



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

---

## 1. Caracterização da Unidade Curricular

### 1.1 Designação

[3332] Integração de Processos / Process Integration

### 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

[1259] José Valério do Nascimento Palmeira

---

## 3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

---

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

1. A unidade curricular de Integração de Processos tem por objetivo apresentar e aplicar as metodologias de integração energética e de integração mássica, e sua associação, utilizadas para a otimização de um Processo Químico.

2. Domínio dos conceitos para o desenvolvimento de metodologias a utilizar na melhoria e otimização dos Processos Químicos quer na fase inicial do projeto, quer em fábricas já instaladas à custa da minimização dos consumos energéticos, da utilização eficaz das matérias-primas, da minimização dos efluentes do processo (sólidos, líquidos e gasosos), assegurando ao mesmo tempo os aspetos de competitividade económica e mantendo elevados níveis de segurança.

---

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

1. In this course of Process Integration the methodologies for energy integration and mass integration, are presented and applied, as well as their combination, which are utilized on Chemical Process Optimization.
2. Upon successful completion of this course the student should dominate the key concepts to apply systematic methodologies for the design and integration of chemical process in order to optimize heat-recovery and energy utility systems and to optimize pollution prevention, ensuring at the same time the aspects of economy competition and keeping high safety levels

---

**5. Conteúdos programáticos**

1. Introdução

Noção de Integração de Processos; Ferramentas da Integração de Processos; Variantes da Integração de Processos.

2. Integração Energética

Metodologia da Análise do Ponto de Estrangulamento: Noção do  $\Delta T_{min}$ .; Consumo Mínimo de Energia de um Processo; Curvas Compostas: Processo, Utilidades e Global; Cálculo da Cascata de Calor; Determinação do Ponto de Estrangulamento; Síntese de Redes de Permutadores; Otimização do  $\Delta T_{min}$ .; Escolha das utilidades através da Curva Composta Global; Cogeração; Bombas de Calor; Integração de Colunas de Destilação; Integração de Reatores Químicos.

3. Integração Mássica

Metodologia do Ponto de Estrangulamento Mássico: Noção de Permutador de Massa; - Diagramas de Intervalos de Composição; Curvas Compostas- Ponto de Estrangulamento Mássico; Síntese de Redes de Permutadores de Massa: Métodos Gráficos e Algébricos; Aplicação ao Projeto de Sistemas de Água: Maximização da Reutilização da Água.

---

**5. Syllabus**

1. Introduction

The Concept of Process Integration; Tools for Process Integration; Variants of Process Integration.

2. Energetic Integration

Methodology of Pinch Analysis: Concept of  $\Delta T_{min}$ .; Minimum Energy Consumption of a Process; Composite Curves: Process, Utilities and Global; The Problem Table Algorithm; Synthesis of Heat Exchange Networks;  $\Delta T_{min}$ . Optimization; Utility Selection using the Grand Composite Curve; Cogeneration; Heat Pumps; Heat Integration of Distillation Columns; Heat Integration of Chemical Reactors.

3. Mass Integration

Methodology of Pinch Analysis: Concept of a Mass Exchanger; The Composition Interval Diagram; Composite Curves ? Pinch Diagram; Synthesis of Mass Exchange Networks: Graphical and Algebraic Methods; Application to Water System Design: Maximizing the Water Reuse.

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

O programa desta UC fornece aos alunos uma aprendizagem evolutiva sobre os objetivos e competências a adquirir com apresentação das principais ferramentas utilizadas em integração de processos, seguindo-se a aplicação à integração energética que apresenta maior facilidade de compreensão e menor complexidade. A utilização das metodologias de integração energética começou a ser largamente utilizadas aquando do primeiro choque petrolífero que levou ao aumento do custo da energia. O último capítulo, a integração mássica é uma matéria de maior complexidade onde as ferramentas utilizadas são em tudo idênticas, mas onde a preocupação ambiental é ainda mais marcada, pois a sua correta utilização permite reduzir os efluentes emitidos em processos químicos contribuindo para melhorar a eficiência dos processos.

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

This curricular unit provides students with an evolutionary learning on objectives and competencies to be acquired with the presentation of the main tools used in process integration, followed by energy application integration that provides ease of comprehension and reduced complexity. The use of energy integration methodologies began to be widely used during the first oil crisis, which led to the rising cost of energy. The last chapter, the mass integration is a matter of greater complexity where the tools used are identical but where environmental concern is even more marked because its proper use can reduce the effluents emitted into chemical processes contributed to improve the efficiency of processes.

**7. Metodologias de ensino (avaliação incluída)**

As aulas teóricas (50%) correspondem à exposição de conceitos teóricos.

As aulas teórico-práticas (50%) correspondem à apresentação de problemas e casos de estudo, recorrendo a software específico para a sua resolução

A avaliação da disciplina é realizada de forma distribuída com exame final. As componentes de avaliação distribuída são as seguintes:

- Trabalho prático (TP1) pedagogicamente não fundamental e sem classificação mínima.
- Trabalho prático (TP2) pedagogicamente fundamental com classificação mínima de 8 valores.

A classificação mínima do exame final é de 8,0 valores e a classificação final mínima de 9,5 valores numa escala de 0 a 20.

Classificação final = 0,70 Exame + 0,10 TP1 + 0,20 TP2

---

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

Theoretical classes (50%) correspond to the presentation of theoretical concepts.

Theoretical-practical classes (50%) involve the presentation of problems and case studies, using specific software for their resolution.

The assessment of the course is carried out through distributed evaluation with a final exam. The components of the distributed evaluation are as follows:

? Practical work (TP1) pedagogically non-essential and without a minimum grade requirement.

? Practical work (TP2) pedagogically essential with a minimum grade of 8 out of 20.

The minimum grade for the final exam is 8.0 out of 20, and the minimum final grade is 9.5 out of 20.

Final grade = 0.70 Exam + 0.10 TP1 + 0.20 TP2

---

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

Tendo em conta os objetivos deste curso, a metodologia de ensino aqui utilizada promove que o aluno tenha contacto com recursos educacionais, incluindo software específico, de forma a facilitar a aquisição de conhecimentos teóricos e práticos sobre os conceitos leccionados na UC Integração de Processos.

---

**8. Evidence of the teaching  
methodologies coherence with  
the curricular unit's intended  
learning outcomes**

Given the objectives of this course, the teaching methodology used here promotes the contact of the student with educational resources, including specific software, enabling them to gain the theoretical and practical knowledge about the concepts of this UC Integration Process.

---

9. Bibliografia de  
consulta/existência obrigatória

1. Smith. R., *Chemical Process Design and Integration* , 2<sup>th</sup> ed., John Wiley & Sons Ltd., 2016.
2. Klemes J., *Handbook of Process Integration (PI) - Minimisation of Energy and Water Use, Waste and Emissions*, 2<sup>th</sup> ed., Woodhead Publishing Series in Energy, 2022
3. Kemp,I.C., *Pinch Analysis and Process Integration: A User Guide on Process Integration for Efficient Use of Energy* , 2<sup>th</sup> ed., Butterworth-Heinemann of Elsevier, 2006
4. Shenoy, U. V., *Heat Exchanger Network Synthesis* , Gulf Publishing Comp., Houston (USA), 1995.
5. The Institution of Chemical Engineers, *User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy* , Rugby (UK), 1992

---

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

---

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