

**Unidade Curricular (português):**

Sistemas de Controlo Avançado

**Curricular unit (inglês):**

Advanced Control Systems

**Docente responsável**

**Nome completo: Rui Manuel Gouveia Filipe**

**Número de horas de contacto na unidade curricular: 45**

**Outros docentes:**

Sérgio Jorge Pereira da Costa

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

1. Interpretar, analisar e conceber P&IDs de nível avançado na sua qualidade de engenheiro de processo.
2. Prever quantitativamente o comportamento dinâmico e o desempenho de sistemas em malha fechada bem como analisar a sua estabilidade.
3. Domínio dos conceitos fundamentais de modelação, identificação de processos, controlo em malha fechada e síntese de controladores.
4. Identificar oportunidades de utilização de sistemas de controlo avançado.
5. Utilizar o software MATLAB para a análise, projeto e implementação de sistemas de controlo avançado.

**Learning outcomes of the curricular unit:**

1. Understand, analyze and design complex P&IDs in a process engineer perspective.
2. Predict and quantify closed loop dynamical behavior and performance, and address stability issues.
3. Understand the fundamental concepts of process modeling, closed loop control and controller design.
4. Identify opportunities for the use of advanced control systems.
5. Use MATLAB software to analyze process behavior and design advanced process control systems.

**Conteúdos programáticos:**

1. Introdução. A importância do controlo em processos industriais. Objetivos de controlo.
2. Modelos dinâmicos de processos químicos. Funções de transferência e modelo de espaço de estados. Modelos empíricos.
3. Revisão do projeto de sistemas de controlo PID em malha fechada. Estabilidade. Síntese direta. Controlo por modelo interno (IMC). Controlo por avanço. Controlo de razão.
4. Melhorias no controlo convencional PID. Controlo em cascata. Controlo inferencial.
5. Controlo multimalha e multivariável. Interação no processo e nas malhas de controlo. Emparelhamento de variáveis manipuladas e controladas: critérios de seleção. Desacopladores.
6. Modelos dinâmicos discretos no tempo. Transformada Z. Introdução aos sistemas de controlo digital. PID digital.
7. Controlo preditivo baseado em modelos (MPC) para sistemas SISO e MIMO.

**Syllabus:**

1. Introduction. Motivation for industrial process control. Control objectives.
2. Dynamic models of chemical processes. Transfer functions and space state models. Empirical models.
3. PID controllers for closed loop control. Stability. Direct synthesis. Internal model control (IMC). Feed forward control. Ratio control.
4. Enhanced single loop control strategies. Cascade control. Inferential control.
5. Multivariate and multiloop control. Process interaction and control interactions. Pairing of controlled and manipulated variables. Decoupling.
6. Discrete models. Z-transform. Digital control introduction. Digital PID.
7. Model predictive control (MPC) for SISO and MIMO systems.

**Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos da unidade curricular:**

O programa cobre os diferentes tópicos necessários para que os objetivos da UC sejam atingidos. Depois de uma introdução ao controlo de processos e à necessidade da sua utilização nos processos industriais, são abordados tópicos de modelação de sistemas dinâmicos com vista à previsão do comportamento de processos e, posteriormente, ao projeto de controladores. O estudo de diferentes técnicas de controlo fornece ao aluno um conjunto de ferramentas a aplicar a cada caso particular, em função das suas características. O software MATLAB (incluindo o Simulink e pacotes específicos de controlo) é utilizado ao longo de todo o semestre, facilitando a implementação dos modelos, a análise do comportamento e o projeto de controladores. Os

diferentes casos estudados alertam o aluno para a necessidade e oportunidade de aplicação de técnicas de controlo avançado de processos.

**Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives:**

The syllabus includes several topics that are required to attain curricular unit objectives. Following a revision on process control basic concepts and the motivation for industrial process control, chemical processes dynamic modelling is addressed envisaging process behavior simulation and controller design. The different control techniques addressed provide the student with a set of tools that he can choose depending on the process under study. MATLAB software (including Simulink and control packages) are used through the course to facilitate the use of models, behavior analysis and controller design. Several processes are addressed during the course to familiarize the student with a variety of systems while highlighting the need to apply advanced process control techniques.

**Metodologias de Ensino (avaliação incluída):**

Metodologias de Ensino:

Exposição dos conceitos teóricos seguida de implementação prática com recurso ao software MATLAB.

As aulas são lecionadas com recurso a apresentações que são disponibilizadas aos alunos.

Avaliação contínua:

3 séries de exercícios TP1, TP2, TP3 sem nota mínima

1 trabalho final TF

$NF = 0.5 * (TP1 + TP2 + TP3 - \min(TP1, TP2, TP3)) + 0.5 * TF$ ;  $NF \geq 9.5$

Avaliação por exame:

Trabalho final (TF) :  $TF \geq 9.5$

Exame Final (EF):  $EF \geq 9.5$

$NF = 0.3 * TF + 0.7 EF$ ;

Arredondamento às unidades. Por defeito antes das cinco décimas, por excesso a partir de cinco décimas.

**Teaching methodologies (including evaluation):**

Teaching methodologies:

Lectures, where the theoretical concepts are explained, followed by application using MATLAB software.

The slides presented in class are made available to the students

Continuous evaluation:

3 take home problems TP1, TP2, TP3 no minimum grade

1 take home final project TF

$$NF = 0.5 * (T1 + T2 + T3 - \min(T1, T2, T3)) + 0.5 * TF; NF \geq 9.5$$

Final exam evaluation:

1 take home final project TF (TF) :  $TF \geq 9.5$

Final exam (EF):  $EF \geq 9.5$

$$NF = 0.3 * TF + 0.7 EF;$$

Rounded to units. By defect, beneath five tenths, per excess, from five tenths.

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

Após a exposição dos conteúdos teóricos, a aplicação prática é feita com recurso à simulação utilizando o software MATLAB (e Simulink). Consegue-se assim alargar a gama de exemplos abordados e promover a aplicação imediata dos conceitos, resultando numa maior consolidação da matéria pelos alunos. As três séries de exercícios realizadas ao longo do semestre permitem ao aluno aplicar, de forma progressiva, os conceitos apresentados nas aulas. O trabalho final pretende que os alunos usem de forma integrado os conhecimentos adquiridos para abordar uma situação de maior complexidade e mais próxima de uma situação real, para o desenvolvimento de um projeto de controlo de processos.

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

After the lectures, where the theoretical concepts are explained, the students use MATLAB and Simulink software to simulate and implement control techniques. An increased number of examples can thus be addressed, with an immediate application, resulting in a better understanding of the topics addressed. The three take home problem are intended to familiarize the student with the subjects studied, in a hands on progressive manner. The final project is intended to provide the students with an opportunity to apply the knowledge obtained through the course and address a more complex project.

**Bibliografia principal:**

1. Seborg, D., Edgar, T. , Mellichamp, D., Doyle III, F. , Process Dynamics and Control, Wiley, 2011.
2. Bequette, B. W., Process Control - Modeling, Design and Simulation, Prentice Hall, 2003.

3. Camacho, E., Bordons, C., Model Predictive Control, Springer, 1999.

