

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

Maria Isabel Sobral Escada

Membros do Conselho do Curso

Course Council Members

Maria Isabel Sobral Escada (presidente/president)

Thales Sehn Körting (vice-presidente/vice president)

Sidnei João Siqueira Sant'Anna

Milton Kampel

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. Daniel Andrade Maciel, Doutor, INPE, 2023
6. Douglas Fco. Marcolino Gherardi, Ph.D., Royal Hol. Univ. London, 1996
7. Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo, Doutora, USP, 1984
8. Fábio Furlan Gama, Doutor, INPE, 2007
9. João Antonio Lorenzzetti, 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. Marcos Adami, Doutor, INPE, 2010
18. Maria Isabel Sobral Escada, Doutora, INPE, 2003
19. Milton Kampel, Doutor, USP, 2003
20. Sidnei João Siqueira Sant'Anna, Doutor, ITA, 2009
21. Silvana Amaral Kampel, Doutora, USP, 2003
22. Thales Sehn Körting, Doutor, INPE, 2012

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-335-3	Comportamento Espectral de Alvos
-----------	----------------------------------

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

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-335-3	Spectral Behavior of Earth Targets
-----------	------------------------------------

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

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

PRIMEIRO PERÍODO
FIRST PERIOD

SER-205-4 - Introdução ao Sensoriamento Remoto
SER-205-4 - Introduction to Remote Sensing

Este curso não aceita candidatos a disciplina isolada

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. Milton Kampel (PGSER)

Dra. Cláudia Maria de Almeida (PGSER)

Dr. Luiz Eduardo O. e Cruz de Aragão (PGSER)

Dra. Leila Maria Garcia Fonseca (PGSER)

Dr. Fabio Furlan Gama (PGSER)

Dra. Silvana Amaral Kampel (PGSER)

PROGRAMA: Histórico do sensoriamento remoto como sistema de aquisição de dados de Observação da Terra. Fluxo de dados e informações, calibrações, correções, cálculo de parâmetros geofísicos, composições, análises. Níveis de aquisição de dados. Programas espaciais e segmentos. Tipos de órbitas de satélites de Observação da Terra. Resoluções, escalas de amostragem. Conceitos teóricos importantes. Níveis de processamento de dados. Tipos e classes de sensores remotos. Sensores ópticos: visível e infra-vermelho próximo e de ondas-curtas. Sensores ópticos: infravermelho termal e micro-ondas. Radar de Abertura Sintética. Sensores de alta resolução espacial. Aerofotogrametria. Lidar. Drones. Luzes noturnas. Aplicações em ecossistemas terrestres, áreas urbanas, oceanos e águas interiores. Perspectivas futuras.

PROGRAM: Remote sensing history as an Earth Observation data acquisition system. Space programs, segments, phases, requirements, limitations, mission types, and payloads. Types of Earth Observation satellite orbits. Data acquisition levels, resolutions, sampling scales. Data and information flow, calibrations, corrections, calculation of geophysical parameters, composites, and analyses. Types and classes of remote sensors. Optical sensors in the Visible, Near-infrared, and Shortwave spectra. Optical and Microwave Thermal infrared sensors. Synthetic Aperture Radar. Advanced remote sensors. High spatial resolution sensors. Aero-photogrammetry. Drones. Remote sensing products. Remote sensing applications. Future perspectives.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCES

Elachi, C. Introduction to the physics and techniques of remote sensing, Nova Jersey, Wiley-Interscience, 2ed., 2006.

Jensen, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009. Tradução da segunda edição.

Liang, S. Quantitative remote sensing of land surfaces, Nova Jersey, John Wiley & Sons, 2003.

Lillesand, T.M.; Kiefer, R.M.; Chipman, J.W. Remote sensing and image interpretation. New York, Wiley, 6th edition, 2008.

Novo, E.M.L.M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações, 4ed., Blucher, 2010.

- 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 Epiphanyo {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 Geográficas (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.

SER-350-3 - Introdução à Geoinformática
SER-350-3 - Introduction to Geoinformatics

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. Marcos Adami (PGSER)
Dr. Gilberto Ribeiro de Queiroz (PGCAP)
Dra. Karine Reis Ferreira (PGCAP)
Dra. Lúbia Vinhas (PGCAP)

PROGRAMA: Conceitos: Representação computacional do espaço geográfico; Sistemas de referência espacial; Introdução a sistemas de informação geográfica. **Geoinformática e Internet:** Web services para dados geográficos; Interoperabilidade e padrões de serviços web geoespaciais; Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE). **Análise Espacial de Dados Geográficos:** Álgebra de Mapas, Inferência Geográfica e Suporte à Decisão; Modelagem Numérica de Terreno; Representação de dados espaço-temporais; cubos de dados de imagens; introdução a análise de séries temporais de imagens; plataformas para big EO data. **Exemplos de Aplicações geoespaciais:** Integração de dados geográficos; Sistemas de Monitoramento da Vegetação; Saúde Pública; Mobilidade; Planejamento Urbano e Regional.

PROGRAM: Concepts: Computational representation of geographic space; Spatial reference systems; Introduction to geographic information systems. Geoinformatics and the Internet: Web services for geographic data; Interoperability and standards for geospatial web services; Spatial Data Infrastructure (SDI). Spatial Analysis of Geographic Data: Map Algebra, Geographic Inference and Decision Support; Numerical Terrain Modeling; Representation of spatiotemporal data; image data cubes; introduction to analysis of time series of images; platforms for big EO data. Examples of geospatial applications: Integration of geographic data; Vegetation Monitoring Systems; Public Health; Mobility; Urban and Regional Planning.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCES

- Burrough, P.A. , et al. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, 3rd ed., 2015.
- Casanova, M., et al. (org), Bancos de Dados Geográficos. São José dos Campos, MundoGEO, 2005.
- Date, C. J. Introduction to Database Systems. 8th Edition. Addison-Wesley, 2003.
- Ferreira, K. R., et al. "Earth Observation Data Cubes for Brazil: Requirements, Methodology and Products". Remote Sens. 2020, 12, 4033.
- Gomes, V. C. F.; Queiroz, G. R.; Ferreira, K. R. "An Overview of Platforms for Big Earth Observation Data Management and Analysis". Remote Sens. 2020, 12, 1253.
- Longley, P. A., et al. Goodchild, Maguire, Rhind, Geographic Information Systems and Science. Wiley, 2015 (4th ed).
- Vinhas, L., et al. "Web Services for Big Earth Observation data". GeoInfo. (2016).
- Güting, R. H.; Schneider, M. "Moving Objects Databases". Morgan Kaufmann, 2005.
- Baumann, P. "The OGC web coverage processing service (WCPS) standard". Geoinformática 14.4 (2010): 447-479.
- CONCAR (Comitê de Estruturação de Metadados Geoespaciais). "Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (Perfil MGB)". (2009).
- Gorelick, N.I, et al. "Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone". Remote Sensing of Environment (2017).

- 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-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. *Refletância 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-204-3 - Estatística Aplicada ao Sensoriamento Remoto *SER-204-3 - Statistics Applied to 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. Camilo Daleles Rennó (PGSER)

OBJETIVO: Apresentar alguns conceitos de estatística fundamentais para o entendimento dos procedimentos estatísticos comumente utilizados em Sensoriamento Remoto e áreas afins. Por se tratar de uma disciplina aplicada, todos os exemplos e exercícios são voltados às questões ligadas ao Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. É recomendável que o aluno já tenha conhecimentos básicos de probabilidade e estatística descritiva.

***OBJECTIVE:** Some fundamental concepts will be discussed to improve knowledge about statistical procedures commonly used in Remote Sensing and related areas. Many examples and exercises presented during the course are related to Remote Sensing and Geoprocessing. It is highly recommended that the student already has basic knowledge of probability and descriptive statistics.*

PROGRAMA: Revisão sobre conceitos básicos de estatística: variáveis aleatórias, distribuições discretas e contínuas, e teorema do limite central. Inferência estatística: conceitos; estimativas tendenciosas; exatidão e precisão, distribuições amostrais. Intervalo de confiança e teste de hipóteses. Análise de variância. Análise de regressão. Componentes principais. Análise de agrupamento. Teoria de amostragem. Técnicas de reamostragem. Avaliação de classificação: matriz de confusão, exatidão total, índices de concordância e erro. Estatísticas não paramétricas. Avaliação de incerteza. Simulação estocástica e intervalo de credibilidade.

***PROGRAM:** Basic statistical review: random variables, discrete and continuous distributions,*

and central limit theorem. Statistical inference: concepts; biased estimates; accuracy and precision, sample distributions. Confidence interval and hypothesis testing. Analysis of variance. Regression analysis. Principal components. Cluster analysis. Sampling theory. Resampling techniques. Classification evaluation: confusion matrix, total accuracy, agreement and error indices. Nonparametric statistics. Uncertainty assessment. Stochastic simulation and credibility interval.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCES

- Chatfield, C.; Collins, A.J. Introduction to multivariate analysis. London: Chapman and Hall, 1986. 246p.
- Cochran, W. G. 3. ed. Sampling techniques. John Wiley & Sons, 1977.
- Congalton, R. G.; Green, K. 2. ed. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC Press, Boca Raton, 2009.
- Montgomery, D.C.; Runger, G.C. Applied Statistics and Probability for Engineers. Wiley, New York, 1994.
- Neter J.; Kutner, M.H.; Nachtsheim, C.J.; Wasserman, W. Applied Linear Statistical Models. 4. ed. McGraw-Hill, 1996.
- Siegel, S. Estatística não paramétrica: para as ciências do comportamento. Editora McGraw-Hill do Brasil, 1977.
- Venables, W.N.; Smith, D.M. An Introduction to R. 2007. (disponível em <http://cran.r-project.org/doc/manuals/R-intro.pdf>).

SER-311-3 - Sensoriamento Remoto do Clima
SER-311-3 - Remote Sensing of Climate

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. Milton Kampel (PGSER)

PROGRAMA: Clima e mudanças climáticas. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. Variáveis climáticas essenciais. Escalas de variabilidade climática. Índices climáticos. Monitoramento do sistema climático por satélite. Ozônio. Aerossóis. Carbono. Gelo. Temperatura. Vento. Precipitação. Cor do oceano. Balanço de energia e radiação no sistema Terra/Atmosfera. Sensoriamento remoto do oceano. Séries temporais de produtos de satélites para estudos climáticos. Técnicas de análise de séries temporais para estudos sobre a variabilidade espacial e temporal e conexões com o clima. Aplicações do sensoriamento remoto e modelagem climática em saúde. Desafios científicos e perspectivas futuras.

PROGRAM: Solar radiation: physical characteristics, governing equations. Energy and radiation budget in the Earth / Atmosphere system and its climatic implications. The role of atmospheric constituents in absorption bands. Remote sensing of longwave radiation and precipitation. Satellite products time series for climate studies: vegetation indices, queimadas, sea surface temperature, ocean color, precipitation, surface wind. Time series analysis techniques for studies on spatial and temporal variability and climate connections. Applications of remote sensing and climate modeling in health.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCES

- Box, M.A.; Box, G.P. Physics of radiation and climate. Boca Raton, CRC Press, 2016. 485p.
- Campbell, J.B.; Wynne, R.H.; Thomas, V.A. Introduction to remote sensing. 6th edition. New York, Guilford Publications, 2023. 634p.
- Cracknell, A.P. Remote sensing and climate change: the role of Earth observation. Berlin, Springer PRAXIS, 2001. 400p.
- Cracknell, A.P.; Varotsos, C.A. Understanding global climate change: modelling the climatic system and human impacts. 2nd edition. Boca Raton, CRC Press, 2022. 454p.
- Dalezios, N.R. Remote sensing applications in environmental and Earth system sciences. Boca Raton, CRC Press, 2023. 368p.
- Gemitzi, A.; Koutsias, N. Lakshmi, V. Advanced environmental monitoring with remote sensing time series data and R. Boca Raton, CRC Press, 2023. 114p.
- Giri, C.P. (ed.) Remote sensing of climate change: observation and monitoring. Boca Raton, CRC Press, 2023. 368p.
- Jay, G. Remote sensing of natural hazards. Boca Raton, CRC Press, 2023. 463p.
- King, M.; Parkinson, C.L. Partington, K.C.; Williams, R.G. Our changing planet: the view from space. New York, Cambridge University Press, 2007, 390p.
- Li, J.; Yang, X. Monitoring and Modeling of Global Changes: A Geomatics Perspective. Berlin, Springer, 2015. 331p.
- Qu, J.J.; Gao, W.; Kafatos, M.; Murphy, R.E.; Salomonson, V.V. Earth science satellite remote sensing: science and instruments. New York: Springer Berlin. 2006. 418p.
- Qu, J.J.; Motha, R.P. Climate change and a sustainable Earth. Newcastle, Cambridge Scholars Publishing, 2022. 475p.
- Schmittner, A. Introduction to climate science. Open Education Resource LibreTexts, Zenodo, 2023.

- 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-332-3 - Radar Imageador: Princípios e Aplicações
SER-332-3 - Radar Imaging: Principles and Applications

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. Fábio Furlan Gama (PGSER)

PROGRAMA: Histórico do uso de radar. O Radar imageador, vantagens e desvantagens. Ondas eletromagnéticas, conceitos de fase, de polarização, de comprimento de onda. O espectro eletromagnético e das microondas. Radar de Abertura Real (RAR) e Sintética (SAR). A Equação de radar. Geometria de imageamento. Grandezas angulares (depressão, visada, incidência, incidência local, azimuth de visada). Range (alcance) e Azimute. Deslocamento topográfico (foreshortening, layover, sombra de radar). Resolução espacial. Célula de resolução. Amostragem digital. Resolução espacial em range e em azimuth. Macro-topografia (forma e orientação dos alvos/antena). Rugosidade superficial e mecanismos de espalhamento superficial e volumétrico. Refletores de canto. Constante dielétrica. Ruído Speckle. Radares convencionais, polarizados e polarimétricos. Sistemas de SAR orbitais. Polarimetria. Decomposição Polarimétrica. Representação de assinaturas polarimétricas. Representação de assinaturas polarimétricas. Interferometria Básica, interferometria diferencial orbital. Uso de diferentes aplicativos de processamento de imagens SAR. Os sistemas polarimétricos ALOS/PALSAR e Sentinel-1. Potencial em Aplicações de Cartografia, Geologia, Florestas, Agricultura, Hidrologia e Urbanismo.

PROGRAM: History of radar use. Radar imaging, advantages and disadvantages. Electromagnetic waves, phase, polarization, wavelength concepts. The electromagnetic and microwave spectrum. Real (RAR) and Synthetic (SAR) Aperture Radar. The radar equation. Imaging geometry. Angular quantities (depression, incidence, local incidence, azimuth). Range and Azimuth. Topographic distortions (foreshortening, layover, shadowing). Spatial resolution. Resolution cell. Digital sampling. Spatial resolution in range and azimuth. Macro topography (shape and orientation of targets / antenna). Surface roughness and surface and volumetric scattering mechanisms. Corner reflectors. Dielectric Constant. Speckle noise. Conventional, polarized and polarimetric radar. Orbital SAR systems. Polarimetry. Representation of polarimetric signatures. Interferometry, and differential interferometry. Use of SAR image processing softwares. The ALOS / PALSAR and Sentinel-1 polarimetric systems. Potential in Cartography, Geology, Forests, Agriculture, Hydrology and Urbanism Applications.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCES

Lee, S. E.; Pottier, E. Polarimetric radar imaging: from basics to applications. CRC Press: Taylor & Francis Group, 2009, 398 p.

Lewis, A.J.; Henderson, F.M. 1998: Principles and Applications of Imaging Radar. Manual of Remote Sensing. Vol. 2, Third Edition.

Paradella, W.R.; Mura, J.C.; Gama, F.F; Monitoramento DinSAR para Mineração e Geotecnia, editora: Oficina de Textos, 2021.
<https://www.lojaofitexto.com.br/monitoramento-dinsar-para-mineracao-e-geotecnia/p>

Werle, D. 1992. Radar Remote Sensing: A Training Manual. Dendron Resources Survey.

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).

SER - 415-3 - Detecção e Análise de Padrões de Mudanças de Uso e Cobertura da Terra

SER - 415-3 - Detection and Analysis of Land Use and Land Cover Change Patterns

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. Maria Isabel Sobral Escada (PGSER)
Dr. Thales Sehn Korting (PGSER)
Dr. Sidnei João Siqueira Sant'Anna (PGSER)
Dr. Sérgio Rosim (DIOTG)
MSc. Lidiane Cristina Oliveira Costa (DIOTG)
Dra. Mariane Souza Reis (CGCT)

OBJETIVOS: A preocupação com as mudanças de uso e cobertura da terra emergiu nas agendas de pesquisa globais há algumas décadas, devido principalmente à sua influência sobre as mudanças climáticas em escalas locais e globais. As atividades humanas são as maiores responsáveis pelas mudanças de uso e cobertura da terra que resultam quase sempre em um mosaico de paisagens, com uma mistura de fragmentos naturais com antrópicos, os quais variam de tamanho, forma e arranjo. Compreender a influência humana sobre a paisagem, além das consequências diretas e indiretas dos padrões espaciais de uso e cobertura da terra sobre os processos ecológicos, é de fundamental importância para a gestão do território e para estudos de modelagem da dinâmica de uso e cobertura da terra. Dados multitemporais de sensoriamento remoto, aliados às técnicas de reconhecimento de padrões, conceitos e métricas de ecologia da paisagem e mineração de dados constituem um ferramental importante para o estudo de padrões de uso e cobertura da terra. O objetivo desta disciplina é capacitar alunos de Ciência do Sistema Terrestre para compreender e discutir conceitos e metodologias para estudo de padrões de mudança do uso e cobertura da terra, não apenas como resultado dos processos de ocupação humana sobre a superfície terrestre, mas também como componente dos sistemas terrestres, que modificam e são modificados por componentes abióticos e bióticos.

OBJECTIVES: Concerning about land use change and land cover has emerged in global research agendas a few decades ago, mainly due to its influence on climate change at local and global scales. Human activities are largely responsible for changes in land use and land cover which often result in a mosaic of fragmented landscapes and a mixture of natural and anthropogenic patches, which vary in size, shape and spatial arrangement. Understanding human intervention on the landscape and the direct and indirect consequences of it in land use and land cover spatial patterns and in ecological processes, is fundamental for land management and planning issues and land use modeling. Remote sensing multitemporal data, coupled with the use of pattern recognition techniques, landscape ecology concepts and metrics and data mining techniques represent important tools for the study of land use and land cover spatial-temporal patterns. The aim of this course is to enable students to understand and discuss concepts and methodologies for studying patterns of land use and land cover change, not only as a result of human land surface processes, but also as a component of terrestrial systems, which modify and are modified by abiotic and biotic factors.

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 previsões 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-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.

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; Marilia 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 & Virgilio 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.

SER-319-3 - Sensoriamento Remoto Hiperespectral
SER-319-3 - Hyperspectral 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. Lênio Soares Galvão (PGSER)

PROGRAMA: Introdução e conceitos básicos; sensoriamento remoto multiespectral e hiperespectral; imagens e espectros; cubo hiperespectral; sensores hiperespectrais aerotransportados e orbitais; futuras missões hiperespectrais; fatores que afetam a aquisição de dados hiperespectrais; reflectância espectral dos materiais (p.ex., água, vegetação, rochas, solos, materiais urbanos); pré-processamento de imagens hiperespectrais; efeitos atmosféricos; correção atmosférica de imagens hiperespectrais; métodos empíricos, semi-empíricos e físicos; índices hiperespectrais de vegetação; cálculo da profundidade de bandas de absorção; processamento de imagens hiperespectrais; detecção de objetos em imagens hiperespectrais (técnicas SAM e SFF); modelo linear de mistura espectral (MLME); seleção de endmembers: métodos simples e elaborados; imagens-frações; estado-da-arte dos estudos hiperespectrais e de suas aplicações..

PROGRAM: Introduction and principles; multispectral and hyperspectral remote sensing; images and spectra; hyperspectral cube; airborne and orbital hyperspectral instruments; future satellite missions; factors affecting hyperspectral data acquisition; spectral reflectance of targets (e.g., water, vegetation, rocks, soils, urban materials); hyperspectral image pre-processing; atmospheric effects; atmospheric correction of hyperspectral data; empirical, semi-empirical and physical-based methods; hyperspectral vegetation indices; band-depth calculation in images; hyperspectral image processing; target detection in hyperspectral scenes (SAM and SFF techniques); linear spectral mixture models; endmember selection: simple and elaborated methods; fraction-images; state-of-the-art of the hyperspectral studies and applications.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCES

- Borengasser, M.; Hungate, W. S.; Watkins, R. (2007). Hyperspectral remote sensing: principles and applications. New York: CRC Press. 128 pp.
- Chuvieco, E. (2016). Fundamentals of satellite remote sensing - An Environmental Approach. Second Edition. New York: CRC Press. 468 pp.
- Eismann, M. T. (2012). Hyperspectral remote sensing. London: SPIE. 748 pp.
- Jensen, J. R. (2009). Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução por J. C. N. Epiphany, A. R. Formaggio, A. R. Santos, B. F. T. Rudorff, C. M. Almeida e L. S. Galvão. São José dos Campos: Parêntese. 598 pp.
- Thenkabail, P. S.; Lyon, J. G.; Huete, A. (2018). Hyperspectral remote sensing of vegetation. Second Edition; volumes I to IV; Boca Raton, FL: Taylor & Francis. 1478 pp.
- van der Meer, F.; de Jong, S. M. (2001). Imaging spectrometry: basic principles and prospective applications. Dordrecht, Netherlands: Springer. 426 pp.
- Shimabukuro, Y. E.; Ponzoni, F. J. Mistura Espectral: modelo linear e aplicações. Oficina de Textos, 2017.

SER-338-3 - Modelagem Dinâmica Espacial
SER-338-3 - Spatial Dynamic Modeling

Carga Horária/Workload: 45 horas-aulas

Total de créditos/Total number of credits: 3

Disciplina optativa

Elective course

Pré-requisitos: Conhecimentos de SIG

Prerequisite: Basic knowledge of GIS

Professores/Lecturers: Dra. Cláudia Maria de Almeida (PGSER)

PROGRAMA: Questões Teóricas: Perspectiva histórica de modelos de dinâmicas de uso e cobertura da terra. Autômatos Celulares. Modelos Dinâmicos Espaciais: Noções, conceitos, avanços, estado-da-arte. Modelos Determinísticos: BASS II, SLEUTH, SACI e outros. Modelos Baseados em Agentes: REPAST, MICE, StarLogo e outros. Modelos Estocásticos: Dinâmica EGO, Simlucia, Clue-S, LCM-Terrset, TerraME e outros. Modelos 3-D: PC Raster, TITAN 2D, EROSION 3D. Questões Metodológicas em Modelos Estocásticos. Técnicas Estatísticas de Parametrização: Regras lógicas, pesos de evidência, regressão logística, redes neurais artificiais. Métodos de calibração: Técnicas heurísticas, algoritmo de generalização de linhas, parâmetros fractais. Abordagens para Validação: Coeficientes de ajuste, métodos de múltiplas resoluções, medidas de similaridade fuzzy (convencional e adaptada). Componentes Principais na Modelagem por Passos: Derivação anual da matriz de probabilidades globais de transição. Métodos Estatísticos de Prognóstico: Estacionários (cadeia de Markov) e não-estacionários (regressão linear e extrapolação, séries temporais). Spatial SQL para determinação de parâmetros morfológicos de manchas.

PROGRAM: Theoretical issues: Historical perspective of land use and land cover dynamics models. Cellular Automata. Spatial dynamic models: Concepts, typologies, refinements, state-of-the-art. Deterministic models: BASS II, SLEUTH, SACI and others. Agent-based models: REPAST, MICE, StarLogo and others. Stochastic models: Dinamica EGO, Simlucia, Clue-S, LCM-Terrset, TerraME and alike. 3-D models: PC Raster, TITAN 2D, EROSION 3D. Methodological issues in stochastic models. Statistical techniques for parameterization: Rule sets, weights of evidence, logistic regression, artificial neural networks. Calibration methods: Heuristic techniques, line generalization algorithms, fractal parameters. Validation approaches: Goodness-of-fit indices, multiple resolution methods, conventional and adapted fuzzy similarity index. Principal components in step-based modeling: Annual derivation of the global transition probabilities matrix. Statistical methods for forecasts: Stationary (Markov chain) and non-stationary (linear regression and extrapolation, time series). Spatial SQL for assessing patches' morphological parameters.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCES

- Batty, M. GeoComputation using cellular automata. In: Openshaw, S.; Abrahart, R. J. ed. Geocomputation. New York: Taylor & Francis, 2000. Cap. 5, p. 95-126.
- Batty, M.; Longley, P. A. Advanced spatial analysis: the CASA Book of GIS. London: CASA, 2003. 275p.
- Bonham-Carter, G. F. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling, with GIS. Ontario: Pergamon, 1994. 305 p.
- Briassoulis, H. Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches. Lesvos, Greece. Tese (Doutorado em Geografia) - University of Aegean, 2000. Disponível em <http://www.rri.wvu.edu/W_ebBook/Briassoulis/contents.htm>.
- Burrough, P. A. Dynamic modelling and geocomputation. In: Longley, P. A.; Brooks, S. M.; McDonnell, R.; MacMillan, B. ed. Geocomputation: a primer. Chichester: John Wiley & Sons, 1998. Cap. 9, p. 165-192.

Parks, B. O. The need for integration. In: Goodchild, M. J.; Parks, B. O.; Steyaert, L. T. ed. *Environmental Modelling with GIS*. Oxford: Oxford University Press, 1993. p. 31-34.

Pedrosa, B. M.; Câmara, G. Modelagem dinâmica. In: Druck, S.; Carvalho, M. S.; Câmara, G.; Monteiro, A. M. V. (ed.). *Análise espacial de dados geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2005. Cap. 6.

Torrens, P. M.; O'Sullivan, D. Cellular automata and urban simulation: where do we GO from here? Editorial. *Environment and Planning B*, v. 28, p. 163- 168, 2001.

Aburas, M.M.; Ho, Y.M.; Ramli, M.F.; Ash'aari, Z.H. Improving the capability of an integrated CA-Markov model to simulate spatio-temporal urban growth trends using an Analytical Hierarchy Process and Frequency Ratio. *Int. J. Appl. Earth Obs.* 2017, 59, 65-78, doi.org/10.1016/j.jag.2017.03.006.

Al-Kheder, S.; Wang, J.; Shan, J. Fuzzy inference guided cellular automata urban-growth modelling using multi-temporal satellite images. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 2008, 22, 1271-1293, doi.org/10.1080/13658810701617292.

Almeida, C. M.; Gleriani, J. M.; Castejon, E. F.; Soares-Filho, B. S. Using neural networks and cellular automata for modeling intra-urban land use dynamics. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 22, p. 943-963, 2008.

Câmara, G.; Aguiar, A. P.; Escada, I.; Amaral, S.; Carneiro, T. G. S.; Monteiro, A. M.; Araujo, R.; Vieira, I.; Becker, B. Amazon Deforestation Models. *Science*, v. 307, n. 15, p. 1043-1044, 2005.

Marceau, D.J.; Moreno, N. An object-based cellular automata model to mitigate scale dependency. In *Object-Based Image Analysis. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Blaschke, T., Lang, S., Hay, G. J., Eds.; Springer: Berlin, Heidelberg, Germany, 2008, pp. 43-71, doi.org/10.1007/978-3-540-77058-9_3.

Mas, J. F.; Kolb, M.; Paegelow, M.; Olmedo, M. T. C.; Houet, T. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. *Environmental Modelling & Software*, v. 51, p. 94-111, 2014.

O'Sullivan, D. Graph-cellular automata: a generalised discrete urban and regional model. *Environ. Plann. B* 2001, 28, 687-705, doi.org/10.1068/b2707.

Rennó, C. D. Construção de um sistema de análise e simulação hidrológica: aplicação a bacias hidrográficas. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003.

Soares-Filho, B. S.; Cerqueira, G. C.; Pennachin, C. L. DINAMICA - A stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling*, v. 154, p. 217-235, 2002.

Verburg, P. H.; Soepboer, W.; Veldkamp, A.; Limpiada, R.; Espaldon, V.; Mastura, S. S. A. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. *Environmental Management*, v. 30, n. 3, p. 391-405, 2002.

White, R.; Engelen, G.; Uljee, I. Vulnerability assessment of low-lying coastal areas and small islands to climate change and sea level rise. Phase 2: Case study St. Lucia. Kingston, Jamaica: United Nations Environment Programme: Caribbean Regional Co-ordinating Unit, 1998.

Xing, W.; Qian, Y.; Guan, X.; Yang, T.; Wu, H. A novel cellular automata model integrated with deep learning for dynamic spatio-temporal land use change simulation. *Comput. Geosci.* 2020, 137, 104430, doi.org/10.1016/j.cageo.2020.104430.

Xu, X.; Zhang, D.; Liu, X.; Ou, J.; Wu, X. A. Simulating multiple urban land use changes by integrating transportation accessibility and a vector-based cellular automata: a case study on city of Toronto. *Geo-spatial Information Science*, 2022, doi.org/10.1080/10095020.2022.2043730.

SER-340-3 - Sensoriamento Remoto dos Oceanos
SER-340-3 - Remote Sensing of the Oceans

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: Dr. Douglas Fco. Marcolino Gherardi (PGSER)

Dr. João Antonio Lorenzetti (PGSER)

Dr. Luciano Ponzi Pezzi (PGSER)

PROGRAMA: 1) Introdução à oceanografia física. Circulação geral da atmosfera e movimento nos oceanos. Processos oceânicos de grande escala e de mesoescala. 2) Calibração e validação de dados de satélites. 3) Interação da radiação eletromagnética com a água do mar. Cor do mar. 4) Estimativa da temperatura da superfície do mar por satélite, princípios e aplicações. 5) Aplicações de microondas ao monitoramento oceânico. Radar difusômetro, radar de abertura sintética e radar altimétrico. 6) Aplicações de sensoriamento remoto à modelagem oceânica. 7) Aplicações de sensoriamento remoto ao estudo de ecossistemas costeiros. Princípios de conservação da biodiversidade e de gerenciamento integrado da zona costeira. 8) Utilização de bases de dados globais. 9) Projeto prático de pesquisa.

PROGRAM: 1) Introduction to oceanography. Forces and movement in the ocean. Large scale and mesoscale ocean processes. 2) Calibration and validation of remote sensing data. 3) Interaction of the electromagnetic radiation with ocean water. Ocean color. 4) Estimating sea surface temperature with remote sensors, principles and applications. 5) Using microwaves to monitor the ocean. Scatterometer, Synthetic Aperture Radar (SAR) and altimetry. 6) Using remote sensing data for ocean modeling. 7) Remote sensing applications for tropical coastal management. Principles of biodiversity conservation and coastal management. 8) Applications of global ocean remote sensing data bases. 9) Hands-on research project.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCES

- Curlander, J.C.; Medonough, R.N. (1991). Synthetic Aperture Radar: systems and signal processing. New York, Wiley, 647 pp.
- Green, E.P.; Mumby, P.J.; Edwards, A.J.; Clark, C.D. (2000). Remote sensing handbook for tropical coastal management (Ed. A.J. Edwards). Coastal management sourcebooks 3, UNESCO, Paris, 316 pp.
- Ikeda, M.; Dobson, F.W. (1995). Oceanographic applications of remote sensing. CRC Press, Boca Raton, 480 pp.
- Kirk, J.T.O. (1994). Light and photosynthesis in aquatic systems. Cambridge University Press, Cambridge, 509 pp.
- Lorenzetti, J.A. (2015) Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto. Blucher, 293 pp.
- Henderson, F.M.; Lewis, A.J. (1998). Principles & Applications of Imaging Radar: Manual of Remote Sensing. New York, John Wiley, 860 pp.
- Martin, S. (2008) An introduction to ocean remote sensing. Cambridge University Press (UK), 426 pp.
- Mobley, C., Boss, E., Roesler, C. (acessado em 11/2021). Ocean Optics Web Book <<http://www.oceanopticsbook.info/>>
- Robinson, I.S. (2010). Discovering the Ocean from Space, the Unique Applications of Satellite Oceanography. Springer-Praxis Books in Geophysical Sciences, Chichester, 621 pp.

- 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*, Springer Verlag, 565 pp.

**SER-341-3 - Sensoriamento Remoto e Técnicas de Análise de Dados
Espectrais em Ecossistemas Aquáticos**
*SER-341-3 - Remote Sensing and Spectral Data Analysis Techniques in
Aquatic Ecosystems*

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: Dr. Cláudio Clemente Faria Barbosa (PGSER)

Dr. Evelyn M. Leão de Moraes Novo (PGSER)

Dr. Daniel Andrade Maciel (PGSER)

PROGRAMA: Propriedades físicas, químicas e biológicas de ambientes aquáticos continentais e costeiros. Classificação dos sistemas aquáticos continentais: sistemas lóticos, lénticos e transição. Interações entre radiação eletromagnética (REM) e corpos d'água: Análise do comportamento espectral do sistema aquático e caracterização espectral de diferentes tipos de água. Propriedades ópticas inerentes e aparentes. Coeficientes e funções de absorção, espalhamento e atenuação. Modelos de irradiância e reflectância descendente e ascendente acima da superfície aquática e na coluna d'água. Propriedades espectrais dos componentes opticamente ativos (COA). Modelos empíricos, semi-empíricos e analíticos para estimativa dos COA. Fatores que controlam as interações REM / ambientes aquáticos. Simuladores de cor da água usando modelos analíticos e semi-analíticos: Hydrolight e WASI. Técnicas de análise de dados hiperespectrais: Análise derivativa, Razão de bandas, mapeamento por ângulo espectral, remoção de contínuo. Instrumentação: princípio de operação e utilização de alguns equipamentos utilizados para monitoramento e estudos de ambientes aquáticos. Sensoriamento Remoto de Ambientes Aquáticos: Conceitos e modelagem. Exemplos de Aplicações. Sensores orbitais multi (Landsat-8/OLI, Sentinel-2/MSI) e hiperespectrais (PRISMA, EnMAP, PACE) para aplicações em sistemas aquáticos.

***PROGRAM:** Physical, chemical, and biological properties of continental and coastal aquatic environments. Classification of continental aquatic systems: lotic, lentic, and transition systems. Interactions between the Electromagnetic Radiation (EMR) and water bodies: Aquatic system spectral behavior analysis and spectral characterization of different water types. Inherent and apparent optical properties. Coefficients and functions of absorption, scattering, and attenuation. Upward and downward irradiance and reflectance models above the water surface and within the water column. Spectral properties of optically active components (OAC). Empirical, semi-empirical, and semi-analytical algorithms for OAC estimation. Factors controlling EMR and water bodies interactions. Watercolor simulators using analytical and semi-analytical algorithms: Hydrolight and WASI. Hyperspectral Data Analysis Techniques: Derivative Analysis, Band Ratio, Spectral Angle Mapping, Continuum Removal. Instrumentation: operating principle and use of key equipment needed for monitoring and studying aquatic environments. Remote Sensing of Aquatic Environments: Concepts and modeling. Examples of Applications. Multi (Landsat-8/OLI, Sentinel-2/MSI) and hyperspectral (PRISMA, EnMAP, PACE) sensors applied to aquatic ecosystems.*

LABORATÓRIOS: Simulação e medidas espectralradiométricas em laboratório de composições da água.

LABS: In situ radiometric spectral measurements and watercolor simulations.

AVALIAÇÃO: Monografia (40 %), revisão e apresentação de artigos (40%), apresentação tema indicado (20%)

EVALUATION: Monograph (40%), Review and presentation of articles (40%), Presentations of indicated topics (20%)

BIBLIOGRAFIA

REFERENCES

- Ackleson, S.G. "Light in shallow waters: A brief research review." *Limnol. Oceanogr.* V.48 (1, part 2). pp. 323-328, 2003.
- Barbosa, C.C.F.; Novo, E.M.L.M.; Martins, V.S. *Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos: princípios e aplicações*. 1ª edição. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. 161p. 2019.
- Barbosa, C. C. F. "Sensoriamento remoto da dinâmica de circulação da água do sistema planície de Curai/Rio Amazonas." Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto), INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.
- Brando, V.E. e A.G. Dekker. "Satellite hyperspectral remote sensing for estimating estuarine and coastal water quality." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, V.41, N.6: 1378-1387. 2003.
- Bricaud, A.; Morel, A.; Prieur, L. Absorption by dissolved organic matter of the sea (yellow substance) in the UV and visible domains; *Limnol. Oceanogr.*, 26(1): 43-53 1981.
- Bukata, R. P. J., J.H.; Kondratyev, K.Ya.; Pozdnyakov, D.V. *Optical properties and remote sensing of inland and coastal waters*. Boca Taton: CRC Press LLC, 2000. 362p.
- Chen, Z.; Curran, P. J., Hansom, J. D. Derivative Reflectance Spectroscopy to Estimate Suspended Sediment Concentration. *Remote Sensing of Environment*, v.40, p.67–77, 1992.
- Dekker, A. G. Detection of optical water quality parameters for eutrophic waters by high resolution remote sensing. Ph.D Thesis - Free University, Amsterdam.
- Esteves, F. A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- Galvão, L. S.; Pereira, W.; Abdon, M. M.; Novo, E. M. L. M.; Silva, J. S. V.; Ponzoni, F. J. Spectral reflectance characterization of shallow lakes from the brazilian Pantanal wetlands with field and airborne hyperspectral data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 24, n.21, p. 4093-4112, 2003.
- Gege, P. *The Water Colour Simulator WASI - User manual for version 3*
- Gitelson, A. The peak near 700 nm on radiance spectra of algae and water: realtionships of its magnitude and position with chlorophyll concentration. *International Journal of remote sensing* , v.13, n.17, p.3367-3373, 1992.
- 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. Engineering Remote Sensing*. v.59, n.4, p.505–510, 1993.
- Han, L. Estimating chlorophyll-a concentration using first-derivative spectra in coastal water. *International Journal of Remote Sensing*, V.26, N.23. pp. 5235-5244. 2005.
- Kirk, J. T. O. *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- Mobley, C.D. *The optical properties of water*. New York: McGraw-Hill Book, 1994.
- Pozdnyakov D.; Grassl H. *Colour of inland and coastal waters: a methodology for its interpretation*. Praxis publishing, Chichester, UK, 2003. 170p.
- Quibell, G. Estimating chlorophyll concentrations using upwelling radiance from different freshwater algal genera. *International Journal of Remote Sensing*, v.13, n.14, p. 2611-2621, 1992

- 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-410-3 - Processamento de Imagens SAR
SER-410-3 - SAR image processing

Carga Horária/Workload: 45 horas-aulas

Total de créditos/Total number of credits: 3

Disciplina optativa

Elective course

Pré-requisitos: SER-332-3 - Radar imageador: princípios e aplicações

Prerequisite: SER-332-3 - Radar Imaging: Principles and Applications

Professores/Lecturers: Dr. José Claudio Mura (PGSER)

Dr. Sidnei João Siqueira Sant'Anna (PGSER)

PROGRAMA: Formação de Imagens SAR. Calibração de imagens de radar. Ruído Speckle. Modelagem estatística de imagens SAR. Filtragem de imagens SAR. Classificação e segmentação de imagens SAR. Polarimetria de imagens SAR. Modelagem estatística de dados polarimétricos. Calibração polarimétrica. Filtragem e classificação polarimétrica. Interferometria e construção de Modelos de Elevação. Interferometria diferencial SAR.

PROGRAM: SAR focusing. Radar image calibration. Speckle noise. Statistical modeling of SAR images. Speckle filtering. Classification and segmentation of SAR images. SAR image polarimetry. Statistical modeling of polarimetric data. Polarimetric calibration. Polarimetric classification. Interferometry and digital elevation construction. Differential SAR interferometry.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCES

- Elachi, C. Spaceborne radar remote sensing: application and techniques. IEEE Press 1988.
- Ghiglia, D., C.; Prit M., D., Two-dimensional Phase Unwrapping- Theory, Algorithms and Software, John Wiley & Sons, Inc, 1998.
- Henderson, F., M.; Lewis, A. J., Principles & Applications of Imaging Radar - Manual of Remote Sensing - Third Edition, Vol. 2, John Wiley & Sons, Inc, 1998.
- Cumming, I. G.; Wong, F. H., Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data, Artech House-London, 2005.
- Curlander, J. C., Robert N. McDonough, Synthetic Aperture Radar Systems and Signal Processing, John Wiley& Sons, New York, 1991.
- Kampes, B. M., Radar Interferometry - Persistent Scatterer Technique. Springer, 2006.
- Kingsley, S.; Quegan, S. Understanding radar systems. McGraw Hill, 1992.
- Lee J. S.; Pottier E., Polarimetric Radar Imaging - From the Basics to Applications, CRC Press, 2009.
- Meier, E.; Frei, U.; Nüesch, D. Precise Terrain Correct Geocoded Images. In: SAR geocoding: data and systems. Kalsruhe: Wichmann Verlag, 1993.
- Oliver, C.; Quegan S., Understanding Synthetic Aperture Radar Images, Artech House, 1998.
- Trevett, J. W., Imaging radar for resources surveys. London: Chapman and Hall, 1986.
- Ulaby, F. T.; Elachi, C., Radar Polarimetry for Geoscience Applications. Artech House, 1990.
- Ulaby, F.T.; Moore, R.K.; Fung A.K. Microwave remote sensing. Vols. 1,2,3. Addison Wesley, 1992.

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.

SER-459-3 - Tópicos Avançados em Florestas
SER-459-3 - Forestry Advanced Topics

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. Luiz E. O. e Cruz de Aragão (PGSER)
Dra. Liana Oighenstein Anderson (PGSER)

PROGRAMA: Definição e conceituação. A disciplina trata das funções das florestas para a estabilidade planetária, abordando suas relações com o clima e todo o contexto sócio-econômico-ambiental. São abordados temas referentes ao ciclo do carbono, o papel das florestas nas emissões de C e seu potencial de assimilação, assim como a relevância das florestas no contexto do desenvolvimento sustentável. Os tópicos, abordam as respostas das florestas às mudanças ambientais e seus efeitos no funcionamento das florestas tropicais. Técnicas avançadas de Sensoriamento Remoto e ferramentas analíticas para estudos das dinâmicas da vegetação são exploradas teórica e tecnicamente.

PROGRAM: Definition and conceptualisation. The discipline deals with the functions of forests for planetary stability, addressing their relationship with climate and the whole socio-economical-environmental context. Topics include the carbon cycle, the role of forests in C emissions and their assimilation potential, and the relevance of forests in the context of sustainable development. Topics include forest responses to environmental changes and their effects on tropical forest functioning. Advanced remote sensing techniques and analytical tools for studies of vegetation dynamics are explored theoretically and technically.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCES

- Laszlo Nagy, Bruce R. Forsberg, Paulo Artaxo (eds). Interactions Between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin. ISSN 0070-8356 ISSN 2196-971X (electronic), Ecological Studies. ISBN 978-3-662-49900-9 ISBN 978-3-662-49902-3 (eBook), DOI 10.1007/978-3-662-49902-3. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-49902-3>
- Laura Borma e Carlos Nobre (eds.). Secas na Amazônia: causas e consequências. ISBN:9788579750786. Disponível em: <https://www.lojaofitexto.com.br/secas-na-amazonia-causas-e-consequencias/p>
- Alberto W. Setzer, Nelson Jesus Ferreira (Eds) Queimadas e incêndios florestais: mediante monitoramento orbital. Páginas 296, ISBN 978-85-7975-318-3, 2021.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; POULTER, B.; BARLOW, J. B.; Anderson, Liana O.; MALHI, Y.; SAATCHI, S.; Phillips, O. L.; Gloor, E. Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. Biological Reviews, v. 2014, p. n/a-n/a, 2014. doi:10.1111/brv.12088
- ANDERSON, L.O.; RIBEIRO NETO, G.; CUNHA, A.P.; FONSECA, M.G.; MENDES, Y. M. ; DALAGNOL, R.; WAGNER, F.H.; ARAGÃO, L.E.O.C. Vulnerability of Amazonian forests to repeated droughts. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2018 373 20170411; doi:10.1098/rstb.2017.0411, 2018.
- ARAGÃO, L.E.O.C.; ANDERSON, L.O.; FONSECA, M.G.; ROSAN, T.M.; VEDOVATO, L.; WAGNER, F.; SILVA, C.; JUNIOR, C.; ARAI, E.; AGUIAR, A.P.; BARLOW, J.; BERENGUER, E.; DEETER, M.; DOMINGUES, L.; GATTI, L.; GLOOR, M.; MALHI, Y.; MARENGO, J.; MILLER, J.; PHILLIPS, O.; SAATCHI, S. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. Nature Communications, 9, (536), doi:10.1038/s41467-017-02771-y

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 Pantanonline library. *wiley.com/doi/full/10.1111/geb.13563*al. 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 CPSEER em 24 de Setembro de 2025

Catalog approved by CPSEER in September, 24th 2025

Catálogo aprovado pelo CPG em 02 de Dezembro de 2025

Catalog approved by CPG in December, 28th 2025