instituto superior de engenharia de lisboa

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

2025-26

1. Designação da unidade curricular

[4095] Processos de Separação II / Separation Processes II

2. Sigla da área científica em que se insere	CEE
3. Duração	Unidade Curricular Semestral
4. Horas de trabalho	135h 00m
5. Horas de contacto	Total: 52h 30m das quais T: 21h 00m | TP: 21h 00m | P: 10h 30m
6. % Horas de contacto a distância	Sem horas de contacto à distância
7. ECTS	5
8. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular	[1075] Rui Manuel Gouveia Filipe | Horas Previstas: 90 horas
9. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular	[848] Feliz José Mil-Homens dos Santos | Horas Previstas: 105 horas [1066] Alexandra Isabel Martins Paulo da Costa | Horas Previstas: 247.5 horas [1362] Nelson Alberto Frade da Silva | Horas Previstas: 52.5 horas

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

Após a aprovação na unidade curricular, o estudante deverá possuir a capacidade de: 1. Compreender os fundamentos teóricos das operações unitárias de separação de produtos resultantes da indústria química e biotecnológica. 2. Elaborar o dimensionamento preliminar dos equipamentos necessários para o correto funcionamento das operações unitárias de separação física de produtos existentes em misturas líquidas e, perceber o funcionamento operacional e as diferenças entre colunas com enchimento e colunas de pratos perfurados. 3. Dimensionar os equipamentos adequados para a aplicação das operações unitárias de separação estudadas na indústria química, em estado estacionário. 4. Compreender a utilização de operações unitárias para o isolamento e recuperação de produtos biológicos. 5. Identificar desafios e problemas e, propor melhorias à metodologia e aos parâmetros operatórios dos processos de separação de produtos da indústria química e biotecnológica.

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

Upon approval, the student should be able to: 1. Understand the theoretical fundamentals of the liquid separation unit operations used in the chemical industry and in the biotechnology. 2. Elaborate the preliminary design of the necessary equipment?s, in order to ensure the best working conditions to perform, properly, the physical separation unit operations of dissolved products in liquid mixtures and understand the operational function and the differences between filling columns and plate columns. 3. Size the suitable equipment?s to apply the unit operations of separation processes used in the chemical industry and in the biotechnology, in steady state. 4. Understand the application of unit operations for the isolation and recovery of biological products. 5. Identify challenges and problems and suggest methodology and operating parameters improvement in the separation processes used in the chemical industry and in the biotechnology.

11. Conteúdos programáticos

1. Destilação binária: conceitos; volatilidade relativa; condições limite de operação. N.º de andares de equilíbrio; eficiência global; número de pratos real; altura e diâmetro ótimo da coluna. Ponto de inundação. 2. Destilação multicomponente: sistemas ideais; método FUG; localização ótima do andar de alimentação. 3. Extração líquido-líquido: conceitos; seletividade. Diagramas triangulares. Sistemas imiscíveis/parcialmente miscíveis solvente-diluente. Determinação do número de andares de equilíbrio. Condições limite de operação. Extração com correntes cruzadas. Equipamentos utilizados. 4. Introdução aos métodos de isolamento de produtos biológicos: proteínas; ácidos nucleicos; lípidos; glúcidos e metabolitos secundários. 5. Operações unitárias para recuperação, isolamento e purificação de produtos biológicos: Centrifugação; Lise celular; Precipitação; Cromatografia; Ultrafiltração; Liofilização. 6. Análise do processo de purificação. Desafios do processamento de produtos biológicos.

11. Syllabus

1. Binary distillation: concepts; volatility; limit conditions. Number of equilibrium stages; overall efficiency; number of real plates; optimal diameter and column height. Flooding point. 2. Multicomponent distillation: ideal systems; FUG method; best localization of the feed plate. 3. Liquid-liquid extraction: concepts; selectivity. Triangular diagrams. Systems with total or partial immiscibility between solvent and carrying components. Number of equilibrium plates. Operating limit conditions. Crossflow liquid-liquid extraction. Equipment?s used. 4. Introduction to methods for downstream processing of biotechnology products: proteins; nucleic acids; lipids; carbohydrates and secondary metabolites. 5. Unit operations for recovery, isolation and purification of biotechnology products: Centrifugation; Cell lysis; Precipitation; Chromatography; Ultrafiltration; Lyophilization. 6. Analysis and evaluation of the purification process. Challenges associated to the and main addressed factors.

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

Os alunos apreendem os conceitos teórico-práticos relativos ao dimensionamento de equipamentos a processos de separação. A compreensão e o dimensionamento dos processos/equipamentos utilizados nas operações unitárias de separação a colunas de destilação são lecionados nos tópicos 1-2 do programa e, de extração no tópico 3. No tópico 1, estudam-se os conceitos teóricos, equipamentos/dimensionamento aplicados a colunas de destilação a misturas binárias e, em 2, a misturas multicomponente. No tópico 3, aplicam-se os conceitos teóricos, equipamentos/dimensionamento a colunas de extração líquido-líquido. Os tópicos 1 a 3 visam cumprir os objetivos de aprendizagem (OA) 1 a 3. Nos tópicos 4-6, são apresentadas operações unitárias frequentemente utilizadas em processos de separação de produtos biológicos, evidenciando as suas potencialidades de aplicação industrial, dificuldades/estratégias para melhoria, de modo a alcançar os OA 1 e 4. Todos os tópicos do programa contribuem para os OA 1 e 5.

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

Students are provided with the opportunity to grasp theoretical-practical concepts regarding the sizing of equipment?s applied on separation processes. The understanding of the processes and the sizing of the equipment?s used in distillation columns are taught on topics 1-2 and liquid-liquid extraction on 3. In topic 1, theoretical concepts, equipment?s, and sizing are applied to distillation columns, while in topic 2, the same concepts studied at 1 are applied, but on multicomponent mixtures. In topic 3, theoretical concepts, equipment?s, and sizing parameters are taught on liquid-liquid extraction columns. Topics 1-3 will accomplish the learning outcomes (LO) 1-3. In topics 4-6, unit operations frequently used in biological product separation processes are presented, highlighting their potential for industrial application, difficulties, and strategies for imp

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

Aulas teórico-práticas, com apresentação dos conceitos teóricos, seguida pela resolução de exercícios.

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

Theoretical-practical classes, with presentation of theory, followed by exercise resolution.

14. Avaliação

A avaliação de conhecimentos é efetuada por avaliação distribuída com exame final. A avaliação distribuída ao longo do período letivo, compreende a realização de dois testes escritos de avaliação distribuída (TE) e uma componente prática laboratorial (PL), com elaboração de relatórios. Os estudantes ficam dispensados do exame final (EF), caso tenham obtido avaliação positiva em toda a avaliação distribuída. Para obter aprovação, a classificação mínima em qualquer um dos TE é 8,00 valores, com média simples mínima de 9,50 valores; a classificação mínima da PL (TL) é de 9,50 valores; a classificação mínima do EF é 9,50 valores. A nota final ponderada mínima (NF) é igual a 9,50 valores e é obtida por uma das fórmulas: NF=0,70TE+0,30TL ou NF=0,70EF+0,30TL. A avaliação de conhecimentos não contempla a realização de exames parciais.

14. Assessment

Knowledge assessment is carried out through distributed assessment with a final exam. Distributed assessment throughout the academic period comprises two written distributed assessment tests (WT) and a practical laboratory component (LW), with written reports and eventual presentation and discussion, if necessary. Students are exempted from the final exam (FE) if they have obtained a positive evaluation in all the distributed assessment. To obtain approval, the minimum classification in any of the WT is 8.00 values, with minimum simple average of 9.50 points; the minimum overall LW classification is 9.50 values; the minimum FE classification is 9.50. The minimum weighted final mark (FM) is 9.50 v. (0-20) and is obtained by one of the formulas: FM=0.70WT+0.30LW or FM=0.70FE+0.30LW. Knowledge assessment does not include partial exams.

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

O exercício da engenharia é essencialmente prático na procura/execução de soluções para problemas conhecidos e/ou desconhecidos e, para o qual é necessário um profundo conhecimento científico, teórico e experimental, de apoio a essa mesma prática. Assim, o ensino da engenharia terá de ter sempre 2 componentes: os fundamentos teóricos, cientificamente comprovados experimentalmente e, a prática de aplicação dessa teoria, quer por resolução de exercícios de cálculo, quer por aplicação dos resultados desses mesmos cálculos, quer ainda por execução de trabalhos laboratoriais experimentais relacionados com as matérias de aprendizagem. Desta forma as aulas desta UC apresentam três componentes: teórica (T), teórico-prática (TP) e prática laboratorial (PL). As componentes T e TP têm as mesmas horas de contacto para que os alunos disponham de tempo em sala de aula para apreender os conceitos teóricos e igual tempo de os aplicar, praticar e discutir resultados em tempo real, individualmente e em grupo. No total, o somatório das componentes T e TP correspondem a 70% da avaliação, enquanto a componente laboratorial PL, corresponde aos restantes 30%. Na componente prática laboratorial, os alunos executarão trabalhos laboratoriais experimentais, com equipamentos à escala de laboratório e semí-piloto, que visam aplicar a operação de alguns processos de separação e purificação de compostos químicos e biológicos, simulando a operação em ambiente industrial. As aulas teóricas são dadas com recurso a meios informáticos de projeção de modo que seja facilitada a projeção de figuras e tabelas. As projeções são acompanhadas com explicação verbal e escrita complementar no quadro. Os alunos são desafiados à participação e a aula é interrompida sempre que haja dúvidas de modo que sejam resolvidas de imediato. As aulas teórico-práticas envolvem a resolução de exercícios de aplicação onde será colocado aos alunos o desafio na procura de soluções para um problema ou, em fase de projeto industrial, dimensionando adequadamente os equipamentos de processos de separação. As sessões de PL serão objeto de realização de alguns trabalhos laboratoriais no âmbito das temáticas abordadas, em grupos de 3 alunos, no máximo, sendo que, esses trabalhos serão objeto de elaboração dos respetivos relatórios.

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

The aim of engineering is essentially practical in the search of solutions for specific problems and, for that reason, it?s necessary a deep scientific, theoretical, and experimental knowledge, to support that practice. Therefore, the engineering teaching has always two components: the main theoretic concepts scientifically proven through practical experience and, the practice, through the application of that theory in calculation exercises, or, still, by the execution of laboratory experimental works related with the theoretical contents. The classes have three components: theoretical (T), theoretical-practice (TP) and, laboratorial practice (PL). The first two components have equal ponderations, to ensure that the students have time to learn the theoretical concepts, and also, time to apply them, solving exercises and discuss the correspondent results, at real time, with the professor and with other colleagues, in the classroom. The overall evaluation of T and TP classes correspond to 70%, while the laboratorial component PL correspond to the remaining 30%. In this laboratorial component, the students perform some experimental scientific works, related with the separation and purification of chemical and biological compounds, using equipment at lab and semi-pilot scale, to simulate the operation, at industrial environment, of these processes, studied in this curricular unit. The T classes will be given with projection informatic tools, to facilitate the figures, tables, and other schemes projection. The projections are accompanied with complementary oral and writing explanations on the board. The students will be challenged to participate actively in the classes and, the teacher will clarify their doubts. The TP classes involve the resolution of several application exercises, where the students will be challenged to solve them, searching for solutions to a specific problem, normally placed in any industrial facility, or in the project phase, scaling wisely the suitable equipment?s for unit operations of separation processes (chemical and biological ones). The PL classes in lab, will work under the performing of some experimental scientific works, related with the topics covered on T/TP classes, with groups of three students each, and each practical work will be addressed to the correspondent report.

16. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

1. Seader, J., & Headley, E. (2012). Separation Processes Principles (2nd ed.). Wiley. 2. McCabe, W., Smith, J., & Harriot, P. (2001). Unit Operations of Chemical Engineering (7th ed.). McGraw-Hill. 3. Erwin, D., (2002). Industrial Chemical Process Desing. McGraw-Hill. 4. Azevedo, E., & Alves, A. (2022). Engenharia de Processos de Separação. IST Press. 5. Coulson, J., Harker, J., & Backhurst J. (2003). Coulson and Richardson?s Chemical Engineering, vol.2. (5th ed.). Butterworth. 6. Vancat, P. (2010). Separation Processes Engineering (2nd ed.). Prentice-Hall. 7. King, C. (2013). Separation Processes (2nd ed.). Dover Publications Inc. 8. Khoury, F. (2014). Multistage Separation Processes (4th ed.). CRC Press. 9. Doran, P. (1995). Bioprocesses Engineering Principles. Academic Press. 10. Aires-Barros, M. R., & Azevedo A. M. (2017). Fundamentals of Biological Separation Processes - Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. Elsevier.

17. Observações

Unidade Curricular Obrigatória

Data de aprovação em CTC: 2025-07-30

Data de aprovação em CP: 2025-07-29