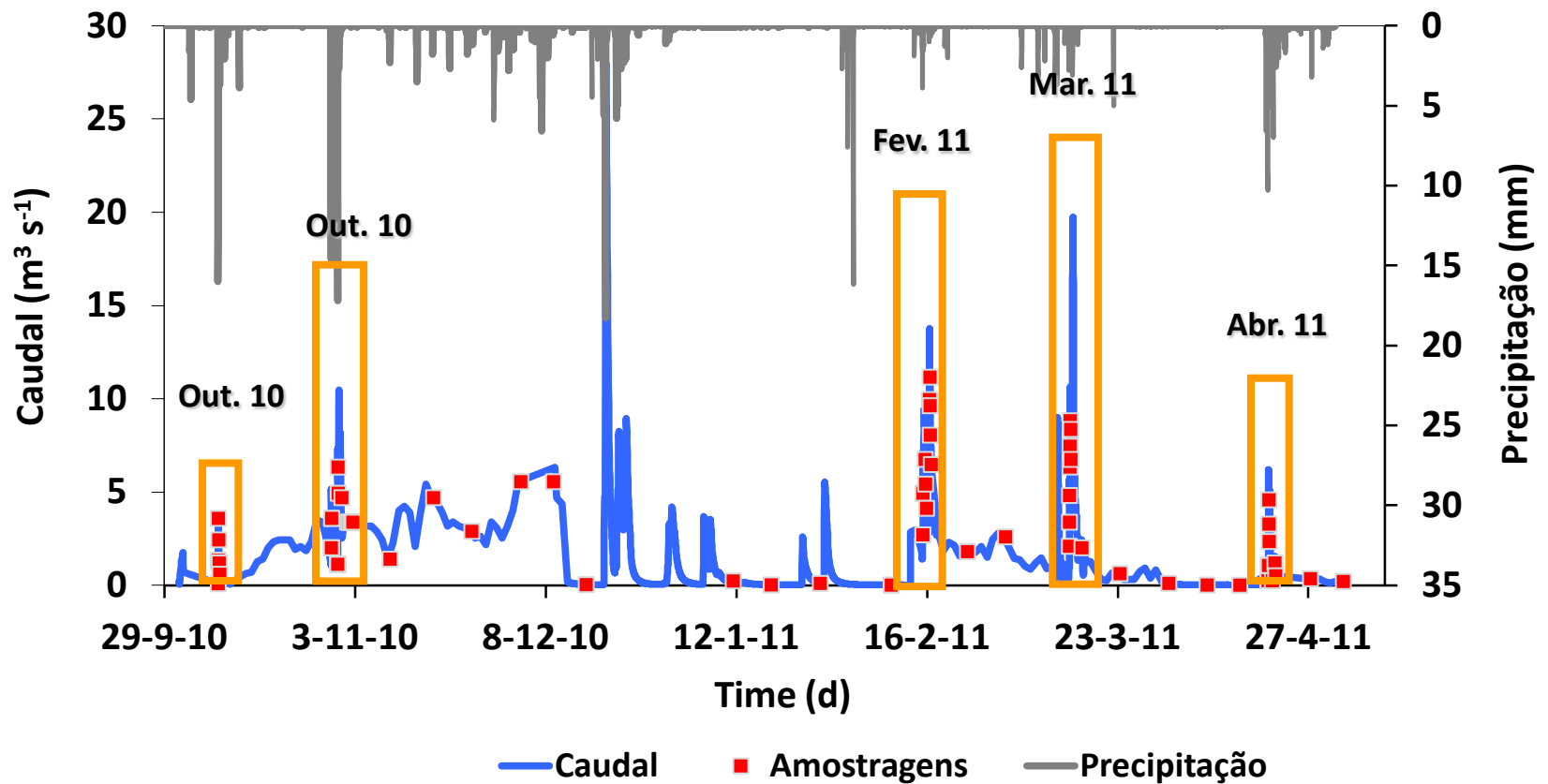


**Anti-Horário**

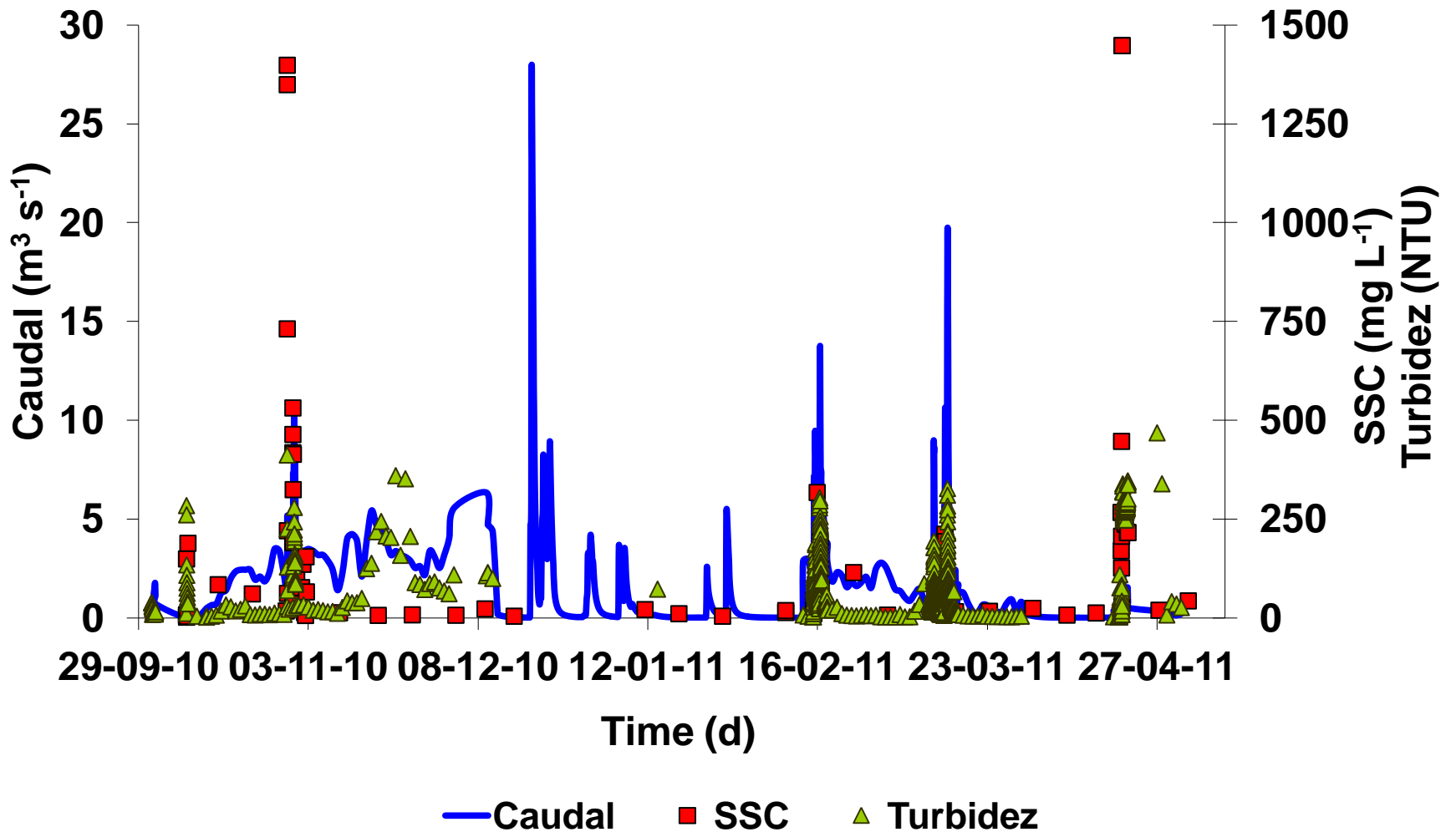
**Horário**

# RESULTADOS

24 2 2010

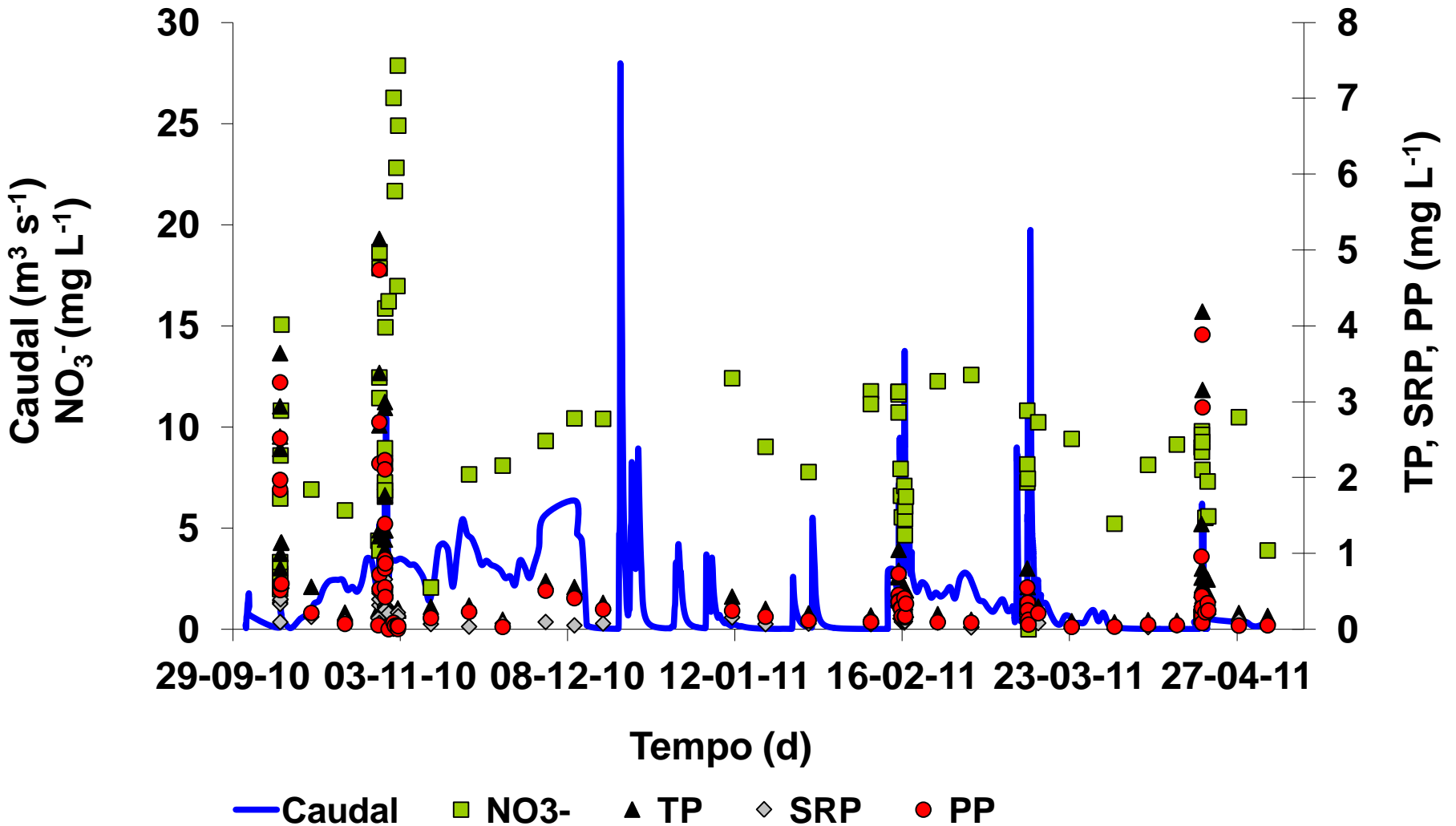


**Precipitação (mm) e caudal ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) no rio Enxoé entre Outubro 2010 e Junho 2011. Podem observar-se as 5 cheias acompanhadas e as amostragens efectuadas.**



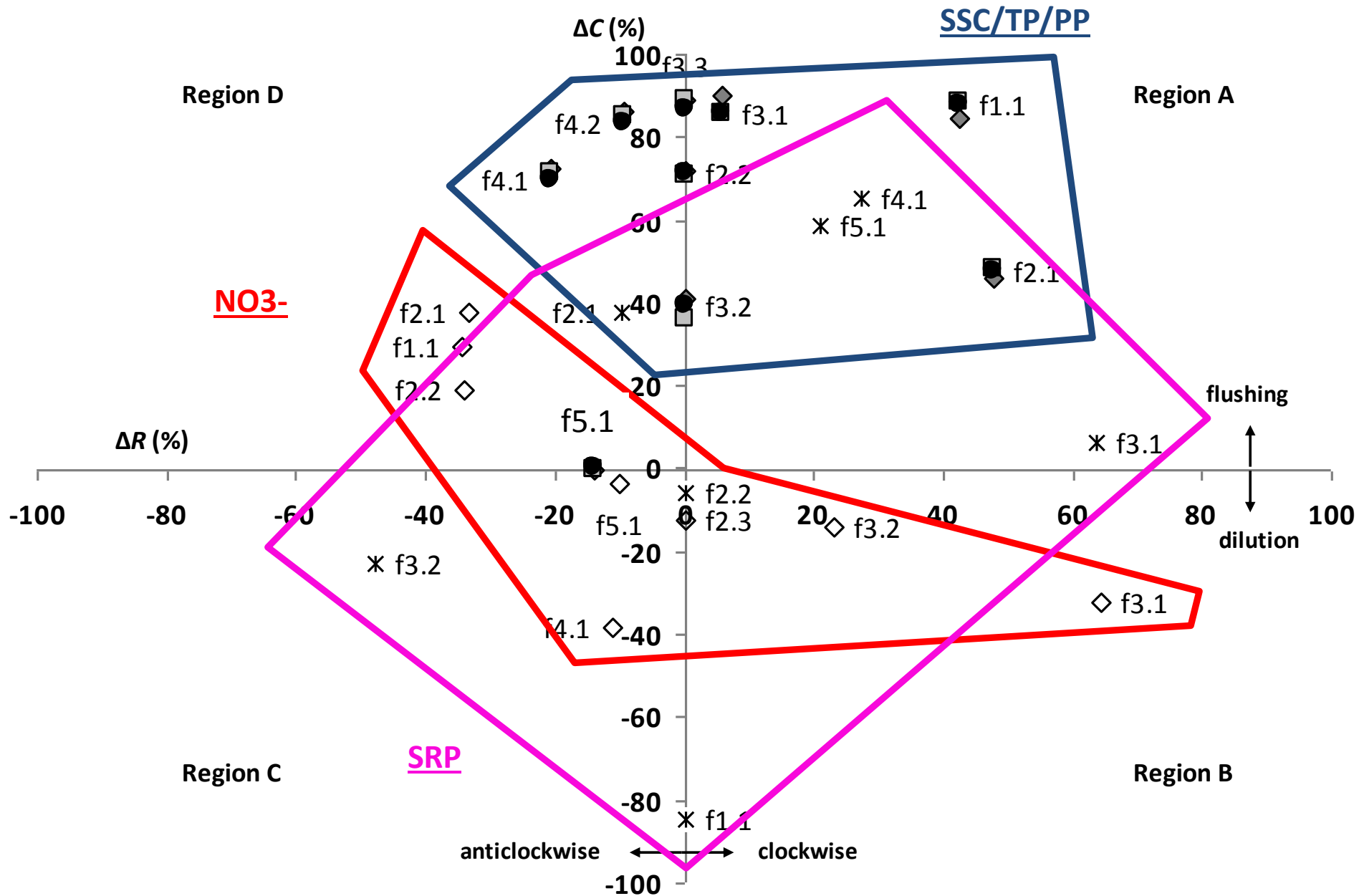
**Caudal ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ), concentração de sólidos suspensos (SSC) ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e turbidez (NTU) monitorizados entre Outubro 2010 e Junho 2011**





**Caudal ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ), concentrações de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), de fósforo total (TP), particulado (PP) e solúvel reactivo (SRP) ( $\text{mg L}^{-1}$ ) observadas entre Outubro 2010 e Junho 2011.**





	Perdas		Margens e leito do rio	Campos agrícolas a montante
	(kg/ha.ano)	Cheias (%)	(%)	(%)
<b>SSC</b>	<b>414</b>	<b>55.3</b>	<b>46.4</b>	<b>53.6</b>
<b>TP</b>	<b>0.87</b>	<b>76.2</b>	<b>52.1</b>	<b>47.9</b>
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>33.7</b>	<b>15.2</b>	<b>-</b>	<b>84.8</b>





# Conclusões



- Os 5 eventos de cheias monitorizados entre Outubro de 2010 e Junho de 2011 revelaram grande variabilidade sazonal ao nível da dinâmica dos sedimentos e dos nutrientes na bacia hidrográfica do Enxoé.
- Os valores máximos para todos os elementos foram sempre observados durante as cheias, nomeadamente no Outono e Primavera.

O padrão da histerese alterou-se ao longo do ano:

- **SSC**, **TP** e **PP** - trajectória horária nas cheias do Outono até meio do Inverno e anti-horária no fim do Inverno e Primavera
- **SRP** apresentou trajectórias mistas dependendo da cheia e de práticas de fertilização locais. Não foi possível detectar um padrão.
- **NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** trajectória anti-horária, com excepção na cheia de Fevereiro

O comportamento dos elementos **particulados** foi diferente dos elementos **solúveis**

- Os particulados chegaram muito rapidamente ao rio, tendo sido arrastados essencialmente de locais próximos do rio, como o leito e as margens, dependendo da capacidade de transporte das linhas de água e da disponibilidade das partículas
- Os solúveis chegaram mais lentamente ao rio, por difusão lenta, a partir de locais a montante, dependendo das propriedades hidráulicas e das práticas agrícolas



- Os valores médios de erosão do solo foram relativamente baixos (414 kg/ha.ano), em que 55.3% corresponderam a sedimentos transportados durante as cheias.
- As perdas de fósforo foram altas (0.87 kg/ha.ano), com 76.2% ocorrendo também durante os mesmos períodos de cheias.
- As perdas de nitratos foram também relativamente diminutas (33.7 kg/ha.ano), ocorrendo ao longo do ano e não preferencialmente durante as cheias.

# Recomendações

A implementação de práticas de conservação, tais como a adopção de técnicas de mobilização mínima, a preservação da vegetação ripária e a protecção das margens do pastoreio, com a consequente prevenção da sua degradação, poderão reduzir os depósitos de sedimentos no leito do rio e substancialmente as perdas de sedimentos e de nutrientes para o reservatório do Enxoé.



