

Catálogo do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada

Conteúdo

Docentes	2
Disciplinas	3
Disciplinas por Período	5
Ementas	7

Docentes

Alan James Peixoto Calheiros, Dr., INPE, 2013.
Celso Luiz Mendes, Dr., University of Illinois, 1997.
Elbert Einstein Nehrer Macau, Dr., ITA, 1993.
Elcio Hideiti Shiguemori, Dr., INPE, 2007.
Gilberto Câmara, Dr., INPE, 1995.
Gilberto Ribeiro Queiroz, Dr., INPE, 2012.
Haroldo Fraga de Campos Velho, Dr., UFRGS, 1992.
Karine Reis Ferreira, Dra., INPE, 2012.
Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães, Ph.D., University of Tennessee, 1992.
Leonardo Bacelar Lima Santos, Dr., INPE, 2014.
Lúbia Vinhas, Dra., INPE, 2006.
Luciano Vieira Dutra, Dr., INPE, 1989.
Marcos Gonçalves Quiles, Dr., USP, 2009.
Margarete Oliveira Domingues, Dra., UNICAMP, 2001.
Nandamudi Lankalapalli Vijaykumar, Dr., ITA, 1999.
Pedro Ribeiro de Andrade Neto, Dr., INPE, 2010.
Rafael Duarte Coelho dos Santos, Dr., Kyushu Institute of Technology, 1998.
Reinaldo Roberto Rosa, Dr., INPE, 1995.
Stephan Stephany, Dr., INPE, 1997.
Thales Sehn Körting, Dr., INPE, 2012.
Valdivino Alexandre de Santiago Júnior, Dr., INPE, 2011.

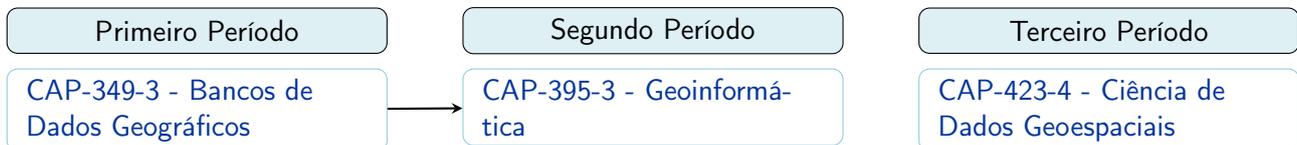
Coordenação Acadêmica

Rafael Duarte Coelho dos Santos, Dr., Kyushu Institute of Technology, 1998.

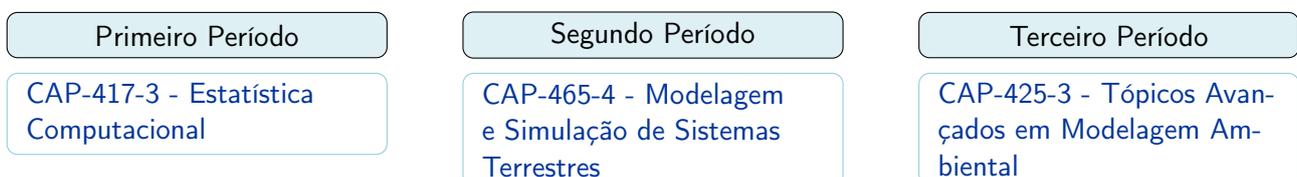
Disciplinas

- CAP-237-3 - Sistemas Caóticos
- CAP-242-1 - Metodologia Científica em Computação Aplicada
- CAP-335-3 - Aprendizado Computacional e Reconhecimento de Padrões
- CAP-340-3 - Problemas Inversos
- CAP-349-3 - Bancos de Dados Geográficos
- CAP-351-3 - Neurocomputação
- CAP-354-3 - Inteligência Artificial
- CAP-368-3 - Introdução à Teoria de Sistemas Dinâmicos
- CAP-370-3 - Computação Aplicada à Física Ambiental
- CAP-372-3 - Processamento de Alto Desempenho
- CAP-378-1 - Tópicos em Observação da Terra
- CAP-379-1 - Tópicos em Ciências Espaciais
- CAP-381-3 - Redes Complexas, Dinâmica e Aplicações
- CAP-382-1 - Tópicos em Tecnologias Espaciais
- CAP-384-3 - Análise Wavelet I
- CAP-394-3 - Introdução à Ciência de Dados
- CAP-395-3 - Geoinformática
- CAP-398-3 - Modelagem e Aplicações de Sistemas Reativos Complexos
- CAP-399-3 - Programação de Sistemas Massivamente Paralelos
- CAP-406-3 - Análise de Wavelet II
- CAP-408-3 - Computação Aplicada às Ciências Atmosféricas
- CAP-417-3 - Estatística Computacional
- CAP-418-4 - Métodos Numéricos I
- CAP-419-3 - Introdução à Programação com Dados Geoespaciais
- CAP-420-3 - Métodos Numéricos II
- CAP-421-3 - Aprendizado Profundo
- CAP-422-3 - Física Matemática Computacional
- CAP-423-4 - Ciência de Dados Geoespaciais
- CAP-424-3 - Lógica Nebulosa
- CAP-425-3 - Tópicos Avançados em Modelagem Ambiental
- CAP-460-3 - Ótica Computacional
- CAP-465-4 - Modelagem e Simulação de Sistemas Terrestres
- CAP-501-0 - Seminários em Computação Aplicada I
- CAP-502-0 - Seminários em Computação Aplicada II
- CAP-730-0 - Pesquisa de Mestrado em Computação Aplicada
- CAP-750-12 - Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada
- CAP-780-0 - Pesquisa de Doutorado em Computação Aplicada
- CAP-800-36 - Tese de Doutorado em Computação Aplicada

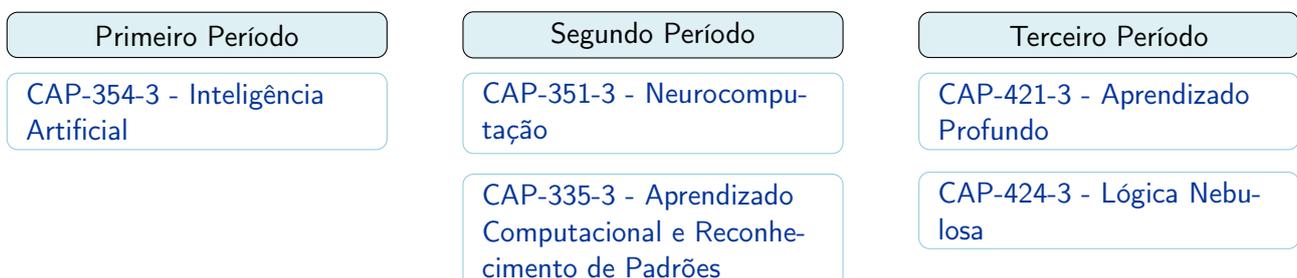
Trilha Ciência de Dados Geoespaciais



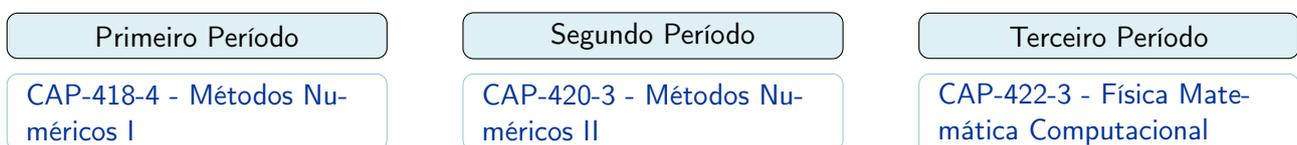
Trilha Modelagem Computacional de Fenômenos Naturais



Trilha Inteligência Artificial Aplicada



Trilha Matemática Aplicada e Computacional



Disciplinas por Período

Primeiro Período

CAP-242-1 - Metodologia Científica em Computação Aplicada
CAP-349-3 - Bancos de Dados Geográficos
CAP-354-3 - Inteligência Artificial
CAP-368-3 - Introdução à Teoria de Sistemas Dinâmicos
CAP-372-3 - Processamento de Alto Desempenho
CAP-406-3 - Análise de Wavelet II
CAP-417-3 - Estatística Computacional
CAP-418-4 - Métodos Numéricos I
CAP-419-3 - Introdução à Programação com Dados Geoespaciais

Segundo Período

CAP-237-3 - Sistemas Caóticos
CAP-335-3 - Aprendizado Computacional e Reconhecimento de Padrões
CAP-351-3 - Neurocomputação
CAP-370-3 - Computação Aplicada à Física Ambiental
CAP-378-1 - Tópicos em Observação da Terra
CAP-379-1 - Tópicos em Ciências Espaciais
CAP-394-3 - Introdução à Ciência de Dados
CAP-395-3 - Geoinformática
CAP-398-3 - Modelagem e Aplicações de Sistemas Reativos Complexos
CAP-399-3 - Programação de Sistemas Massivamente Paralelos
CAP-408-3 - Computação Aplicada às Ciências Atmosféricas
CAP-420-3 - Métodos Numéricos II
CAP-465-4 - Modelagem e Simulação de Sistemas Terrestres

Terceiro Período

CAP-340-3 - Problemas Inversos
CAP-381-3 - Redes Complexas, Dinâmica e Aplicações
CAP-382-1 - Tópicos em Tecnologias Espaciais
CAP-384-3 - Análise Wavelet I
CAP-421-3 - Aprendizado Profundo
CAP-422-3 - Física Matemática Computacional
CAP-423-4 - Ciência de Dados Geoespaciais
CAP-424-3 - Lógica Nebulosa
CAP-425-3 - Tópicos Avançados em Modelagem Ambiental
CAP-460-3 - Ótica Computacional

Requisitos

Todos alunos do mestrado devem cursar as disciplinas obrigatórias estabelecidas na entrevista de qualificação;



participar dos **Seminários em Computação Aplicada I** com pelo menos 20 presenças; e participar em eventos obrigatórios do Curso de acordo com diretivas determinadas pela Coordenação do Curso, além de cumprir os outros requisitos listados no regimento do programa e geral.

Todos alunos do doutorado devem cursar as disciplinas obrigatórias estabelecidas na entrevista de qualificação; participar dos **Seminários em Computação Aplicada II** com pelo menos 40 presenças; e participar em eventos obrigatórios do Curso de acordo com diretivas determinadas pela Coordenação do Curso, além de cumprir os outros requisitos listados no regimento do programa e geral.

Ementas

Código	Título	Créditos
CAP-237-3	Sistemas Caóticos	3

Oferecida no 2º Período

Pré-Requisitos: CAP-368 - Introdução a Sistemas Dinâmicos

Docente(s) Responsável(is): [Elbert Einstein Nehrer Macau](#) ✉

Ementa

Sistemas Dinâmicos. Órbitas em Espaço de Fases. Pontos Fixos e Periódicos. Bifurcação. Mapas de uma e duas dimensões. Fractais. Caos e mapas e em fluxos. Atrator caótico. Variedades e Crises. Caos em Conjuntos não-atrativos. Reconstrução de espaço. Caos em sistemas conservativos. Controle de caos. Aplicações.

Bibliografia

- Alligood, K. T.; Sauer, T. D.; Yorke, J. A. *Chaos: An Introduction to Dynamical Systems*, Springer, 1997.
- Hirsch, M. W.; Smale, S.; Devaney, R. L. *Differential Equations, Dynamical Systems & An Introduction to Chaos*, Elsevier, 2004.
- Ott, E. *Chaos in Dynamical Systems, 2nd ed.*, Cambridge, 2002.
- Tel, T.; Gruiz, M. *Chaotic Dynamics: An Introduction Based on Classic Mechanics*. Cambridge, 2006.
- Wiggins, S. *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos, 2nd ed.*, Springer-Verlag, 2003.

Código	Título	Créditos
CAP-242-1	Metodologia Científica em Computação Aplicada	1

Oferecida no 1º Período

Docente(s) Responsável(is): [Pedro Ribeiro de Andrade Neto](#) ✉

Ementa

Introdução ao método científico. Processo de pesquisa. Como procurar e organizar referências. Contribuição científica versus contribuição tecnológica. Experimentos em computação e reprodutibilidade. Como escrever e revisar um artigo científico. Teses e Dissertações em Computação Aplicada. Como apresentar os resultados de uma pesquisa.

Bibliografia

- Booth, Wayne; Colomb, Gregory; William, Joseph, *The Craft of Research*. University of Chicago Press, 1995
- Grinnel, Frederick. *A atitude científica*, 1992 (tradução).
- Popper, Karl. *Science: Conjectures and refutations*. In: Karl Popper, *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. Basic Books, 1962.
- Strunk, William. *The elements of style*. Penguin, 2007.
- Zobel, Justin. *Writing for Computer Science*. Springer-Verlag, 1997.

Código	Título	Créditos
CAP-335-3	Aprendizado Computacional e Reconhecimento de Padrões	3

Trilha **Inteligência Artificial Aplicada**

Oferecida no 2º Período

Docente(s) Responsável(is): [Luciano Dutra](#) ✉

Ementa

Introdução; sequência típica de um sistema de aprendizado computacional; os tipos de classificadores - estatísticos, determinísticos, hierárquicos; classificação pontual e por regiões; máquinas de vetores-suporte; o uso de contexto na classificação pontual - modelos markovianos iterativos: ICM, MPM, modelo de Potts Strauss, teoria de decisão composta; métodos de extração e seleção de atributos; segmentação de imagens multi-espectrais; classificação de segmentos; avaliação de classificação; índices de concordância.

Bibliografia

- Bishop, C.M. *Pattern Recognition and Machine Learning. 1st ed.* Springer, 2006.
- Duda, R.O.; Hart, P.E.; Stork, D.G. *Pattern Classification. 2nd Ed.* John Wiley & Sons, New York, NY, 2001.
- Everitt, B.S.; Landau, S.; Leese, M. *Cluster Analysis. 4th ed.* Edward Arnold, Ltd., London, UK, 2001
- Fukunaga, K. *Introduction to Statistical Pattern Recognition. 2nd Ed.* Academic Press, Boston, 1990.
- Heijden, F. *Image Based Measurement Systems.* John Wiley & Sons, New York, NY, 1994.
- Kuncheva, L.I. *Combining Pattern Classifiers: Methods and Algorithms.* Wiley, June, 2004.
- Mitchell, T. *Machine Learning,* McGraw Hill, 1997.
- Theodoridis, S.; Koutroumbas, K. *Pattern Recognition, 3rd ed.,* Academic Press, 2006.
- Webb, A.R. *Statistical Pattern Recognition, John Wiley & Sons; 2nd edition,* 2002.

Código	Título	Créditos
CAP-340-3	Problemas Inversos	3

Oferecida no 3º Período

Docente(s) Responsável(is): [Haroldo Fraga de Campos Velho](#) ✉

Ementa

Conceitos fundamentais em problemas inversos. Definição de problema mal-posto. Métodos explícitos e implícitos de resolução. Métodos clássicos de otimização. Técnicas estocásticas de otimização. Redes neurais em problemas inversos. Regularização de Tikhonov-Twomey-Philips. Regularização entrópica. Escolha do parâmetro de regularização. Aplicações.

Bibliografia

- Beck J.V.; Blackwell B.; St-Clair, Jr., C.R. *Inverse Heat Conduction: Ill-Posed Problems,* John Wiley, New York, 1985.
- Tarantola A. *Inverse Problem Theory: Methods for Data Fitting and Model Parameter Estimation,* Elsevier, Amsterdam, 1987.

- Tikhonov A. N.; Arsenin V. Y. Solutions of Ill-Posed Problems, John Wiley, New York, 1977.

Código	Título	Créditos
CAP-349-3	Bancos de Dados Geográficos	3

Trilha **Ciência de Dados Geoespaciais**

Oferecida no 1º Período

Docente(s) Responsável(is): [Gilberto Queiroz](#) ✉ [Karine Reis Ferreira](#) ✉ [Lúbia Vinhas](#) ✉

Ementa

Na última década, o uso de dados geoespaciais tem sido cada vez mais comum nas aplicações do cotidiano, bem como nas diversas áreas do conhecimento. Esses dados são fundamentais em tomadas de decisão, em problemas ambientais e sócio-econômicos. Além disso, há uma maior disponibilidade de dados geoespaciais em consequência da adoção de políticas de dados abertos por inúmeras agências espaciais, instituições de pesquisa e iniciativas baseadas em sistemas colaborativos (VGI, Crowdsourcing, Citizen Science). Como reflexo, temos uma grande quantidade de tecnologias disponíveis para armazenamento, análise, visualização e disseminação desse tipo de dado. Portanto, a utilização efetiva de dados e tecnologias geoespaciais tem sido um fator decisivo para o sucesso de empresas, órgãos do governo e desenvolvimento de pesquisas inovadoras. Essa disciplina irá fornecer os fundamentos teóricos e práticos para representação computacional do espaço geográfico, manipulação, modelagem e visualização de dados geográficos. Os tópicos principais da disciplina são:

- Introdução a Sistemas de Bancos de Dados: conceitos, arquiteturas, modelagem de dados, modelo relacional de dados, linguagens de consulta e SQL.
- Introdução a big data, NoSQL e NewSQL.
- Introdução a Sistemas de Informações Geográficas: representação computacional do espaço geográfico, organização em camadas, sistemas de referência espacial, visualização de dados geográficos.
- Sistemas de Bancos de Dados Geoespaciais: tipos de dados e operadores espaciais, consultas espaciais, extensões geoespaciais para sistemas gerenciadores de bancos de dados.
- Estruturas de dados espaciais e algoritmos geométricos.
- Modelagem de dados geográficos.
- Interoperabilidade em sistemas de bancos de dados geoespaciais.

Bibliografia

- Casanova, M.; Câmara, G.; Davis, C.; Vinhas, L.; Queiroz, G. (org), Bancos de Dados Geográficos. São José dos Campos, MundoGEO, 2005.
- Date, C. J. Introduction to Database Systems. 8th Edition. Addison-Wesley, 2003.
- Elmasri, R., Navathe, S. Fundamentals of Database Systems. Pearson, 7th Edition, 2015.
- Rigaux, P.; Scholl, M.; Voisard, A. Spatial Databases with Application to GIS. San Francisco: Morgan Kaufman, 2002.
- Samet, H. Foundations of Multidimensional and Metric Data Structures. Morgan Kaufmann, 2006.
- Shekhar, S.;Chawla, S. Spatial databases - a tour. Upper Saddle River, NJ, USA, Prentice-Hall. 2003.

Código	Título	Créditos
CAP-351-3	Neurocomputação	3

Trilha **Inteligência Artificial Aplicada**

Oferecida no 2º Período

Docente(s) Responsável(is): [Marcos Gonçalves Quiles](#) ✉

Ementa

Introdução às redes neurais, histórico, conceitos e definições. Paradigmas e regras de aprendizagem. Perceptrons. Perceptrons de múltiplas camadas (MLP). O Algoritmo de Retropropagação e suas variações. Técnicas para configuração de topologia. Regularizações. Autoencoders. Redes neurais competitivas: SOM, GNG. PCA. Redes Hopfield. Máquinas de Boltzmann e máquinas de Boltzmann restritas. Introdução às arquiteturas profundas: DNN, CNN, RNN. Softwares e aplicações.

Bibliografia

- Rumelhart, David E.; McClelland, James L., Parallel Distributed Processing, Vol. 1: Foundations, A Bradford Book, 1994.
- Haykin S., Neural Networks: A comprehensive Foundation, 2nd Edition Prentice Hall, 1998.
- Haykin S., Neural Networks and Learning Machines, 3rd Edition, Pearson India, 2008.
- Yoshua Bengio and Ian J. Goodfellow and Aaron Courville, Deep Learning, MIT Press, 2016.
- LeCun, Y., Bengio, Y. and Hinton, G. E., Deep Learning, Nature, Vol. 521, pp 436-444.

Código	Título	Créditos
CAP-354-3	Inteligência Artificial	3

Trilha **Inteligência Artificial Aplicada**

Oferecida no 1º Período

Docente(s) Responsável(is): [Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães](#) ✉ [Elcio Hideiti Shiguemori](#) ✉

Ementa

Histórico da Inteligência Artificial. Pré-história anterior a 1956. O papel de Alan Turing no desenvolvimento das IAs de hoje. História após 1956. O teste de Turing ao longo das décadas. Introdução aos paradigmas principais de IA: 1. Sistemas de produção. Sistemas especialistas. Lógica e PROLOG. Prova automática de teoremas. LISP e CLIPS. Manipulação simbólica. Representação e resolução de problemas no espaço de estados. Métodos de buscas. Heurísticas. 2. Conceito de Lógica Nebulosa (referenciar às disciplinas da trilha) Noções de lógicas não convencionais. 3. Redes Neurais Perceptron e SOM Buraco dos 10 anos 4. Raciocínio Baseado em Casos. 5. Algoritmos Genéticos. 6. Agentes. 7. Aprendizado profundo. Representação de conhecimento para os paradigmas visitados. Noções de processamento de linguagem natural. Aprendizado e aquisição de conhecimento para os paradigmas visitados. Exemplos de aplicações gerais e focado em atividades espaciais, para os paradigmas visitados.

Bibliografia

- Barr, A.; Feigenbaum, E.A. ed. *The Handbook of Artificial Intelligence. vol.1.* Stanford, CA, Heuristech Press, 1981.
- Bittencourt, G., *Inteligência Artificial Ferramentas e Teorias*, Ed. DAUFSC, 1998.

- Charniak, E.; McDermott, D. *Introduction to Artificial Intelligence*. Reading, MA, Addison, 1985.
- Nilsson, N.J., *Principles of Artificial Intelligence*. Palo Alto, CA, Tioga Publishing, 1980.

Código	Título	Créditos
CAP-368-3	Introdução à Teoria de Sistemas Dinâmicos	3

Oferecida no 1º Período

Docente(s) Responsável(is): [Elbert Einstein Nehrer Macau](#) ✉

Ementa

Equações diferenciais não lineares. Plano de fase, autovalores e autovetores, classificação do plano de fase. Álgebra linear em sistemas de dimensão elevada. Sistemas não lineares e pontos de equilíbrio. Bifurcações. Técnicas globais de análise. Ciclos Limites. Órbitas fechadas e conjuntos limites.

Bibliografia

- Hirsh, M.W.; S. Smale, S., R. L.; Devaney, R.L., *Differential Equations, Dynamical Systems & an Introduction to Chaos*, Elsevier, 2003.
- Monteiro, L.H.A., *Sistemas Dinâmicos*, Livraria da Física, São Paulo, 2002.
- Strogatz, S.H., *Nonlinear Dynamics and Chaos*, Perseus, Cambridge, 2000.

Código	Título	Créditos
CAP-370-3	Computação Aplicada à Física Ambiental	3

Oferecida no 2º Período

Docente(s) Responsável(is): [Reinaldo Roberto Rosa](#) ✉

Ementa

O que é Física Ambiental? Relações sol-terra, clima espacial e o meio- Ambiente terrestre. Caracterização de sistemas e processos físicos no meio-ambiente terrestre. Observação e representação de processos físicos em sistemas geológicos, meteorológicos, oceanográficos e limnológicos. Termodinâmica, gradientes e instabilidades de natureza física. Geração de dados digitais para processos físicos observados no meio-ambiente terrestre: instrumentação básica, coleta, transmissão e organização de dados. Período e frequência. Resolução e ruído. Medidas de temperatura do ar e da água, Medidas de gradientes: pressão, deslocamentos de ar e de água, vórtices e outras estruturas coerentes. Análise computacional de regimes determinísticos e estocásticos. Aspectos da física estatística computacional. Análise espectral e análise de padrões-gradientes. Tratamento computacional de séries curtas: técnicas e algoritmos para interpolação, suavização, caracterização e previsão. Assimilação de dados em modelos climáticos. Análise e modelagem computacional de processos físicos não-lineares: estudos de caso envolvendo: (a) formação de padrões em sistemas de fluidos miscíveis no oceano; (b) emissão de gases do efeito estufa em reservatórios; (c) turbulência de vento e temperatura em sistemas florestais; (d) vazão e inundação em sistemas limnológicos. Sistema de representação e mineração de dados. Validação de modelos com estudos de caso em física ambiental: Grades numéricas generalizadas para dados da Amazônia, Pantanal e Bahia da Guanabara. Compatibilidade com sistemas de informações geográficas e similares. Aplicações computacionais para novas tecnologias: Energia e sustentabilidade.

Bibliografia

- Albeverio, S.; Jentsch, V., Kantz, H., Extreme events in nature and society, Springer, 2006.
- Artaxo, P. Física do Meio Ambiente: Entendendo o Funcionamento do Planeta Terra. In: Gil da Costa Marques. (Org.). Física: Tendências e Perspectivas. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005, p. 235-240.
- Boeker, E.; Van Grondelle, R. Environmental Physics, Wiley, 1999.
- Emery, W.J.; Thomson, R. Data Analysis Methods in Physical Oceanography Elsevier, 2001.
- Gould, H.; Tobochnik, J. An Introduction to Computer Simulation Methods: Applications to Physical Sciences, Addison–Wesley Publishing, 1995.
- Hanslmeier, A The Sun and the Space Weather, Springer, 2006.
- Kantz, H. Schreiber, T., Nonlinear Time Series Analysis, Cambridge, 2003.
- Pelletier, J.D. Quantitative Modeling of Earth Surface Processes, Cambridge, 2008.
- Press, W.H.; Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., Flannery, B.P. Numerical Recipes, Cambridge, 1989.
- Rosa, R.R.; Da Silva, J.D.S. Computação e Matemática Aplicada às Ciências e Tecnologias Espaciais, INPE-MCT, ISBN: 978-85-17-00037-9, 2008.
- Sethna, J., Entropy, Order Parameters and Complexity, Oxford, 2006.

Código	Título	Créditos
CAP-372-3	Processamento de Alto Desempenho	3

Oferecida no 1º Período

Docente(s) Responsável(is): [Celso Luiz Mendes](#) ✉ [Stephan Stephany](#) ✉

Ementa

Este curso objetiva fornecer conhecimentos básicos para programação paralela, abordando arquiteturas de computadores paralelos, técnicas de programação paralela, ferramentas de avaliação de desempenho e bibliotecas para programação paralela. Tópicos do curso incluem otimização de código, uma revisão de arquiteturas de processadores vetoriais e sua programação, programação paralela utilizando a biblioteca de comunicação Message Passing Interface (MPI) e com a API OpenMP. Exercícios práticos de programação utilizando um supercomputador são também previstos.

Bibliografia

- Dowd, K.; Severance, C. High Performance Computing, Second Edition, O'Reilly, 1998.
- Foster, I. Designing and Building Parallel Programs, Addison-Wesley, 1995.
- Hennessy, J. L, Patterson, D. A. Computer Architecture: A Quantitative Approach (3a. edição), Morgan Kaufmann Publishers, 2003.
- Modi, J. J. Parallel Algorithms and Matrix Computation, Oxford University Press, 1988.
- Pacheco, P. Parallel Programming with MPI, Morgan Kaufmann Publishers, 1997.
- Pacheco, P. An Introduction to Parallel Programming, Morgan Kaufmann Publishers, 2011.

Código	Título	Créditos
CAP-378-1	Tópicos em Observação da Terra	1

Oferecida no 2º Período

Docente(s) Responsável(is): [Gilberto Queiroz](#) ✉ [Leonardo Bacelar Lima Santos](#) ✉

Ementa

Esta disciplina tem por objetivo situar como a computação como disciplina se insere nas atividades relativas aos programas espaciais no que toca os componentes de um Sistemas de Observação da Terra com uso de plataformas orbitais, desde o desenho das atividades de solo até o usuário final. Apresentam-se: um panorama geral sobre a história dos programas espaciais no mundo e em particular do programa espacial brasileiro é traçado; um histórico da participação do INPE nos programas de observação da Terra globais e regionais; as políticas relativas aos dados de sensoriamento remoto orbital; as missões do INPE relativas a esta parte do programa espacial. Aplicações em tecnologias de computação como banco de dados geográficos, processamento de imagens, sistemas de informação geográfica, análise espacial e outras metodologias para o tratamento computacional de dados de sensoriamento remoto orbital. É apresentada e a interface dessa tecnologia com um universo de aplicações que vão desde de monitoramento e alertas ambientais aos sistemas de vigilância em saúde em base territorial.

Bibliografia

- Baker, D.J. *Planet Earth: the View From Space*. Harvard, 1990.
- Lillesand, M. Kiefer, R. W. *Remote Sensing and Image Interpretation*. <http://www.biblio.com/books/144003002.html> . New York: John Willey & Sons Inc., 1994.
- Teses e dissertações do INPE e de outras agências espaciais e artigos científicos atuais.

Código	Título	Créditos
CAP-379-1	Tópicos em Ciências Espaciais	1

Oferecida no 2º Período

Docente(s) Responsável(is): [Reinaldo Roberto Rosa](#) ✉

Ementa

A disciplina apresenta, na sua primeira parte, um panorama sobre os principais tópicos de pesquisa em física solar e relações solares-terrestres, incluindo a descrição dos principais processos físicos que afetam a Terra e ocorrem na ionosfera, magnetosfera e meio-interplanetário. Na segunda parte, é apresentado um panorama sobre os principais tópicos de pesquisa envolvendo processos que ocorrem distantes do sistema solar, envolvendo estrelas e galáxias, abordados pela Astrofísica e Cosmologia, com destaque para os grandes desafios da ciência espacial computacional envolvendo Big Data e Data Science.

Bibliografia

- Hanslmeir, A., *The Sun and Space Weather*, 2007, Springer.
- Russell, C.T., Luhmann, J.G., *Space Physics: an Introduction*, Cambridge, 2016.
- von Steiger, R. , *Space physics—grand challenges for the 21st century*
- *Front. Phys.*, 21, 2013 | <https://doi.org/10.3389/fphy.2013.00006>
- Jain, P. *An Introduction to Astronomy and Astrophysics*, CRC Press, 2015.
- Hellings, P., *Astrophysics With a PC: An Introduction to Computational Astrophysics*, W&B, 2008.

Código	Título	Créditos
CAP-381-3	Redes Complexas, Dinâmica e Aplicações	3

Oferecida no 3º Período

Pré-Requisitos: CAP-368 - Introdução à Teoria de Sistemas Dinâmicos

Docente(s) Responsável(is): [Elbert Einstein Nehrer Macau](#) ✉ [Leonardo Bacelar Lima Santos](#) ✉ [Marcos Gonçalves Quiles](#) ✉

Ementa

Sincronização em Sistemas dinâmicos. Grafos. Redes e complexidade. Estrutura e topologia de redes complexas. Modelos de redes complexas. Análise de propagação de informações. Robustez. Sincronização e efeitos dinâmicos coletivos. Controle em redes complexas. Aplicações.

Bibliografia

- Alex, A.; Díaz-Guikera, A.; Kurths J., Moreno, Y., Zhou C. Synchronization in complex networks. *Physics Reports*, 469. 93-153. 2008.
- Barrat, A.; Barthélemy, M.; Vespignani, A. *Dynamical Processes on Complex Networks*, Cambridge, 2008.
- Boccaletti, S.; Latora, V.; Moreno, Y.; Chavez, M.; Hwang, D. -U. *Complex networks: Structure and dynamics*. *Physics Reports* 424. 175-308. 2006.
- Cohen, R.; Havlin, S. *Complex Networks: Structure, Robustness and Function*, Cambridge, 2010.
- Newman, M. E. J. *Networks: An Introduction*, Oxford. 2010.

Código	Título	Créditos
CAP-382-1	Tópicos em Tecnologias Espaciais	1

Oferecida no 3º Período

Docente(s) Responsável(is): [Elbert Einstein Nehrer Macau](#) ✉

Ementa

Abordar os aspectos relacionados à Engenharia aplicados no desenvolvimento das missões espaciais, incluindo projeto, manufatura, integração, teste e lançamento de artefatos espaciais; ambiente espacial; dinâmica de voo, atmosfera e efeitos da reentrada; fundamentos de determinação e controle de atitude e manobras orbitais; subsistemas estruturais, de controle térmico, suprimento de energia, comunicação, telemetria e telecomando, propulsão, carga útil; classificação de satélites e aplicações; fundamentos de constelações.

Bibliografia

- Angelo, J. A. *Space Technology, Sourcebooks in modern technology*. 2003.
- Bate, R. R.; Mueller, D. D.; White, J. E. *Fundamentals of Astrodynamics*. Dover. 1971.
- Bruca, L.; Douglas, J. P.; Sorensen, T. *Space Operations: Mission, Management, Technologies and Current Applications*, *Progress in Astronautics and Aeronautics*, AIAA v. 220, 2007.
- Doody, D. *The Basics of Space Flight*, JPL D-20120, CL-03-0371, 2008. *Technology Library*, 1999.
- Piscane, V. L.; Moore, R. C. *Fundamental of Space Systems*, Oxford, 1994.

- Wie, B. Space Vehicle Dynamics and Control, AIAA. 2008.

Código	Título	Créditos
CAP-384-3	Análise Wavelet I	3

Oferecida no 3º Período

Pré-Requisitos: Análise de Fourier, álgebra linear e programação nível básico

Docente(s) Responsável(is): [Margarete Oliveira Domingues](#) ✉

Ementa

Transformada de Fourier. Transformada janelada de Fourier. Introdução da transformada contínua de wavelet: definição, exemplos, planos de informação, escolha da função wavelet mãe, propriedades, teorema de Parseval, efeitos de fronteira, algoritmos, escalograma e suas relações com o espectro e funções de estrutura, aplicações a sinais e imagens. Introdução da transformada discreta de wavelet: discretização do espaço de wavelet, representações quasi-ortogonais, wavelet frames, bases wavelets ortogonais, propriedades, bancos de filtros, análise multirresolução, algoritmos de transformada rápida de wavelet, wavelets no intervalo, aplicações a sinais e imagens. Esquemas Lifting. Aplicações às ciências e tecnologias espaciais.

Bibliografia

- Chui, C. K. An Introduction to Wavelets, Volume 1 (Wavelet Analysis and Its Applications). Academic Press. 1991.
- Daubechies, I. Ten Lectures on Wavelets. SIAM, 1992, 61, 351.
- Farge, M. Wavelet transform and their applications to turbulence. Ann. Rev. FluidMech., 24:395-457, 1992.
- Frazier, M.W. An Introduction to Wavelets through Linear Algebra, Springer-Verlag, 1999.
- Mallat, S. A Wavelet Tour of Signal Processing. Academic Press, 1999.

Código	Título	Créditos
CAP-394-3	Introdução à Ciência de Dados	3

Oferecida no 2º Período

Docente(s) Responsável(is): [Gilberto Queiroz](#) ✉ [Rafael Santos](#) ✉

Ementa

O que é Ciência de Dados. Por que Ciência de Dados existe como disciplina. O papel de um Cientista de Dados. Outros papéis e atribuições em Ciência de Dados. Coleta e Descoberta de Dados. Proveniência e Anotação de Dados. Federação e Distribuição de Dados. Ferramentas para Ciência de Dados: Bancos de Dados, Inteligência Artificial e *Machine Learning*, Visualização. Implementação de algoritmos em R e Python. *Analytics* e Análise Exploratória de Dados. Pesquisa Reprodutível. Produtos baseados em Dados. Exemplos de aplicações, estudos de casos e desenvolvimento de projetos.

Bibliografia

- Roger D. Peng, Elizabeth Matsui, *The Art of Data Science: A Guide for Anyone who works with Data*, Leanpub, 2016.

- Rachel Schutt, Cathy O'Neill, *Doing Data Science: Straight Talk from the Frontline*, O'Reilly, 2014.
- Sebastian Gutierrez, *Data Scientists at Work*, APress, 2014.
- Harlan D. Harris, Sean Patrick Murphy, Marck Vaisman, *Analyzing the Analyzers: An Introspective Survey of Data Scientists and Their Work*, O'Reilly, 2013.

Código	Título	Créditos
CAP-395-3	Geoinformática	3

Trilha Ciência de Dados Geoespaciais

Oferecida no 2º Período

Pré-Requisitos: CAP-349-3 - Banco de Dados Geográficos

Docente(s) Responsável(is): [Gilberto Queiroz](#) ✉ [Karine Reis Ferreira](#) ✉ [Lúbia Vinhas](#) ✉

Ementa

Essa disciplina visa apresentar conceitos, metodologias e ferramentas na área de Geoinformática. Essa área trata da aplicação de métodos computacionais para solução de problemas que envolvem fenômenos sobre a superfície da Terra, e que são dinâmicos no tempo. Para isso, a disciplina traz ao aluno a compreensão dos conceitos relacionados à representação de dados espaço-temporais obtidos de fontes distintas, como séries temporais de imagens de satélite ou dados geográficos de colaboração voluntária (Volunteered Geographic Information – VGI). Serão estudadas tecnologias de armazenamento e processamento de dados espaço-temporais, com ênfase em big data, e plataformas de processamento desses dados. Também serão estudados métodos e tecnologias de compartilhamento e interoperabilidade de dados geográficos e dados espaço-temporais, através de serviços geográficos na web. A disciplina será baseada em aulas presenciais, discussão em grupo de artigos clássicos da literatura e de artigos recentes que apresentem o estado da arte nos temas relacionados, além de contar com laboratórios de exercícios práticos. Os tópicos principais da disciplina são:

- Representação, armazenamento e análise de dados espaço-temporais;
- Web services para dados geográficos;
- Interoperabilidade e padrões de serviços web geoespaciais;
- Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE), abordando exemplos de IDE's existentes, como a INDE - Infraestrutura de Dados Espaciais do Brasil e a INSPIRE da Comunidade Europeia;
- Volunteered Geographical Information (VGI) and citizen science;
- Conceitos e ferramentas para processamento e análise de grandes volumes de dados espaço-temporais;
- Cubos de dados de observação da Terra;
- Plataformas para gerência e armazenamento de grandes volumes de dados geoespaciais;
- Conceitos de ciência aberta e reprodutibilidade na área geoespacial.

Bibliografia

- 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.
- Vinhas, Lúbia, et al. "Web Services for Big Earth Observation data". *GeoInfo.* (2016).
- Güting, R. H.; Schneider, M. "Moving Objects Databases". Morgan Kaufmann, 2005.

- Baumann, Peter. "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).
- Goodchild, Michael F. "Citizens as sensors: the world of volunteered geography". *GeoJournal* 69.4 (2007): 211-221.
- Gorelick, Noel, et al. "Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone". *Remote Sensing of Environment* (2017).
- Grainger, Alan. "Citizen Observatories and the New Earth Observation Science". *Remote Sensing* 9.2 (2017): 153.
- Lewis, Adam, et al. "The Australian Geoscience Data Cube—Foundations and lessons learned". *Remote Sensing of Environment* (2017).
- Mooney, Peter, et al. "Towards a Protocol for the Collection of VGI Vector Data". *ISPRS International Journal of Geo-Information* 5.11 (2016): 217.
- See, Linda, et al. "Crowdsourcing, citizen science or volunteered geographic information? The current state of crowdsourced geographic information". *ISPRS International Journal of Geo-Information* 5.5 (2016): 55.
- Siabato, Willington, 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.

Código	Título	Créditos
CAP-398-3	Modelagem e Aplicações de Sistemas Reativos Complexos	3

Oferecida no 2º Período

Pré-Requisitos: Conhecimentos de Programação

Docente(s) Responsável(is): [Nandamudi Lankalapalli Vijaykumar](#) ✉

Ementa

Conceitos de Sistemas Complexos e Sistemas Reativos. Necessidade de modelagem de tais sistemas. Representação de Encapsulamento e de Atividades Concorrentes. Técnicas de representação de Sistemas Reativos. Diagramas de Estados e Transições. Máquinas de Estados Finitos, Redes de Filas, Redes de Petri e Statecharts. Conceitos de Avaliação de Desempenho. Conceitos básicos de Cadeias de Markov. Conceitos de Simulação. Conceitos de Testes de Software. Conceitos de Grafos. Testes Caixas Preta e Branca. Critérios e Métodos de Geração de Testes. Por que modelar uma Especificação de Software ou Código?

Bibliografia

- Beizer, B. *Black-box Testing Techniques for Functional Testing of Software and Systems*. John Wiley & Sons, 1995.
- Binder, R. *Testing Object-Oriented Systems: Models, Patterns and Tools*. Addison-Wesley, 2001.
- Bobbio, A. *System Modeling with Petri Nets*. In: *System Reliability Assessment*. Editors: A. G. Colombo & S. Bustamante. Kluwer p.c.. 102-143. 1990.
- Bolch, G.; Greiner, S.; de Meer, H.; Trivedi, K.S. *Queuing Networks and Markov Chains: Modeling and Performance Evaluation with Computer Science Applications*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998.

- Booch, G.; Rumbaugh, J.; Jacobson, I. The Unified Modeling Language User Guide. Addison-Wesley Longman Inc., 1999.
- Chwif, L.; Medina, A. C. Modelagem e simulação de eventos discretos. 4ª ed., Campus Elsevier, 2014.
- Delamaro, M.; Jino, M.; Maldonado J. Introdução ao Teste de Software. 2a Ed. Elsevier, 2016.
- Feng, T. H.; Lee, E. A.; Liu, X.; Motika, C.; von Hanxleden, R.; Zheng, H. Finite State Machines. In: System Design, Modeling and Simulation using Ptolemy II. Chapter 6. Editor: Claudius Ptolemaeus. 187-231. 2014.
- Harel, D.; A Visual Formalism for Complex Systems. Science of Computer Programming. Vol. 8. 231-274. 1987.
- Harel, D.; M. Modleing Reactive Systems with Statecharts: The Statemate Approach. McGraw-Hill, 1998.
- Lee, D.; Yannakakis, M. Principles and Methods of Testing Finite State Machines. Proceedings of the IEEE. Vol. 84(8). August 1996.
- Liberopoulos, G.; Papadopoulos, C.T.; Tan, B.: Smith, J.M.; Gershwin, S.B. (Eds.) Stochastic Modeling of Manufacturing Systems: Advances in Design, Performance Evaluation, and Control Issues, Springer-Verlag, 2006.
- Murata, T. Petri Nets: Properties, Analysis and Applications. Proceedings of the IEEE. Vol. 77(4). April 1989.
- Myers, G. J. The Art of Software Testing, John-Wiley & Sons, Inc., 2004.
- Pressman, R.S. Software Engineering - A Practitioner's Approach. McGraw-Hill International, 2004.

Código	Título	Créditos
CAP-399-3	Programação de Sistemas Massivamente Paralelos	3

Oferecida no 2º Período

Pré-Requisitos: CAP-372 - Processamento de Alto Desempenho ou curso equivalente de outra instituição. Experiência em C, C++, Fortran em ambiente Linux. Conhecimentos mínimos de Arquitetura de Computadores.

Docente(s) Responsável(is): [Celso Luiz Mendes](#) ✉ [Stephan Stephany](#) ✉

Ementa

Modelos e Medição de Desempenho. Arquiteturas Massivamente Paralelas atuais. Hierarquias de Memória, Caches e Desempenho relativo. Pipelining, Vetorização, Lei de Moore. Speedup, Lei de Amdahl e n1/2. Programação Avançada em Memória Compartilhada. Interconexões e Aspectos de Desempenho. Programação avançada em Memória Distribuída. Troca de Mensagens, Operações Ponto-a-Ponto e Sincronização. Topologias, Operações coletivas e Otimizações. I/O Paralelo. Técnicas de Tolerância a Falhas.

Bibliografia

- Gropp, W.; Hoefler, T.; Thakur, R.; Lusk, E. Using Advanced MPI. MIT Press, 2014.
- Pacheco, P. An Introduction to Parallel Programming. Morgan Kaufmann, 2011.

Código	Título	Créditos
CAP-406-3	Análise de Wavelet II	3

Oferecida no 1º Período

Pré-Requisitos: Conhecimentos de Análise de Fourier, análise wavelet, álgebra linear, equações diferenciais parciais

(EDPs), métodos numéricos para EDPs e programação nível médio
Docente(s) Responsável(is): [Margarete Oliveira Domingues](#) ✉

Ementa

Revisão de transformada contínua e discreta de wavelet. Aplicações à análise numérica: representação de operadores, norma de equivalência e pré-condicionamento de matrizes, aproximações não lineares, malhas adaptativas, estimativas de erro, estratégias adaptativas para equações diferenciais parciais evolutivas, evolução de termos não lineares, colocação em malhas adaptativas, compressão de operadores, equações parciais elípticas. Aplicações a ciências atmosféricas e espaciais.

Bibliografia

- Holmström, M. Wavelet Based Methods for Time Dependent PDEs. Uppsala University, 1997.
- Müller, S. Adaptive Multiscale Schemes for Conservation laws. Lectures Notes in Computational Sciences and Engineering vol. 27. Springer. 2003.
- Urban, K. Wavelets in Numerical Simulation. Problem Adapted Construction and Applications. Lectures Notes in Computational Sciences and Engineering vol. 22. Springer. 2000.
- Urban, K. Wavelets Methods for Partial Differential Equations. Oxford. 2009.

Código	Título	Créditos
CAP-408-3	Computação Aplicada às Ciências Atmosféricas	3

Oferecida no 2º Período

Docente(s) Responsável(is): [Alan Calheiros](#) ✉

Ementa

O papel da computação nas ciências atmosféricas e conceitos básicos sobre meteorologia e previsão; Técnicas computacionais em sensoriamento remoto da atmosfera: Estimativa de parâmetros meteorológicos; Processamento de dados meteorológicos; Monitoramento e previsão de eventos meteorológicos a partir de técnicas estatísticas e Inteligência Artificial; Análise das incertezas associadas a previsão de tempo e clima; Novas tecnologias no desenvolvimento da aplicação das ciências atmosféricas.

Bibliografia

- Bringi, V. N, and V. Chandrasekar. Polarimetric Doppler weather radar: principles and applications. Cambridge university press, 2001.
- Cotton, W. R.; Anthes, R. A. Storm and Cloud Dynamics. New York: Academic Press, 1989.
- Holton, J.R. An introduction to Dynamic Meteorology. New York, Academic Press, Inc., 4ª ed., 2004, 511 p.
- Kalnay, E. 2003: Atmospheric modeling: data assimilation and predictability. Cambridge, UK. Cambridge University Press.
- Kidder, S. Q.; Vonder Haar, T. H. Satellite Meteorology: An Introduction. San Diego, CA, Academic Press, 1995.
- Liou, K. N. An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press, 2a ed, 2002.
- Peixoto, J. P.; Oort, A. R. Physics of Climate. New York, American Institute of Physics, 1992.
- Petty, G. W. A first course in atmospheric radiation. Sundog Pub, 2006.

- Rinehart, Ronald E. Radar for meteorologists. Fifth edition. 2010.
- Wallace, J. M.; Hobbs, P. V. Atmospheric Science: an Introductory Survey. Academic Press, 2a ed., 2006, 504p.
- Wilks D.S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 2nd Edition. Academic Press, 2006. 627p.
- Artigos especializados em revistas científicas internacionais e materiais didáticos desenvolvidos por centros de excelência em meteorologia, computação e áreas correlatas.

Código	Título	Créditos
CAP-417-3	Estatística Computacional	3

Trilha **Modelagem Computacional de Fenômenos Naturais**

Oferecida no 1º Período

Docente(s) Responsável(is): [Leonardo Bacelar Lima Santos](#) ✉ [Reinaldo Roberto Rosa](#) ✉ [Valdivino Alexandre de Santiago Junior](#) ✉

Ementa

Estatística descritiva, regressão e teste de hipótese. Caminhada aleatória e Métodos de Monte Carlo. Domínio da frequência, Série e Transformada de Fourier. Análise Computacional de Séries temporais. Definição de Model Checking Probabilístico. Processos estocásticos: cadeias de Markov em tempo discreto e cadeias de Markov em tempo contínuo. Lógicas probabilísticas. Aplicações em Engenharia e Ciência da Computação para as áreas Aeroespacial e Ambiental.

Bibliografia

- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. Estatística básica. 6ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010
- PROAKIS, J. G. Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications, 2000.
- BAIER, C.; KATOEN, J. P. Principles of model checking. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2008.
- ROSS, S. M. Introduction to Probability Models. 9th ed. Boston: Academic Press, 2006
- ROSA, R.R., Análise Estatística e Espectral de Processos Não-Lineares: uma abordagem computacional em Python, KNOBOOK, 2021.
- WALPOLE, R. E.; MYERS, R. H.; MYERS, S. L.; YE, K. Probability & Statistics for Engineers & Scientists. Boston, MA, USA: Pearson Education, Inc., 2012

Código	Título	Créditos
CAP-418-4	Métodos Numéricos I	4

Trilha **Matemática Aplicada e Computacional**

Oferecida no 1º Período

Docente(s) Responsável(is): [Leonardo Bacelar Lima Santos](#) ✉ [Reinaldo Roberto Rosa](#) ✉

Ementa

Computador eletrônico-digital; Representação de Sistemas numéricos e erro; Interpolação Polinomial; Solução de equações lineares (escalar); Matrizes e Sistemas de equações lineares; Zeros de funções não-lineares; Diferenciação e Integração numérica; Solução numérica de equações diferenciais e sistemas de equações diferenciais; Série e Transformada de Fourier; Noções de Equações Diferenciais Estocásticas.

Bibliografia

- Ruggiero, M. A. R.; Lopes, V. L. R. Cálculo numérico aspectos teóricos e computacionais. Editora Pearson Education, 2a edição, 1996.
- Hoffman, J. D. Numerical Methods for Engineers and Scientists. McGraw-Hill. 1993.
- Conte, S. D.; de Boor, C. Elementary Numerical Analysis: an algorithm approach 3rd Ed. McGraw-Hill. 1987.
- Proakis, John G.; Manolakis, Dimitris K. Digital Signal Processing, 4ed.

Código	Título	Créditos
CAP-419-3	Introdução à Programação com Dados Geoespaciais	3

Oferecida no 1º Período

Docente(s) Responsável(is): [Gilberto Queiroz](#) ✉ [Thales Sehn Körting](#) ✉

Ementa

Na era do big data, os profissionais necessitam cada vez mais de conhecimentos em programação para serem capazes de realizar análise de dados de maneira rápida e prática. Essa disciplina é voltada ao ensino da arte de programação de computadores através de problemas práticos usando dados geoespaciais. Não é exigida experiência prévia de programação. O curso irá apresentar conceitos, técnicas e ferramentas computacionais para apoio ao ciclo de pesquisa em Ciência de Dados Geoespaciais, 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. Os tópicos principais da disciplina são:

- 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).
- Literate Computing: Ambientes de Computação Interativa; Projeto Jupyter; Criação de Jupyter Notebooks; Compartilhamento de Jupyter Notebooks.

Bibliografia

- John V. Guttag. Introduction to Computation and Programming Using Python - With Application to Understanding Data. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA, 2nd edition, 2016.
- Mark Lutz. Learning Python. O'RELLY, CA, USA, 5th edition, 2013.
- Kluyver, Thomas, et al. "Jupyter Notebooks – a publishing format for reproducible computational workflows". Loizides, Fernando and Schmidt, Birgit (eds.). In Positioning and Power in Academic Publishing: Players, Agents and Agendas. IOS Press, 2016. pp. 87-90.
- Adam Rule, Aurélien Tabard, and James D. Hollan. 2018. Exploration and Explanation in Computational Notebooks. In Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Paper 32, 1–12.

- Casanova, M.; Câmara, G.; Davis, C.; Vinhas, L.; Queiroz, G. (org), Bancos de Dados Geográficos. São José dos Campos, MundoGEO, 2005.
- 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.

Código	Título	Créditos
CAP-420-3	Métodos Numéricos II	3

Trilha **Matemática Aplicada e Computacional**

Oferecida no 2º Período

Docente(s) Responsável(is): [Haroldo Fraga de Campos Velho](#) ✉

Ementa

Resolução de equações diferenciais parciais pelos métodos de diferenças finitas: equação de convecção, equação de convecção-difusão, equação da onda. Serão abordados consistência, ordem e convergência das aproximações de diferenças finitas, método ADI, métodos de Euler explícito e implícito, Crank-Nicholson, métodos tipo Lax-Wendroff, Richardson, MacCormack e o método das características.

Bibliografia

- Carnahan, B.; Luther, A.H.; Wilkes, J.O. Applied Numerical Methods, John Wiley & Sons, 1969.
- Conte, S.D.; de Boor, C. Elementary Numerical Analysis, McGraw-Hill, 1965.
- Hoffman, J.D. Numerical Methods for Engineers and Scientists, McGraw-Hill (Mechanical Engineering Series), 1993.
- Smith, G.D. Numerical Solution of Partial Differential Equations: Finite Difference Methods, Oxford University Press, 3th ed, 1985.

Código	Título	Créditos
CAP-421-3	Aprendizado Profundo	3

Trilha **Inteligência Artificial Aplicada**

Oferecida no 3º Período

Docente(s) Responsável(is): [Valdivino Alexandre de Santiago Junior](#) ✉ [Elcio Hideiti Shiguemori](#) ✉ [Thales Sehn Körting](#) ✉

Ementa

Definição e aplicações de Aprendizado Profundo. Noções básicas de Processamento Digital de Imagens. Convolução: Padding, Dimensão de Filtro, Stride, Dilatação. Revisão de Redes Neurais Perceptron de Múltiplas Camadas com Algoritmo de Retropropagação. Funções de Perda e Otimizadores. Redes Neurais Convolucionais (CNNs). Camadas Convolucionais, Pooling e Totalmente Conectadas. Funções de Ativação. Normalização em Lote. Dropout. Transferência de Aprendizado. Data Augmentation. Sintonização de Hiperparâmetros. Exemplos de Arquiteturas de CNN. Redes Neurais Recorrentes (RNNs). Modelos Generativos. Redes Adversárias Generativas (GANs). Aprendizado por Reforço Profundo.

Bibliografia

- I. Goodfellow, Y. Bengio and A. Courville. Deep Learning. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2016. 775 p.
- F. Chollet. Deep Learning with Python. Shelter Island, NY, USA: Manning Publications, 2018. 384 p.
- J. Patterson and A. Gibson. Deep Learning: A Practitioner's Approach. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2017. 538 p.
- S. Raschka and V. Mirjalili. Python Machine Learning - Second Edition: Machine Learning and Deep Learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow. Birmingham, UK: Packt Publishing, 2017. 624 p.

Código	Título	Créditos
CAP-422-3	Física Matemática Computacional	3

Trilha **Matemática Aplicada e Computacional**

Oferecida no 3º Período

Docente(s) Responsável(is): [Reinaldo Roberto Rosa](#) ✉

Ementa

Introdução às estruturas algébricas e matemática simbólica no SymPy. Álgebra tensorial (tensores, vetores e escalares).

Campos escalares e vetoriais. Método Variacional: Langreana e Hamiltoniana. Funções de variáveis complexas; Funções especiais; Funções de Green;

Teoria das Distribuições; Teoria das Perturbações; Teoria de Grupos; Modelos algébricos e geométricos da física matemática.

Geração e caracterização computacional de processos em campos escalares e vetoriais com exemplos em física espacial.

Bibliografia

- Anderssen, R. S.; Watts, R. O. Computational Methods in Mathematical Physics, University of Queensland Press, 1975.
- Boas, M. L. ; Mathematical Methods in the Physical Sciences, Wiley, New York, 2006.
- Butkov, E.; Física-Matemática, LTC, 1988.
- Chun, W. and Rosa, R.R., Introdução à Matemática Simbólica no SymPy. Knobook, 2021.
- Kusse, B.R., Westwig, E.A.; Mathematical Physics, Wiley-VCH, 2006.

Código	Título	Créditos
CAP-423-4	Ciência de Dados Geoespaciais	4

Trilha **Ciência de Dados Geoespaciais**

Oferecida no 3º Período

Docente(s) Responsável(is): [Gilberto Queiroz](#) ✉ [Karine Reis Ferreira](#) ✉ [Lúbia Vinhas](#) ✉ [Rafael Santos](#) ✉
[Thales Sehn Körting](#) ✉

Ementa

Essa disciplina foca em pesquisas e aplicações com dados geospaciais, as quais incluem técnicas de manipulação de imagens, análise de séries temporais e métodos de machine learning para identificar padrões e extrair informações de dados espaço-temporais e de imagens de sensoriamento remoto. De caráter prático, serão abordadas aplicações em que as técnicas de pré-processamento, medidas de similaridade, filtros, extração de atributos, segmentação, clustering, classificação e validação, são empregadas na produção de mapas de uso e cobertura da Terra. Também serão estudados diferentes métodos de análise de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto, como TWDTW, TimeSat e BFast. A disciplina é baseada em aulas teóricas e práticas, além de discussão e reprodução de artigos bem conhecidos da literatura, que apresentem o estado da arte nos temas relacionados. Os tópicos principais da disciplina são:

- Introdução a dados espaço-temporais e séries temporais de imagens de sensoriamento remoto;
- Análise de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto, incluindo uso de filtros, extração de atributos, medidas de similaridade e clustering;
- Segmentação de Imagens;
- Análise de amostras de uso e cobertura da Terra utilizando redes neurais;
- Classificação de uso e cobertura da Terra utilizando métodos de Machine Learning e Deep Learning;
- Análise de trajetórias de uso e cobertura da Terra;

Bibliografia

- Adeu, R. S. S.; Ferreira, K. R.; Andrade, P. R.; Santos, L. "Assessing Satellite Image Time Series Clustering Using Growing SOM". In: Gervasi O. et al. (eds) Computational Science and Its Applications ICCSA 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12253. Springer, Cham. University of Cagliari, Cagliari, Italy. July-1-4, 2020.
- Ferreira, K. R., et al. "Earth Observation Data Cubes for Brazil: Requirements, Methodology and Products". Remote Sens. 2020, 12, 4033.
- Maciel, A.; Camara, G.; Vinhas, L.; Picoli, M.; Begotti, R.; Assis, L. "Spatiotemporal interval logic for reasoning about land use change dynamics". Inter. Journal of Geographical Information Science, 33(1):176-192, 2019.
- Maciel, A.; Picoli, M.; Vinhas, L.; Camara, G. "Identifying Land Use Change Trajectories in Brazil's Agricultural Frontier" Land 9, no. 12: 506, 2020.
- Maretto, R. V.; et al. "Spatio-Temporal Deep Learning Approach to Map Deforestation in Amazon Rainforest". IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, v. 1, p. 1-5, 2020.
- Maus, V.; et al. "A Time-Weighted Dynamic Time Warping Method for Land-Use and Land-Cover Mapping". IEEE J-STARS, v. 9, p. 1-11, 2016.
- Monteiro, D. V.; Santos, R. D. C.; Ferreira, K. R. "Mining Partners in Trajectories". International Journal of Data Warehousing and Mining, v. 16, p. 22-38, 2020.
- Neves, A. K.; et al. "Assessment of TerraClass and MapBiomas data on legend and map agreement for the Brazilian Amazon biome". ACTA AMAZONICA, v. 50, p. 170-182, 2020.
- Picoli, M. C. A.; et al. "CBERS Data Cube: A Powerful Technology for Mapping and Monitoring Brazilian Biomes". In: XXIVth International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) Congress. Virtual Event. August 31 to September 2, 2020.
- Santos, L.; Ferreira, K. R.; Picoli, M.; Camara, G. "Self-Organizing Maps in Earth Observation Data Cubes Analysis". 13th International Workshop on Self-Organizing Maps and Learning Vector Quantization, Clustering and Data Visualization (WSOM+ 2019), Barcelona, Spain, June 26-28, 2019.
- A. Soares, T. Körting, L. Fonseca and H. Bendini, "Simple Nonlinear Iterative Temporal Clustering," in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, doi: 10.1109/TGRS.2020.3033266.

- Simoes, R.; et al. "Land use and cover maps for Mato Grosso State in Brazil from 2001 to 2017". Scientific Data, v. 7, p. 34, 2020.

Código	Título	Créditos
CAP-424-3	Lógica Nebulosa	3

Trilha **Inteligência Artificial Aplicada**

Oferecida no 3º Período

Docente(s) Responsável(is): [Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães](#) ✉

Ementa

Conceitos Nebulosos: conjuntos nebulosos versus conjuntos cristalinos, singleton, função de pertencimento, variável nebulosa, Universo de Discurso, Variável Linguística e seus significados, Princípio da Extensão, Alpha-cuts, Princípio da Resolução, relações nebulosas, números nebulosos e suas operações, descrições linguísticas e suas formas analíticas, controle nebuloso sem feedback, sistemas dinâmicos sem controle, sistemas dinâmicos e o controle PI/PID, sistemas dinâmicos e controle nebuloso (com feedback), e trabalho de desenvolvimento de controle nebuloso aplicado a um sistema dinâmico escolhido pelo aluno.

Bibliografia

- Tsoukalas, L. H.; Uhrig, R. E. Fuzzy and Neural Approaches in Engineering, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1997.
- Hines, J. W.; MATLAB Supplement to Fuzzy and Neural Approaches in Engineering, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1997.
- Shaw, I.S.; Simões, M.G. Controle e Modelagem Fuzzy, Editora Edgard Blücher, Ltda., 1999.
- Tanaka, K. An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications, Springer-Verlag, 1997.

Código	Título	Créditos
CAP-425-3	Tópicos Avançados em Modelagem Ambiental	3

Trilha **Modelagem Computacional de Fenômenos Naturais**

Oferecida no 3º Período

Docente(s) Responsável(is): [Leonardo Bacelar Lima Santos](#) ✉ [Stephan Stephany](#) ✉

Ementa

Anomalias e eventos extremos. Fundamentos estatísticos. Monitoramento e detecção de mudanças. Exemplos envolvendo Geoestatística e Aprendizado de Máquina. Aplicações em clima espacial - cintilação ionosférica, e hidrologia - inundações e alagamentos urbanos.

Bibliografia

- Albeverio, S., Jentsch, V., Kantz, H. (2006). Extreme Events in Nature and Society, Springer.
- Stephan et al. (2019) Data Mining Approaches to the Real-Time Monitoring and Early Warning of Convective Weather Using Lightning Data. Towards Mathematics, Computers and Environment: A Disasters Perspective. Editors: Santos, L. B. L., Negri, R. G., Carvalho, T. J. (Eds.), Springer.

- Santos, L. B. L. et al. (2019) About Interfaces Between Machine Learning, Complex Networks, Survivability Analysis, and Disaster Risk Reduction. Towards Mathematics, Computers and Environment: A Disasters Perspective. Editors: Santos, L. B. L., Negri, R. G., Carvalho, T. J. (Eds.), Springer.

Código	Título	Créditos
CAP-460-3	Ótica Computacional	3

Oferecida no 3º Período

Pré-Requisitos: Conhecimentos de Análise de Fourier, análise wavelet, álgebra linear, equações diferenciais parciais (EDPs), métodos numéricos para EDPs e programação nível médio

Docente(s) Responsável(is): [Haroldo Fraga de Campos Velho](#) ✉

Ementa

Uma introdução histórica sobre a natureza da luz; a equação de transferência radiativa (ETR) na sua forma integro-diferencial e integral, casos particulares da ETR; soluções analíticas para ETR: os métodos de case e de Wiener-Hopf para a ETR; soluções computacionais para ETR: Método de Monte Carlo, método Sn e algumas variantes; método Pn. Aplicações: Sensoriamento Remoto, física médica e problemas inversos em ótica computacional.

Bibliografia

- Bell, G. I. Glasstone, S. Nuclear Reactor Theory, Robert E. Krieger, 1979.
- Case, K. M.; Zewifel, P. F. Linear Transport Theory, Addison-Wesley, 1997.
- Chandrasekhar, S. Radiative Transfer, Dover, 1960.
- Goody, R. M.; Yung, Y. L. Atmospheric Radiation: Theoretical Basis, Oxford University Press, 1989.
- Hecht, E. Optics, Addison-Wesley, 1987.

Código	Título	Créditos
CAP-465-4	Modelagem e Simulação de Sistemas Terrestres	4

Trilha **Modelagem Computacional de Fenômenos Naturais**

Oferecida no 2º Período

Docente(s) Responsável(is): [Pedro Ribeiro de Andrade Neto](#) ✉ [Gilberto Câmara](#) ✉

Ementa

A Ciência do Sistema Terrestre é uma área interdisciplinar que lida com os diferentes aspectos da interação entre sociedade e natureza. Este curso aborda os fundamentos básicos de interações natureza-sociedade por meio de modelos de simulação computacional. São apresentados três paradigmas de modelagem: dinâmica de sistemas, autômatos celulares, e modelagem baseada em agentes. Os temas abordados incluem: (a) Recursos renováveis e não renováveis; (b) Epidemiologia; (c) Modelos ecológicos predador-presa; (d) Hidrologia; (e) Mudança de uso da terra.

Bibliografia

- Ford, A. Modeling the Environment (2nd edition), Island Press, 2010.
- Meadows, D. Thinking in Systems, Chelsea Publishing, 2008.

- Miller, J. H.; Page, S. Complex Adaptive Systems, Princeton University Press, 2007.
- Batty, M. Cities and Complexity. MIT Press, 2007.
- Nowak, M. A. Evolutionary Dynamics: Exploring the Equations of Life, Harvard University Press, 2006.

Código	Título	Créditos
CAP-501-0	Seminários em Computação Aplicada I	0

Oferecida durante todo o ano

Docente(s) Responsável(is): [Rafael Santos](#) ✉ [Nandamudi Lankalapalli Vijaykumar](#) ✉

Ementa

Palestras ministradas por docentes da CAP e convidados externos, abordando tópicos diversos em Computação e Matemática Aplicada.

Código	Título	Créditos
CAP-502-0	Seminários em Computação Aplicada II	0

Oferecida durante todo o ano

Docente(s) Responsável(is): [Rafael Santos](#) ✉ [Nandamudi Lankalapalli Vijaykumar](#) ✉

Ementa

Palestras ministradas por docentes da CAP e convidados externos, abordando tópicos diversos em Computação e Matemática Aplicada.

Código	Título	Créditos
CAP-730-0	Pesquisa de Mestrado em Computação Aplicada	0

Pré-Requisitos: Não há

Docente(s) Responsável(is): Orientador de Pesquisa

Ementa

Não conta créditos. A matrícula é obrigatória para todo aluno de mestrado em fase de pesquisa, definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa, que avaliará o desempenho do aluno nessa atividade. A matrícula é obrigatória também para alunos que não tenham Orientador de Pesquisa oficializado e não estejam matriculados em nenhuma disciplina. Nesse caso, a orientação e a avaliação do aluno deverão ser feitas por docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico.

Código	Título	Créditos
CAP-750-12	Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada	12

Pré-Requisitos: Ter a proposta de Mestrado aceita

Docente(s) Responsável(is):

Ementa

12 Créditos. Trabalho Final do Curso de Mestrado.

Código	Título	Créditos
CAP-780-0	Pesquisa de Doutorado em Computação Aplicada	0

Pré-Requisitos: Não há

Docente(s) Responsável(is): Orientador de Pesquisa

Ementa

Não conta créditos. A matrícula é obrigatória para todo aluno de doutorado em fase de pesquisa, definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa, que avaliará o desempenho do aluno nessa atividade. A matrícula é obrigatória também para alunos que não tenham Orientador de Pesquisa oficializado e não estejam matriculados em nenhuma disciplina. Nesse caso, a orientação e a avaliação do aluno deverão ser feitas por docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico.

Código	Título	Créditos
CAP-800-36	Tese de Doutorado em Computação Aplicada	36

Pré-Requisitos: Ter a proposta de Doutorado aceita

Docente(s) Responsável(is):

Ementa

36 Créditos. Trabalho Final do Curso de Doutorado.

Catálogo aprovado pelo CPG em 26/01/2021