

# HIDROLOGIA

## 1. Objectivos

Pretende-se dotar os alunos de conhecimentos que lhes permitam quantificar os fluxos e armazenamentos de água nos diferentes níveis a que se processa a componente terrestre do ciclo hidrológico, a sua interacção com os mecanismos biológicos introduzidos através da actividade agrícola, a manutenção dos ecossistemas criados, assim como prever futuras disponibilidades e necessidades em água.

As ferramentas fornecidas permitirão a actuação a diferentes níveis do planeamento e gestão dos recursos hídricos sobretudo se articuladas com os conhecimentos a obter noutras disciplinas, como Técnicas do Regadio, Rega e Drenagem, Conservação do Solo e da Água, Gestão de Recursos Hídricos, Projectos e Ordenamento do Território, por exemplo.

Será dada ênfase à caracterização analítica dos processos hidrológicos e à sua quantificação. Ao mesmo tempo, introduzir-se-á a modelação matemática daqueles, a resolução numérica de equações e métodos para os quais não existam soluções analíticas ou a procura de soluções analíticas aproximadas, numa perspectiva de engenharia. Pretende-se assim fornecer ao aluno a capacidade de analisar criticamente um problema e de ter a flexibilidade suficiente para o resolver, de uma forma pragmática.

## 2. Conteúdo

A disciplina de Hidrologia abrangerá as seguintes matérias:

### *i) Introdução ao Estudo da Hidrologia*

Neste primeiro contacto com a cadeira relembra-se o ciclo hidrológico, caracterizam-se os seus componentes, apresentam-se as noções de balanço hidrológico e de energia, apresentando-se exemplos a nível mundial e para o caso português.

É apresentada uma classificação de modelos hidrológicos matemáticos, base para todas as quantificações a efectuar posteriormente. A compreensão deste tipo de classificação é fundamental para o aluno ter a noção do grau de aplicabilidade de um dado modelo, no espaço e no tempo. Ao longo do semestre os diferentes modelos estudados serão enquadrados nesta classificação. Finalmente, são abordadas as noções de calibração e de validação de um modelo.

### *ii) Caracterização Fisiográfica de Bacias Hidrográficas*

A bacia hidrográfica como unidade espacial fundamental para a análise hidrológica é definida, sendo introduzidas diferentes características fisiográficas e relacionadas com diversos processos hidrológicos. Definição de tempo de concentração de uma bacia.

### *iii) Algumas Aplicações da Estatística em Hidrologia*

A necessidade do tratamento estatístico das séries de dados hidrológicos é introduzida, na discussão da necessidade de efectuar previsões a curto e a médio e longo prazo, horizontes temporais associados à operação e planeamento de recursos hídricos, respectivamente, e que requerem metodologias distintas para a sua solução. São introduzidas as noções de tempo de retorno e de risco.

Abordam-se essencialmente três aspectos: **(a)** análise da qualidade dos dados disponíveis (testes e métodos para detecção e, alguns, para correcção de não homogeneidades ou inconsistências), **(b)** métodos para preenchimento de falhas e para extensão de dados e **(c)** análise de frequência de séries anuais, a nível pontual e a nível regional.

#### *iv) Estudo da Precipitação*

A precipitação constitui a principal entrada de água numa bacia hidrográfica sendo, naturalmente, o primeiro processo hidrológico a ser estudado.

Após a revisão de algumas matérias ministradas na disciplina de Ciências da Terra com interesse para a compreensão dos mecanismos que levam à formação da precipitação e sua caracterização, apresentam-se os aparelhos de medição da precipitação e a forma sob a qual os dados obtidos são utilizados em hidrologia.

O tratamento hidrológico a dar a esses dados é então considerado: **(a)** a análise de qualidade dos dados, o preenchimento de falhas e a extensão de dados, abordados genericamente nas Aplicações de Estatística, são aqui particularizados para a precipitação, **(b)** estudam-se as formas de calcular valores médios em área e relacionam-se com a duração das chuvadas, **(c)** caracterizam-se as precipitações para diferentes escalas temporais, começando-se nos valores anuais e acabando-se nas precipitações de curta duração (inferior ao dia). Aqui dão-se exemplos mais detalhados relativos à análise de frequência de séries anuais de precipitação e **(d)** finalmente, estuda-se como construir hietogramas de projecto. Este aspecto permite fazer a ligação da precipitação aos restantes processos hidrológicos, nomeadamente à produção de escoamento, sendo de novo abordado no estudo deste.

#### *v) Estudo da Evaporação, Evapotranspiração e Intercepção*

São apresentados os diferentes métodos e aparelhos de medição necessários à caracterização da evaporação e da evapotranspiração, alguns já abordados na disciplina de Ciências da Terra. Define-se intercepção e apresentam-se formas simples de a modelar, realçando-se a sua importância em cobertos florestais.

É dada ênfase ao cálculo e à análise comparativa das taxas de evaporação de uma superfície livre de água, do solo, de transpiração e de intercepção, em culturas agrícolas e cobertos florestais, para as mesmas condições climáticas. Explica-se como se pode aplicar a equação de Penman-Monteith em contínuo, desde uma situação de copado completamente seco, em que só há transpiração, até uma situação de copado completamente molhado, em que só há intercepção. Apresentam-se as fórmulas práticas aconselhadas para a estimativa da evapotranspiração, função do intervalo de tempo a considerar e dos dados disponíveis.

#### *vi) Estudo do Escoamento em Meio Poroso*

Para além de ser o substracto fundamental para a manutenção de (eco)sistemas agrícolas e florestais, o meio poroso – solo – desempenha um papel fundamental na componente terrestre do ciclo hidrológico. A fronteira ar – solo é responsável pelo controlo do fluxo de água que pode ir penetrando no solo (normalmente não saturado); a quantidade de água que está armazenada é primordial para a alimentação das espécies vegetais. Em profundidade, a existência de aquíferos (meio poroso saturado) permite a circulação de grandes massas de água que podem alimentar cursos de água ou vir a ser aproveitadas directamente pelo homem.

O movimento da água em meio poroso está dividido em três capítulos tradicionais: **(a)** caracterização da água no solo, teor em água e potenciais e sua medição; lei de Darcy em meio poroso saturado e generalização para não saturado, equação da continuidade e lei de Richards, **(b)** caracterização do processo de infiltração, utilizando modelos empíricos e modelos de base física e introdução à modelação da

redistribuição de água no solo (para intervalos de tempo inferiores ao dia, iguais ao dia, ao mês e ao ano) e (c) introdução às águas subterrâneas. Nesta introdução pretende-se fundamentalmente, para além de fornecer uma classificação de aquíferos e de apresentar algumas características que lhes estão associadas, apresentar elementos que permitam ao aluno perceber a ligação entre as águas subterrâneas e as águas de superfície e fornecer-lhe elementos que lhe permitam perceber os fundamentos das técnicas de decomposição de hidrogramas. Dado o tempo disponível não é possível dar maior desenvolvimento a este assunto, que pode já ter uma análise matemática de alguma complexidade.

vii) Estudo do Escoamento

São explicados os mecanismos de formação dos diferentes tipos de escoamento e apresentadas formas para a sua medição. A frequência do escoamento é primeiro analisada sob a forma simplificada de curvas de duração e, depois, recorrendo aos elementos de análise de frequência estudados nas aplicações de estatística. Estudam-se séries de escoamento discretizadas desde valores anuais até valores instantâneos. Neste caso, para manter uma abordagem probabilística, estudam-se séries anuais de extremos (máximos e mínimos) e não as séries cronológicas. Aprofundam-se os aspectos relativos à análise regional de frequência. Efectua-se a análise de hidrogramas e apresentam-se métodos que permitem decompô-lo nos seus componentes.

viii) Estudo das Relações Precipitação-Escoamento

Abordam-se as relações precipitação – escoamento, que contêm elementos integradores dos diversos processo até agora estudados.

Estuda-se a influência do intervalo de tempo de cálculo (anual, mensal, diário, inferior ao dia) e da dimensão da bacia (pequena, média, grande) nos processos hidrológicos relevantes e consequências no tipo de modelação a efectuar.

Começa-se com caracterizações para intervalos de tempo anuais passando-se depois para intervalos de tempo mensais, com os modelos de Thornthwaite-Mather e de Téméz. Caracterizam-se os modelos a utilizar em bacias pequenas (fórmula racional), de média dimensão (método do hidrograma unitário) e de grande dimensão (isócronas e propagação das ondas de cheia), assim como os métodos associados para a obtenção do hietograma de precipitação eficaz (desde métodos empíricos simples, como o do índice  $\Phi$  até métodos com base física estudados anteriormente, passando pelo método empírico do Soil Conservation Service). Discutem-se as estratégias a utilizar consoante se disponha ou não de dados observados de escoamento.

Caracteriza-se o estudo de cheias.

ix) Métodos de Propagação de Ondas de Cheia

Estudam-se modelos simples, hidrológicos, que permitem simular a propagação de um hidrograma de cheia numa albufeira e num curso de água.

x) Estudo da Erosão Hídrica

Finalmente, apresenta-se o processo de erosão hídrica, sua evolução e aparelhos de medição. Apresentam-se modelos empíricos para a sua estimativa. Relaciona-se a erosão hídrica com os restantes processos hidrológicos e com o uso do solo, fornecendo-se metodologias conducentes à conservação do solo e da água.

**NOTA:** A partir do ano lectivo de 2015/2016 a ordem de apresentação da matéria foi alterada. Em vez de se caracterizar cada processo hidrológico “na vertical”, isto é apresentando a sua caracterização física, seguida da descrição dos aparelhos de medição, da análise dos dados e de aplicações em engenharia vai-se utilizar uma abordagem “horizontal”, isto é, faz-se uma apresentação da caracterização física de

*todos os processos, seguida da análise das suas observações, da descrição de todos os aparelhos de medida e finalizando-se com as aplicações em engenharia.*

### **3. Estrutura Das Aulas E Avaliação De Conhecimentos**

Existem duas aulas teórico-práticas por semana, de 2,5 h. As aulas são dadas em salas com computadores que permitem uma mais rápida resolução dos diversos problemas propostos recorrendo, nomeadamente, à utilização do *Microsoft Excel*. No entanto, é importante estar munido de máquina de calcular, pois o importante é saber resolver os problemas, independentemente do tipo de suporte de cálculo disponível. Depois da explicação da matéria teórica são apresentados e resolvidos (pelo menos parcialmente) diversos problemas tipo.

A avaliação de conhecimentos é feita através de 3 testes ou de um exame final.

Os testes são eliminatórios da matéria tendo uma nota mínima de 7,5 valores, embora existam conceitos gerais que têm de estar sempre presentes. Os 2 primeiros testes são efectuados durante o tempo de aulas e o 3º teste na 1ª chamada dos exames. Os alunos que não tenham sido aprovados num dos 2 primeiros testes terão de fazer exame final na 1ª ou na 2ª chamada.

Todas as avaliações são classificadas de 0 a 20 valores.

A classificação final na disciplina corresponde à média das classificações dos três testes, ou da classificação do exame final. Serão aprovados os alunos com uma classificação final maior ou igual a 10 valores.

Uma vez que houve alteração no método de avaliação de conhecimentos, estabelece-se um regime transitório para os alunos que tenham tido frequência nos últimos dois anos lectivos:

- Para os alunos com frequência em 2014/2015 - A frequência era obtida através da realização de um conjunto de trabalhos práticos de grande dimensão e da sua discussão oral. A nota desses trabalhos contará com o peso de 40 %, passando os 3 testes a valer 20 % cada, ou o exame final a valer 60 %.
- Para os alunos com frequência em 2015/2016 - A frequência era obtida através da realização de um conjunto de trabalhos práticos de pequena dimensão e de 3 testes ou de exame final. A classificação final na disciplina corresponde à média ponderada das classificações dos trabalhos práticos (25 %) e dos três testes (25 % cada), ou das classificações dos trabalhos práticos (25 %) e do exame final (75 % de peso).