instituto superior de engenharia de lisboa

Ficha de Unidade Curricular A3ES
Processos de Separação 1
Licenciatura em Engenharia Química e Biológica

2025-26

1. Designação da unidade curricular

[4422] Processos de Separação 1 / Separation Processes 1

2. Sigla da área científica em que se insere	CEE
3. Duração	Unidade Curricular Semestral
4. Horas de trabalho	162h 00m
5. Horas de contacto	Total: 60h 00m das quais T: 30h 00m | TP: 21h 00m | P: 9h 00m
6. % Horas de contacto a distância	Sem horas de contacto à distância
7. ECTS	6
8. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular	[2219] Liane Isabel Ferreira Moura | Horas Previstas: N/D
9. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular	Não existem docentes definidos para esta unidade curricular

10. Objetivos de aprendizagem e a sua compatibilidade com o método de ensino (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes).

Nesta disciplina pretende-se que os alunos sejam capazes de compreender o funcionamento das operações unitárias mais comuns na indústria química/biológica, e que envolvam a utilização de sólidos e fluidos. Após a frequência da disciplina, os alunos deverão ser capazes de:

1. Compreender os princípios físicos envolvidos em operações industriais que lidam exclusivamente com sólidos, tais como: operações de redução de tamanho, de classificação e de transporte.
2. Compreender os princípios teóricos envolvidos no movimento de fluidos em leitos porosos e no movimento de partículas sólidas em fluidos, e saber caracterizar algumas operações unitárias baseadas nestes princípios.
3. Compreender e saber caracterizar outras operações sólido-fluido comuns na indústria, tais como: lixiviação, cristalização e secagem.
4. Dimensionar o equipamento e otimizar as condições de funcionamento das operações de separação sólido-fluido estudadas.

10. Intended Learning objectives and their compatibility with the teaching method (knowledge, skills and competences by the students).

This course introduces to students the working principles of the most common solid-fluid unit operations that can be found in chemical/biological industries. By the end of this course, the student should be able to:

1. Understand the physical principles involved in industrial operations that manipulates exclusively solids, as: size reduction operations, classification and transport.
2. Understand the theoretical principles involved in fluid flow in porous beds and solid particles motion in fluids and characterize some unit operations based on those principles.
3. Understand and characterize other important solid-liquid unit operations as: lixiviation, crystallization and solids drying.
4. Be able to perform equipment sizing as well optimize the working conditions of the considered unit operations.

11. Conteúdos programáticos

1. Introdução às operações sólido-fluido.
2. Redução do tamanho de sólidos: Fragmentação, Trituração e Moagem. Mistura. Agitação.
3. Classificação de sólidos: Peneiração; Elutriação; Separação magnética.
4. Transporte de sólidos. Transporte mecânico, hidráulico e pneumático.
5. Movimento de fluidos através de leitos porosos.
6. Filtração.
7. Fluidização.
8. Movimento de partículas em fluidos.
9. Decantação. Flotação.
10. Lixiviação.
11. Cristalização.
12. Secagem.

11. Syllabus

1. Solid-fluid operations introduction
2. Solid size reduction: crushing, grinding and milling. Mixing and agitation.
3. Classification: Screening, Elutriation. Magnetic Separation.
4. Transportation of solids: mechanic, hydraulic and pneumatic transport. Conveying.
5. Fluids flow in porous solid beds.
6. Filtration.
7. Fluidization.
8. Particles movement through a fluid.
9. Settling. Flotation.
10. Leaching.
11. Crystallization.
12. Drying.

12. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

É feito o enquadramento das operações a considerar na disciplina, no contexto de um processo industrial (C1). São abordadas operações unitárias que envolvem a manipulação exclusiva de sólidos, nomeadamente, redução, classificação e transporte (C2-C4). Para além da compreensão dos princípios físicos envolvidos (Obj. 1), os alunos também consideram alguns aspetos de dimensionamento dos utilizados (Obj. 4).

Os capítulos C5 e C8 servem de suporte teórico aos mecanismos de transferência de massa, energia e de momento presentes nas operações unitárias que envolvem sólidos e fluidos, e que são consideradas em mais detalhe nos capítulos C6, C7 e C9. Com a exposição da teoria, os alunos deverão atingir os objetivos 2 e 4.

A exposição de matéria referente aos capítulos C10 a C12, dará a conhecer outras operações unitárias envolvendo sólidos e fluidos que são importantes nos processos industriais, dando aos alunos um conhecimento mais alargado das operações mais comuns na indústria (Obj. 3).

12. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit´s intended learning outcomes

The framing of the operations to be considered in the discipline is carried out in the context of an industrial process (C1). Unit operations involving the exclusive handling of solids, namely reduction, classification, and transportation (C2-C4), are addressed. In addition to understanding the underlying physical principles (obj. 1), students also consider some sizing aspects of the equipment that can be used (obj. 4).

Chapters C5 and C8 provide theoretical support for the mass, energy, and momentum transfer mechanisms present in unit operations involving solids and fluids, which are further detailed in chapters C6, C7, and C9. Throughout the exposition of theory, students should achieve objectives 2 and 4.

The material covered in chapters C10 to C12 will introduce other unit operations involving solids and fluids that are important in industrial processes, providing students with a broader knowledge of the most common operations in the industry (obj. 3).

13. Metodologias de ensino e de aprendizagem específicas da unidade curricular articuladas com o modelo pedagógico

A disciplina está dividida nas seguintes componentes:

- Teórica (27h): exposição de princípios teóricos;
- Teórico-prática (24h): resolução de problemas;
- Laboratorial (9h): realização de trabalhos práticos em laboratório.

13. Teaching and learning methodologies specific to the curricular unit articulated with the pedagogical model

The course is divided into the following components:

- Theoretical (27h): presentation of theoretical principles;
- Theoretical-practical (24h): problem-solving;
- Laboratory (9h): practical work in the laboratory.

14. Avaliação

A avaliação da disciplina é efetuada de forma distribuída com exame, constituída pelos seguintes elementos:

- 2 testes de avaliação (TA1 e TA2)

- 1 componente de trabalhos laboratoriais (TL) que inclui prova oral.

Todos os elementos de avaliação distribuída são pedagogicamente fundamentais e têm uma classificação mínima de 8,0 em 20 valores. A média ponderada dos testes TA1 e TA2 é de no mínimo 9,5 valores.

A classificação final ponderada mínima (CF) é 9,5 valores:

CF = 0,35 TA1 + 0,35 TA2 + 0,30 TL

A componente constituída pelos testes de avaliação pode ser substituída por exame final (EF), tendo este uma classificação mínima de 9,5 valores. A classificação é dada por:

CF = 0,70 EF + 0,30 TL

Os exames parciais apenas podem ser realizados na Época Normal de Exames.

14. Assessment

The assessment of the course is carried out through distributed evaluation with an exam, consisting of the following elements:

- 2 evaluation tests (TA1 and TA2)
- 1 laboratory work component (TL) which includes an oral exam.

All elements of the distributed evaluation are pedagogically essential and have a minimum grade of 8.0 out of 20. The weighted average of tests TA1 and TA2 must be at least 9.5.

The minimum weighted final grade (CF) is 9.5:

CF = 0.35 TA1 + 0.35 TA2 + 0.30 TL

The evaluation test component can be replaced by a final exam (EF), which has a minimum grade of 9.5. The grade is given by:

CF = 0.70 EF + 0.30 TL

Partial exams can only be taken during the Regular Exam Period.

15. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

A metodologia de ensino utilizada assenta em três componentes que se complementam.

A componente teórica pode dividir-se em dois tipos de exposição da matéria em sala de aula. A primeira é baseada na utilização de meios informáticos para a projeção visual de informação em tela. Esta é utilizada para descrever o funcionamento geral das operações unitárias e explicar como estas estão ligadas a outras etapas no processo industrial. Também são abordados os aspetos mais específicos relativos ao funcionamento das operações, relacionando as condições operatórias com o seu desempenho. Inclui-se aqui a apresentação de pequenos vídeos que demonstrem o real funcionamento das operações em meio fabril. Esta parte inclui também o estudo de casos reais, promovendo o debate com os alunos. O segundo tipo de exposição de informação teórica é baseado na escrita em quadro das leis que regulam os mecanismos de transferência de massa, energia e momento e relações que daí derivam. Este segundo tipo torna-se mais efetivo para que o aluno crie o seu próprio suporte documental para estudo, ajudando-o na resolução de problemas.

A componente teórico-prática é introduzida através de aulas intercaladas com as aulas teóricas. Desta forma, logo após a aprendizagem dos aspetos teóricos, os alunos podem consolidar os conhecimentos adquiridos através da resolução de um conjunto de problemas em sala de aula. Para cada capítulo relevante, os alunos recebem fichas com problemas adicionais que deverão resolver autonomamente fora do período de aulas, recorrendo ao professor em caso de necessidade no período de aulas de apoio.

A terceira componente consiste na realização de trabalhos práticos em laboratório, relacionados com algumas das operações unitárias estudadas. Estes trabalhos, permitem colocar em prática os conhecimentos teóricos já aprendidos, através do cálculo de parâmetros necessários ao dimensionamento de equipamentos, assim como ajudarão os alunos a mais facilmente relacionarem variáveis que caracterizam as operações unitárias estudadas.

15. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit´s intended learning outcomes

The teaching methodology is based on three components that complement each other.

The theoretical component can be divided into two types of lecturing in the classroom. The first is based on the use of electronic means for the visual projection of information on screen. This is used to describe the overall functioning of the unit operations and explain how these are linked to other steps in the manufacturing process. Are also addressed the more specific aspects concerning the operation of the operations, especially those that relate the operating conditions with performance. Short videos demonstrating the actual functioning of the operations in real industrial environment are also exhibited. This part also includes the study of real cases, promoting the debate with students. The second type of lecturing in class is based on writing in the board. This is used to show the laws regulating the transfer of mass, energy and momentum and relationships which are derived from those laws. This second type of lecturing becomes more effective for the students to create their own text support for study.

The theoretical-practical component is introduced through classes interspersed with lectures. In this way, soon after learning the theoretical aspects, students can apply the obtained knowledge by solving a number of problems in the classroom. For each relevant chapter, additional problems are provided to students, so they can solve by themselves outside of classes, but getting help from the teacher in a tutorial way.

The third component consists in carrying out practical work out in the laboratory, related to some of the unit operations studied. The lab works allow the students to use the obtained theoretical knowledge, through the calculation of parameters necessary for the design of equipment. The lab work will also help students to more easily relate variables that characterize the unit operations which are studied.

Throughout the semester, it is planned to carry out a visit to an industry that include several unit operations studied in classes.

16. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

1. E. G. Azevedo, A. M. Alves (2009), *Engenharia de Processos de Separação* , 1ª ed.; IST Press
2. G. G. Brown (2005), *Unit Operations* , CBS Publishers & Distributors
3. J. F. Richardson, J. H. Harker, J. R. Backhurst (2002), *Coulson and Richardson?s Chemical Engineering, vol. 2* , 5 th ed., Butterworth
4. C. J. Geankoplis (2003), *Transport Processes and Separation Process Principles* , 4 th ed., Prentice-Hall
5. Enrique Ortega-Rivas (2017), *Unit Operations of Particulate Solids: Theory and Practice* , CRC Press, 2017
6. J. D. Seader, E. J. Henley (2012), *Separation Process Principles* , 3 rd ed., John Wiley & Sons
7. Sparks T., Chase G. (2015), *Filters and Filtration Handbook* , 6 th ed., Butterworth-Heinemann
8. Beckmann W. (2018), *Crystallization: Basic Concepts and Industrial Applications* ,

17. Observações

Unidade Curricular Obrigatória

Data de aprovação em CTC: 2025-07-30

Data de aprovação em CP: 2025-07-29