

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU**

**DISCIPLINA**

Código	Denominação	Crédito(s) (*)	Carga Horária		
			Teórica	Prática	Total
PSI537	Sistemas de Navegação, Posicionamento e Orientação	4	45	15	60
DEPARTAMENTO		PROFESSOR(ES)			
Departamento de Engenharia (DEG)		Prof. Dr. Felipe Oliveira e Silva			

**EMENTA: (Síntese do Conteúdo)**

Conceitos de navegação. História da navegação. Definições matemáticas. Sistemas de coordenadas e referência. Parametrização de atitude. Equações de navegação. Estimação de estados: filtro complementar, filtro de Kalman; filtro estendido de Kalman. Sistemas de navegação inercial. Análise de erros, calibração e alinhamento inicial. Navegação empregando satélites. Sistema GPS: Princípios. Transmissão: estrutura dos sinais. Canal: ionosfera/troposfera. Recepção: antena e processamento dos sinais. Determinação de posição: pseudodistância, multicaminho e erros. SBAS e GBAS: GPS diferencial. Novos sistemas GNSS: GLONASS, GALILEO, COMPASS/BEIDOU. Fusão sensorial e integração INS/GNSS. Navegação inercial assistida com barômetro, altímetro, magnetômetro e Doppler. Tópicos avançados em navegação. Exemplos de aplicação.

ASSINATURA(S): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Aprovado na Assembléia Departamental em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Chefe do Departamento

Lavras, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

(\*) 15 horas/aulas teóricas = 1 crédito  
15 horas/aulas práticas = 1 crédito

## CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

### 1. INTRODUÇÃO

- 1.1. Apresentação de alunos e professor
- 1.2. Apresentação do plano de curso
- 1.3. Metodologia de ensino-aprendizagem e avaliação
- 1.4. A disciplina no currículo e integração com outras disciplinas
- 1.5. A disciplina na formação do profissional e da pessoa

### 2. INTRODUÇÃO À NAVEGAÇÃO, SISTEMAS DE COORDENADAS, CINEMÁTICA E A TERRA

- 2.1 O que é navegação?
- 2.2 Navegação inercial, radionavegação e navegação por satélites
- 2.3 Sistemas de coordenadas e cinemática
- 2.4 Superfície terrestre, modelos gravitacionais e transformação de coordenadas

### 3. FILTRO DE KALMAN

- 3.1. Introdução
- 3.2. Algoritmos e modelos
- 3.3. Problemas de implementação
- 3.4. Extensões ao filtro de Kalman

### 4. SENSORES INERCIAIS

- 4.1 Acelerômetros
- 4.2 Girômetros
- 4.3 Unidades de medição inercial
- 4.4 Erros característicos

### 5. NAVEGAÇÃO INERCIAL

- 5.1 Equações de navegação no triedro inercial, da Terra, e de navegação
- 5.2 Precisão das equações de navegação
- 5.3 Inicialização e alinhamento
- 5.4 Propagação de erros em INS

### 6. SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES

- 6.1 Fundamentos de navegação por satélites
- 6.2 Sistema de posicionamento global
- 6.3 GLONASS
- 6.4 Galileo
- 6.5 Sistemas de navegação regionais e interoperabilidade GNSS

### 7. PROCESSAMENTO, ERROS E GEOMETRIA EM NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES, E NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES AVANÇADA

- 7.1 Geometria em navegação por satélites, receptor e antena
- 7.2 Processador e fontes de erro
- 7.3 GNSS diferencial
- 7.4 Ambientes com baixa relação sinal-ruído e mitigação multicaminhamento
- 7.5 Monitoramento de sinal

### 8. SISTEMAS *DEAD-RECKONING* E DE MEDIÇÃO DE ATITUDE E ALTITUDE

- 8.1 Medição de atitude
- 8.2 Medição de altitude e profundidade
- 8.3 Odômetros
- 8.4 Doppler, radar e sonar
- 8.5 Outras técnicas *dead-reckoning*

## **9. INTEGRAÇÃO INS/GNSS E NAVEGAÇÃO INTEGRADA MULTISENSOR**

- 9.1 Arquiteturas de integração
- 9.2 Modelo do sistema e seleção de estados
- 9.3 Modelo de medição
- 9.4 Integração INS/GNSS avançada
- 9.5 Exemplos avançados de integração

## **10. AVALIAÇÃO**

- 10.1 Avaliação do conteúdo do curso
- 10.2 Avaliação da atuação do aluno
- 10.3 Avaliação da atuação do professor
- 10.4 Avaliação das condições materiais e físicas em que se desenvolve o curso

## **BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

1. GROVES, P. D. **Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems**. London: Artech House Remote Sensing Library, 2008.
2. FARREL, J. A. **Aided Navigation: GPS with High Rate Sensors**. [S.l.]: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2008.
3. GREWAL, M. S.; WEILL, L. R.; ANDREWS, A. P. **Global Positioning Systems, Inertial Navigation & Integration**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007.

## **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

1. GREWAL, M. S.; ANDREWS, A. P.; BARTONE, C. G. **Global Navigation Satellite Systems, Inertial Navigation & Integration**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2013.
2. NOURELDIN, A.; KARAMAT, T. B.; GEORGES, J. **Fundamentals of Inertial Navigation, Satellite-based Positioning and their Integration**. [S.l.]: Springer, 2013.
3. MONICO, J. F. G., **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. São Paulo; Editora UNESP, 2008.
4. BEKIR, E. **Introduction to Modern Navigation Systems**. Toh Tuck Link: World Scientific, 2007.
5. ROGERS, R. M. **Applied Mathematics in Integrated Navigation Systems**. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2007.
6. KAPLAN, E. D., HEGARTY, C. J. **Understanding GPS: Principles and Applications**. Norwood: Artech House, Inc., 2006.
7. TITTERTON, D. H.; WESTON, J. L. **Strapdown Inertial Navigation Technology**. Reston: Institution of Electrical Engineers, 2004.
8. JEKELI, C. **Inertial Navigation Systems with Geodetic Applications**. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co., 2001.
9. FARREL, J.; BARTH, M. **The Global Positioning System & Inertial Navigation**. [S.l.]: McGraw-Hill Companies, 1999.
10. CHATFIELD, A. B., **Fundamentals of High Accuracy Inertial Navigation**, Reston, VA: AIAA, 1997.