



1. Caracterização da Unidade Curricular

1.1 Designação

[1677] Processos de Separação Avançados / Advanced Separation Processes

1.2 Sigla da área científica em que se insere

CEE

1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

1.4 Horas de trabalho

135h 00m

1.5 Horas de contacto

Total: 47h 00m das quais T: 22h 30m | TP: 22h 30m | O: 2h 00m

1.6 ECTS

5

1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

2. Docente responsável

[1364] Rita Isabel Dias Pacheco

3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

[1259] José Valério do Nascimento Palmeira | Horas Previstas: 45 horas

[1364] Rita Isabel Dias Pacheco | Horas Previstas: 45 horas

[1763] Luís Miguel Minhalma | Horas Previstas: 45 horas

4. Objetivos de aprendizagem
(conhecimentos, aptidões e
competências a desenvolver
pelos estudantes)

Após a aprovação na unidade curricular, o estudante deverá possuir a capacidade de:

1. Saber identificar, caracterizar e aplicar processos de separação avançados tais como destilação otimizada, extração supercrítica, separação por membranas, adsorção/desorção, permuta iónica/regeneração e cromatografia.
2. Saber dimensionar equipamentos para os processos de separação estudados para misturas simples e complexas.
3. Analisar o funcionamento deste tipo de equipamentos.
4. Compreender e descrever processos correntes e emergentes de recuperação de produtos biológicos
5. Compreender a necessidade de integração de todas as etapas do processo para o sucesso da recuperação do bio produto.
6. Identificar metodologias necessárias para a validação de processo de produção e de recuperação de acordo com a natureza e aplicação do produto.

4. Intended learning outcomes
(knowledge, skills and
competences to be developed
by the students)

Upon approval, the student should be able to:

1. Identify and apply advanced separation processes such as enhanced distillation, supercritical extraction, membrane separation, adsorption/desorption, ion exchange/regeneration and chromatography.
2. Know-how to design equipment where the studied unit operations take place both to simple and complex mixtures.
3. Analyse the operation of such equipment.
4. Understand and describe current and emerging processes for the recovery of biological products
5. Recognize the need for integration of all stages of the process for the success of the bioproduct recovery.
6. Identify methodologies for the validation of production and recovery process according to the nature and use of the product.

5. Conteúdos programáticos

1. Tópicos Avançados de Destilação Otimizada: breve introdução. Destilação extrativa, de sais, com variação de pressão, azeotrópica homogénea e heterogénea, reativa.
2. Extração supercrítica: condições, solventes utilizados, aplicações industriais.
3. Separação por membranas: tipos, processos de transporte, osmose inversa, nano filtração, ultrafiltração, microfiltração, permeação gasosa, pervaporação, eletrodialise.
4. Adsorção, permuta iónica e cromatografia: isotérmicas de adsorção. Equilíbrio. Sistemas de adsorção: operação contínua, descontínua e semicontínua; adsorção em leito fixo; adsorção com variação térmica e com variação de pressão. Aplicações industriais.
5. Tecnologias emergentes para as etapas de recuperação de produtos biológicos (DSP).
6. Estratégias Integradas no Design de Bioprocessos para Recuperação de Produtos Biológicos.
7. Estabilidade, eficácia e pureza de produtos biológicos. Aspetos regulatórios e Validação de Processos, DSP e de pureza: Testes e critérios.

5. Syllabus

1. Enhanced optimized distillation: extractive distillation, with salts, pressure swing, homogeneous and heterogeneous azeotropic, reactive.
2. Supercritical extraction: conditions, used solvents, industrial applications.
3. Membrane separations: types, transport processes, inverse osmosis, nanofiltration, ultrafiltration, microfiltration, gaseous permeation, pervaporation, electro dialysis.
4. Adsorption, ion exchange and chromatography. Adsorption isotherms. Equilibrium. Kinetic and transport considerations. Adsorption systems: continuous operation, discontinuous and semi continuous, fixed bed adsorption, adsorption with thermal variation and/or pressure variation. Industrial applications.
5. Emerging technologies for Biological Products Recovery Processes.
6. Integrated approaches in Bioprocesses Design for Recovery of Biological Products.
7. Stability, efficacy, and purity of biological products. Regulatory aspects and Validation of Process, DSP, and purity: Tests and criteria.

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

A aplicação das ferramentas de dimensionamento pressupõe a compreensão dos conceitos de transferência de momento, de calor e massa, lecionados em unidades curriculares anteriores, bem como, os conceitos e a aplicação dos processos de separação mais simples, como a absorção/desabsorção gasosa, destilação binária/fracionada, multicomponente e, a extração líquido-líquido. Transmite-se aos alunos as diversas metodologias de separação de produtos líquidos em misturas azeotrópicas, com a finalidade de contornar as barreiras termodinâmicas existentes em diversos sistemas, com a finalidade de obter compostos quase puros aquando da separação dos vários constituintes. Ensina-se aos alunos, os diversos processos de separação avançados existentes de destilação otimizada, como a destilação extrativa, a de sais, as azeotrópicas homogénea e heterogénea, a destilação por variação de pressão e, a reativa. Outros processos de separação estudados são os processos de sorção e a extração supercrítica.

6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes

The application of scaling tools needs comprehension of moment, heat, and mass transfer concepts, as well, the concepts and application of traditional separation processes, like, scrubbing/stripping, binary/multicomponent distillation, and liquid-liquid extraction. To ensure a consistent sequential learning, the program above starts to highlight the importance of traditional separation processes described, reviewing those concepts, scaling methods for columns operation and, also, review the correspondent equipment's used in industry. The students learn the several methodologies applied for separation of liquid compounds in azeotropic mixtures, with the aim to overcome the thermodynamic barriers existed in several systems, to obtain compounds with higher purity. It's also teaching the advanced separation processes of optimized distillation, like, the extractive one, with salts, homogeneous and heterogeneous azeotropic ones, the distillation with gradient of pression and reactive.

7. Metodologias de ensino (avaliação incluída)

Metodologias de Ensino: O ensino é efetuado com base em aulas expositivas teóricas e, através de trabalho individual de estudo e pesquisa. Os alunos são motivados para assumir uma atitude ativa na pesquisa de informação de base e na resolução de exercícios de aplicação, nas aulas teórico-práticas.

A avaliação da UC será efetuada através de avaliação distribuída com exame final. Na avaliação distribuída, o(a) estudante terá de realizar 3 testes escritos (TE1, TE2, TE3) ao longo do semestre, sendo que, para obter aprovação na UC, a Nota Final (NF) será calculada por:

$NF = (TE1 + TE2 + TE3)/3$, em que, $NF \geq 9,50$ valores.

Em alternativa, a avaliação terá de ser efetuada por exame final (EF), em que, para obter aprovação à UC, $NF \geq 9,50$ valores.

**7. Teaching methodologies
(including assessment)**

Teaching Methodologies: Teaching is carried out based on theoretical lectures and through individual study and research work. Students are encouraged to take an active role in researching basic information and solving application exercises in theoretical-practical classes.

The assessment of the UC will be carried out through a distributed assessment with a final exam. In the distributed assessment, the student will have to take 3 written tests (WT1, WT2, WT3) throughout the semester, and to pass the UC, the Final Grade (FG) will be calculated by:

$FG = (WT1 + WT2 + WT3)/3$, where $FG \geq 9.50$ points.

Alternatively, the assessment will have to be carried out through a final exam (EF), where, to pass the UC, $NF \geq 9.50$ points.

**8. 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: a teoria científica, comprovada experimentalmente e, a prática de aplicação dessa mesma teoria, quer por execução de exercícios de cálculo, quer por aplicação dos resultados desses mesmos cálculos, quer ainda por execução de trabalhos laboratoriais relacionados com as matérias de aprendizagem. Desta forma as aulas desta UC apresentam duas componentes: teórica (T) e teórico-prática (T/P), com pesos iguais entre si, para que os alunos tenham não só tempo em sala de aula para apreender os conceitos teóricos, mas também tempo de os aplicar, praticar e discutir em tempo real, os resultados com colegas e com o docente. As aulas serão dadas em blocos de 1,5 h e, os horários e horas semanais adaptados e adequados à matéria a ser lecionada e às necessidades variáveis entre teoria e prática, ou seja, o balanço semanal de horas em sala entre T e T/P é variável conforme a dificuldade das matérias, as necessidades de apreensão dos alunos e a proximidade dos períodos de avaliação. 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 execução 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 de produtos químicos e biológicos. As aulas dedicadas ao debate e exposição dos conteúdos programáticos, bem como para a análise e resolução de problemas e casos de estudo, permitem aos alunos adquirir conhecimentos sobre tecnologias disponíveis para os processos de separação de produtos biotecnológicos, procedimentos de melhoria e validação.

8. 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 to have a deep scientific, theoretical, and experimental knowledge, to support that practice. Therefore, engineering teaching has always two components: the theory and, the practice, through the application of that theory in calculation exercises, or, still, by the execution of laboratory works related with the theoretical contents. The classes have two components: theoretical (T) and theoretical practice (T/P), with 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 classes will be given at 1.5 hours groups and, the timetables and the weekly hours will be adapted to the theoretical contents and, also, to the variable necessities between theory and practice, which means that, the balance of hours in each week, between T and T/P classes is variable, depending on the contents difficulty/complexity, from the students comprehension necessities and, also, from the proximity of evaluating periods. The T classes will be given with projection informatic tools, to facilitate the figures, tables, and other schemes projection. The projections are accompanied by 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 T/P 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). Classes are devoted to explanation and debate to the learning themes, and resolution of exercises and case studies. This will allow students to acquire specific knowledge about technologies available for bioproducts separation processes, improvement procedures and validation.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

1. Seader, J.D., Henley, E.J., "Separation Process Principles", 3rd Edition, John Wiley, 2011.
2. McCabe, W.L., Smith, J.C., Harriot, P., "Unit Operations of Chemical Engineering", 7th Edition, McGraw-Hill, 2005
3. Erwin, D.L., "Industrial Chemical Process Design", McGraw-Hill, 2002
4. Wankat, P., "Separation Processes Engineering: Includes Mass Transfer Analysis", 4th Edition, Prentice Hall, 2016.
5. Flickinger, M. C., "Downstream Industrial Biotechnology: Recovery and Purification", Wiley, 2013.
6. Seader, J. D., Henley, E. J., Roper, S. K., "Separation Processes Principles: With Applications Using Process Simulators", 4th Edition, Wiley, 2019.

10. Data de aprovação em CTC 2024-07-17



Ficha de Unidade Curricular A3ES
Processos de Separação Avançados
Mestrado em Engenharia Química e Biológica
2024-25

11. Data de aprovação em CP 2024-06-26