



**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**

**Ano letivo: 2025/2026**

**Mestrado em Tecnologia Química**

Mestrado, 2º Ciclo

Plano: Despacho nº 9183/2020 - 25/09/2020

**Ficha da Unidade Curricular: Engenharia Ambiental**

ECTS: 6; Horas - Totais: 162.0, Contacto e Tipologia, T:30.0; TP:14.0; PL:16.0;

Ano | Semestre: 2 | S1

Tipo: Obrigatória; Interação: Presencial; Código: 300112

Área Científica: Ambiente e Qualidade

**Docente Responsável**

Marco António Mourão Cartaxo

Professor Adjunto

**Docente(s)**

Marco António Mourão Cartaxo

Professor Adjunto

Manuel Alberto Nogueira Henriques Rosa

Professor Adjunto

**Objetivos de Aprendizagem**

Abordar questões ambientais importantes de grande atualidade. Proporcionar a aquisição dos conhecimentos necessários ao debate desses assuntos.

Os alunos devem ser capazes de identificar os principais parâmetros de monitorização e descrever as principais tecnologias de tratamento disponíveis.

**Objetivos de Aprendizagem (detalhado)**

Abordar algumas questões ambientais importantes de grande atualidade. Proporcionar a aquisição dos conhecimentos necessários ao debate desses assuntos.

Os alunos devem ser capazes de aplicar conceitos e utilizar diferentes ferramentas da Engenharia Ambiental.

Os alunos devem ainda ser capazes de identificar os principais parâmetros de monitorização e descrever as principais tecnologias de tratamento disponíveis, nomeadamente em relação a: poluição atmosférica e emissões gasosas; poluição hídrica e sistemas de tratamento

convencionais; resíduos sólidos, sistemas de gestão e tratamento de resíduos sólidos urbanos; tecnologias de tratamento não-convencionais na remediação de solos e no tratamento de águas; biorremediação.

### **Conteúdos Programáticos**

1. Breve Introdução à Engenharia Ambiental.
2. Poluição hídrica.
3. Poluição dos solos e resíduos sólidos.
4. Poluição atmosférica.
5. Tecnologias de tratamento não-convencionais.
6. Biorremediação.

### **Conteúdos Programáticos (detalhado)**

#### Componente teórica

1. Breve introdução à Engenharia Ambiental
  - 1.1. Conceitos fundamentais: poluição; sustentabilidade; Avaliação do Ciclo de Vida.
  - 1.2. Princípios de Desenvolvimento Sustentável e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU.
  - 1.3. Avaliação de Risco Ambiental.
2. Poluição hídrica
  - 2.1. Tipos de Efluentes: efluentes industriais, efluentes domésticos e efluentes agrícolas.
  - 2.2. Fontes de poluição hídrica: poluição pontual e poluição difusa; fontes naturais e antropogénicas.
  - 2.3. Efeitos da poluição hídrica nos ecossistemas aquáticos e nos seres humanos.
  - 2.4. Aspectos legais e sistemas de tratamento convencionais: legislação nacional e europeia; valores limite de emissão e normas legais; parâmetros de monitorização.
  - 2.5. Sistemas de tratamento convencionais: lagoas de estabilização; filtros biológicos; processos de coagulação/floculação.
  - 2.6. Poluição de águas subterrâneas: características da poluição; poluentes típicos; monitorização e remediação.
  - 2.7. Poluição oceânica: características da poluição oceânica; poluentes principais; fontes de poluição; efeitos da poluição no ecossistema marinho.
  - 2.8. Tratamento de águas de consumo: cloração; filtração; tratamento UV.
3. Poluição dos solos e resíduos sólidos
  - 3.1. Introdução à poluição dos solos: definição e conceitos básicos.
  - 3.2. Fontes e tipos de poluentes dos solos: poluentes orgânicos; poluentes inorgânicos; metais pesados.
  - 3.3. Efeitos da poluição dos solos na saúde humana e biodiversidade.
  - 3.4. Métodos de monitorização da poluição do solo: amostragem de solo; sensores in situ.
  - 3.5. Sistemas de gestão de resíduos sólidos: gestão de resíduos urbanos; recolha e transporte; reciclagem.
  - 3.6. Aterros sanitários e produção de biogás: aterros sanitários; produção de biogás; sistemas de

digestão anaeróbia.

3.7. Tecnologias convencionais de tratamento de resíduos sólidos: compostagem; co-incineração; digestão anaeróbia.

3.8. Tecnologias emergentes de valorização energética: gaseificação e pirólise; valorização energética de resíduos.

#### 4. Poluição atmosférica

4.1. Composição da atmosfera; importância dos gases na composição da atmosfera.

4.2. Principais poluentes atmosféricos: óxidos de nitrogénio, óxidos de enxofre e material particulado; fontes; formação e reações; efeitos.

4.3. Efeitos da poluição atmosférica: efeitos no clima; efeitos na saúde humana.

4.4. Produção de energia e emissões gasosas: emissões associadas a diferentes fontes de energia (convencionais e renováveis); consequências ambientais (efeito de estufa, aquecimento global e alterações climáticas).

4.5. Contaminantes atmosféricos e tratamentos: sistemas de tratamento de poluentes atmosféricos; legislação ambiental e acordos internacionais.

#### 5. Tecnologias de tratamento não-convencionais

5.1. Remediação de solos: processos de remediação física de solos; processos de remediação química de solos; remediação electrocinética de solos.

5.2. Remediação de águas subterrâneas: métodos comuns de remediação de águas subterrâneas; tecnologias emergentes para águas subterrâneas (oxidação avançada; adsorção por nanomateriais).

5.3. Processos Avançados de Oxidação (PAOs) e tecnologias ambientais sustentáveis: definição e princípios dos PAOs (funcionamento, vantagens, PAOs não-eletroquímicos e PAOs eletroquímicos; aplicações de PAOs no tratamento de águas residuais e de poluentes emergentes); redução eletroquímica no tratamento de águas.

5.4. Tecnologias ambientais sustentáveis: tecnologias limpas e produção mais limpa; Química Verde e ecoeficiência.

#### 6. Biorremediação

6.1. Principais poluentes.

6.1.1. Conceito de poluição: poluição do ar; poluição da água; poluição dos solos; necessidade histórica da ecotoxicologia.

6.1.2. Contaminantes: fontes de ecotóxicos; propriedades dos ecotóxicos; principais classes de contaminantes; efeitos genéricos de um tóxico nos ecossistemas.

6.2. Remediação biológica.

6.2.1. Tecnologias de biorremediação de solos in-situ: biorremediação in-situ intrínseca ou atenuação natural; biorremediação in situ planeada: bioestimulação, bioacumulação, bioventilação, fitorremediação (fitoextração, fitoestabilização, fitodegradação, fitovolatilização, rizofiltração, rizodegradação).

6.2.2. Tecnologias de biorremediação de solos ex-situ (em fase sólida): compostagem; biopilhagem; landfarming; leiras.

6.2.3. Tecnologias de biorremediação de solos ex-situ (em fase lama): biorreactores.

6.2.4. Tecnologias de biorremediação de águas residuais: Sistemas naturais; zonas húmidas construídas (fitorremediação e adsorção em materiais porosos).

### Componente prática

1. Identificação de poluentes orgânicos em corpos hídricos.
2. Estudo da eficácia de métodos de tratamento de águas residuais.
3. Monitorização de metais pesados em efluentes industriais.
4. Simulação de lixiviação de contaminantes de resíduos sólidos para solos.
5. Análise de microplásticos em solos urbanos.
6. Estudo de remediação de solos contaminados com resíduos de óleos e hidrocarbonetos.
7. Medição de partículas suspensas e gases poluentes no ar.
8. Remediação eletrocinética de solos contaminados.
9. Estudo da eficácia de métodos de tratamento de águas residuais com Oxidação Avançada (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e Fenton).

### Metodologias de avaliação

#### Classificação:

A (Capítulos 1, 2, 3, 4 e 5): Teste escrito nas diferentes épocas oficiais de avaliação (50%), trabalho temático escrito com apresentação oral e interesse e participação nas aulas (25%) e relatórios dos trabalhos experimentais (25%). A realização de todos os trabalhos práticos e dos respetivos relatórios é obrigatória.

B (Capítulo 6): Teste escrito nas diferentes épocas oficiais de avaliação.

Classificação final =  $(0,8 \times A) + (0,2 \times B)$

Nota de classificação final mínima para aprovação de 10 valores.

### Software utilizado em aula

Não aplicável.

### Estágio

Não aplicável.

### Bibliografia recomendada

- Baird, C. e Cann, M. (2012). *Environmental chemistry*.. W. H. Freeman. New York
- Mihelcic, J. e Zimmerman, J. (2021). *Environmental Engineering: Fundamentals, Sustainability, Design, 3rd Edition*.. Wiley. United States of America
- Sincero, A. e Sincero, G. (1996). *Environmental engineering: a design approach*.. Prentice Hall. New Jersey
- Velázquez-Fernandez, J. e Muñoz-Hernández, S. (2014). *Bioremediation: processes, challenges and future prospects*.. Nova Publishers. New York

### Coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos

O programa lecionado apresenta brevemente alguns conceitos e ferramentas úteis em Engenharia Ambiental, que poderão ser úteis na vida profissional futura dos alunos. São analisados aspetos da poluição atmosférica, hídrica e dos solos, bem como dos sistemas de gestão ambiental e da valorização dos resíduos. Deste modo os alunos desenvolvem competências no âmbito da monitorização e do tratamento ambiental convencional. São ainda estudados vários tipos de tratamento não-convencionais dos solos e de efluentes líquidos, tais como a remediação eletrocinética de solos e os processos avançados de oxidação. Deste modo, os alunos ficam com um conhecimento alargado acerca destas tecnologias, da sua aplicação e das suas principais vantagens e desvantagens. Este conhecimento permite reconhecer as particularidades de cada uma, de modo a propor a utilização da tecnologia mais eficaz a cada caso em particular. Os alunos devem ficar aptos a distinguir os principais métodos de biorremediação, os compartimentos ambientais a que se destinam, bem como a escolher o melhor processo a utilizar em função do tipo de poluente a remover e das condições locais.

### **Metodologias de ensino**

Aulas teóricas expositivas, onde se descrevem os princípios fundamentais. Aulas teóricas-práticas onde se propõe a resolução de exercícios, a análise de casos de estudo e a realização de trabalhos laboratoriais acerca dos assuntos lecionados.

### **Coerência das metodologias de ensino com os objetivos**

As aulas teóricas permitem a explicação e o desenvolvimento de conceitos teóricos e práticos sobre poluição ambiental, necessários à compreensão da poluição na atmosfera, água e solo, sistemas de gestão ambiental, valorização orgânica e energética de resíduos, e biorremediação, bem como as tecnologias de tratamento mais adequadas a cada caso.

A resolução de problemas e a análise de casos de estudo são realizadas em aulas teórico-práticas após a exposição da teoria em sala de aula. Esta resolução e análise são essenciais para testar as competências aprendidas pelos alunos e promover a consolidação dos conceitos.

São também propostos trabalhos de laboratório, os quais promovem a aplicação prática dos conceitos teóricos.

### **Língua de ensino**

Português

### **Pré-requisitos**

Não aplicável.

### **Programas Opcionais recomendados**

Não aplicável.

## Observações

### Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:

- 4 - Garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos;
  - 6 - Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos;
  - 7 - Garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos;
  - 9 - Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação;
  - 11 - Tornar as cidades e comunidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis;
  - 12 - Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis;
  - 13 - Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos;
  - 14 - Conservar e usar de forma sustentável os oceanos, mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável;
  - 15 - Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda de biodiversidade;
- 

### Docente responsável

**Marco  
Cartaxo**

Assinado de  
forma digital  
por Marco  
Cartaxo

