



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA  
PLANO DE ENSINO  
PERÍODO LETIVO 2007/2

DISCIPLINA: **ELE00070**–Tópicos Especiais em Automação e Controle I

Créditos: 3

Caráter: Eletiva

Professor Regente: Prof. Walter Fetter Lages

Carga horária: 3 horas teóricas/semana

Pré-requisitos: Nenhum

Horários: Turma Única Terças e Quintas-feiras das 8:00 às 9:40

SÚMULA:

Movimento de corpos rígidos, Modelagem de robôs manipuladores, Controle de robôs manipuladores, Comportamento não-holonômico, Modelagem de robôs móveis, Controle de robôs móveis, Planejamento de trajetórias, Estimação de posição de robôs móveis

OBJETIVOS DA DISCIPLINA:

Transmitir aos alunos conhecimentos sobre robótica, visando capacitá-los a desenvolver trabalhos de dissertação na área.

METODOLOGIA DE ENSINO:

Aulas expositivas e aulas práticas. As aulas práticas consistirão do desenvolvimento de programas para implementar os conceitos apresentados nas aulas expositivas.

SISTEMA DE AVALIAÇÃO:

Serão realizadas três provas individuais ( $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ ). Além disso, os alunos deverão elaborar trabalhos (cuja média é  $T$ ). Alunos que obtiverem média  $M \geq 6.0$  serão aprovados, sendo

$$M = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + T}{4}$$

O conceito será atribuído conforme a tabela 1.

Tabela 1: Atribuição dos Conceitos.

Conceito A	$8.5 \leq M \leq 10.0$
Conceito B	$7.0 \leq M < 8.5$
Conceito C	$6.0 \leq M < 7.0$
Conceito D	$N_F < 6.0$
Conceito FF	Falta de frequência

#### ATENDIMENTO AOS ALUNOS:

Os alunos deverão solicitar o agendamento de horário para atendimento e resolução de dúvidas pelos e-mail: <[fetter@ece.ufrgs.br](mailto:fetter@ece.ufrgs.br)>.

#### OBSERVAÇÕES:

Cada aluno também terá uma conta no sistema Claroline em <<http://www.ece.ufrgs.br/claroline/ELE00071>>. Este sistema deverá ser utilizado para submissão dos relatórios dos trabalhos e do projeto final. Não serão aceitos relatórios que não sejam submetidos através deste sistema. Os arquivos devem ser submetidos de forma não compactada em ASCII ou PDF.

#### BIBLIOGRAFIA BÁSICA:

- [1] J. Borenstein, H. R. Everett, and L. Feng. Where am i? - sensors and methods for mobile robot positioning. Technical report, University of Michigan, Apr 1996.
- [2] J. J. Craig. *Introduction to Robotics Mechanics and Control*. Addison-Wesley, second edition, 1989.
- [3] H. R. Everett. *Sensors for Mobile Robots: Theory and application*. A. K. Peters, Jun 1995.
- [4] K. S. Fu, R. C. Gonzales, and C. S. G. Lee. *Robotics Control, Sensing, Vision and Intelligence*. Industrial Engineering Series. McGraw-Hill, New York, 1987.
- [5] W. F. Lages. ELE00070 Tópicos especiais em automação e controle I. <<http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/ele00070>>.
- [6] J. C. Latombe. *Robot Motion Planning*. Number 124 in Kluwer International Series in Engineering and Computer Science. Kluwer Academic Publishers, 1991.
- [7] R. M. Murray, Z. Li, and S. S. Sastry. *Mathematical Introduction to Robotic Manipulation*. CRC Press, Boca Raton, FL, 1994.
- [8] V. F. Romano, editor. *Robótica Industrial Aplicação na Indústria de Manufatura e de Processos*. Edgard Blücher, São Paulo, 2002.

## CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:

1. Introdução
  - (a) Conceitos
  - (b) Configurações cinemáticas usuais
2. Movimento de Corpo Rígido
  - (a) Transformações entre sistemas
  - (b) Movimento de Rotação
  - (c) Movimento Rígido
  - (d) Velocidade de um Corpo Rígido
3. Cinemática de manipulador
  - (a) Modelo cinemático direto
  - (b) Modelo cinemático inverso
  - (c) Jacobiano
4. Dinâmica de manipulador
  - (a) Formulação de Newton-Euler
  - (b) Formulação Lagrangeana
  - (c) Formulação de D'Alembert
5. Controle de manipuladores
  - (a) Controle independente por junta
    - i. Dinâmica do atuador
    - ii. Compensador proporcional com realimentação de velocidade
    - iii. Compensador PID
  - (b) Controle por torque calculado
  - (c) Controle com *feed-forward*
  - (d) Controle adaptativo de manipuladores
  - (e) Controle de manipuladores com restrições
6. Comportamento não holonômico
  - (a) Campos vetoriais
  - (b) Teorema de Frobenius
  - (c) Colchetes de Lie
  - (d) Controlabilidade não-linear
  - (e) Bases de Philip Hall
7. Modelagem de robôs móveis

- (a) Modelo cinemático de postura
- (b) Modelo cinemático de configuração
- (c) Modelo dinâmico de configuração
- (d) Modelo dinâmico de postura

8. Controle de robôs móveis

- (a) Controle utilizando linearização por realimentação
- (b) Teorema de Brockett
- (c) Controle por realimentação variante no tempo
- (d) Controle por realimentação não suave
- (e) Controle híbrido

9. Estimação de posição de robôs móveis

- (a) *Dead-reckoning*
- (b) Sensores baseados em *Time-of-flight*
- (c) Sensores inerciais
- (d) Sensores absolutos
- (e) Filtro de Kalman
- (f) Fusão de dados

CRONOGRAMA:

Tabela 2: Cronograma

Semana	Data	Conteúdo Previsto
1	12/06/2007	Introdução, conceitos
	14/06/2007	Movimento de corpo rígido
2	19/06/2007	Transformações homogêneas
	21/06/2007	Modelo cinemático direto
3	26/06/2007	Parâmetros de Denavit-Hartenberg
	28/06/2007	Cinemática inversa pelo método algébrico
4	03/07/2007	Cinemática inversa pelo método geométrico e método numérico
	05/07/2007	Jacobiano
5	10/07/2007	Jacobiano inverso e jacobiano do domínio da força
	12/07/2007	Avaliação
6	17/07/2007	Férias
	19/07/2007	Férias
7	24/07/2007	Férias
	26/07/2007	Férias
8	31/07/2007	Férias
	02/08/2007	Férias

(Continua...)

Tabela 2: Cronograma (...Continuação)

9	07/08/2007	Modelo dinâmico - formulação de Newton-Euler
	09/08/2007	Modelo dinâmico - formulações de Lagrange-Euler e D'Alembert
10	14/08/2007	Controle independente por junta
	16/08/2007	Controle por torque calculado, controle com <i>feed-forward</i>
11	21/08/2007	Controle adaptativo de manipuladores
	23/08/2007	Avaliação
12	28/08/2007	Campos vetoriais e teorema de Frobenius
	30/08/2007	Colchetes de Lie e Controlabilidade não-linear
13	04/09/2007	Modelagem e controle de robôs móveis
	06/09/2007	Controle de robôs móveis e teorema de Brockett
14	11/09/2007	Controle por realimentação variante no tempo
	13/09/2007	Controle por realimentação não suave
15	18/09/2007	Estimação de posição de robôs móveis
	20/09/2007	Avaliação