

**INPE**  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**  
*BRAZIL'S NATIONAL INSTITUTE FOR SPACE RESEARCH*

**PGSER**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO**  
*POSTGRADUATION PROGRAM IN REMOTE SENSING*

---

**Coordenador Acadêmico**

*Academic Coordinator*

Thales Sehn Körting

**Membros do Conselho do Curso**

*Course Council Members*

Thales Sehn Körting (presidente/president)

Ieda Del'Arco Sanches (vice-presidente/vice president)

Lênio Soares Galvão

Milton Kappel

Alisson Cleiton de Oliveira (representante discente/student representative)

## Corpo Docente

### *Faculty Members*

1. Antônio Miguel V. Monteiro, Ph.D., Univ. Sussex, 1993
2. Camilo Daleles Rennó, Doutor, INPE, 2003
3. Cláudia Maria de Almeida, Doutora, INPE, 2003
4. Cláudio Clemente Faria Barbosa, Doutor, INPE, 2005
5. Douglas Fco. Marcolino Gherardi, Ph.D., Royal Hol. Univ. London, 1996
6. Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo, Doutora, USP, 1984
7. Fábio Furlan Gama, Doutor, INPE, 2007
8. Ieda Del'Arco Sanches, Ph.D., Massey Univ., Nova Zelândia, 2009
9. João Antonio Lorenzetti, Ph.D., Univ. of Miami, USA, 1985
10. José Claudio Mura, Doutor, INPE, 2000
11. Leila Maria Garcia Fonseca, Doutora, INPE, 1999
12. Lênio Soares Galvão, Doutor, USP, 1994
13. Liana Oighenstein Anderson, Doutora, Univ. Oxford, Inglaterra, 2011
14. Lino Augusto Sander de Carvalho, Doutor, INPE, 2016
15. Luciano Ponzi Pezzi, Ph.D., Univ. of Southampton, 2003
16. Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão, Doutor, INPE, 2004
17. Márcio de Morisson Valeriano, Doutor, UNESP, 1999
18. Marcos Adami, Doutor, INPE, 2010
19. Maria Isabel Sobral Escada, Doutora, INPE, 2003
20. Milton Kampel, Doutor, USP, 2003
21. Sidnei João Siqueira Sant'Anna, Doutor, ITA, 2009
22. Silvana Amaral Kampel, Doutora, USP, 2003
23. Thales Sehn Körting, Doutor, INPE, 2012
24. Yosio Edemir Shimabukuro, Ph.D., Colorado State Univ., 1987

# CATÁLOGO DE DISCIPLINAS DA PGSER

## PRIMEIRO PERÍODO

### DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS (para o mestrado)

SER-205-4	Introdução ao Sensoriamento Remoto
SER-333-3	Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto

### DISCIPLINAS OPTATIVAS

SER-347-3	Introdução à Programação para Sensoriamento Remoto
SER-350-3	Introdução à Geoinformática
SER-730-0	Pesquisa de Mestrado em SER
SER-780-0	Pesquisa de Doutorado em SER

## SEGUNDO PERÍODO

### DISCIPLINA OBRIGATÓRIA (para o mestrado)

SER-413-4	Processamento Digital de Imagens de Sensores Remotos
-----------	--

### DISCIPLINAS OPTATIVAS

SER-204-3	Estatística Aplicada ao Sensoriamento Remoto
SER-311-3	Sensoriamento Remoto do Clima
SER-332-3	Radar Imageador: Princípios e Aplicações
SER-335-3	Comportamento Espectral de Alvos
SER-406-3	Sensoriamento Remoto Agrícola
SER-415-3	Detecção e Análise de Padrões de Mudanças de Uso e Cobertura da Terra
SER-458-3	População, Espaço e Ambiente
SER-730-0	Pesquisa de Mestrado em SER
SER-780-0	Pesquisa de Doutorado em SER

## TERCEIRO PERÍODO

### DISCIPLINA OBRIGATÓRIA (para o mestrado)

SER-348-3	Metodologias de Estudo do Meio Físico
-----------	---------------------------------------

### DISCIPLINAS OPTATIVAS

SER-301-3	Análise Espacial de dados Geográficos
SER-319-3	Sensoriamento Remoto Hiperespectral
SER-338-3	Modelagem Dinâmica Espacial
SER-340-3	Sensoriamento Remoto dos Oceanos
SER-341-3	Sensoriamento Remoto e Técnicas de Análise de Dados Espectrais em Ecossistemas Aquáticos
SER-410-3	Processamento de Imagens SAR
SER-411-3	Tópicos Avançados em Processamento de Imagens
SER-459-3	Tópicos Avançados em Florestas
SER-730-0	Pesquisa de Mestrado em SER
SER-780-0	Pesquisa de Doutorado em SER

## PGSER CATALOG

### FIRST PERIOD

#### MANDATORY COURSES (for Master degree)

SER-205-4	Introduction to Remote Sensing
SER-333-3	Physical Principles of Remote Sensing

#### ELECTIVE COURSES

SER-347-3	Introduction to Programming for Remote Sensing
SER-350-3	Introduction to Geoinformatics
SER-730-0	Master research in remote sensing
SER-780-0	Doctoral research in remote sensing

### SECOND PERIOD

#### MANDATORY COURSES (for Master degree)

SER-413-4	Digital Image processing in remote sensing
-----------	--

#### ELECTIVE COURSES

SER-204-3	Statistics Applied to Remote Sensing
SER-311-3	Remote Sensing of Climate
SER-332-3	Radar Imaging: Principles and Applications
SER-335-3	Spectral Behavior of Earth Targets
SER-406-3	Agricultural Remote Sensing
SER-415-3	Detection and Analysis of Land Use and Land Cover Change Patterns
SER-458-3	Population, Space and Environment
SER-730-0	Master research in remote sensing
SER-780-0	Doctoral research in remote sensing

### THIRD PERIOD

#### MANDATORY COURSES (for Master degree)

SER-348-3	Methodologies for studying the physical environment
-----------	---

#### ELECTIVE COURSES

SER-301-3	Spatial Data Analysis
SER-319-3	Hyperspectral Remote Sensing
SER-338-3	Spatial Dynamic Modeling
SER-340-3	Remote Sensing of the Oceans
SER-341-3	Remote Sensing and Spectral Data Analysis Techniques in Aquatic Ecosystems
SER-410-3	SAR image processing
SER-411-3	Advanced Topics in Image Processing
SER-459-3	Forestry Advanced Topics
SER-730-0	Master research in remote sensing
SER-780-0	Doctoral research in remote sensing



- B. Zhang et al., "Progress and Challenges in Intelligent Remote Sensing Satellite Systems," in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 15, pp. 1814-1822, 2022, doi: 10.1109/JSTARS.2022.3148139
- X. Wang, G. Wu, L. Xing and W. Pedrycz, "Agile Earth Observation Satellite Scheduling Over 20 Years: Formulations, Methods, and Future Directions," in *IEEE Systems Journal*, vol. 15, no. 3, pp. 3881-3892, Sept. 2021, doi: 10.1109/JSYST.2020.2997050.
- Sabins Jr, F. F., & Ellis, J. M. *Remote sensing: Principles, interpretation, and applications*. Waveland Press, 2020.
- McCabe, Matthew F., Matthew Rodell, Douglas E. Alsdorf, Diego G. Miralles, Remko Uijlenhoet, Wolfgang Wagner, Arko Lucieer et al. "The future of Earth observation in hydrology." *Hydrology and earth system sciences* 21, no. 7 2017 3879-3914.  
<https://doi.org/10.5194/hess-21-3879-2017>.
- Tatem AJ, Goetz SJ, Hay SI. *Fifty Years of Earth Observation Satellites: Views from above have lead to countless advances on the ground in both scientific knowledge and daily life*. *Am Sci*. 2008 Sep 1;96(5):390-398. doi: 10.1511/2008.74.390. PMID: 19498953; PMCID: PMC2690060.
- Rees, W.G. *Physical principles of remote sensing*, 3ed., Cambridge, Cambridge Univ. Press, 2013.
- Richards, J.A. *Remote sensing digital image analysis: An Introduction*. Berlin, Springer-Verlag, 5th edition, 2013.
- Robinson, I. *Measuring the oceans from space: The principles and methods of satellite oceanography*, Berlin, Springer Praxis, 2004.
- Sabins, F.F. *Remote sensing: principles and applications*, 3ed., Illinois, Waveland Press Inc., 2007.
- Slater, P.N. *Remote sensing: optics and optical systems*. Reading, Addison-Wesley, 1980.
- Thenkabail, P.S. (ed.) *Remote sensing handbook, volume III: remote sensing of water resources, disasters, and urban studies*, Boca Raton, CRC Press, 2016.

**SER-333-3 - Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto**  
*SER-333-3 - Physical Principles of Remote Sensing*

**Carga Horária/Workload:** 45 horas-aulas

**Total de créditos/Total number of credits:** 3

**Disciplina obrigatória:** para o Mestrado

*Mandatory course: for the Master Degree*

**Pré-requisitos:** não há

*Prerequisite: none*

**Professores/Lecturers:** Dr. Daniel Andrade Maciel (INPE)

Dra. Natalia Rudorff (PGMET)

Dr. Lino Augusto Sander de Carvalho (UFRJ)

**OBJETIVO:** Capacitar o aluno para a compreensão dos princípios físicos que cercam a ciência/prática do Sensoriamento Remoto. Fornecer ao aluno base teórica que envolve os conceitos da radiação eletromagnética e sua interação com alvos atmosféricos e da superfície terrestre. Proporcionar ao aluno contato com experimentos radiométricos que instruem tecnicamente demonstrando e discutindo as limitações e vantagens de cada nível de aquisição do sensoriamento remoto.

**PROGRAMA:**

- Fundamentos básicos de Óptica:
- Propriedades da Luz;
- Cores;
- Ondas Luminosas;
- Emissão de Luz;
- Os Quanta de Luz.
  
- As Características da Radiação Eletromagnética (REM) e sua natureza quantizada:
  - Definição das Equações de Maxwell;
  - A propagação, energia, atenuação e polarização da radiação eletromagnética;
  - A Natureza Quantizada da radiação eletromagnética;
  - A Dualidade Onda-Partícula.
- A Energia Solar na Terra:
  - O Espectro Solar;
- Constituição da atmosfera e a radiação solar na superfície da terra;
  - A Radiação Solar na superfície terrestre ao longo do ano.
- Radiometria:
  - Grandezas, suas relações e Leis da Radiometria;
  - Balanco de Fluxo Radiante;
  - A reflexão da radiação eletromagnética;
  - A Função de Distribuição da Reflectância Bidirecional - FDRB.
- A Atenuação da Radiação Eletromagnética:
  - A absorção da Radiação Eletromagnética;
  - O Espalhamento da Radiação eletromagnética;
  - A Equação de Transferência Radiativa - ETR.
- A Radiação Termal:
  - O conceito de corpo negro e emissão termal;
  - As leis de Planck, Stefan-Boltzmann, Wien, Rayleigh-Jeans e Kirchhoff;
  - Emissividade, Temperatura de Brilho e Inércia Termal.
- Fundamentos do Sensoriamento Remoto Ativo:
  - Radiação na região das Micro-ondas;
  - Radiação LASER; Exemplos de Sistemas Radar e LIDAR.

*OBJECTIVE: Enable the student to understand the physical principles surrounding the science/practice of Remote Sensing. Provide the student with a theoretical basis that involves the concepts of electromagnetic radiation and its interaction with Atmospheric and the Earth's surface. Build and provide radiometric teaching experiments, showing and discussing the limitations and advantages of each level of remote sensing acquisition.*

*PROGRAM:*

- *Basic Optics:*
- *Light Properties;*
- *Colors;*
- *Light waves;*
- *Emission of Light;*
- *The Light Quanta.*
  
- *The Characteristics of Electromagnetic Radiation (REM) and its quantized nature*
  - Maxwell's Equations*
  - The propagation, energy, attenuation and polarization of electromagnetic radiation.*
  - The quantized nature of electromagnetic radiation.*
  - The Wave-Particle Duality*
  
- *Solar Energy on Earth:*
  - The Solar Spectrum.*
  - The atmosphere constitution and the solar radiation on earth's surface.*
  - Solar radiation at the Earth's surface throughout the year*
  
- *Radiometry*
  - Quantities, their relationships and Laws of Radiometry*
  - Radiative Flow Balance*
  - The reflection of electromagnetic radiation*
  - The Bidirectional Reflectance Distribution Function - BRDF*
  
- *The attenuation of Electromagnetic Radiation*
  - The absorption of electromagnetic radiation.*
  - The scattering of electromagnetic Radiation*
  - The Radiative Transfer Equation - RTE.*
  
- The Thermal Radiation*
  - The blackbody concept and thermal emission*
  - The Planck, Stefan-Boltzmann, Wien, Rayleigh-Jeans and Kirchhoff laws.*
  - Emissivity, Brightness Temperature and Thermal Inertia.*
  
- Fundamentals of Active Remote Sensing.*
  - Radiation in the microwave region*
  - LASER radiation*
  - Examples of Radar and LIDAR Systems*

**BIBLIOGRAFIA**

**REFERENCES**

- Barbosa, C.C.F. Novo, E.M.L.M. Martins. V.S. *Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos Princípios e aplicações.* 2019. 178p.
- Hewitt, P. G. *Conceptual physics.* City College of San Francisco. Twelfth edition. 2015. 819p.
- Iqbal, M. *An Introduction to Solar Radiation.* Academic Press, 1983. 390p.

Jensen, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. (Tradução da Segunda Edição). José Carlos Neves Epiphânio {coordenador)... [et al.]. - São José dos Campos, SP. Parêntese. 2009.

Liou, K.N. An Introduction to Atmospheric Radiation (second edition). Academic Press, 2002, 583p.

Lorenzetti, J.A. Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto. São Paulo. Bluecher. 2015. 293p.

Meneses, P.R. Almeida, T. Baptista, G.M.M. Reflectância dos Materiais Terrestres: Análise e Interpretação. Editora Oficina de Textos. 336p.

Mobley Curtis. Light and Water: Radiative Transfer in Natural Waters. Academic Press 1994. 592 p

Moraes, E.C.; Gama, F.F. Fundamentos de Radiometria e Comportamento Espectral. VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Bahia, 14-19 de abril de 1996.

Novo, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. Quarta Edição. Edgard Blücher Ltda., 2010. 388p.

Slater, P.N. Remote sensing: optics and optical systems. Reading, MA, AddisonWesley, 1980. 575p.

**SER-347-3 - Introdução à Programação para Sensoriamento Remoto**  
*SER-347-3 - Introduction to Programming for Remote Sensing*

**Carga Horária/Workload:** 45 horas-aulas

**Total de créditos/Total number of credits:** 3

**Disciplina optativa**

*Elective course*

**Pré-requisitos:** não há

*Prerequisite: none*

**Professores/Lecturers:** Dr. Thales Sehn Körting (PGSER)  
Dr. Gilberto Ribeiro de Queiroz (DIOTG)  
Dr. Fabiano Morelli (DIOTG)

**OBJETIVO:** A grande quantidade e diversidade de fontes de produtos derivados de Sensoriamento Remoto disponíveis acarreta em uma mudança de paradigma nas pesquisas realizadas em Sensoriamento Remoto: os requisitos dos cientistas em relação às ferramentas utilizadas para manipulação dos dados vai muito além dos recursos tradicionalmente encontrados em aplicativos com interfaces gráficas. Praticamente todos os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) modernos apresentam suporte à realização de processamentos através de alguma linguagem de programação baseada em *scripts*. Este curso irá apresentar conceitos, técnicas e ferramentas computacionais para apoio ao ciclo de pesquisa em Sensoriamento Remoto, envolvendo a aquisição de dados, organização e integração de dados, análise e visualização. Para isso, será apresentada aos alunos uma visão geral de como construir pequenos programas na linguagem *Python*, para automatização de atividades rotineiras ou repetitivas, que sejam capazes de extrair, transformar e analisar dados geoespaciais.

**OBJECTIVES:** *The huge amount and diversity of data sources from Remote Sensing has changed the way research is performed in this area. New requisites for scientists, including tools for data processing, goes beyond using only graphical interfaces. Several GIS (Geographical Information Systems) contain tools integrating programming languages with graphical interfaces. This course presents basic techniques and tools to aid the research in Remote Sensing, including data acquisition, organization and integration, analysis and visualization. The students will learn an overview on how to build small computer programs using Python programming language, for automating repetitive tasks, to extract, transform and analyse geospatial data.*

**PROGRAMA: Introdução à Lógica de Programação:** A Linguagem de Programação Python. Tipos de Dados. Variáveis e Atribuição. Leitura de Dados. Estruturas de Controle. Sequências. Funções. **Manipulação e Análise de Dados Matriciais:** Layer stack. Transformação entre Sistemas de Referência Espacial. Recorte e Mosaicos. Estatísticas Básicas de imagens. Aritmética de bandas. Visualização. **Manipulação e Análise de Dados Vetoriais:** Operações Espaciais (métricos, buffers, conjunto, topológicos). Manipulação de arquivos de formato vetorial (Shapefile, KML, GeoJSON). Transformação entre Sistemas de Referência Espacial. Visualização. **Análise Integrada de Dados Matriciais e Vetoriais:** Análise Integrada com geometrias (pontos, linhas e polígonos). **Séries Temporais:** Obtendo séries temporais de serviços Web. Visualização e análise de séries temporais.

***PROGRAM:** Introduction to Logic Programming: The Python programming language. Data Types. Variables and attribution. Reading data. Control structures, sequences, functions. Manipulating and analyzing matricial data: Layer stack. Spatial reference systems. Rater crop and mosaicking. Basic statistics from images. Band math. Visualization. Manipulating and analyzing vectorial data: Spatial operations (meter, buffer, sets, topological). Manipulating shapefiles (KML, GeoJSON, ESRI shapefiles). Spatial reference systems. Integrating matrix and vector data: raster and geometries. Time series: obtaining time series using web services. Visualization and analysis of time series.*

## **BIBLIOGRAFIA**

### **REFERENCES**

Rudorff, B.F.T, Shimabukuro, Y.W.E., Ceballos, J.C. O sensor MODIS e suas aplicações no Brasil. Editora Parêntese, São José dos Campos, SP, Brasil, 2007.

Mark Lutz. Learning Python. O'RELLY, CA, USA, 5th edition, 2013.

OGC. OpenGIS Implementation Specification for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture. Technical report, Open Geospatial Consortium, 2011.

Gonzalez, R.C.; Woods, R.E. (1992) Digital image processing. Massachusetts: Addisson-Wesley, 716 pp

Jensen, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução da 2a. edição. J. C. N. EPIPHANIO (org.). São José dos Campos: Parêntese Editora. 672 p.



- Lewis, A., et al. "The Australian Geoscience Data Cube—Foundations and lessons learned". *Remote Sensing of Environment* (2017).
- Siabato, W., et al. "A Survey of Modelling Trends in Temporal GIS." *ACM Computing Surveys (CSUR)* 51.2 (2018): 30.
- Stonebraker, M.; et al. "The architecture of SciDB". In *Proceedings of the 23rd international conference on Scientific and statistical database management (SSDBM'11)*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011, 1–16.

**SEGUNDO PERÍODO**  
**SECOND PERIOD**

**SER-413-4 - Processamento Digital de Imagens de Sensores Remotos**  
*SER-413-4 - Digital Image processing in remote sensing*

**Carga Horária/Workload:** 60 horas-aulas

**Total de créditos/Total number of credits:** 4

**Disciplina obrigatória:** para o Mestrado

*Mandatory course: for the Master Degree*

**Pré-requisitos:** não há

*Prerequisite: none*

**Professores/Lecturers:** Dra. Leila Maria Garcia Fonseca (PGSER)

Dr. Thales Sehn Korting (PGSER)

Dr. Laercio Namikawa (DIOTG)

**PROGRAMA:** Introdução: Objetivo, Exemplos de Aplicações em Sensoriamento Remoto, Etapas de Processamento de Imagem, Sistemas Formação de Imagens; Fundamentos Matemáticos: Convolução, Transformada de Fourier, Transformada Wavelet, Estatística Espacial, Normalização de Imagens; Correções radiométricas e geométricas: Correção Atmosférica, Calibração Radiométrica, Redução de Ruído, Registro de Imagens, Transformação Geométrica, Interpolação, restauração; Transformação espacial: Filtros de Convolução; Transformação Espectral: Razão entre Bandas, Realce de Contraste, Componentes Principais, Modelo de Mistura Linear; Cores: Brilho, Contraste, Matiz, Sistema RGB, Sistema IHS, Pseudocor, Falsa Cor, Decorrelação; Fusão de Imagens: PC, IHS, WT; Segmentação: Detecção de Borda, Crescimento de Regiões, Segmentação Baseada em Grafos, Segmentação Paralela, Segmentação Baseada em Classificação, Segmentação Multitemporal; Classificação: Máxima Verossimilhança, Distância Euclidiana, Redes Neurais, Mapas Auto-Organizáveis, Bhattacharrya, Isodata, K-Médias, Classificação por Região, Árvores de Decisão, Seleção de Atributos, Classificação baseada em Objetos.

*PROGRAM:* Introduction: Objective, Examples of Remote Sensing Applications, Image Processing Steps, Imagery Systems; Mathematical Fundamentals: Convolution, Fourier Transform, Wavelet Transform (WT), Spatial Statistics, Image Normalization; Radiometric and Geometric Corrections: Atmospheric Correction, Radiometric Calibration, Noise Reduction, Image Registration, Geometric Transformation, Interpolation, restoration; Spatial Transforms: Convolutional Filters; Spectral Transforms: Band Ratio, Contrast Enhancement, Principal Components (PC), Linear Mixing Model; Color Systems: RGB, IHS; Color Enhancement: color-space transform, Pseudocolor, False Color, Decorrelation; Multi-Image Fusion: PC, IHS, WT. Segmentation: Edge Detection, Region Growing, Graph-Based Segmentation, Parallel Segmentation, Classification-Based Segmentation, Multitemporal Segmentation. Classification: Maximum Likelihood, Euclidean Distance, Neural Networks, Self-Organizing Maps, Bhattacharrya, Isodata, K-Means, Region-Based Classification, Decision Trees, Feature Selection, Object-Based Classification.

**BIBLIOGRAFIA**

**REFERENCES**

- Banon, G.J.F.; Barrera, J. Bases de morfologia matemática para a análise de imagens binárias. Recife: IX Escola de Computação, Julho de 1994.
- Batschelet, E. Introduction to Mathematics for Life Scientists. 3rd Edition. Springer-Verlag. 1979.
- Campbell, J.B. Introduction to remote sensing, 4th ed. Cracknell, A.P. Introduction to Remote Sensing, Second Edition Faddeeva, V.N. Computational methods of Linear Algebra. Dover, N.Y. 1959.

Feller, W. An Introduction to probability theory and its application. 2nd Edition. John Wiley. N.Y. 1966 (Vol. 1 e 2).

Jensen, J.R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Kutner, M. et al., Applied Linear Statistical Models -, 5th edition Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons. 6th ed.

Mascarenhas, N.D.A.; Velasco, F.R.D. Processamento Digital de Imagens. 2a. ed. EBAI. IV Escola de Computação.1989.

Matter, P.M. Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction. New York, NY, John Wiley & Sons, 1999.

Moik, J.G. Digital Processing of Remotely Sensed Images. NASA. Washington. Muller, J.P. Digital Image Processing in Remote Sensing. Taylor & Francis. 1988.

Novo, E.M.L.M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.

Richards, J.A. Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction Springer-Verlag, 5th edition, 2013. Berlin Heidelberg.

Schowengerdt, R.A. Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing. Academic Press. N.Y.

Schowengerdt, R.A. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Academic Press. N.Y.

Shimabukuro, Y. E.; Ponzoni, F. J. Mistura Espectral: modelo linear e aplicações. Oficina de Textos, 2017.

Witten, I., & Frank, E. Data Mining: Practical machine learning tools and techniques. Machine Learning. San Francisco, CA. 2nd edition, 2005.

Wonnacott, T.H.; Wonnacott, R.J. (português). Introductory Statistics. John Wiley. 1977.





- Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Marquis, M.; Averyt, K.; Tignor, M.M.B.; Miller Jr., H.L.R.; Chen, Z. Climate change 2007: the physical science basis. New York: Cambridge University Press, 2007. 996 p.
- Wasser, L.; Korinek, N.; Palomino, J. earthlab earth-analytics-intermediate-earth data-science-textbook: one more license fix (1.0.4) [Computer software]. Zenodo, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571001>
- Weng, F. Passive microwave remote sensing of the Earth: for meteorological applications. Berlin, Wiley-Vch, 2017. 384p.



**SER-335-3 - Comportamento Espectral de Alvos**  
**SER-335-3 - Spectral Behavior of Earth Targets**

**Carga Horária/Workload:** 45 horas-aulas

**Total de créditos/Total number of credits:** 3

**Disciplina optativa**

*Elective course*

**Pré-requisitos:** SER-333-3 Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto

*Prerequisite:* SER-333-3 *Physical Principles of Remote Sensing*

**Professores/Lecturers:** Dra. Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo (PGSER)  
Dr. Lênio Soares Galvão (PGSER)  
Dr. Cláudio Clemente Faria Barbosa (PGSER)  
Dr. Yosio Edemir Shimabukuro (PGSER)  
Dra. Elisabete Caria Moraes (DIOTG)  
Dr. Fábio Furlan Gama (PGSER)  
Dr. Marcos Adami (PGSER)

**PROGRAMA:** Interação entre a radiação eletromagnética e os alvos da superfície da Terra. Conceitos e métodos radiométricos. Refletância espectral de folhas e copas. Modelos de refletância do dossel. Refletância espectral de sistemas aquáticos. Refletância espectral de minerais, rochas e solos. Métodos de análise de dados espectrais. Interação entre microondas e alvos terrestres.

*PROGRAM:* *Interaction between electromagnetic radiation and Earth's surface targets. Radiometric concepts and methods. Spectral reflectance of leaves and canopies. Canopy Reflectance Models. Spectral reflectance of aquatic systems. Spectral reflectance of minerals, rocks, and soils. Methods for spectral data analyses. Interaction between microwaves and Earth targets.*

**BIBLIOGRAFIA**

**REFERENCES**

- Asrar, G. Theory and applications of optical remote sensing. New York, NY: John Wiley & Sons, 1990. 860p.
- da Silva, M. P., Sander de Carvalho, L. A., Novo, E., Jorge, D. S., & Barbosa, C. C. Use of optical absorption indices to assess seasonal variability of dissolved organic matter in Amazon floodplain lakes. *Biogeosciences*, 17(21), 5355-5364, 2020.
- Dekker, A. G., Detection of optical water quality parameters of eutrophic waters by high resolution remote sensing, PhD Thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands, 1993.
- Elachi, C., Van Zyl, J. J. (2021). Introduction to the physics and techniques of remote sensing. John Wiley & Sons.
- Gausman, H.DW. Plant leaf optical properties in visible and near-infrared light. Lubbock, TX: Texas Tech, 1985. 78p.
- Gitelson, A. A., Schalles, J. F., Rundquist, D. C., Schiebe, F. R., & Yacobi, Y. Z. (1999). Comparative reflectance properties of algal cultures with manipulated densities. *Journal of Applied Phycology*, 11(4), 345-354
- Goel, N. S. Models of vegetation canopy reflectance and their use in estimation of biophysical parameters from reflectance data. *Remote Sensing Reviews*, n.4, p.1-212, 1988.
- Goodin, D. G., Han, L., Fraser, R. N., Rundquist, C., Stebbins, W. A. Schalles, J. F. Analysis of Suspended Solids in Water using Remotely Sensed High Resolution Derivative Spectra. *Photogramm. Eng. Remote Sensing*. Vol. 59, n. 4, pp. 505 - 510. Abr. 1993.

- Gordon H. R., A. Morel, Remote assessment of ocean color for interpretation of satellite visible imagery, a review. Lecture notes on coastal and estuarine studies. Springer-Verlag ed., 114, 1983
- Hunt, G.R. Electromagnetic radiation - the communication link in remote sensing. In: Siegal, G. ed. Remote sensing in geology. New York, NY: John Wiley & Sons, 1980. cap.2, p.5-45. 650p.
- Jiménez-Muñoz, J.C.; Sobrino, J.A. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108, 2003.
- Jimenez-Munoz, J.C.; Cristobal, J.; Sobrino, J.A.; Soria, G.; Ninyerola, M.; Pons, X.; Pons, X. Revision of the Single-Channel Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval From Landsat Thermal-Infrared Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47, 339-349, 2009.
- Kirk, J. T. O. *Light & Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*, London, Cambridge University Press, 2011.
- Kumar, R. Radiation from plants - reflection and emission: a review. West Lafayette, IN: Purdue University, 1972. 88p. (Research project, 5543).
- Lewis, A.J.; Henderson, F.M. *Principles and Applications of Imaging Radar. Manual of Remote Sensing. Vol. 2, Third Edition.* 1998.
- Louchard, E. M.; Reid, R. P.; Stephens, C. F. Derivative analysis of absorption features in hyperspectral remote sensing data of carbonate sediments. *Optical express* 10:26, 1573, 2002.
- Matthews, M. W., Bernard, S., Evers-King, H., & Lain, L. R. Distinguishing cyanobacteria from algae in optically complex inland waters using a hyperspectral radiative transfer inversion algorithm. *Remote Sensing of Environment*, 248, 111981, 2020.
- Meneses, P. R., de Almeida, T., & de Mello Baptista, G. M. *Reflectância dos materiais terrestres. Oficina de textos.* 2019.
- Mobley, C. D. *Light and Water: Radiative Transfer in Natural Waters.* San Diego. Academic Press. 1994.
- Morel, A.; Prieur, L. Analysis of variations in ocean colour. *Limnology and Oceanography*, 22, 709-722, 1977.
- Moreira, R.C. *Influência do posicionamento e da largura de bandas de sensores remotos e dos efeitos atmosféricos na determinação de índices de vegetação.* São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Dissertação de Mestrado. (INPE-7528-TPI/735). 2000.
- Ponzoni, F.J., Shimabukuro, Y.E., Kuplich, T.M. 2012. *Sensoriamento remoto da vegetação.* São Paulo, Oficina de Textos, 2ª edição, 160p.
- Rencz, A.N. *Remote sensing for the Earth Sciences.* New York: John Wiley, 1999. 707 p.
- Reichardt, T. A., Collins, A. M., McBride, R. C., Behnke, C. A., & Timlin, J. A. Spectroradiometric monitoring for open outdoor culturing of algae and cyanobacteria. *Applied optics*, 53(24), F31-F45. 2014.
- Rundquist, D. C., Han, L., Schalles, J. F., Peake, J. S. Remote measurement of algal chlorophyll in surface waters: the case for the first derivative of reflectance near 690 nm. *Photogramm. Eng. Remote Sensing*. 62:2, pp. 192, 1996
- Sathyendranath, S.; Bukata, R.P. Arnone, R.; *Colour of Case 2 waters: in Remote Sensing of Ocean Colour, Coastal, and Others Optically-Complex, Waters, Reports of the International Ocean-Colour Coordinating Group- Report Number 3, 2000.*
- Shimabukuro, Y. E.; Ponzoni, F. J. *Mistura Espectral: modelo linear e aplicações.* Oficina de Textos, 2017.
- Slater, P.N. *Remote sensing: optics and optical systems.* New York, NY: Addison-Wesley, 1980. 515p.
- Sobrino, J.A.; Jimenez-Munoz, J.C.; Soria, G.; Romaguera, M.; Guanter, L.; Moreno, J.; Plaza, A.; Martinez, P. Land Surface Emissivity Retrieval From Different VNIR and TIR Sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46, 316-327, 2008.

- Soja-Woźniak, M., Darecki, M., Wojtasiewicz, B., & Bradtke, K. Laboratory measurements of remote sensing reflectance of selected phytoplankton species from the Baltic Sea. *Oceanologia*, 60(1), 86-96, 2018.
- R. O. Green et al., "The Earth Surface Mineral Dust Source Investigation: An Earth Science Imaging Spectroscopy Mission," 2020 IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, 2020, pp. 1-15, doi: 10.1109/AERO47225.2020.9172731.
- Breon, F.M. and Maignan, F.A BRDF–BPDF database for the analysis of Earth target reflectances. *Earth System Science Data*, 9(1), pp.31-45. doi:10.5194/essd-2016-46, 2016, 2017.
- Asadzadeh, S., Koellner, N. & Chabrillat, S. Detecting rare earth elements using EnMAP hyperspectral satellite data: a case study from Mountain Pass, California. *Sci Rep* 14, 20766 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71395-2>
- Shaw, Gary A., and Hsiaohua K. Burke. "Spectral imaging for remote sensing." *Lincoln laboratory journal* 14.1 (2003): 3-28.
- Stoner, E.R.; Baumgardner, M.F. Physicochemical, site, and bidirectional reflectance factor characteristics of uniformly moist soils. West Lafayette, IN: Purdue University, 1980. 94p. (LARS Technical Report, 111679)
- Meneses, P.R.; Madeira Neto, J. da S. Sensoriamento Remoto: reflectância de alvos naturais. Brasília. Editora UnB/EMBRAPA. 262p., 2001.
- Van der Meer, F.D.; de Jong, S.M. *Imaging Spectrometry: Basic Principles and Prospective Applications*. London: Kluwer Academic Publishers, 2003. 403p.
- Wang, L.; Lu, Y.; Yao, Y. Comparison of Three Algorithms for the Retrieval of Land Surface Temperature from Landsat 8 Images. *Sensors*, 19, 5049, 2019.

**SER- 406-3 - Sensoriamento Remoto Agrícola**  
*SER- 406-3 - Agricultural Remote Sensing*

*Ministrada de forma virtual*  
*This is a virtual live course*

**Carga Horária/Workload:** 45 horas-aulas  
**Total de créditos/Total number of credits:** 3  
**Disciplina optativa**

*Elective course*

**Pré-requisitos:** não há

*Prerequisite: none*

**Professores/Lecturers:** Dra. Ieda Del'Arco Sanches (PGSER)  
Dr Marcos Adami (PGSER)

**PROGRAMA:** Introdução ao Sensoriamento Remoto Agrícola. Comportamento espectral de alvos agrícolas. Índices espectrais de vegetação. Interpretação de alvos agrícolas em imagens de sensores ópticos orbitais. O impacto da cobertura de nuvens em imagens de satélite no acompanhamento da atividade agrícola. Dinâmica da agricultura brasileira e dos alvos agrícolas. Análise de séries temporais. Estatísticas agrícolas. Monitoramento e mapeamento de culturas agrícolas. Produtividade de culturas agrícolas. Agricultura de Precisão.

*PROGRAM:* Introduction to Agricultural Remote Sensing. Spectral behavior of agricultural targets (vegetation, straw and soil). Spectral vegetation indices. Visual interpretation of agricultural targets in orbital optical images. The impact of cloud cover on satellite imagery for monitoring agricultural activity. Dynamics of Brazilian agriculture and agricultural targets. Time series analysis. Agricultural statistics in Brazil. Monitoring and mapping of agricultural crops. Productivity of agricultural crops. Precision agriculture.

**AValiação:** A avaliação leva em consideração a participação dos alunos nas aulas, a leitura e análise de artigos científicos escolhidos pela professora responsável e o desenvolvimento de um trabalho (oral e escrito) dentro da temática da disciplina.

*EVALUATION:* The evaluation takes into account the students' participation in the classes, the analysis of scientific articles chosen by the responsible lecturer and the development of a work (oral and written) within the subject of the discipline.

**OBSERVAÇÕES:** Essa é uma disciplina teórica, sem atividades práticas. É permitida a participação de alunos de pós-graduação externos ao INPE e outros profissionais, desde que estejam devidamente matriculados na disciplina. Nesses casos, recomenda-se que os interessados na disciplina entrem em contato com a professora responsável antes de realizarem a inscrição.

*OBSERVATIONS:* This is a theoretical course, without practical activities.

## **BIBLIOGRAFIA**

### *REFERENCES*

- Formaggio, A.R., Sanches, I.D. 2017. Sensoriamento Remoto em Agricultura. 1a edição, São Paulo: Oficina de Textos, 288p. ISBN 978-85-7975-277-3, eISBN 978-85-7975-282-7.
- Jensen, J.R. Remote Sensing of the Environment: an earth resource perspective. 2000. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 544p. (Prentice Hall Series in Geographic Information Science).

Novo, E.M.L.M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 2010. São Paulo, Edgard Blücher, 4ª edição, 387p.

Ponzoni, F.J., Shimabukuro, Y.E., Kuplich, T.M. 2012. Sensoriamento remoto da vegetação. São Paulo, Oficina de Textos, 2ª edição, 160p.

Thenkabail, P.S., Lyon, J.G., Huete, A. 2011. Hyperspectral remote sensing of vegetation. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York. 781p.

Atualizações/*Articles from*: Remote Sensing of Environment; ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing; Remote Sensing; Applied Earth Observation and Geoinformation, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing; International Journal on Remote Sensing; IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing; Remote Sensing Applications: Society and Environment; Anais dos Simpósios Brasileiros de Sensoriamento Remoto (SBSR); Annals and Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences; International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS).



**PROGRAMA:** 1. Padrões e processos de mudanças de uso e cobertura da terra: Bases conceituais e teóricas. 2. Sistemas de classificação de uso e cobertura da terra. 3. Ecologia da Paisagem: Conceitos, abordagens e fatores que influenciam na estruturação da paisagem. 4. Uso de métricas de ecologia da paisagem para a detecção de padrões de mudanças de uso e cobertura da terra. 5. Dados para análise de padrões de mudanças de uso e cobertura da terra: monitoramento da cobertura florestal por satélites - PRODES, DETER e DEGRAD. 6. Uso de geotecnologias e sua importância para a detecção de padrões de mudanças de uso e cobertura da terra. 7. De padrões a Processos: Reconhecimento de Padrões e Mineração de Dados. 8. Estratificação da paisagem para Modelagem computacional de Padrões e Processos em LUCC.

*PROGRAM:* 1. *Patterns and processes of land use and land cover change: Conceptual and theoretical framework.* 2. *Land use and land cover classification systems.* 3. *Landscape Ecology: Concepts, methodological approaches and factors that influence landscape spatial patterns and change.* 4. *Use of landscape metrics to detect land use and land cover change (LUCC) patterns.* 5. *Change detection techniques in LUCC applications* 6. *Utilization of spatial tools and remote sensing data for detecting land use and land cover change patterns.* 7. *Use of pattern recognition and data mining techniques to link LUCC patterns to socioeconomic and ecological processes* 8. *Landscape stratification for computational modelling of patterns and processes in LUCC.*

## **BIBLIOGRAFIA**

### **REFERENCES**

- Comber A. J. The separation of land cover from land use using data primitives  
Journal of Land Use Science. Vol. 3, No. 4, p. 215-229, 2008.
- Coppin, P.; Jonckheere, I.; Nackaerts, K.; Muys, B.; Lambin, E. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. International Journal of Remote Sensing, v. 25, n. 9, p. 1565-1596, 2004.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. Versão 2.0. Roma. Di Gregorio, A.; Jansen, L.J.M., 2004, 179 p.
- Forman, R. T. T. Land Mosaics - The ecology of landscapes and regions. Cambridge: Cambridge University Press: 1997., 632 p. Jensen, J. R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Pearson Prentice Hall. 3a ed. 2005. 526 p. Lambin, E. F., H. J. Geist, Et Al. Dynamics of land-use and land-cover change in Tropical Regions. Annual Review of Environment and Resources, v.28, p.205-241. 2003.
- Mcgarigal, K. & Marks, B.J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. U.S. Forest Service General Technical Report PNW, 199,5351p.
- Meyer W. E Turner, B. L (EDS). Changes in land use and land cover: A global perspective, Cambridge University Press. 1994.
- Silva, M. P. S.; Câmara, G.; Escada, M. I. S.; Souza, R. C. M. Remote Sensing image mining: detecting agents of land-use change in tropical forest areas. International Journal of Remote Sensing, v.29, n.16, p. 4803-4822, 2008. 20
- Turner, M. G. Gardner, R. H. Quantitative Methods in Landscape Ecology. Springer Verlag. 1990. 536 p.

**SER-458-3 População, Espaço e Ambiente**  
*SER-458-3 Population, Space and Environment*

**Carga Horária/Workload:** 45 horas-aulas

**Total de créditos/Total number of credits:** 3

**Disciplina optativa**

*Elective course*

**Pré-requisitos:** não há

*Prerequisite: none*

**Professores/Lecturers:** Dra. Silvana Amaral Kampel (PGSER)  
Dr. Antônio Miguel V. Monteiro (PGSER)

**RESUMO:** Os impactos das atividades humanas sobre os sistemas terrestres contribuem com significantes modificações sobre os ciclos hidrológicos, ecológicos, geomorfológicos climáticos e biogeoquímicos. Uma maneira de se promover interações entre as ciências sociais e as ciências da terra bem-sucedidas, se dá ao trabalhar com dados e predições socioeconômicas quantitativas e de alguma forma, representadas no espaço geográfico. Para relacionar as ciências sociais e as ciências naturais, ferramentas de geoinformática, dados de sensoriamento remoto e técnicas de análise espaciais têm contribuído com esforços para integrar estes dados provenientes das diferentes ciências e, portanto, de naturezas diversas. Padrões da paisagem ou informações ambientais que podem ser extraídas a partir de dados de sensoriamento remoto (SR) podem fornecer informações que auxiliem os estudos de elementos da dinâmica populacional, como migração e formação de núcleos familiares, bem como estudos sobre a distribuição espacial da população. Estimativas de contagem populacional e projeções são outras duas áreas com boas oportunidades para o uso integrado de SR e técnicas de geoinformática. Em estudos de densidade de população urbana, o sensoriamento remoto é uma ferramenta indispensável para inicialmente visualizar a extensão espacial das manchas urbanas e evoluções das mesmas. Diferentes modelos matemáticos têm sido propostos para calcular densidade de população urbana através de imagens de sensoriamento remoto de alta resolução. Alguns indicadores econômicos, tais como os que refletem qualidade de vida, índices de desenvolvimento e sustentabilidade, etc., também podem ser inferidos ou construídos a partir de dados de sensoriamento remoto integrados a dados censitários.

**RESUME:** *The impacts of human activities on terrestrial systems imply significant modifications on the hydrological, ecological, geomorphologic, climatic and biogeochemical cycles. Working with environmental and socioeconomic databases, with geographical representation, is a necessary skill to the populational studies involving interactions between social and natural environments. In this context, remote sensing (RS) data, geoinformatics and spatial analysis techniques are valuable tools to integrate different data sources, enabling populational studies integrating the population and the territory where they live. Landscape patterns and environmental profiles extracted from RS data can provide information to assist studies in migration, family arrangements, spatial distribution of the population and small area population estimates. Estimates of population counting and projections are also good opportunities for the integrated use of RS and geoinformatics techniques. Economic indicators, such as those reflecting quality of life, development indices and sustainability indices, etc., can be inferred or built from integration of remote sensing, economic database and demographic and agricultural census data.*

**OBJETIVO:** Capacitar os alunos em teorias e tecnologias de geoinformação, sensoriamento remoto e análise espacial adequadas para a manipulação e tratamento de dados das ciências sociais representados no espaço geográfico.

**OBJECTIVE:** *Grounding students in theories, methodologies and technologies of geoinformatics, remote sensing, and spatial analysis appropriate for the manipulation, integration and processing of demographic, economic and environmental databases.*

**PROGRAMA:** Dados socioeconômicos e demográficos: origem, indicadores e indexação espacial. Análise espacial aplicada a estudos de processos socioeconômicos e demográficos. Integração espacial: dados socioeconômicos, demográficos e dados de sensoriamento remoto. Efeito da Escala: escala de inventário e escala de integração. Agregação/desagregação de dados e estrutura de dados em sistema de informação geográfica. Métodos de integração: da pesquisa de campo a superfícies de probabilidade. Exemplos de aplicações para saúde, segurança, urbanismo, uso e ocupação do solo, demografia, entre outras. Variáveis socioeconômicas e demográficas para análise de cenários em estudos de mudanças globais.

**PROGRAM:** *Socioeconomic and demographic data: origin, indicators and spatial indexing. Spatial analysis applied to studies of socioeconomic and demographic processes. Spatial data integration: socioeconomic, demographic and remote sensing data. The Scale Effect: Inventory Scale and Integration Scale. Data aggregation / disaggregation and data structure in Geographical Information System. How to build Socio-spatial indicators. Methods of data integration: from field data research to density probability surfaces. Examples of applications in health, safety, urbanism, land use and land cover, demography, and others. Socioeconomic and demographic variables for scenario analysis in global climate change studies.*

## **BIBLIOGRAFIA**

### **REFERENCES**

- Martin, D. (1996). *Geographic Information Systems and their Socioeconomic Applications*, London: Routledge.
- Martin, D. (2000) Towards the geographies of the 2001 UK Census of Population Transactions of the Institute of British Geographers 25, 321-332
- Rees, P., Martin, D. and Williamson, P. (2002) *The Census Data System*, Chichester, UK, Wiley, 389pp. Disponível em [<http://cdu.mimas.ac.uk/censusdatasystem/>]
- Flowerdew, R. and Martin, D. (eds.) (2005) *Methods in human geography: a guide for students doing a research project Second Edition*, Harlow: Pearson 366pp
- Martin, D. (2006) Last of the censuses? The future of small area population data Transactions of the Institute of British Geographers 31, 6-18
- Goodchild, M.F., Anselin, L.& Deichmann, U. (1993). A framework for the areal interpolation of socioeconomic data. *Environment and Planning A*, 25, 383-397.
- Harvey, J.F. (2002). Population estimation models based on individual TM pixels. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68, 1181-1192.
- Jensen, J.R. Cowen, D.C. (1999). Remote Sensing of Urban/Suburban Infrastructure and Socio-Economic Attributes. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 65, 611-622.
- Liverman, D., Moran, E.F., Rindfuss, R.R. and Stern, P.C. (editors) 1998. *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*. National Academy Press, Washington, DC.
- Dennis, R. A.; Mayer, J.; Applegate, G.; Chokkalingam, U.; Colfer, C. J. P.; Kurniawan, I.; Lachowski, H.; Maus, P.; Permana, R. P.; Ruchiat, Y., et al. Fire, people and pixels: Linking social science and remote sensing to understand underlying causes and impacts of fires in Indonesia. *Human Ecology*, v.33, n.4, Aug, p.465-504. 2005.
- Torres, Haroldo & Costa, Heloisa (organizadores). (2000). *População e Meio Ambiente: Debates e Desafios*. São Paulo: Editora SENAC. ISBN: 85-7359-104-8. pp. 351.
- REBEP- Revista Brasileira de Estudos de População, vol. 24, n. 2, jul./dez. 2007, número especial: População, Espaço e Ambiente. [acesso on-line em <http://www.abep.org.br/usuario/>]. ISSN 0102-3098 versão impressa.

**TERCEIRO PERÍODO**  
*THIRD PERIOD*

**SER-348-3 - Metodologias de estudo do meio físico**

*SER-348-3 - Methodologies for studying the physical environment*

**Carga Horária/Workload:** 45 horas-aulas

**Total de créditos/Total number of credits:** 4

**Disciplina obrigatória:** para o Mestrado

*Mandatory course: for the Master Degree*

**Pré-requisitos:** não há

*Prerequisite: none*

**Professores/Lecturers:** Dr. Márcio de Morisson Valeriano (PGER)

**OBJETIVO:** O objetivo do curso é promover a capacidade de planejar o desenvolvimento de informações do meio físico desde a escolha de fontes, recursos e métodos de tratamento de dados até a elaboração de documentos pré- e pós-execução.

*OBJECTIVE: The course aims at planning skills for the development of environmental information, from the selection of data sources, analysis resources and methods for data processing up to the confection of related pre- and post-execution documents.*

**CONTEÚDO:** 1 Introdução - Sensoriamento remoto no contexto das geociências: a informação como objeto das geotecnologias; dinâmicas usuais de solicitação; perfis de atuação; tipos de trabalho: levantamentos, prospecção, diagnósticos e planejamento ambiental; pesquisa fundamental e aplicada. A produção cartográfica e suas finalidades; cartografia sistemática e temática; escala temporal, espacial e temática; linguagem cartográfica; normas técnicas; especificações de legendas: generalização e detalhamento. 2 Conceituação - Dados geográficos: posição, atributos e dinâmica; estruturas típicas de dados geográficos; aplicações, fontes e formas de utilização típicas de imagens relativas aos sistemas da paisagem; estruturas naturais dos aspectos da paisagem; estruturas de aquisição e armazenamento de dados. O conceito de sistemas complexos aplicado à gênese e ao desenvolvimento de informações; o aporte conceitual específico de sensoriamento remoto, da área de aplicação e a inserção da pesquisa fundamental na elaboração de informações geográficas. 3 Técnicas - decomposição das demandas em processos elementares; as etapas do levantamento e os processos de elaboração da informação geográfica. Recursos para processamento de dados geográficos: descrição funcional do SIG; funções básicas: estruturação; análises e consulta. Técnicas para integração de dados. Modificações na estrutura de dados. Erros: tipos e fontes de erros, recomendações decorrentes e procedimentos de controle; medidas de precisão e de exatidão; resolução x escala; avaliação e certificação técnica dos produtos elaborados a partir de sensoriamento remoto. 4 Níveis de comunicação para as diferentes práticas de sensoriamento remoto: mapa, imagem, boletim, projeto (preliminar e de execução), relatório, memorial descritivo, comunicação oral, artigo, aula, extensão, dissertação e tese. Exercícios.

**CONTENTS:** 1 - Introduction - remote sensing in the geosciences context: information as the main subject of geotechnologies; typical dynamics of requests; job types: survey, prospection, environmental diagnosis and planning, basic and applied research. Cartographic production and its goals; systematic and thematic cartography; temporal, spatial and thematic scales; legend specifications; generalizing and detail. 2 - Concepts - geographic data: position, attributes and dynamics; typical structures of geographic data; applications, sources and typical uses of remotely sensed imagery for landscape systems; natural structures of landscape elements; data acquisition and storing structures. The complex systems concept applied to the genesis and development of information; specific conceptual inputs from remote sensing: basic and applied research along the development of geographical information. 3 - Techniques - decomposing demands into elementary processes; survey steps and processes for developing the geographical information. Geoprocessing resources for geographic data: functional description of a GIS; basic functions: structure, analysis and query. Data integration techniques. Changes on data structure. Errors: types and sources; recommendations and control procedures; precision and accuracy measurements; scale x resolution; evaluation and qualification of remote sensing products. Communication levels in remote sensing activity and applications: image, map, map documentation, bulletin, preliminary and execution projects, technical report, oral communications, article, lesson, dissertation and thesis. Exercises.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **REFERENCES**

- Bonham-Carter, G. F. Geographic Information Systems for geoscientists: Modelling with GIS. In: Computer methods in geosciences, s.l: Pergamon/Elsevier, 1994.
- Jensen, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução da 2a. edição. J. C. N. Epiphanyo (org.). São José dos Campos: Parêntese Editora. 672 p.
- Robinson, A. H.; Sale, R. D.; Morrison, J. L.; Muehrcke, P. C. Elements of Cartography. John Wiley and Sons (Ed.), New York, 106-136, 1978.
- Schowengerdt, R.A. Remote sensing: models and methods for image processing. 3a. Ed. United States of America: Elsevier, 2007. 515p. ISBN: 978-0-12-369407-2

**SER-301-3 - Análise Espacial de Dados Geográficos**  
*SER-301-3 - Spatial Data Analysis*

**Carga Horária/Workload:** 45 horas-aulas

**Total de créditos/Total number of credits:** 3

**Disciplina optativa**

*Elective course*

**Pré-requisitos:** SER-300-3 - Introdução ao Geoprocessamento

*Prerequisite: SER-300-3 - Fundamentals of Geoprocessing*

**Professores/Lecturers:** Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro (PGSER)

Dr. Eduardo Celso Gerbi Camargo (DIOTG)

Dr. Carlos Felgueiras (DIOTG)

Dra. Jussara Ortiz (DIOTG)

**OBJETIVOS:** Oferecer um curso que apresente as principais técnicas de Análise Espacial no contexto de estudos de fenômenos espaço-temporais, incluindo Estatística Espacial, Geoestatística, Regressão Espacial, e Modelagem Dinâmica espacialmente explícita. O objetivo do emprego das técnicas de Análise Espacial é buscar revelar e descrever os padrões existentes nos dados geográficos e estabelecer, preferencialmente de forma quantitativa, mas não exclusivamente, os relacionamentos entre as diferentes variáveis geográficas e os fenômenos em estudo.

***OBJECTIVES:** The SER-301 course presents the main techniques of Spatial Data Analysis in the context of studies of space-time phenomena, including Spatial Statistics, Geostatistics, Spatial Regression, and spatially explicit Dynamic Modeling. The purpose of using Spatial Data Analysis techniques is to seek revealing and describing existing patterns in geographic data and establish, preferably quantitatively, but not exclusively, the relationships between the different geographic variables and the phenomena under study. At the end of the course, the student should be able to establish procedures that allow to describe, in a quantitative way, the importance and contribution of each of the data used in their studies and design an experiment to test the hypothesis raised.*

**PROGRAMA:** O problema da análise espacial. Componentes da análise espacial: exploração, consulta, manipulação e modelagem. Tipos de análise espacial. Análise de dados pontuais: "Kernel estimation", Função-K. Testes de CSR. Análise de Superfícies por Geo-Estatística: análise exploratória, Variografia, Krigagem e suas diversas formas; estudos de caso. Análise de Dados de Área: matriz de proximidade, correlação espacial, métodos bayesianos. Indicadores de autocorrelação (globais e locais). Estimação Empírica de Bayes. Regressão Espacial: Modelos de regressão ordinária, autoregressivos, regimes espaciais. Estudos de caso. Representação de Incerteza: Geoestatística e Medidas de Incerteza. Krigagem por indicação como estimador da distribuição de probabilidade de variável aleatória. Incerteza de campos numéricos e temáticos. Simulação Estocástica.

***PROGRAM:** The problem of spatial analysis. Components of spatial analysis: exploration, consultation, manipulation and modeling. Types of spatial analysis. References. Analysis of point data: "Kernel estimation", K-function. CSR tests. Surface Analysis by Geo-Statistics: exploratory analysis, Variography, Kriging and its various forms; case studies. Analysis of Areal Data: proximity matrix, spatial correlation, Bayesian methods. Autocorrelation indicators (global and local). Empirical Estimation of Bayes. Spatial Regression: Ordinary regression models, autoregressive, spatial regimes. Case studies. Representation of Uncertainty: Geostatistics and Uncertainty Measures. Kriging by indication as estimator of the probability distribution of a random variable. Uncertainty of numerical and thematic fields. Stochastic Simulation.*

## **BIBLIOGRAFIA**

### *REFERENCES*

Bailey, T.; Gatrell, A. Interactive Spatial Data Analysis. London, Longman Scientific and Technical, 1995.

Suzana Fucks; Marília Sá Carvalho; Gilberto Câmara; Antonio Miguel V. Monteiro  
Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília, EMBRAPA, 2004. (Versão on-line

AQUI!) Roger S. Bivand, Edzer J. Pebesma & Virgílio Gómez-Rubio, Applied Spatial Data Analysis with R, 2nd Edição de 2013

Longley, P.; Batty, M. (eds) Spatial analysis: modelling in a GIS environment. Cambridge: Geoinformation International, 1997.









- Robinson, I.S. (2004). *Measuring the oceans from space, the principles and methods of satellite oceanography*, Springer-Praxis Books in Geophysical Sciences, Chichester, 669 pp.
- Martin, S. (2014). *An Introduction to Ocean Remote Sensing*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139094368.
- Souza, R. B. (2005). *Oceanografia por Satélite (segunda edição)*. São Paulo, Oficina de textos, 336 pp.
- Ulaby, F.T.; Moore, R.K.; Fung, A (1981). *Microwave remote sensing: active and passive*. Boston, MA. Artech House, V. 1/3, 456 pp.
- Vignudelli, S., Kostianov, A. G., Cipollini, P., Benveniste, J. (2011). *Coastal Altimetry*, Spinger Verlag, 565 pp.





- Rundquist, D. C.; Han, L.; Schalles, J. F.; Peake, J. S. Remote measurement of algal chlorophyll in surface waters: the case for the first derivative of reflectance near 690 nm. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.62, n.2, p.195-200, 1996.
- Svab, E., TYLER, A. N., PRESTON, T., PRÉSING, M., BALOGH, K.V. Characterizing the spectral reflectance of algae in lake waters with high suspended sediment concentrations. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, N. 5, pp 919-928, 2005.
- Van der Meer, F. Analysis of spectral absorption features in hyperspectral imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5. pp. 55-68. 2004.



**SER-411-3 - Tópicos Avançados em Processamento de Imagens**  
*SER-411-3 - Advanced Topics in Image Processing*

**Carga Horária/Workload:** 45 horas-aulas

**Total de créditos/Total number of credits:** 3

**Disciplina optativa**

*Elective course*

**Pré-requisitos:** SER-413-4 - Processamento Digital de Imagens de Sensores Remotos

*Prerequisite:* SER-413-4 - Digital Image processing in remote sensing

**Professores/Lecturers:** Dra. Leila Maria Garcia Fonseca (PGSER)

Dr. Thales Sehn Korting (PGSER)

**PROGRAMA:** Análise de imagens baseada em objetos. Visualização científica. Segmentação de imagens, Classificação de imagens. Mineração de dados. Reconhecimento de padrões através dos métodos de árvores de decisão, Support Vector Machines, redes neurais, métodos híbridos. Tópicos avançados em registro, filtragem óptica, correção atmosférica, correção radiométrica, restauração, super-resolução, extração de atributos, seleção de atributos, índices de vegetação, fusão de imagens, razões generalizadas. Métodos determinísticos e ad-hoc, segmentação (bidimensional, multicanal, no espaço de cores, por árvore). Classificação bayesiana pontual, euclidiana, contexto, métodos híbridos, redes neurais, compreensão de cenas.

*PROGRAM:* Advanced topics related to image processing applied to remote sensing: object based image analysis, time series processing, image segmentation, image classification, data mining, big data techniques, pattern recognition through decision tree methods, support vector machines, neural networks, deep learning, hybrid classification methods, classification accuracy assessment, optical filtering, image radiometric correction, image restoration, super resolution, feature extraction and selection, image fusion, generalized ratios.

**BIBLIOGRAFIA**

*REFERENCES*

- Bassmann, H.; Besslich, P.W. Ad oculos: digital image processing. London: International Thomson, 1995. 431p.
- Devijver, P.A.; Kittler, J. Pattern recognition: a statistical approach. Prentice Hall, 1981.
- Fukunaga, K. Statistical pattern recognition. San Diego, CA: Academic, 1990. 591p.
- Devijever, P.A.; Kittler, J. Pattern recognition: a statistical approach. Prentice Hall, 1981.
- Gomes, J.; Velho, L. Computação gráfica: imagem. Rio de Janeiro: IMPA/SBM, 1994.
- Gonzalez, R.C.; Woods, R.C. Digital image processing. Reading, MA: Addison Wesley, 1992. 716p.
- Gomes, J.; Velho, L. Computação gráfica: imagem. Rio de Janeiro (RJ): IMPA/SBM. 1994. 421p.
- Heidjen, F. Image based measurement systems. Chichester, VK: John Wiley. 1994.
- Jahne, B. Digital image processing. Berlin: Springer Verlag, 1995. 383p.
- Jain, A. Fundamentals of digital image processing. Englewood Cleffs, NJ: Prentice Hall, 1989. 564p.
- McLachlan, G.J. Discriminant analysis and statistical pattern recognition. New York: Wiley Interscience, 1992. 526p.
- Mather, P.M. Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction. John Wiley & Sons. 1999.
- Richards, J.A. Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1993.
- Schowengerdt, R.A. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Academic Press, N.Y., 1997.



BARBOSA, M. L.; HADDAD, I.A.; DA SILVA N.A. L.; MÁXIMO S., G.; VEIGA, R.M; HOFFMANN, T. B.; ROSANE DE SOUZA, A.; DALAGNOL, R.; STREHER, A.S.; SOUZA PEREIRA, F. R.; ARAGÃO, L.E.O.C; ANDERSON, L.O. Compound impact of land use and extreme climate on the 2020 fire record of the Brazilian Pantanonlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/geb.13563a. GLOBAL ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY, 2022. <https://doi.org/10.1111/geb.13563>

SILVA JUNIOR CHL; ARAGÃO L; ANDERSON Liana O.; FONSECA M; SHIMABUKURO Y; VANCUTSEM C; ACHARD F; BLEUCHE R; NUMATA I; SILVA C; MAEDA E; LONGO M; SAATCHI S. Persistent collapse of biomass in Amazonian forest edges following deforestation leads to unaccounted carbon losses. Science Advances 30 Sep 2020, Vol. 6, no. 40, eaaz8360, DOI: 10.1126/sciadv.aaz8360

SILVEIRA, M.V.F.; PETRI, C.A.; BROGGIO, I.S.; CHAGAS, G.O.; MACUL, M.S.; LEITE, C.C.S.S.; FERRARI, E.M.M.; AMIM, C.G.V.; FREITAS, A.L.R.; MOTTA, A.Z.V.; CARVALHO, L.M.E.; SILVA JUNIOR, C.H.L.; ANDERSON, Liana O.; ARAGÃO, L.E.O.C. Drivers of Fire Anomalies in the Brazilian Amazon: Lessons Learned from the 2019 Fire Crisis. Land 2020, 9, 516. <https://doi.org/10.3390/land9120516>

HEINRICH, V.H., DALAGNOL, R., CASSOL, H.L., ROSAN, T.M., DE ALMEIDA, C.T., JUNIOR, C.H.S., CAMPANHARO, W.A., HOUSE, J.I., SITCH, S., HALES, T.C. AND ADAMI, M., 2021. LARGE CARBON SINK POTENTIAL OF SECONDARY FORESTS IN THE BRAZILIAN AMAZON TO MITIGATE CLIMATE CHANGE. NATURE COMMUNICATIONS, 12(1), PP.1-11.

Ponzoni, F.J., Shimabukuro, Y.E., Kuplich, T.M. 2012. Sensoriamento remoto da vegetação. São Paulo, Oficina de Textos, 2ª edição, 160p.

**EST - Estudo Orientado em Sensoriamento Remoto**  
*EST - Guided Study in Remote Sensing*

Vale até 4 créditos  
*Up to 4 credits*

**SER-730 - Pesquisa de Mestrado em Sensoriamento Remoto\***  
*SER-730 - Master Research in Remote Sensing\*\**

Vale 0 crédito  
*0 credit*

**SER-750 - Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto**  
*SER-750 - Master's Dissertation in Remote Sensing*

Vale 12 créditos  
*12 credits*

**SER-780 - Pesquisa de Doutorado em Sensoriamento Remoto\***  
*SER-780 - Doctoral Research in Remote Sensing\*\**

Vale 0 crédito  
*0 credit*

**SER-800 - Tese Doutorado em Sensoriamento Remoto**  
*SER-800 - Doctoral Thesis in Remote Sensing*

Vale 24 créditos  
*24 credits*

\*Atividade obrigatória em cada período letivo, para todo aluno em fase de pesquisa; Será definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa, que avaliará o desempenho do aluno nesta atividade. Obrigatória, também, antes da oficialização citada, para o aluno que não esteja matriculado em alguma disciplina. Neste caso, a orientação e avaliação serão feitas por docente aprovado pelo Conselho do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto.

*\*\*Mandatory activity, in each academic period for every student in the Research phase, defined by the formalization of their Research Supervisor that will evaluate the student's performance in this activity. Compulsory, also, before the officialization mentioned, so that the student is not enrolled in any discipline. In this case, the orientation and evaluation should be made by a Faculty member approved by the Academic Coordinator.*

Catálogo aprovado pelo CPSE em 07 de Novembro de 2024  
*Catalog approved by CPSE in November, 07th 2024*

Catálogo aprovado pelo CPG em 26 de Novembro de 2024  
*Catalog approved by CPG in November, 27th 2024*