

Ficha de Unidade Curricular LEQB

Unidade Curricular

Português

Processos de Separação 2

Inglês

Separation Processes 2

Total de horas

Teóricas

22,5

Teórico-práticas

22,5

Práticas Laboratoriais

15

Docente Responsável

Nome completo

Jaime Filipe Borges Puna

Outros Docentes

Nome completo 1

Rita Isabel Dias Pacheco

Nome completo 2

Helena Teixeira Avelino

Nome completo 3

Ana Sofia de Oliveira Figueiredo

Nome completo 4

Sónia Alexandre Martins

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

Learning outcomes of the curricular unit

No final da disciplina, os alunos devem desenvolver competências nos domínios básicos das operações unitárias de separação de produtos químicos e biológicos:

- Compreender as principais operações unitárias de separação utilizadas na indústria química e na biotecnologia;
- 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;
- Dimensionar os equipamentos adequados para a aplicação das operações unitárias de separação estudadas na indústria química e na biotecnologia, em estado estacionário;
- Identificar desafios e problemas propondo melhorias nos parâmetros operatórios dos processos de separação.

As a result of the course, students should develop skills in the basic fields of separation unit operations of chemical and biological products:

- Understand the main separation unit operations used in the chemical industry and in the biotechnology;
- Elaborate the preliminar design of the necessary equipments, 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;
- Scale the suitable equipments to apply the unit operations of separation processes used in the chemical industry and in the biotechnology, in steady-state; - Identify challenges and problems in order to improve operating parameters of separation processes.

Conteúdos programáticos

Syllabus

1 Destilação binária: conceitos; condições limite operação; número andares de equilíbrio; eficiência global; número pratos real; altura coluna e diâmetro

2 Destilação multicomponente: método FUG; localização andar alimentação

3 Extração líquido-líquido: conceitos; uso diagramas triangulares; andares equilíbrio; condições limite operação; extração com correntes cruzadas; equipamentos; diâmetro coluna; ponto inundação

<p>4 Extração supercrítica: conceitos, aplicações e parâmetros operacionais; fluidos supercríticos: propriedades. Aplicações</p> <p>5 Introdução processamento jusante produção produtos biotecnológicos, desafios que afectam downstream processing</p> <p>6 Breve introdução processos de separação por membranas e sua aplicação</p> <p>7 Estratégia RIPP (Recuperação, Isolamento primário, Purificação e Polimento/isolamento final). Centrifugação; Ruptura de células; Precipitação; Cromatografia, Ultrafiltração; Liofilização. Análise/melhoria do processo de purificação</p>
<p>1 Binary distillation: concepts; operating limit conditions; equilibrium stage quantification; overall efficiency; number real plates; diameter and column height</p> <p>2 Multicomponent distillation: FUG method; best localization feed plate</p> <p>3 Liquid-liquid extraction: concepts and applications; utilization triangular diagrams; equilibrium plates; operating limit conditions; crossflow liquid-liquid extraction; equipment; column diameter and flooding point</p> <p>4 Super critical extraction: concepts, applications, operatory parameters; supercritical fluids: properties. Industrial applications</p> <p>5 Introduction to downstream processing of biotechnology products, challenges and main addressed factors</p> <p>6 Brief introduction to membrane separation processes and its applications</p> <p>7 RIPP strategy (Recovery, isolation, Purification and Polishing). Centrifugation; Cell disruption; Precipitation; Chromatography, Ultrafiltration; Lyophilization. Analysis/improvement of purification process</p>

Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular
Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives

Esta unidade curricular pretende proporcionar aos alunos a apreensão de conceitos teóricos e práticos fundamentais para o dimensionamento e a correta operação de equipamentos relativos a processos de separação industriais. Trata-se de uma vertente crucial e de aplicação prática em qualquer unidade industrial, cujo correto dimensionamento, operação, controle e otimização destes equipamentos, cabe ao engenheiro de processo, em particular, ao engenheiro químico e biológico. 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 de compostos gasosos. As operações de separação física utilizadas envolvem a aplicação de balanços materiais e entálpicos a colunas de destilação, de extração, etc., com caracterização qualitativa/quantitativa de correntes líquidas/vapor, quantificação de caudais e de fluxos de calor, bem como, da aplicação dos conceitos de atividade química, volatilidade e seletividade, anteriormente estudados. De modo a que haja uma aprendizagem sequencial coerente, o programa acima delineado começa por realçar a importância da caracterização de processos de separação em descontínuo (“batch”) e em contínuo e dos correspondentes equipamentos utilizados, dando ênfase à constituição e diferenciação de colunas de enchimento e de colunas de pratos, largamente utilizadas em variados processos de separação. Deste modo, no item 1, na operação unitária de Destilação Binária, estudam-se os conceitos teóricos, os equipamentos, casos práticos e, as ferramentas de dimensionamento aplicadas a colunas de destilação, destacando-se a determinação do n.º de andares de equilíbrio, eficiência e do n.º de pratos real, altura e diâmetro da coluna, bem como, do dimensionamento dos equipamentos de transferência térmica utilizados nesta operação (condensadores e ebulidores). Estuda-se também a determinação das condições limite de operação destas colunas, permitindo posteriormente, efetuar a correspondência para as correspondentes condições reais de operação, dando ênfase ao conceito de razão de refluxo. No item 2 do programa, aplicam-se os conceitos estudados no item 1 mas, a misturas líquidas com 3 ou mais componentes, utilizando métodos empíricos para o seu dimensionamento. No item 3, aplicam-se os conceitos teóricos, os equipamentos, os exemplos de aplicação e os parâmetros de dimensionamento aplicados a colunas de extração, quantificando o n.º de andares, eficiência, quantidade de solvente a utilizar, coeficiente de seletividade e aplicação deste processo de separação em correntes cruzadas. Por último, nos itens 4 a 6, ênfase será dado aos processos de separação de produtos biológicos de larga aplicabilidade, como a centrifugação, liofilização, ruptura de células, ultrafiltração, etc., elencando as potencialidades dos processos de separação de “downstreaming” em biotecnologia.

This curricular unit pretends to give to the students, the learning of theoretical and practical concepts to the scaling and correct operation of industrial separation processes equipment's. It's an important and crucial strand of practical application in any industrial facility, since the correct scaling, operation, control, and optimization belongs to the process engineer, particularly, to the chemical and biological engineer. The application of scaling tools presupposes the comprehension of moment, heat, and mass transfer concepts, already taught at previous curricular units, as well, the concepts and application of gaseous compounds separation processes. The physical separation processes used, involve the application of molar/mass and enthalpic balances at distillation, liquid-liquid extraction columns, etc., with qualitative/quantitative characterization of liquid/vapour streams, mass, and heat flows quantification, as well, the application of chemical activity, volatility, and selectivity concepts, taught in thermodynamic and chemical-physical subjects. To ensure a consistent sequential learning, the program above described starts to highlight the importance of characterize the separation processes in batch and continuous mode operation and, also, of the correspondent equipment's used in industry. Emphasis is given to the constitution and differentiation of filling and plate columns used in a wide range of industrial separation processes. So, in item 1, at Binary Distillation chapter, the students learn the theoretical concepts, the equipment's used, the practical cases and, the scaling tools applied to distillation columns, highlighting the quantification of equilibrium plates number, overall efficiency, number of real plates, Hight and diameter column, as well, the scaling of complementary energy transfer equipment's used in this unit operation (condensers and boilers). The students learn, also, the quantification of limit operating conditions in those columns and, then, perform the connection to real operating conditions, highlighting, the concept of reflux ratio. At item 2, the students apply the concepts learned on item 1 at liquid mixtures with 3 or more components, using empiric calculation methods to perform the correspondent scaling. In item 3, the students learn the theoretical concepts, equipment's, application examples and scaling parameters applied to liquid-liquid extraction columns, quantifying the number of equilibrium and real plates, overall efficiency, minimum, maximum, and real used solvent flow, selectivity coefficient, etc., as well, the application of this separation process with crossflow streams. At last, at items 4 to 6, high importance is given to the biological separation processes of large applicability, like, centrifugation, lyophilization, cell disruption, ultrafiltration, etc., highlighting the "downstreaming" separation processes potentialities in the biotechnology industry.

Metodologias de ensino (avaliação incluída) *Teaching methodologies (including evaluation)*

Avaliação no período letivo: 1) Realização de 4 mini-testes (MT) ao longo do semestre. 2) Realização de teste global (TG); 3) Realização de 2 trabalhos práticos em laboratório (PL), envolvendo 3 sessões laboratoriais; cada trabalho culminará na elaboração e apresentação/discussão de um relatório, contabilizando cada um com 50% para a classificação desta componente de avaliação; a classificação final (NF) será obtida pela expressão: $NF = 0,30 \times MT + 0,45 \times TG + 0,25 \times PL$. Cada componente de avaliação (MT, TG e PL) terá de ter uma nota mínima de 9,5 valores, para aprovação na disciplina. Avaliação por exame: 1) Realização de exame final (E); 2) Realização de 2 trabalhos práticos em laboratório (PL), com as mesmas condições indicadas anteriormente; a classificação final (NF) será obtida pela expressão: $NF = 0,75 \times E + 0,25 \times PL$. Cada componente de avaliação (E e PL) terá uma classificação mínima de 9,5 valores. O exame substituirá a realização dos 4 mini-testes e do teste global.

Evaluation during the classes: 4 partial tests (MT), counting the average of them; 2) global test (TG); 3) 2 laboratorial works (PL) performed on 3 lab sessions; each work will be evaluated through a report performed by the students and, each report will count with 50% for the classification of this component; the final mark (NF) will be calculated by the following equation: $NF = 0,30 \times MT + 0,45 \times TG + 0,25 \times PL$. Each evaluation component (MT, TG and PL) must have a mininum classification of 9,5 val., in order to obtain the approval in this curricular unit. Exam evaluation: 1) Final exam (E); 2) 2 laboratorial works (PL) with the same conditions quoted in the continuous evaluation; the final mark will be obtain by this equation: $NF = 0,75 \times E + 0,25 \times PL$. Each evaluation component will have a minimum classification of 9,5 val. The exam will replace the 4 partial tests and the global test.

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

Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes

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 que 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 três componentes: teórica (T), teórico-prática (T/P) e prática laboratorial (P), sendo que, as duas primeiras componentes têm 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. No total, o somatório das componentes T e T/P correspondem a 75% do tempo total de aulas, enquanto que, a componente laboratorial P, corresponde aos restantes 25%. Nesta componente prática laboratorial, os alunos executarão alguns trabalhos em laboratório, com equipamentos à escala de laboratório e piloto, que visam aplicar a operação de alguns processos de separação estudados na disciplina, simulando a operação em ambiente industrial.

As aulas serão dadas em blocos de 1,5h 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, T/P e 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 a 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 a 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.

As aulas em laboratório serão objeto de realização de alguns trabalhos laboratoriais, em grupos de 3 alunos, no máximo, sendo que, esses trabalhos serão objeto de elaboração de relatórios, os quais serão, posteriormente avaliados, com apresentação oral e discussão perante os docentes. O trabalho é entregue nos formatos de texto e digital.

Os trabalhos laboratoriais a realizar serão os seguintes: Operação numa coluna de destilação em “batch”; Purificação de *Pseudomonas Aeruginosa* Amidase e, análise da sua pureza por eletroforese de gel de poliamida.

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 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 three components: theoretical (T), theoretical-practice (T/P) and, laboratorial practice (P). 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 total of contact time of T and T/P classes correspond to 75% of the total time, while the laboratorial component P correspond to the remaining 25%. In this laboratorial component, the students perform some experimental works, with separation processes equipment at lab and pilot scale, to simulate the operation, at industrial environment, of these processes, studied in this curricular unit.

The classes will be given at 1,5 hours groups and, the timetables and the week 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, T/P and P classes is variable, depending from 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 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 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).

The P classes in lab, will work under the performing of some experimental scientific works, related with the contents already taught at T and T/P classes, with groups of three students each and, each lab work will be addressed to the correspondent report, evaluated with oral presentation and discussion, towards the teachers. The final reports will be delivered in both text and digital formats.

The experimental lab works are the following ones: operation in a "batch" distillation column; purification of *Pseudomonas Aeruginosa* Amidase and, analysis of its purity by polyamide gel electrophorese.

Bibliografia Principal

Main Bibliography

- [1] Doran, P., Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 1995
- [2] J.D. Seader, E.J. Henley, Separation Process Principles, 2nd ed., Wiley, 2006
- [3] W.L. McCabe, J.C. Smith, P. Harriot, Unit Operations of Chemical Engineering, 7th ed., McGraw-Hill, 2001
- [4] D.L. Erwin, Industrial Chemical Process Design, McGraw-Hill, 2002
- [5] E.G. Azevedo, A.M. Alves, Engenharia de Processos de Separação, IST Press, 2009
- [6] J.F. Coulson, J.H. Harker, J.R. Backhurst, Coulson and Richardson's Chemical Engineering, vol.2, 5th ed. Butterworth, 2003
- [7] Philip C. Vancat, Separating Processes Engineering, 2nd ed., Prentice Hall, 2010
- [8] C. Judson King, Separation Processes, 2nd ed., Dover Publications Inc., 2013
- [9] Fouad M. Houry, Multistage Separation Processes, 4th ed., CRC Press, 2014