

# Planejamento da Disciplina Controle e Servomecanismos I

6 de setembro de 2010

## Identificação

**UERJ**

**Faculdade de Engenharia**

**Departamento de Eletrônica e Telecomunicações**

**Assunto:** Planejamento para a disciplina no segundo semestre de 2010.

**Professor:** José Paulo Vilela Soares da Cunha

**Turmas:** 01 e 02

**E-mails:** [jpaulo@uerj.br](mailto:jpaulo@uerj.br) e [jpaulo@lee.eng.uerj.br](mailto:jpaulo@lee.eng.uerj.br)

**Professor:** Paulo Bulkool Batalheiro

**Turma:** 03

**E-mail:** [pbb@uerj.br](mailto:pbb@uerj.br)

**Homepage:** <http://www.lee.eng.uerj.br/~jpaulo/contri.html>

## 1 Tópicos desta Disciplina

Nesta disciplina aborda-se o controle de sistemas lineares no tempo contínuo. Os principais tópicos são:

1. Introdução ao controle.
2. Revisão:
  - (a) Sistemas dinâmicos e sua modelagem.
  - (b) Equação de estado.
  - (c) Transformada de Laplace.
  - (d) Função de transferência e resposta em frequência.
3. Sistemas em malha fechada.
4. Resposta transitória, erro estacionário e critérios e restrições sobre o desempenho de sistemas de controle.
5. Estabilidade de sistemas dinâmicos. Condição de estabilidade de Routh-Hurwitz.
6. Diagrama do lugar das raízes.
7. Métodos de resposta em frequência para a análise e o projeto de sistemas de controle (e.g., diagramas de Nyquist e Bode). Critério de estabilidade de Nyquist.
8. Projeto de compensadores/controladores: *lead*, *lag*, PID, etc..

## 2 Orientação Geral para o Estudo desta Disciplina

Para esta disciplina são recomendadas as referências (Ogata 2003, Ogata 1998, Ogata 1993, D’Azzo & Houpis 1984). Qualquer uma destas referências é adequada ao curso, bem como outros livros texto básicos de controle linear que abordem os tópicos relacionados na seção anterior. No entanto, este curso está baseado na quarta edição do livro *Engenharia de Controle Moderno* (Ogata 2003), da qual serão extraídos muitos dos exercícios. Uma grande vantagem da terceira (Ogata 1998) e da quarta (Ogata 2003) edições deste livro em relação à segunda edição (Ogata 1993) é que as duas últimas edições apresentam diversos exemplos de análise e projeto de sistemas de controle empregando o *software* [MatLab](#), que atualmente é uma ferramenta importante na área de controle e, por isso, será utilizado nesta disciplina.

## Referências

- Chen, C.-T. (1999). *Linear System Theory and Design*, 3<sup>rd</sup> edn, Oxford University Press.
- D’Azzo, J. J. & Houpis, C. H. (1984). *Análise e Projeto de Sistemas de Controle Lineares*, 2<sup>a</sup> edn, Guanabara Dois.
- Ogata, K. (1993). *Engenharia de Controle Moderno*, 2<sup>a</sup> edn, Prentice-Hall do Brasil.
- Ogata, K. (1998). *Engenharia de Controle Moderno*, 3<sup>a</sup> edn, Livros Técnicos e Científicos S.A.
- Ogata, K. (2003). *Engenharia de Controle Moderno*, 4<sup>a</sup> edn, Pearson Brasil.

## 3 Orientação para o Estudo dos Tópicos

Nesta seção é apresentada uma orientação para o aluno estudar cada um dos tópicos abordados. Apresenta-se uma relação de seções de livros que devem ser estudadas e de exercícios propostos. O livro (Ogata 2003) possui, também, exercícios já resolvidos (com prefixo “A”) que devem ser estudados antes da resolução dos exercícios propostos (com prefixo “B”). Naturalmente o aluno não deve restringir seus estudos a estas seções e exercícios, pois trata-se de uma relação reduzida.

Recomenda-se que o aluno primeiramente resolva os problemas numéricos manualmente e, posteriormente, utilize algum *software* como o MatLab ou os *softwares livres* [Scilab](#) e [Octave](#) para verificar os resultados, seguindo-se a sugestão de Chen (1999, p. 78). O aluno deverá notar que alguns exercícios nos livros (Ogata 1998, Ogata 2003) foram elaborados para serem resolvidos com o auxílio de algum *software* para análise e projeto de sistemas de controle.

### 3.1 Introdução ao controle

A introdução no capítulo 1 da referência (Ogata 2003) apresenta alguns exemplos da aplicação de controladores.

### 3.2 Revisão de sistemas dinâmicos e sua modelagem

Recomenda-se o estudo das seções 3.1, 3.7, 3.8, 3.10 e do exemplo A.3.23 na referência (Ogata 2003).

São recomendados os exercícios (Ogata 2003) B.3.13 a B.3.25, B.3.28 e B.3.29. Também são recomendados os exercícios da segunda edição do livro (Ogata 1993): B.2.1 a B.2.4, B.2.6, B.2.9 a B.2.11, B.2.14 e B.2.15.

Recomenda-se o capítulo 4 (Ogata 2003) para o aluno interessado em sistemas pneumáticos, hidráulicos ou térmicos.

### **3.3 Revisão de equação de estado**

A abordagem por equação de estado é utilizada em várias seções do capítulo 3 da referência (Ogata 2003). Recomenda-se, especialmente, as seções 3.4 e 3.5.

Exercício recomendado: B.3.9.

### **3.4 Revisão de transformada de Laplace**

Recomenda-se a revisão de transformada de Laplace e a sua aplicação nas seções 2.1 a 2.5 e 2.7 do livro (Ogata 2003).

São recomendados os exercícios (Ogata 2003) B.2.1 a B.2.14 e B.2.18 a B.2.23.

### **3.5 Revisão de função de transferência e resposta em frequência**

Recomenda-se o estudo das seções 3.2 e 3.6 da referência (Ogata 2003). Para o traçado de diagramas de Bode, recomenda-se as seções 8.1 a 8.3 do livro (Ogata 2003). A seção 8.11 aborda alguns aspectos sobre a determinação experimental de funções de transferência. Um alternativa é estudar os diagramas de Bode em algum livro sobre a análise de circuitos elétricos ou filtros.

São recomendados os exercícios B.3.1 a B.3.3, B.3.10 a B.3.12, B.8.1 a B.8.7, B.8.35 e B.8.36.

### **3.6 Sistemas em malha fechada**

Recomenda-se o estudo da seção 3.3 da referência (Ogata 2003).

Exercícios recomendados: B.3.4 a B.3.8.

### **3.7 Resposta transitória, erro estacionário e critérios e restrições sobre o desempenho de sistemas de controle**

Recomenda-se o estudo das seguintes seções da referência (Ogata 2003): 5.1 a 5.6, 5.8 e 5.9. Deve ser enfatizada a relação entre a resposta no domínio da frequência e o desempenho no domínio do tempo.

Exercícios recomendados: B.5.1 a B.5.22 e B.5.30 a B.5.32.

### **3.8 Condição de estabilidade de Routh-Hurwitz**

Recomenda-se a seção 5.7 e os exemplos A.5.19 a A.5.21 do livro (Ogata 2003).

Exercícios recomendados: B.5.23 a B.5.29.

### **3.9 Diagrama do lugar das raízes**

Recomenda-se o estudo das seguintes seções da referência (Ogata 2003): 6.1 a 6.4 e 6.6. Alternativamente pode-se adotar o livro (D’Azzo & Houpis 1984).

Exercícios recomendados: B.6.1 a B.6.13 e B.6.15.

### **3.10 Métodos de resposta em frequência: aplicação dos diagramas de Nyquist e de Bode e do critério de estabilidade de Nyquist**

Recomenda-se iniciar pela revisão do traçado de diagramas de Bode nas seções 8.1 a 8.3 do livro (Ogata 2003). As seções específicas para a aplicação de métodos de resposta em frequência são: 8.4, 8.5 e 8.7 a 8.9. Alternativamente pode-se adotar o livro (D’Azzo & Houpis 1984) para o estudo do critério de estabilidade de Nyquist.

Praticamente todos os exercícios do capítulo 8 de (Ogata 2003) são recomendados (B.8.8 a B.8.34). No entanto, o aluno pode escolher dentre esses os que considerar mais significativos para o aprendizado desses tópicos.

### **3.11 Projeto de controladores**

Recomenda-se o estudo das seções 7.1 a 7.5 e 9.1 a 9.5 do livro (Ogata 2003), não sendo necessário enfatizar a realização de compensadores com amplificadores operacionais.

As seções 10.1 a 10.4 apresentam detalhes sobre controladores com ações proporcional, integral e derivativa (PID). Essas seções são especialmente recomendadas para aqueles com interesse no controle de processos industriais.

Exercícios recomendados: B.7.1 a B.7.16 e B.9.1 a B.9.9.

## 4 Consultas aos Professores

As consultas aos professores podem ser feitas em horários e em locais a serem divulgados na *homepage* da disciplina. Os alunos também podem consultar os professores através dos *e-mails*:

[jpaulo@uerj.br](mailto:jpaulo@uerj.br), [jpaulo@lee.eng.uerj.br](mailto:jpaulo@lee.eng.uerj.br) e [pbb@uerj.br](mailto:pbb@uerj.br)

### 4.1 Mais informações

Para obter mais informações (datas das provas, trabalhos, listas de exercícios, etc.), o aluno deverá consultar assiduamente a *homepage* da disciplina:

<http://www.lee.eng.uerj.br/~jpaulo/contri.html>