

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE

Coordenador Acadêmico

Kleber Pinheiro Naccarato, Doutor, INPE, 2005

Corpo Docente

Docentes Permanentes

Ana Paula Dutra de Aguiar – Doutora, INPE, 2006
Angélica Giarolla – Doutora, UNICAMP, 2003
Carlos Afonso Nobre – Ph.D., MIT, 1983
Celso von Randow – Ph.D., Wageningen Univ. & Res. Centre, 2007
Dalton de Morisson Valeriano – Ph.D., Univ. Of Califórnia, 1996
Daniel Andrés Rodriguez – Doutor, INPE, 2011
Ênio Bueno Pereira – Ph.D., W. M. Rice University, 1980
Gilberto Câmara – Doutor, INPE, 1995
Gilvan Sampaio de Oliveira – Doutor, INPE, 2008
Javier Tomasella – Doutor, UFRGS, 1995
Jean Pierre Henry Balbaud Ometto – Doutor, USP, 2001
Laura de Simone Borma – Doutora, UFRJ, 1998
Luciana Vanni Gatti – Ph.D., NOAA, 2003
Maria Cristina Forti, Doutora, USP, 1989
Maria Isabel Sobral Escada – Doutora, INPE, 2003
Mariane Mendes Coutinho – Ph.D., Univ. of Reading, 2004
Pedro Ribeiro de Andrade Neto – Doutor, INPE, 2010
Plínio Carlos Alvalá, Doutor – INPE, 1995
Regina Célia dos Santos Alvalá – Doutora, INPE, 1993
Silvana Amaral Kampel – Doutora, USP, 2003
Victor Marchesini – Doutor, UFSCar, 2013

Docentes Colaboradores

Antonio Donato Nobre – Ph.D., Univ. of New Hampshire, 1994
José Antônio Marengo Orsini – Ph.D., Univ. of Wisconsin, 1991
Gustavo Felipe Balué Arcoverde – Doutor, INPE, 2014
Kleber Pinheiro Naccarato – Doutor, INPE, 2005
Lincoln Muniz Alves – Doutor, INPE, 2016
Luz Adriana Cuartas Pineda – Doutora, INPE, 2008
Manoel Ferreira Cardoso – Ph.D., Univ. of New Hampshire, 2004
Myanna Hvid Lahsen, Ph.D., Rice Univ., 1998

CURSO DE CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE

PROGRAMAÇÃO ANUAL PARA O DOUTORADO

1º Período Letivo

CST-201-4	Introdução à Ciência do Sistema Terrestre*	Dr. Antonio Donato Nobre, Dr. Carlos Afonso Nobre
CST-300-3	Fundamentos das Ciências Sociais: Perspectiva Interdisciplinar*	Dr. Victor Marchezini Dr. Diógenes Alves Sala
CST-311-0	Metodologia de Pesquisa Científica*	Dr. Pedro R. Andrade, Dr. Gilberto Câmara
CST-501-0	Seminários de Pesquisa Interdisciplinar*	Dr. Kleber Pinheiro Naccarato

2º Período Letivo

CST-323-4	Introdução à Modelagem do Sistema Terrestre*	Dra. Mariane Mendes Coutinho, Dr. Pedro R. Andrade, Dr. Gilberto Câmara
CST-328-3	Transição Energética e Desenvolvimento	Dr. Ênio Bueno Pereira
CST-308-3	Desastres Naturais	Dra. Regina C. dos Santos Alvalá Dr. Daniel Andrés Rodriguez
CST-310-3	População, Espaço e Meio Ambiente	Dra. Silvana Amaral Kampel
CST-312-3	Padrões e Processos em Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra	Dra. Maria Isabel Sobral Escada
CST-329-3	Processos Hidrológicos e Ecohidrologia	Dra. Laura De Simone Borma
CST-321-3	Paleoclimatologia	Dr. Gilvan Sampaio de Oliveira Dr. Manoel Ferreira Cardoso
CST-501-0	Seminários de Pesquisa Interdisciplinar*	Dr. Kleber Pinheiro Naccarato

3º Período Letivo

CST-324-4	Ciclos Biogeoquímicos Globais	Dr. Jean Pierre H. B. Ometto Dr. Plínio Carlos Alvalá Dra. Maria Cristina Forti
CST-330-3	Modelagem Ambiental para a Conservação da Biodiversidade	Dra. Silvana Amaral Kappel Dr. Dalton de Morisson Valeriano
CST-313-3	Mudanças Climáticas Globais: Modelagem e Observações	Dr. José Antônio Marengo Orsini, Dr. Gilvan Sampaio de Oliveira
CST-319-3	Modelagem Hidrológica	Dr. Javier Tomasella, Dra. Luz Adriana Cuartas Pineda
CST-320-3	Interações Biosfera-Atmosfera	Dr. Celso von Randow Dra. Luciana Vanni Gatti
CST-401-3	Modelagem de Mudanças de Uso e Cobertura da Terra	Dra. Ana Paula Dutra de Aguiar
CST-322-3	Conservação do Solo: Importância para a Biodiversidade	Dra. Angélica Giarolla
CST-325-3	Mudanças Hidrológicas	Dr. Daniel Andres Rodriguez
CST-326-4	Fenômenos Elétricos Globais	Dr. Kleber Pinheiro Naccarato
CST-501-0	Seminários de Pesquisa Interdisciplinar*	Dr. Kleber Pinheiro Naccarato

* **Disciplinas obrigatórias.** Todas as demais são optativas.

CURSO DE CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE

EMENTAS DAS DISCIPLINAS

1º PERÍODO LETIVO

CST-201-4	Introdução à Ciência do Sistema Terrestre
------------------	--------------------------------------------------

O curso se propõe a introduzir a ciência do Sistema Terrestre para os alunos do programa de doutorado. Apresentando o quadro maior da Terra, visa a compreensão de seus sistemas físicos, químicos, biológicos e humanos, sua origem, sua evolução, seu funcionamento e as interações entre os componentes e fatores que tornam esse um planeta habitável e resiliente. Como os alunos admitidos são oriundos de formações díspares, o curso revisa as ciências básicas e aplicadas requeridas como fundamento para a abordagem holística do programa, nivelando um entendimento que viabiliza o diálogo interdisciplinar, algo essencial para compreender a Terra em toda sua complexidade.

Ementa

Filosofia - Cognição e neurociência, aprendizagem, foco, abrangência, abordagens, perspectivas, imaginação, intuição, conhecimento, saber, experiência. **Matemática** - Língua da natureza; significado e busca de simetrias esqueleto lógico e suporte na construção das demais ciências. **Física** - Leis da natureza, dimensões, organização, fenômenos, ação e reação, entidades. Tempo, espaço, energia, força, massa, campos, estados da matéria. **Química** - associações e combinações de entidades, eletrosfera, átomo, molécula, substâncias, propriedades das entidades e suas alterações. Escalas. Tabela periódica, arquitetura atômica e molecular. **Astrofísica e Cosmoquímica** - Surgimento e evolução do Universo, estrelas, nucleossíntese, gravidade, temperatura, pressão, nebulosas, surgimento e evolução do sistema solar, surgimento e evolução da Terra, habitabilidade galáctica e em sistemas solares, ambiente e clima espacial, vento solar, asteroides e cometas, objetos cósmicos e ambientes de superfície. **Geologia** - Gravitação, densidade, empuxo e flutuabilidade, magma, resfriamento, cristalização, minerais, rochas, formação da Terra, composição, núcleo, manto, crosta, magnetismo, compartimentos superficiais, litosfera, continentes, solo; hidrosfera; atmosfera; ecosfera, geoquímica. **Biologia I, Os ambientes** - habitat planetário, temperatura versus pH, nutrientes, radiações, conforto e estabilidade. Vida, escalas, elementos, origem, história, evolução. **Biologia II, Vida, constituição e funcionamento** - genes-proteínas-funções, metabolismo-gases-atmosfera, biogeoquímica; biogeofísica; respiração; fotossíntese. Termodinâmica. Teias da vida. **Organismos e Ecossistemas** - Célula, tecidos, órgãos; organismos, populações comunidades, biosfera; adaptação; homeostase; simbiose; persistência; habitat - clima; relações bióticas, ecossistemas; cadeia trófica, produção-consumo; ecofisiologia - geofisiologia; biogeoquímica - biogeofísica; biogeografia - paisagens - biomas. **Evolução e o Sistema Terrestre** - Wallace & Darwin seleção natural; evolução; genética; árvore da vida; egoísmo - sobrevivência do mais apto Richard Dawkins; equilíbrio pontuado; biologia molecular - sistema de autoreparação do DNA - mutações; endossimbiose Lynn Margulis, complexidade e colaboração; o paradoxo da adaptação; regulação biótica e o darwinismo. **Homeostase planetária** - Clima, paleoclima, estabilidade planetária. Lovelock, Margulis, Gaia. Paralelos entre astronomia e a CST: Copérnico e a hipótese de Gaia. Keppler, Newton e Gorshkov et al, teoria da regulação biótica. Água líquida - equilíbrio instável - oscilação climática. Alças de retroalimentação. Termostato biogeoquímico. Planeta vivo, planeta morto. Maturana, autopoiese. E. Wilson, altruísmo controlando competição. Gorshkov e Makarieva, acumulação e fluxo de informação de regulação ambiental. Interferências e perturbações. **Modelagem I, Conceitos e Filosofia** - O que são modelos. Complexidade. Fluxograma, representações gráficas, físicas, empíricas, dinâmicas. Teoria, modelo físico; fenômeno, modelo não físico, abstrato, conceitual,

matemático, estatístico, mecanístico, toy model. Modelagem, possibilidades e debilidades. Predições versus projeções. Modelo versus Teoria, combinação com dados versus combinação com leis fundamentais. Modelos imitativos versus modelos germinativos. Predicabilidade. Síntese. **Modelagem II, Preâmbulo e aplicações** - Como partir de observações ou teorias e chegar a modelos? Definindo e enquadrando o problema/sistema. Aprendendo com a observação. Explorando com o pensamento teórico. Modelo intuitivo; modelo teórico, concatenando e inquirindo. Exemplos e lições da pré-modelagem. **Modelagem III, Mecânica** - Passos na construção de um modelo. Criando um modelo conceitual. Traduzindo conceitos, desenvolvendo a lógica quantitativa e formal, descrição matemática. Construindo algoritmos. Escrevendo o programa (executável). Compilando. Rodando, testando sensibilidade, calibrando, validando, aperfeiçoando. **Modelagem IV, Modelos Ambientais** tem física e dados insuficientes (o pior de dois mundos). Falta de modularidade e padronização, selva de modelos, caminhos e soluções. Prática com alguns modelos integrados (DNDC, pNet, etc). **Conclusão** - Mistérios na Ciência do Sistema Terrestre. Exemplo. Campos ainda desconhecidos, oportunidades de estudos originais. Mudanças climáticas, antropoceno, grande aceleração, limites planetários, Consciência planetária a partir de Gaia; Bens Globais Comuns; Diplomacia (convenção do clima) vs Natureza; Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Verniz verde. Fracasso de Kyoto, carbocentrismo. Limiares e Tipping points. **Atividades adicionais:** Discussão de filmes e outros assuntos relevantes à temática do curso. Gravidade (com Sandra Bullock); Apollo 13 (com Tom Hanks): Esquecido em Marte (com Matt Damon). 2001 Odisseia no Espaço (de Stanley Kubrick). Matrix 1 (com Keanu Reeves). Biosfera II (experimento no Arizona). International Space Station (ISS).

Bibliografia

Filosofia: Bosch, G., 2018. *Train PhD students to be thinkers ...* vol 554, Nature.

Matemática: [Khan Academy Math](#); Frenkel, E. 2015, [Love & Math](#)

Física: [Khan Academy Physics](#)

Química: [Khan Academy Chemistry](#)

Astrofísica e Cosmoquímica: *The Big History Project*: 13.8 bilhões de anos de história; Kolb, V.M. 2019. Handbook of Astrobiology. Taylor & Francis.

Geologia: [Earth Dynamic Systems](#), 2011, Christiansen E.H. & Hamblin, W.K.

Biologia: [E.O.Wilson's Life on Earth](#). eBook

Organismos & Ecossistemas: Jones et al 1994. *Organisms as Ecosystem Engineers*. Oikos 69, 373; Ripple, W.J., Beschta, R.L., 2012. *Trophic cascades in Yellowstone: The first 15 years after wolf reintroduction*. Biol. Conserv. 145, 205–213; Terborgh, J., Estes, J.A., 2015. *Trophic Cascades: Predators, Prey, and the Changing Dynamics of Nature* Chapter 3; Chapin III et al. 2011. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Springer, New York; [Como lobos controlam os rios](#) vídeo

Evolução e o Sistema Terrestre: Jablonka, E., Lamb, M.J., 2018. *Evolution in Four Dimensions*; Gould, S.J., Eldredge, N., 1993. *Punctuated equilibrium comes of age*. Nature 366, 223–227.

Homeostase Planetária: Gorshkov et al. 2000. Biotic Regulation of the Environment: Key Issues of Global Change. Springer Verlag; [The Biotic Regulation of the Environment](#); Schneider et al. 2004. *Scientists Debate Gaia* Chapman Conference on the Gaia Hypothesis. MIT Press, Valencia.

Modelagem: Edwards, D., Hamson, M., 2001. *Guide to Mathematical Modelling*, 2nd ed. Palgrave, Glasgow; Ekkehard Holzbecher, 2012. *Environmental Modeling Using MATLAB*; Wainwright, J., Mulligan, M., 2013. *Environmental Modelling Finding Simplicity in Complexity*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK; Wellin, P., 2013. *Programming with Mathematica, An Introduction*, first. ed. Cambridge University Press, Cambridge.

Conclusão: Makarieva et al. 2013. *Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics*. Atmos. Chem. Phys. 13, 1039–1056; Creutzig, F., 2017. *Govern land as a global commons*. Nature 546, 28–29; Steffen et al. 2015a. *The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration*. Anthr. Rev. 2, 81–98; Steffen et al. 2015b. *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet*. Science (80-.). 347.

Esta disciplina tem como objetivo introduzir alguns dos debates fundadores das ciências sociais, e dos fundamentos da política e da sociologia, buscando referências, de um lado, para o campo das mudanças ambientais e, de outro, para as diferentes modalidades de articulação inter- e transdisciplinar nesse campo. O programa procurará enfatizar, igualmente, os elementos metodológicos constituintes dos arcabouços lógico-conceituais de teorias sociais distintas, que tomam forma, em particular, no contexto da problemática ambiental. Os alunos terão oportunidade de ler alguns clássicos da política e da sociologia modernas, selecionados em função de sua representatividade e relevância para os assuntos tratados.

Ementa

1. Interdisciplinaridade nos estudos de mudanças ambientais (4h)

- Articulação interdisciplinar nos programas de pesquisa em mudanças ambientais. As Convenções Internacionais sobre a Camada de Ozônio, a Diversidade Biológica e as Mudanças Climáticas e o papel da ciência e da tecnologia no quadro dessas convenções. O caso do *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.
- Interdisciplinaridade e Teoria Geral de Sistemas. Ecossistemas, sistemas climático e social.
- Sociologia Ambiental, Ecologia Política e interdisciplinaridade cruzada.
- Transdisciplinaridade. Ciência pós-normal e co-produção do conhecimento.

2. Debates Fundadores das Ciências Sociais (2h)

- Método nas Ciências Sociais: questões preliminares.
- Sociedade e Indivíduo. Emergência. Consciência individual e consciência coletiva.
- Origens da ordem social. Consenso e conflito na teoria social.

3. Fundamentos da Política (14h + seminário)

- Origens da Filosofia Política Moderna. Niccolò Machiavelli. *Verità Effettuale*. As forças que se opõem e dão origem à instabilidade da ordem social. Sobre método em Machiavelli.
- Thomas Hobbes. Estado de Natureza. Igualdade entre os homens e disputa. “Pacto de submissão”. Os direitos do Soberano. Sobre método em Hobbes.
- John Locke. Liberdade, propriedade, trabalho. “Pacto de consentimento” e direito de restaurar a liberdade. Locke e Charles de Secondat (Baron de Montesquieu) sobre separação/distribuição dos poderes.
- Jean-Jacques Rousseau. Desigualdade e Contrato Social. Governo, soberania do povo, representação e liberdade. Sobre método em Rousseau.
- Hobbes, Locke, Rousseau, Edmond Burke: Instituição do poder político e representação.
- Formação do pensamento político brasileiro. A tese da insolidariedade das classes rurais e papel do estado; linhagens do pensamento político brasileiro.

4. Fundamentos da Sociologia (14h + seminário)

- Auguste Comte. Física Social no quadro da categorização das ciências de Comte.
- David Ricardo. Valor, salários, renda.
- Karl Marx. Estrutura, superestrutura e transformação social. Teoria do valor, mais-valia. Fetichismo da mercadoria. Consciência e alienação. A tese da ruptura do metabolismo.
- Émile Durkheim. Fato social e o método sociológico. Solidariedade mecânica e solidariedade orgânica. Constituição da consciência coletiva.
- Maximilian Weber. Tipo ideal e objetividade nas ciências sociais. Ascese protestante e sua afinidade com o Espírito do capitalismo. Estamentos, classes e partidos. Burocracia. Ação social. Poder, dominação, legitimação. Política e Ciência como Vocações.
- Vilfredo Pareto. Lei de Pareto. Circulação das Elites.

5. Os “Clássicos Modernos” e a atualidade (4h)

- Origens e condições de possibilidade das instituições.
- Recursos escassos e ordem social. Limites do crescimento. Equidade.
- Violência, medo, piedade e culpa. “Mal-estar” da civilização moderna.
- Tipos de representação política. Movimentos sociais e ambientalistas.

- e) Ciência/técnica e políticas climáticas e ambientais.
- f) “Política como vocação”. “Ciência como vocação”.
- g) Marx, Durkheim e Weber no campo de estudos ambientais.
- h) Marx e Weber na formação do pensamento social brasileiro.
- i) Transformação da Esfera Pública. Crise de legitimação. “A Crise da Democracia”.
- j) Sociedade do Risco; Subpolítica; Cosmopolítica. O local e o global nas questões ambientais.

6. Questão da Terra e Questão Ambiental no Brasil (6 h)

- a) José Bonifácio. Posse da terra e conservação das matas na primeira Assembleia Constituinte. Lei de Terras de 1850. Constituição de 1891.
- b) Código Florestal.
- c) Quadro Institucional e questões relativas à Biodiversidade e às Mudanças Climáticas no Brasil.
- d) Tipos de ambientalismo e movimentos sociais. O local e o global nas questões ambientais no Brasil.
- e) Processos de territorialização e desterritorialização.

Bibliografia

Os textos abaixo foram selecionados por sua relevância e representatividade e são encontrados, em sua maioria, em repositórios de clássicos da Internet em sua língua de publicação original ou em inglês moderno. Durante o curso essa seleção será comentada e ampliada e serão indicadas traduções e coletâneas brasileiras. As leituras ministradas durante o curso consistirão em partes selecionadas dessas obras.

Fundamentos da Política

Burke, E. **Speech to the Electors of Bristol** [1774]
 Hobbes, T. **Leviathan** [1651]
 Locke, J. **Two Treatises of Government** [1689]
 Machiavelli, N. **De Principatibus** [1513]; **Discorsi sopra la prima Deca di Tito Livio** [1517]
 Montesquieu, C. de Secondat, baron de. **De l'Esprit des Lois** [1748]
 Rousseau, J.J. **Discours sur l'origine et les fondements de l'inégalité parmi les hommes** [1755]; **Du contrat social** [1762]

Fundamentos da Sociologia

Durkheim, E. **Les règles de la méthode sociologique** [1894]; **Les Formes élémentaires de la vie religieuse** [1904]
 Marx, K. Preface, **In: A Contribution to the Critique of Political Economy** [1859] **Capital, volume 1** [1867], 3 [1894]
 Pareto, P. **Manuel d'Économie Politique** [1897]
 Weber, M. **Definition of Sociology** [c. 1897]; **“Objectivity” in Social Science** [c. 1897]; **The Protestant Ethic and the Spirit of Capitalism** [1905]; **Politics as a vocation / Science as a vocation** [1917/1918]

Obras de Referência

Aron, R. **Les Etapes de La Pensée Sociologique**. Paris: Gallimard, 1976 (tradução brasileira: **As Etapas do Pensamento Sociológico**, São Paulo: Martins Fontes, 2000)
 Brandão, G.M. Linhagens do Pensamento Político Brasileiro. **Dados**, **48 (2)**, p. 231-269, 2005
 Cohn, G. (Org.) Cohn, G. Introdução, **In: Weber**. São Paulo: Ática, várias edições
 Faoro, R. Existe um pensamento político brasileiro? **Estudos Avançados**, **1 (1)**, p. 9-58, 1987
 Fernandes, F. **Fundamentos Empíricos da Explicação Sociológica**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, várias edições
 Giddens, A. What is Social Science? **In: In Defense of Sociology**. Cambridge, U.K., Polity, 1996 (tradução brasileira: **Em Defesa da Sociologia**, São Paulo: UNESP, 2001)
 Haesbaert, R. **O Mito da Desterritorialização: do "fim dos territórios" à multiterritorialidade**, 1ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
 Nova, S.V. **Introdução à Sociologia**. São Paulo: Atlas, 2009

- Rhoads, J. **Critical issues in social theory**. University Park: The Pennsylvania University Press, 1991
- Veras, M.P.B. **Introdução à Sociologia: Marx, Durkheim, Weber, Referências Fundamentais**. São Paulo: Paulus, 2014
- Weffort, F.C. (Org.) Vários Autores, **In: Os Clássicos da Política**. 2 volumes. São Paulo: Ática, várias edições.

Textos Complementares

- Acelrad, H. (2002) Justiça Ambiental e Construção Social do Risco. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, 5, 49-60.
- Beck, U. **Risk Society: Towards a New Modernity**. London: Sage, 1992 (tradução brasileira: A Sociedade do Risco, São Paulo: Editora 34, 2010)
- Bresciani, M.S. **O Charme da Ciência e a Sedução da Objetividade**. Oliveira Vianna entre intérpretes do Brasil. São Paulo: UNESP, 2008
- Buckley, W. **Sociology and Modern Systems Theory**. Oxford: Prentice Hall, 1967 (tradução brasileira: A Sociologia e a Moderna Teoria de Sistemas, São Paulo: Cultrix, 1971)
- Dunlap, Riley; Brulle, Robert. **Climate change and society: sociological perspectives**. Nova York: Oxford University Press, 2015.
- Easton, D. **A Systems Analysis of Political Life**. Chicago: The University of Chicago Press, 1979
- Furtado, C. **O Mito do Desenvolvimento Econômico**. Várias edições.
- Hardin, G. **The Tragedy of the Commons**. Science, 162 (3859), p. 1243-1248, 1968.
- Ostrom, E. **Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action**. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1990.

CST-311-0	Metodologia de Pesquisa Científica
------------------	-------------------------------------------

O objetivo da disciplina é preparar os alunos do curso para desenvolver atividades de pesquisa como escrever artigos científicos e teses. A parte inicial da disciplina apresenta a visão de consenso sobre o método científico e mostra como essa visão condiciona a estrutura dos trabalhos científicos. A seguir, as aulas tratam das principais fases de um projeto de pesquisa (definição de um tema, construção de argumentos, preparação de documentos e apresentações). A partir dessa visão geral, as aulas tratam dos principais aspectos de redação científica, mostrando-se como estruturar o texto para melhor legibilidade e melhor aceitação pelos pares. Ao final da disciplina, espera-se que o aluno domine as técnicas básicas de escrever bons artigos e teses.

Ementa

As bases do método científico. Teses em pesquisa aplicada: o contexto do Brasil e do INPE. Fazer perguntas, encontrar respostas. Como argumentar. Avaliação de teses de outros. Como produzir bons documentos. Como escrever e revisar artigos científicos. Como comunicar seus resultados. Como será sua tese?

Bibliografia

- Wayne Booth, Gregory Colomb, and Joseph Williams, "The Craft of Research". University of Chicago Press, 1995.
- Gerald Graff, Cathy Birkenstein, "They Say / I Say": The Moves That Matter in Academic Writing". W. W. Norton & Company, 2014.
- Joseph Williams, "Style: Toward Clarity and Grace". University of Chicago Press, 1995.
- Karl Popper, "Science: Conjectures and refutations". In: Karl Popper, Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge. Basic Books, 1962.
- Karl Popper, "Three Views Concerning Human Knowledge". In Karl Popper, "Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge". London, Routledge, 1965.

Os Seminários de Pesquisa Interdisciplinar tratam de diversos temas relevantes e atuais, nacionais ou internacionais, de interesse do curso mantendo sempre a perspectiva inter, multi e transdisciplinar. Esses seminários, complementares à formação curricular do aluno, são normalmente proferidos por professores e/ou pesquisadores – ou mesmo gestores públicos – brasileiros ou estrangeiros, regularmente convidados, que contribuam notoriamente aos temas de pesquisa abordados. A participação de convidados reforça a integração do curso como um todo, consolidando redes de pesquisa existentes ou criando novas colaborações. Isso contribui para divulgar suas atividades no meio acadêmico, consolidando-o como um espaço de sólida reflexão interdisciplinar e exploração científica e possibilitando um diálogo com gestores preocupados em pensar as políticas públicas na perspectiva da sustentabilidade e das mudanças globais. Além de convidados externos, os próprios alunos e docentes do curso são chamados a regularmente apresentar seus trabalhos aos colegas, o que suscitará o interesse mútuo pelas pesquisas em curso, criando clima propício para a formação de equipes interdisciplinares. Outras atividades como mini-cursos, capacitações, debates, mesas redondas também possibilitam que alunos e docentes se envolvam nas discussões de temas importantes nacional ou internacionalmente, ampliando as colaborações incrementando assim a formação do discente.

IMPORTANTE: Todos os alunos deverão assistir o número de seminários de acordo com o Regimento do Curso vigente.

2º PERÍODO LETIVO

CST-323-4	Introdução à Modelagem do Sistema Terrestre
------------------	----------------------------------------------------

Pré-Requisito: Introdução à Ciência do Sistema Terrestre

Modelos do Sistema Terrestre são utilizados para o estudo dos sistemas naturais (atmosfera, oceanos, criosfera, vegetação, ciclos biogeoquímicos globais, hidrologia, química atmosférica), sistemas humanos (economia, mudanças dos usos da terra, emissão de gases de efeito estufa, saúde, agricultura) e para simular a interação sociedade-natureza. Esta disciplina apresenta as principais características desses modelos, e mostra como eles são construídos e usados.

A primeira parte do curso é focada em Dinâmica de Sistemas, com ênfase em modelos de recursos renováveis e não renováveis. Apresentam-se modelos clássicos como predador-presa e Daisyworld para discutir conceitos como equilíbrio e realimentação. A seguir, discute-se sistemas não-lineares e caóticos e sua relação com modelos climáticos. A segunda parte do curso é focada em modelos de dinâmica social, com ênfase em sistemas complexos. A terceira parte do curso aborda aspectos da modelagem de sistemas naturais e sua relação com modelos do sistema terrestre. O objetivo do curso é que o aluno entenda bem os conceitos de dinâmica de sistemas e conheça ainda as bases matemáticas de modelos climáticos, do sistema terrestre e de dinâmica social.

Ementa

Estrutura e formulação de modelos. Conceitos de dinâmica de sistemas: estoques e fluxos. Exemplos de dinâmica de sistemas renováveis e não renováveis. Conceitos de modelagem matemática: sistemas dinâmicos, equilíbrio, caos, não-linearidade. Parametrização, calibração e validação de modelos. Conceitos de modelagem social: altruísmo, reciprocidade, teoria de jogos. Exemplos de modelos sociais: sistemas complexos, autômatos celulares, e modelagem baseada em agentes. Conceitos de modelos climáticos e modelos do sistema terrestre. Balanço de energia planetário e modelos de balanço de energia. Evolução histórica dos modelos: componentes do sistema terrestre representadas e seu acoplamento. Causas e simulação de mudanças climáticas, feedbacks climáticos. Fundamentos do desenvolvimento dos modelos do sistema terrestre incluindo princípios físicos, discretização, coordenadas, escalas e resolução espacial e temporal, parametrizações.

Bibliografia

Donnella Meadows, "Thinking in systems: a primer". Chelsea Green Publishing, 2008. Andrew Ford, "Modeling the Environment". Island Press, 2009. Kendal McGuffie, Ann Henderson-Sellers, "The Climate Modelling Primer", Wiley- Blackwell, 2014. Emilio F. Moran, "Environmental Social Science: Human-Environment Interactions and Sustainability". John Wiley, 2010. IPCC, "Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", Cambridge University Press, 2013. Disponível em www.ipcc.ch. Joshua Epstein, Robert Axtell, "Growing artificial societies: social science from the bottom up". Brookings Institution Press, 1996.

CST-328-3	Transição Energética e Desenvolvimento
------------------	-----------------------------------------------

A crescente demanda de energia fóssil tem sido responsável pelo efeito de aquecimento global, com conseqüentes impactos ambientais e sociais no futuro próximo. Por sua vez, essas mudanças também impactarão o setor de energia, particularmente o das fontes de energia renováveis, como a hidroeletricidade, energias eólica e solar e a biomassa. Essa disciplina visa fornecer uma visão geral integrada do uso e demanda de recursos energéticos e sua relação com a transição energética e o desenvolvimento. Será dada especial atenção aos recursos de energia renovável.

Serão abordados aspectos técnicos e sociais da questão, particularmente aqueles relacionados às políticas de desenvolvimento das economias dos países emergentes. É, portanto, uma abordagem introdutória e interdisciplinar, inserida no contexto do programa de Ciências do Sistema Terrestre.

Ementa

1. Energia e desenvolvimento: Transição energética, principais consumidores de energia; demanda por energia nos países em desenvolvimento.
2. Formas de energia: Leis básicas; eficiência e qualidade de energia; fontes de energia convencional; fontes de energias renováveis.
3. Impactos do clima e do meio ambiente: Impactos na química da atmosfera e hidrosfera; emissões de gases do efeito estufa e particulados; cenários ambientais e climáticos; impactos sobre geração e sistemas de distribuição.
4. Condições climáticas e consumo de energia: Clima, consumo e distribuição de energia; efeitos climáticos e a iluminação pública; conforto térmico.
5. Aplicações de previsões meteorológicas de curto e longo prazos no planejamento de geração e distribuição de energia: Princípios básicos; planejamento energético e clima; efeitos climáticos sobre a geração e distribuição da energia.
6. O paradigma do petróleo: Combustível fóssil - energia não renovável.
7. Energia solar: Princípios básicos; energia termo-solar e fotoelétrica; levantamento e exploração do recurso energético; aplicações e implicações.
8. Energia eólica: Princípios básicos; turbinas eólicas; levantamento e exploração do recurso energético; aplicações e implicações.
9. Energia hídrica: Princípios básicos; centrais e pequenas centrais hidroelétricas; levantamento e exploração do recurso energético, aplicações e implicações.
10. Outras formas de energias renováveis.

Bibliografia

- Amarante, O.A.C., Brower, M., John, Z.; Leite, A. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 45pp., Brasília, Fábrica de ideias, 2001.
- Gasch, R.; Twele, J. Wind Power Plants. 390pp., Berlim, Editora Solarpraxis. 2002.
- Goldemberg, J. e Lucon, O. Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento. 3a. de. São Paulo, EDUSP, 2012. ISBN 978-85-314-1113-7
- Martins, F. R. e Pereira, E. B. Energia Solar: Estimativa e Previsão do Potencial Solar, Appris Livraria e Editora, 2019, 139p. ISBN 85-4732-70-88.
- Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Gonçalves, A. R.; Costa, R. S.; Lima, Francis J. L.; Rüter, R.; Abreu, Samuel Luna de; Tiêpolo, G. M.; Souza, J. G.; Pereira, S. V. – Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. v. 1. 84p. ISBN 978-85-17-00089-8.
- Steve, H. Revolução Energética. 229pp., Rio de Janeiro, Editora Relume-Dumará., 2003.
- Trigueiro, A. Meio Ambiente no Século 21. Rio de Janeiro, Editora Sextante, 2003.
- Vasconcellos, G.F.; Vidal, J.W.B. Poder dos Trópicos, 303pp., São Paulo, Editora Casa Amarela, 1998. ISBN 85-8621-01-2

CST-308-3	Desastres Naturais
------------------	---------------------------

Desastres naturais causam grande quantidade de perda de vidas humanas e de propriedades em todo o mundo. No período de 1998 a 2017, a maioria das mortes registradas em decorrência de desastres foram associadas a eventos geofísicos, principalmente terremotos e tsunamis; no entanto, 91% de todos os desastres foram causados por inundações, tempestades, secas, ondas de calor e outros eventos climáticos extremos (CRED-UNISDR, 2018). Informações sobre a ocorrência e a severidade dos desastres têm melhorado nos últimos anos, especialmente devido à adoção do Marco de Sendai para Redução de Riscos de Desastres 2015-2030 em vários países. O Framework de Sendai, que prioriza a conexão entre redução de riscos e construção da resiliência, tem sinergia com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, com o Acordo de Paris, com a Nova Agenda Urbana, com a Agenda de Ação de Addis Abeba e a com Agenda para a Humanidade.

Nas duas últimas décadas, evidências de alterações na frequência e magnitude de eventos extremos têm sido reportadas pelo IPCC (IPCC, 1990, 2007, 2013, 2014), as quais têm sido subsidiadas a partir de dados observacionais. Os relatórios AR4 e AR5 ressaltaram, inclusive, que as comunidades mais vulneráveis podem ser especialmente afetadas, em particular aquelas que estão concentradas em áreas de alto risco. Essas têm capacidade de adaptação mais limitada e são mais dependentes dos recursos sensíveis ao clima, como a oferta local de água e alimentos. Nos locais em que os eventos climáticos extremos se tornam mais intensos e/ou mais frequentes, os custos econômicos e sociais desses eventos aumentam e, conseqüentemente, esses aumentos são substanciais naquelas áreas mais diretamente afetadas.

Particularmente no Brasil, tem-se observado o crescimento de ocorrências de desastres naturais, seja em virtude da intensificação de eventos geodinâmicos, hidrometeorológicos e climáticos em algumas regiões do país, seja devido ao aumento da exposição ao risco devido à ocupação de áreas suscetíveis a desastres naturais. Os principais desastres naturais registrados são decorrentes de inundações, enxurradas, alagamentos, deslizamentos, estiagens, secas, incêndios florestais, mortes por descargas elétricas e destruição por vendavais. Neste contexto, esforços têm sido dispendidos no país para desenvolvimentos de sistemas eficientes de monitoramento e previsão de eventos meteorológicos extremos, em consonância com o Framework de Sendai, que preconiza investimentos para a gestão de risco de desastres e não a para a gestão de desastres.

Ementa

1. Desastres Naturais – definições e histórico de desastres no mundo e no Brasil;
2. Precipitação: Tipos de precipitação - chuva, neve, granizo; Medição - pluviômetros, radar, satélites e outros instrumentos; Modelagem e aplicação em hidrologia e agricultura; Balanço hídrico.
3. Fenômenos meteorológicos (tempo e clima) que causam desastres naturais: descrição e estudos de casos. Modelagem, previsão e avaliação: Tempestades severas; Temporais (flash floods); Tornado; Furacão; Zonas de Convergência do Atlântico Sul de longa permanência; ondas de calor, ondas de frio; El Niño, La Niña.
4. Desastres na agricultura (Quebra de safra): Monitoramento, previsão, incertezas e planejamento. Estiagens e Secas; Inundações; Geadas.
5. Desastres na hidrologia (disponibilidade de energia e recursos hídricos): Monitoramento, previsão, incertezas e planejamento. Secas; Enchentes e Inundações.
6. Desastres costeiros: efeitos de processos marinhos e terrestres, erosão costeira, nível do mar e regime das ressacas.
7. Incêndios Florestais: monitoramento e previsão de risco.
8. Erosão e movimento de massa por intempéries e estabilidade do terreno.
9. Estudos de impactos, vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas resultantes dos cenários de aumento de gases de efeito estufa.
10. Riscos: Análise de risco a desastres naturais; experiências locais e boas práticas em comunidades para redução de riscos de desastres; estratégias mundiais de comunicação de alertas precoces de desastres.

Bibliografia

- Alvalá, R. C. S.; Barbieri, A. Desastres Naturais. In: Nobre, C. and Marengo, J. (Eds), **Mudanças Climáticas em Rede: um olhar interdisciplinar. Contribuições do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas**. Canal6 Editora, Bauru, SP, 2017, p. 203-230.
- Bachmair, S. et al., 2016. **Drought indicators revisited: the need for a wider consideration of environment and society**. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 3(4): 516-536.
- Brasil. (2013). **Banco de dados e registros de desastres: sistema integrado de informações sobre desastres - S2ID**. (M. d. Civil, Ed.) Fonte: <http://s2id.integracao.gov.br>
- Brito, S. S. B.; Cunha, A. P. M. A.; Cunningham, C. C.; Alvalá, R. C.; Marengo, J. A.; Carvalho, M. A. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, p. 517-529, 2018.
- Castro, A. L. C. **Manual de desastres: desastres mistos**. Brasília: MIN, 2002. 91p.

- CRED-UNISDR. (2015). **The human cost of weather-related disasters - 1995-2015**. CRED-UNISDR.
- CRED-UNISDR. (2018). **Economic Losses, Poverty & DISASTERS 1998-2017**. CRED-UNISDR.
- Cunha, A. P. M. A.; Tomasella, J.; Ribeiro-Neto, G. G.; Brown, M.; Garcia, S. R.; Brito, S. B.; Carvalho, M. A. Changes in the spatial-temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast. **Atmospheric Science Letters JCR**, v. 19, p. e855, 2018.
- Cunha, A. P. M. A.; Zeri, L. M. M.; Deusdará Leal, K.; Costa, L. Cuartas, L. A.; Marengo, J. A.; Tomasella, J.; Vieira, R. M. S. P.; Barbosa, A. A.; Castro, C. C.; Garcia, J. V. C.; Broedel, E.; Alvalá, R. C. S.; Ribeiro-Neto, G. Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere** 2019, v. 10, p. 642; doi:10.3390/atmos10110642.
- Cunningham, C. A. C.; Cunha, A. P. M. A.; Brito, S. S. B. Climate change and drought. In: Ben Wisner, Victor Marchezini, Silvia Saito, Luciana Londe. (Org.). *Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action*. 1ed. São Carlos: Rima, 2017, v. 1, p. 5-624.
- Dai, A., 2011. Drought under global warming: a review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(1): 45-65.
- IPCC. (2007). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** (S. Solomon; D. Qin; M. Manning; Z. Chen; M. Marquis; K. B. Averyt, K.; M. Tignor, and H. L. Miller, Eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- IPCC. (2013). **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. (T. F. Stocker; D. Qin; G. K. Plattner; M. Tignor; S. K. Allen; J. Boschung; P. M. Midgley, Eds.). Cambridge and New York: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781107415324.
- IPCC. (2014). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the IPCC AR5**. (C. B. Field; V. R. Barros; D. J. Dokken; K. J. Mach; M. D. Mastrandrea; T. E. Bilir; L. L. White, Eds.). Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Marengo J. A.; Nobre, C.; Tomasella, J.; Oyama, M.; Sampaio, G.; Camargo, H.; Alves, L.; Oliveira, R. The drought of Amazonia in 2005, **Journal of Climate**, 21, 495-516, 2018.
- Marengo, J. A.; Espinoza, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: Causes, trends and impacts. **International Journal of Climatology**. 36, 1033-1050, 2016.
- Marengo, J. A.; Alves, L. M.; Alvalá, R. C. S.; Cunha, A. P.; Brito, S. S.; Moraes, O. L. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Online version, p. 1 -13, 2017. DOI: 10.1590/0001-3765201720170206. ISSN 1678-2690.
- Marengo J. A.; Jr, Souza C.; Thonicke, K.; Burton, C.; Halladay, K.; Betts, R. A.; Alves, L. M.; Soares, W. R. Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. **Front. Earth Sci.** 6:228, 2018. doi: 10.3389/feart.2018.00228.
- Nobre, C. A.; Marengo, J. A.; Seluchi, M. E.; Cuartas, L. A.; Alves, L. M. Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. **Journal of Water Resource and Protection**, 8(02), 252, 2016.
- Nobre, C. A.; Marengo, J. A. (Org.) . *Mudanças Climáticas em Rede: Um Olhar Interdisciplinar. Contribuições do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas*. 1. ed. Bauru, SP: Canal 6 Editora, 2017. 608p .
- Nobre, C. A.; Marengo, J. A. ; Soares, W. R. . *Climate Change Risks in Brazil*. 1. ed. Springer, 2018. 226p .
- UFSC-CEPED. (2012). *Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil*. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC.
- UFSC-CEPED. (2013 2ª edição). *Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012, volume Brasil*. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC.
- UNISDR. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030, Post-2015 Framework on Disaster Risk Reduction. A/CONF.224/CRP.1*. UNISDR. Fonte: http://www.wcdrr.org/uploads/Sendai_Framework_for_Disaster_Risk_Reduction_2015-2030.pdf
- UCL-CRED-USAID (2018). **Natural Disasters 2017 – Lower mortality, higher cost**. UCL-CRED-USAID.

- van den Hurk, B.J.J.M. et al., 2016. Improving predictions and management of hydrological extremes through climate services: www.imprex.eu. **Climate Services**, 1: 6-11.
- Wilhite, D.A., 2000. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. In: D.A. Wilhite (Editor), **Drought: a global assessment**. Routledge, New York, pp. 1-18.
- Wilhite, D.A., 2016. Managing drought risk in a changing climate. **Climate Research**, 70(2-3): 99-102.

CST-329-3	Processos Hidrológicos e Ecohidrologia
------------------	-----------------------------------------------

Este curso tem como objetivo apresentar os conceitos básicos dos Processos Hidrológicos e dos aspectos Ecohidrológicos subjacentes que ocorrem no Sistema Terrestre, desde a formação das chuvas até a recarga dos reservatórios de águas superficiais e subterrâneas. A Eco-hidrologia é uma sub-disciplina da Hidrologia e um campo de pesquisa interdisciplinar, focado nas interações entre a água e os ecossistemas aquáticos e terrestres. Em termos de provisionamento de recursos hídricos, a Ecohidrologia atua como uma via de mão dupla - de um lado, ela se concentra no papel da água na manutenção dos ecossistemas; do outro, ela trata do papel dos ecossistemas na manutenção do suprimento de água, no que se refere tanto à qualidade como à quantidade. Em ecossistemas terrestres (por exemplo, florestas, desertos e savanas) a Ecohidrologia tem por foco o estudo do fluxo da água no continuum solo-planta-atmosfera. Em sistemas aquáticos (por exemplo, rios, córregos, lagos e zonas úmidas), a Ecohidrologia lida com o papel da água na manutenção desse ecossistemas. Em ambos os casos, o curso visa salientar o papel dos ecossistemas na provisão e manutenção de serviços ecossistêmicos de regulação hídrica e climática.

Ementa

1. **Introdução à Hidrologia.** Definição e escopo da Hidrologia. Hidrologia e Ecohidrologia como campos de pesquisa interdisciplinar
2. **O ciclo hidrológico.** Componentes do ciclo hidrológico. O ciclo hidrológico global. Clima, solos e vegetação.
3. **Conceitos hidrológicos básicos.** Sistemas Hidrológicos e a bacia hidrográfica
4. **Quantidades e leis físicas.** As equações de conservação. Balanço hídrico
5. **Fluxos de água e energia na atmosfera.** O balanço de energia na Terra. Calor latente e sensível
6. **Física da precipitação.** O vapor de água na atmosfera. Resfriamento. Condensação. Crescimento de gotículas. Transprecipitação e fluxo da água pelo tronco
7. **Água no solo.** Propriedades físicas e hidráulicas do solo. Estado da água no solo. Infiltração de água, redistribuição, drenagem. Escoamento superficial.
8. **Evapotranspiração.** Física da evaporação. Transpiração da planta.
9. **Fluxo da água em solos.** Propriedades de armazenamento e transmissão de solos. As leis de Darcy e Richards. Classificação dos fluxos de água subterrânea. Fluxos preferenciais de água e limitação de formulações clássicas
10. **Vazão em rios.**
11. **Dados hidrometeorológicos básicos.** Análise estatística básica
12. **Visão geral da Ecohidrologia.** Ecohidrologia de sistemas terrestres. Ecohidrologia de sistemas aquáticos. Estudos de caso.

Bibliografia

- ASCE. **Hydrology Handbook** – Second Edition. Prepared by the Task Committee on Hydrology Handbook of Management Group D of the American Society of Civil Engineers. ASCE manuals on engineering practice. 1996.
- Beven, K. Rainfall Runoff Models: The Primer.
- Brutsaer, W. **Hydrology - An Introduction**. Cambridge University Press, 602 p., 2005.
- Dingman, S.L. 2002. Physical Hydrology.

Hornberger, GM, Raffensperger, JP, Wiberg, PL Eshelman, KN. 1998. Elements of physical hydrology.

Tucci, C.E.M (org.) 1993. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Editora Universitária UFRGS ABRH. 944p, 1993.

Ven T Chow; David R Maidment; Larry W. Applied Hydrology Edition: 1 McGraw-Hill Science/Engineering/Math / 01-Feb-1988 / 572 pages. ISBN: 0070108102

CST-321-3	Paleoclimatologia
------------------	--------------------------

Nessa disciplina serão abordadas questões relativas à Paleoclimatologia com foco em estudar as mudanças ambientais globais ocorridas no passado a partir de registros ambientais e modelagem do sistema terrestre. Serão abordados desde a dinâmica do sistema climático atual, bem como indicadores paleoclimáticos, paleoambientais e paleoceanográficos, a dinâmica das variações climáticas no tempo geológico, estudos paleoclimáticos na América do Sul e modelagem do sistema terrestre aplicada à paleoclimatologia. A disciplina pretende proporcionar conhecimento teórico sobre questões relacionadas a evolução do clima da terra abordando as variabilidades climáticas desde a escala de centenas/dezenas de milhares de anos até a escala anual/interanual.

Ementa

1. A dinâmica do sistema climático atual: circulação geral da atmosfera, balanço de energia, variabilidade climática em diversas escalas espaciais e temporais, padrões de teleconexões.
2. Indicadores paleoclimáticos, paleoambientais e paleoceanográficos: registros oceânicos: indicadores de temperatura da superfície do mar, salinidade, volume de gelo, hidrologia e circulação oceânica; registros continentais: indicadores de variação de precipitação, temperatura, paleovegetação, expansão de geleiras, paleoambiente em geral. Testemunhos de gelo: indicadores de temperatura atmosférica, gases do efeito estufa, circulação atmosférica, precipitação. Dublês ('proxies') em paleoclimatologia e seus usos na interpretação do clima do passado.
3. Dinâmica das variações climáticas no tempo geológico: mudanças climáticas na escala do tempo geológico: fontes de dados paleoclimáticos nas escalas de milhões e bilhões de anos: evidências geológicas, paleontológicas e isotópicas. Mudanças climáticas no Quaternário: mudanças climáticas em escala orbital, controle astronômico da radiação solar, variação da insolação e ciclos glaciais, padrões climáticos em escala interanual a secular, registros paleoclimáticos de alta resolução temporal, variações naturais do clima ocorridas no Holoceno. Estudos paleoclimáticos na América do Sul. Evolução dos ecossistemas na Amazônia nos últimos 25 milhões de anos. Interação da biota e variações ambientais. Escalas de Espaço-Tempo nas relações de Ecologia e Mudanças Climáticas
4. Modelagem do sistema terrestre aplicada à paleoclimatologia: Modelos de complexidade intermediária, modelos de alta complexidade, iniciativas internacionais de modelagem numérica aplicada à paleoclimatologia, projeto de intercomparação de modelos aplicados à paleoclimatologia (PMIP).

Bibliografia

Battarbee, R. W., Binney H.A. (eds.) 2008. Natural Climate Variability and Global Warming: a Holocene Perspective. Wiley-Blackwell, Chichester, 288 pp.

Bradley, R. S., Paleoclimatology: reconstructing climates of the Quaternary, 2nd edition, 613 pp, Academic Press, San Diego, ISBN 0-12-124010.

Masson-Delmotte, V., M. Schulz, A. Abe-Ouchi, J. Beer, A. Ganopolski, J.F. González Rouco, E. Jansen, K. Lambeck, J. Luterbacher, T. Naish, T. Osborn, B. Otto-Bliesner, T. Quinn, R. Ramesh, M. Rojas, X. Shao and A. Timmermann, 2013: Information from Paleoclimate Archives. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M.

Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Ruddiman, W. F. - Earth's Climate: Past and Future, 2nd edition. ISBN-13:9780716784906, 388 pp, Editora MPS.

Sifeddine, A. ; Chiessi, Cristiano M. ; Cruz, F. W. ; Araujo, A. G. M. ; Neves, E. G. ; Justino, F. B. ; Wainer, I.E.K.C. ; Pessenda, L. C. R. ; Mahiques, M. ; Cordeiro, R. C. ; Kikuchi, R. K. P. ; Albuquerque, A.L.S. ; Silva, H.E. ; Dias, P.L.S. . Informações paleoclimáticas brasileiras. In: Ambrizzi, T.; Araujo, M. (Org.). Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. 1ed. Rio de Janeiro: COPPE, 2014, v. 1, p. 126-180.

Vimeaux, F.; Sylvestre, F.; Khodry, M. (eds.) 2008. Past Climate Variability from the Last Glacial Maximum to the Holocene in South America and Surrounding Regions: Developments in Paleoenvironmental Research, Springer-Verlag.

Além dos livros acima, serão sugeridos artigos sobre cada tópico a serem abordados no curso, tais como os listados abaixo:

- Biotic response to global change. The last 145 million years. Culver & Rawson.
- Ecology of Climate Change. The importance of biotic interactions. Eric Post
- Interpreting Pre-Quaternary Climate from the Geologic Record. Judith Parrish
- Reconstructing Quaternary Environments. Lowe & Walker
- Global environments through the Quaternary. Anderson, Goudie, Parker
- Biologia & Mudanças climáticas no Brasil. M. Buckeridge
- Paleoclimates: understanding climate change past and present. Thomas Cronin

CST-310-3	População, Espaço e Meio Ambiente
------------------	------------------------------------------

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 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.

O objetivo é 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.

Ementa

1. Dados socioeconômicos e demográficos: origem, indicadores e indexação espacial.
2. Análise espacial aplicada a estudos de processos socioeconômicos e demográficos.

3. Integração espacial: dados socioeconômicos, demográficos e dados de sensoriamento remoto.
4. Efeito da Escala: escala de inventário e escala de integração.
5. Agregação/desagregação de dados e estrutura de dados em sistema de informação geográfica.
6. Como construir indicadores sócio-espaciais.
7. Métodos de integração: da pesquisa de campo a superfícies de probabilidade.
8. Exemplos de aplicações para saúde, segurança, urbanismo, uso e ocupação do solo, demografia, outras.
9. Variáveis socioeconômicas e demográficas para análise de cenários em estudos de mudanças globais.

Dinâmica do Curso

O curso será ministrado na forma de aulas presenciais teóricas com a apresentação de conceitos e discussão de artigos referentes a temas específicos. Também serão executados laboratórios para exercitar técnicas de integração de dados em pacotes de software para geoinformação. Será previsto um trabalho prático ao final do curso. As notas serão função de seminários e do trabalho prático.

Bibliografia

- Martin, D. *Geographic Information Systems and their Socioeconomic Applications*, London: Routledge, 1996.
- Martin, D. Towards the geographies of the 2001 UK Census of Population. **Transactions of the Institute of British Geographers**, 25, 321-332, 2000.
- Rees, P., Martin, D. and Williamson, P. **The Census Data System**, Chichester, UK, Wiley, 389pp., 2002. Disponível em [<http://cdu.mimas.ac.uk/censusdatasystem/>]
- Flowerdew, R. and Martin, D. (eds.). **Methods in human geography: a guide for students doing a research project** Second Edition, Harlow: Pearson 366pp. 2005.
- Martin, D. Last of the censuses? The future of small area population data. **Transactions of the Institute of British Geographers** 31, 6-18. 2006.
- Goodchild, M.F., Anselin, L. & Deichmann, U. A framework for the areal interpolation of socioeconomic data. **Environment and Planning A**, 25, 383-397. 1993.
- Harvey, J. F.. Population estimation models based on individual TM pixels. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 68, 1181-1192. 2002.
- Jensen, J.R. Cowen, D.C. Remote Sensing of Urban/Suburban Infrastructure and Socio-Economic Attributes. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 65, 611-622. 1999.
- Liverman, D., Moran, E.F., Rindfuss, R.R. and Stern, P.C. (editors). **People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science**. National Academy Press, Washington, DC. 1998.
- 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).. **População e Meio Ambiente: Debates e Desafios**. São Paulo: Editora SENAC. ISBN: 85-7359-104-8. pp. 35. 2000.
- 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/GerenciaNavegacao.php?caderno_id=590&nivel=1].
ISSN 0102-3098 *versão impressa*.

CST-312-3	Padrões e Processos em Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra
------------------	--------------------------------------------------------------------

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 conseqüências 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.

Ementa

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.

Bibliografia

- 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. Remotesensing 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.

3º PERÍODO LETIVO

CST-324-4	Ciclos Biogeoquímicos Globais
------------------	--------------------------------------

O modelo de distribuição dos ecossistemas no Sistema Terrestre corresponde a delgadas películas sobre “esferas” que se interligam, como a atmosfera, biosfera, hidrosfera e litosfera. Sendo estes sistemas abertos entre si, massa e energia ciclam constantemente entre eles. O transporte e transformação das substâncias pelo sistema terrestre são conhecidos coletivamente como ciclos biogeoquímicos. Os processos biológicos têm papel fundamental na regulação dos sistemas naturais do planeta. Desta forma a funcionalidade do sistema é balizada por propriedades geofísicas, geoquímicas e biológicas da atmosfera, dos terrenos e dos corpos d’água, as quais por sua vez são controladas por fatores como balanço energético e trocas de massa. Esta relação pode ser expressa, entre outros, em processos como respostas fisiológicas às variações de radiação, temperatura do ar, concentrações de CO₂, disponibilidade de água e de nutrientes, etc. Portanto, a base conceitual desta disciplina está calcada nas interações dos processos físicos, químicos e biológicos com os componentes nos ecossistemas, e, coletivamente, na biosfera.

Ementa

Origens dos elementos. Origem da vida. Compartimentos planetários, geofísica, geoquímica. Estrutura, funcionamento e evolução de ecossistemas. Ecossistemas naturais e os ciclos biogeoquímicos. Ciclos globais do carbono e nitrogênio, e características atuais. Ciclos do Fósforo e do enxofre. Ciclos de outros nutrientes. Transferência dos elementos entre compartimentos terrestres de superfície. A biosfera - balanços de fluxos e produção. Atmosfera, sua estrutura e constituintes. Radiação solar e terrestre. Constituintes atmosféricos: gases majoritários e minoritários e gases de efeito estufa. Mecanismo do efeito estufa. Química da estratosfera: química da camada de ozônio e o buraco na camada de ozônio, efeitos sobre a radiação ultravioleta (UV). Química da troposfera: troposfera limpa, precursores do ozônio e a poluição. Modificações naturais e antropogênicas dos ecossistemas tropicais. Transferências nas interfaces de ecossistemas, emissões e deposição nos ciclos biogeoquímicos. Mudanças climáticas globais e efeitos nos ciclos biogeoquímicos. Aspectos de modelagem da biosfera.

Bibliografia

- Andrews, J.E; Bribblecombe, P.; Jickells, T.D.; Liss, P.S.; Reid, B. An introduction to Environmental Chemistry, 2nd ed. Blackwell Publ., UK. 296pp., 2004.
- Baird, C. Química Ambiental (2a. edição) Bookman, 2004.
- Barros V., Clarck R., Dias P.S. El cambio climatic en la Cuenca del Plata. CONCINET, 232p., 2006.
- Buckeridge, M. (org.). A biologia das mudanças climáticas globais. Rima Editora, 2008.
- F. Stuart Chapin III; Harold A. Mooney, Melissa C. Chapin. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology; Springer, 2002.
- Field, C. B. and M. R. Raupach (eds). The global carbon cycle, Integrating humans, climate, and the natural world, SCOPE 62, Island Press, Washington, 526pp, 2004.
- Mackenzie F.T. Global biogeochemical cycles and the physical climate System. University Corporation for Atmospheric Research, 69p., 1999.
- Schlesinger W.H. Biogeochemistry – An analysis of Global Change. Academic Press, 588p., 1997.
- Seinfeld, J.H., Pandis, S.N. Atmospheric Chemistry and Physics: from air pollution to climate change. New York, USA: John Wiley & Sons Inc. 1326p., 1998.
- Sigg, L.; Behra, Ph.; Stumm, W. – Chimie des milieu aquatiques: chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l’environnement. 3a ed. Dunod, Paris 2000, 567pp.

CST-330-3	Modelagem Ambiental para a Conservação da Biodiversidade
------------------	-----------------------------------------------------------------

O Brasil tem uma posição de destaque por sua diversidade biológica e faz parte de um grupo de 15 países chamados de megadiversos, que juntos abrigam cerca de 70% da biodiversidade do planeta. Contudo, estimativas de biodiversidade baseadas em inventários de espécies são dispendiosas e demoradas. Estima-se que seriam necessários pelo menos oito séculos para um catálogo completo das espécies brasileiras, dada a taxa atual de descrições (aproximadamente 1500 espécies por ano, Lewinsohn e Prado, 2002). Alternativas para estimativa e localização das áreas prioritárias de biodiversidade fazem-se necessárias, principalmente diante da velocidade dos processos de conversão das áreas naturais, como por exemplo, as taxas de desmatamento de floresta amazônica, da ordem de 9.800 km² para 2019 (INPE, 2020). Ainda, face aos cenários gerais de mudanças climáticas, a resiliência de muitos ecossistemas será provavelmente ultrapassada neste século por uma combinação de fatores como distúrbios associados (inundações, secas, incêndio florestais, surtos de insetos, acidificação dos oceanos) e outros fatores de mudança global (como por exemplo mudanças no uso da terra, poluição, sobre-exploração dos recursos naturais). Assim, aproximadamente 20-30% das espécies de plantas e animais avaliadas até agora provavelmente enfrentarão um risco maior de extinção se o aumento da temperatura média global por exemplo, exceder a 1,5-2,5 °C. Neste contexto, esta disciplina propõe apresentar e discutir as diferentes possibilidades de estudo e modelagem de biodiversidade. Dentre os modelos que se baseiam na teoria de nicho ecológico, por exemplo, há os dependentes da informação da ocorrência e conhecimento das espécies, dados raros ao se considerar o caso brasileiro. Os modelos de envelopes bioclimáticos por sua vez, são úteis para entender o feedback entre as interações entre o clima e a vegetação, mas têm o inconveniente de serem estáticos e não considerarem as interações biológicas. Através de modelos integrados de previsão climática, e modelos de distribuição de espécies, a fragmentação do espaço, associada a mudanças climáticas e de uso e cobertura, pode ser interpretada como um indicador da perda de biodiversidade. A compreensão das diferentes abordagens para modelagem da biodiversidade e a análise dos resultados constitui ferramenta básica para estudos integrados em que cenários de alterações globais sejam projetados, principalmente no que tange à conservação da biodiversidade e seus recursos associados. O objetivo final desta disciplina é capacitar os alunos da Ciência do Sistema Terrestre para compreender e discutir as diferentes metodologias para estudo da biodiversidade, enquanto componente básico e funcional do sistema terrestre.

Ementa

1. Biodiversidade – causas, padrões e importância da distribuição das espécies.
2. Conceitos ecológicos associados à biodiversidade.
3. Métodos diretos e indiretos de avaliação de Diversidade Biológica.
4. Dados bióticos e abióticos para estimativa e modelagem de biodiversidade.
5. Modelos de distribuição de espécies como ferramentas para estudo de biodiversidade.
6. Biogeografia, aspectos históricos e interações bióticas para biodiversidade e modelos de comunidade.
7. Perda de habitat, fragmentação espacial e modelos em ecologia de paisagens.
8. Ferramentas computacionais para modelagem de biodiversidade.
9. Modelagem de biodiversidade e interações com mudanças globais.

Bibliografia

- Begon, M., Harper, J.L., Townsend, C.R. Ecology: individuals, populations and communities, 3rd edition. Blackwell Science, Oxford. 1996.
- Botkin, D.B. et al. Forecasting the effects of global warming on biodiversity. **Bioscience**, 57(3): 227-236, 2007.
- del Barrio, G. et al. Integrating multiple modelling approaches to predict the potential impacts of climate change on species' distributions in contrasting regions: comparison and implications for policy. **Environmental Science & Policy**, 9(2): 129-147, 2006.
- Drielsma, M., Manion, G. and Ferrier, S. The spatial links tool: Automated mapping of habitat linkages in variegated landscapes. **Ecological Modelling**, 200(3-4): 403-411, 2007.
- Elmendorf, S.C. and Moore, K.A. Use of community-composition data to predict the fecundity and abundance of species. **Conservation Biology**, 22(6): 1523-1532, 2008.

- Ferrier, S. et al. Mapping more of terrestrial biodiversity for global conservation assessment. **Bioscience**, 54(12): 1101-1109, 2004.
- Giulietti, A.M., Harley, R.M., Queiroz, L.P.d., Wanderley, M.d.G.L. and Berg, C.V.D. Biodiversity and Conservation of Plants in Brazil. **Conservation Biology**, 19(3): 632-639, 2005.
- Lewinsohn, T.M. and Prado, P.I. How Many Species Are There in Brazil? . **Conservation Biology**, 19(3): 619-624, 2005.

CST-313-3	Mudanças Climáticas Globais: Modelagem e Observações
------------------	-------------------------------------------------------------

Pré-Requisito: Introdução à Ciência do Sistema Terrestre

Nesta disciplina serão abordadas questões relativas à modelagem e às observações das mudanças climáticas globais. Serão abordados conceitos básicos de modelagem e uma visão geral sobre os diversos componentes do sistema climático: atmosfera, biosfera, criosfera, hidrologia. Serão apresentadas as principais observações de mudanças no clima em diversas partes do globo e as projeções futuras. Pretende-se ir além da detecção da mudança climática. Usando as diferentes técnicas de modelagem climática (global e regional), pretende-se analisar as diversas metodologias de análise de impactos e vulnerabilidade às mudanças climáticas de setores importantes para a economia nacional, tais como: agricultura, agropecuária, energias renováveis, recursos hídricos, saúde, migrações, economia, entre outros setores. Pretende-se desenvolver experiências práticas com vários cenários de mudanças climáticas, incluindo as avaliações de incertezas e limitações.

Ementa

Aquecimento global e mudanças climáticas. O efeito estufa natural e antropogênico. Os gases de efeito estufa e a evolução de suas concentrações na atmosfera. História da ciência da mudança do clima. Climas do passado. Mudanças climáticas naturais. Observações de mudanças no clima em diversas partes do globo. Modelagem climática: bases e experiências ao nível global. Modelos do IPCC e cenários de emissão de gases de efeito estufa e mudanças climáticas. Mudanças nos usos da terra e as mudanças climáticas globais. Impactos das mudanças climáticas antropogênicas para o Século XXI e além. Avaliações de incertezas nas projeções climáticas futuras. Estratégias para mitigação e estabilização das mudanças climáticas. Programas internacionais: IPCC, UNFCCC. Protocolos: Kyoto, Montreal, Pós-Kyoto. Mudanças climáticas no Brasil: progressos desde o IPCC AR4. Desafios da modelagem de mudanças climáticas.

Bibliografia

- Alexander, L. V., et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **J. Geophys. Res.**, 111, D05109, 2006. doi:10.1029/2005JD006290.
- Allen, M. R., Stott, P. A., Mitchell, J. F. B., Schnur, R., Delworth, T., 2000: Uncertainty in forecasts of anthropogenic climate change. **Nature**, 407, 617-620
- Assad, E., Pinto, H. S. Aquecimento Global e Cenários Futuros da Agricultura Brasileira. **Embrapa Agropecuária**, Cepagri/Unicamp. São Paulo, 2008.
- Baettig, M., Martin Wild, and Dieter M. Imboden. A climate change index: Where climate change may be most prominent in the 21st century. **Geophysical Research Letters**, Vol. 34, L01705, 2007. doi:10.1029/2006GL028159.
- Chou, S., A. Lyra, C. Mourao, et al. 2014. Evaluation of the Eta simulations nested in three global climate models. *Am J Clim Change*. 3:438-454.
- Cox, P. M., R. A. Betts, C.D. Jones, S.A. Spall & I. J. Totterdell. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, 408: 184-187, 2000.
- Cox, P.M., R.A. Betts, M. Collins, P.P. Harris, C. Huntingford, and C.D. Jones. Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. **Theor. Appl. Climatol.**, 78, 137-156, 2004
- Diffenbaugh, N.S. D. Singh, J.S. Mankin, et al. 2017. Quantifying the influence of global warming on unprecedented extreme climate events. *Proc. Atl. Acad. Sci. USA*. 114: 4881-4886.

- Donat, M. G., L. V. Alexander & H. Yang. 2013. Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset, *J. Geophys. Res. Atmos.* 118, doi:10.1002/jgrd.50150
- Feddema, Johannes J. et. al. The Importance of Land-Cover Change in Simulating Future Climates. **Science**, 310, 1674-1678, 2005.
- Foley, J.A., M.H. Costa, C. Delire, N. Ramankutty, and P. Snyder. Green Surprise? How terrestrial ecosystems could affect earth's climate. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 1(1), 38-44, 2003.
- Gash, J. H. C.; Nobre, C. A.; Roberts, J. M.; Victoria, **Amazonian deforestation and climate**. New York, Wiley, 1996.
- Hartmann, DL. **Global Physical Climatology**. Academic Press, 411 pp., 1994.
- Henderson-Sellers, A.; McGuffie, K. **A Climate Modelling Primer**. New York, Wiley, 1987.
- Houghton, J. T.; Meira Filho, L. G.; Callander B. A.; Harris, N.; Kattemberg, A.; Maskell, K. (eds.) **Climatic Change: The science of climate change**. Cambridge, University Press, 1996.
- IPCC (2012) Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.) Available from Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge CB2 8RU ENGLAND, 582 pp.
- IPCC (2013) In: Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds) Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 1535 pp
- IPCC (2014) Central and South America. In Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, et al., Eds.: 1499–1566. Cambridge, UK and New York, NY: Cambridge University Press.
- Jacobson, M. **Fundamentals of Atmospheric Modeling**. Cambridge, Cambridge University Press, 656 p., 1999.
- Marengo, J.A.; Nobre, C.A.: The Hydroclimatological framework in Amazonia. In **Biogeochemistry of Amazonia**, Richey, J., McClaine, M., Victoria, R., Eds. p. 17-42, 2001.
- Nobre, C.A., A. Young, P. Saldiva & J.A. Marengo. 2011. **Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo**. Carlos A. Nobre & Andrea F. Young, Eds.: 188. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais and Universidade Estadual de Campinas. Universidade Estadual de Campinas Núcleo de Estudos de População, Campinas.
- Schlesinger, M. E. **Physically-Based Modelling and Simulation of Climate and Climatic Change**. Part I and II. Dordrecht, NL: Kluwer, 1988.
- Schaeffer, R., A. Szklo, A.de Lucena, R. de Souza, B. Borba, I. da Costa, A. Pereira Júnior, S.. da Cunha. Mudanças Climáticas e Segurança Energética no Brasil , UFRJ-COPPE. Junho 2008.
- Sillmann, J., V. V. Kharin, X. Zhang et al 2013. **Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 1. Model evaluation in the present climate**, *J. Geophys. Res. Atmos.* 118: 1716–1733.
- Silva Dias, M. A. F.; J. Dias; L. M. V. Carvalho; E. D. Freitas; P. L. Silva Dias, 2013: **Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil**, *Climatic Change* 116:705–722. DOI: 10.1007/s10584-012-0504-7.
- Stott, P.A., J.F.B. Mitchell, M.R. Allen, T.L. Delworth, J.M. Gregory, G.A. Meehl, and B.D. Santer. Observational Constraints on Past Attributable Warming and Predictions of Future Global Warming. **J. Climate**, 19, 3055–3069, 2006
- Trenberth, K. E. **Climate System Modeling** Cambridge: University Press, 1995.

Pré-Requisito: Introdução à Modelagem do Sistema Terrestre

Os modelos de mudança do uso e cobertura da terra espacialmente explícitos (também chamados LCM – Land Change Models) quantificam no tempo e no espaço as relações entre os fatores determinantes (biofísicos, socioeconômicos, culturais e institucionais) e os padrões espaciais e temporais de mudança no uso e cobertura da terra. Visam apoiar o entendimento desses processos de mudança, a tomada de decisão considerando seus impactos e a construção de cenários futuros. Neste curso, abordamos os conceitos e tipos básicos de modelos para representar tais processos por meio de uma combinação de palestras e exercícios práticos. Os exercícios práticos usarão o arcabouço de modelagem LuccME/TerraME. O LuccME/TerraME é um arcabouço de código aberto para modelagem espacialmente explícita, desenvolvida pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST). Usando este arcabouço, o modelador pode criar facilmente desmatamento, expansão agrícola, desertificação, degradação florestal, modelos de expansão urbana e outros modelos de processos em diferentes escalas e áreas de estudo, combinando componentes de modelos existentes e/ou criando novos. Recomenda-se habilidades básicas de visualização de GIS, mas não são necessárias habilidades de programação. No final do curso, espera-se que o aluno bem-sucedido: (a) adquira um entendimento geral sobre os diferentes tipos de LCM e sua aplicabilidade para diferentes objetivos; (b) ser capaz de analisar os fatores subjacentes aos processos de mudança de terra em diferentes escalas e conceituar LCM e cenários; e (c), seja capaz de construir modelos e cenários espacialmente explícitos alternativos usando a estrutura de modelagem LuccME/TerraME. Este curso será oferecido em conjunto para estudantes de doutorado do INPE e da Universidade de Estocolmo/Centro de Resiliência de Estocolmo. Ele será aberto à participação pessoal e on-line (limitado a 15 participantes).

Ementa

Parte I: Conceitos básicos de mudança de terra

- **Palestras:** uso da terra e conceitos de mudança de cobertura; Conceitos de escalas temporais e espaciais; Trajetórias de uso da terra; Drivers de mudança e exemplos; Feedbacks, projeto SES, LUCC para projeto Land; Perspectivas de entendimento, estudos de caso e meta-análise, arquétipos, síndromes, teorias de LC.
- **Exercícios práticos:** discussão em grupo (aplicando os conceitos a estudos de caso): direcionadores diretos e indiretos de mudança para estudos de caso selecionados em diferentes escalas.

Parte II: Abordagens de modelagem de mudança de terra

- **Palestras:** Modelagem de metas e abordagens; conceitos e tipologias de cenários: tipologias de abordagens de modelagem de LC; Exemplos de diferentes abordagens de modelagem para o mesmo problema.
- **Exercícios práticos:** discussão (aplicando os conceitos aos estudos de caso): Como você modelaria os estudos de caso para o seu problema de tese?

Parte III: Processo de modelagem

- **Palestras:** da modelagem conceitual à quantitativa; Visão geral do TerraME: espaços celulares, vizinhança, abordagens de modelagem; Visão geral do LuccME: componentes discretos e contínuos.
- **Exercícios práticos:** Configuração do ambiente de modelagem; pensando em motoristas e coletando dados espaciais; construir um banco de dados celular usando a ferramenta FillCell para combinar dados rasterizados e vetoriais; dimensão temporal; construindo dados para seus cenários; analisando como os padrões espaciais de LC e de driver se relacionam no seu banco de dados.

Parte IV: Modelos LC discretos e contínuos

- **Palestras:** Análise estatística para processos de LC; Componentes de potencial, alocação e demanda para modelos discretos e contínuos.
- **Exercícios práticos:** Construção, calibração e validação de modelos LuccME discretos e contínuos.

Parte V: Abordagens alternativas de modelagem

- Palestras convidadas sobre diferentes abordagens de modelagem, por exemplo: Modelos Integrados de Avaliação (IAM), modelos baseados em agentes, Dinâmica de Sistemas, Aprendizado Profundo, modelos de otimização espacial, etc. Apresentação de projetos.

Critérios de avaliação: Apresentação prática do projeto (relacionada à tese do aluno). A nota de aprovação requer participação, participação em exercícios práticos e grupos de discussão.

Bibliografia

Leitura básica

- National-Research-Council. Advancing Land Change Modeling. Advancing Land Change Modeling (National Academies Press, 2014). doi:10.17226/18385
- van Vliet, J. et al. A review of current calibration and validation practices in land-change modeling. *Environmental Modelling and Software* 82, 174–182 (2016).
- Verburg, P. H. et al. Methods and approaches to modelling the Anthropocene. *Glob. Environ. Chang.* 39, 328–340 (2016).
- Verburg, P. H. et al. Beyond land cover change: towards a new generation of land use models. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 38, 77–85 (2019).

TerraME/LuccME

- Carneiro, T. G. S., Andrade, P. R., Câmara, G., Monteiro, A. M. V & Pereira, R. R. An extensible toolbox for modeling nature-society interactions. *Environ. Model. Softw.* 46, 104–117 (2013).
- Moreira, E., Costa, S., Aguiar, A. P., Câmara, G. & Carneiro, T. Dynamical coupling of multiscale land change models. *Landsc. Ecol.* (2009). doi:10.1007/s10980-009-9397-x
- Aguiar, A. P. D., Câmara, G. & Souza, R. C. M. Modeling Spatial Relations by Generalized Proximity Matrices. in *GeoInfo 2003 - V Brazilian Symposium on Geoinformatics* (ed. Casanova, M.) (2003).
- Aguiar, A. P. D., Carneiro, T., Andrade, P. R., Assis, T. O. & Aguiar Carneiro, T., Andrade, P. R., & Assis, T. O., A. P. D. LuccME-TerraME: an open-source framework for spatially explicit land use change modelling. *Glob. L. Proj. News* 8, 21–23 (2012).

Exemplos selecionados de aplicações do LuccME

- Aguiar, A. P. D. et al. Land use change emission scenarios: Anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. *Glob. Chang. Biol.* (2016). doi:10.1111/gcb.13134
- Tejada, G. et al. Deforestation scenarios for the Bolivian lowlands. *Environ. Res.* 144, 49–63 (2016).
- Guimberteau, M. et al. Impacts of future deforestation and climate change on the hydrology of the Amazon basin: a multi-model analysis with a new set of land-cover change scenarios. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 1–34 (2016). doi:10.5194/hess-2016-430
- Gomes, Luciene. Impacts of land use and cover changes on soil nitrogen balance in the Brazilian Cerrado region. (PhD Thesis, INPE, 2017).
- Dalla-Nora, Eloi. L. Modeling the interplay between global and regional drivers on amazon deforestation. (PhD Thesis, INPE, 2014).

Escalas

- Gibson, C. C., Ostrom, E. & Ahn, T. K. The concept of scale and the human dimensions of global change: A survey. *Ecol. Econ.* 32, 217–239 (2000).
- Cash, D. W. et al. Scale and Cross-Scale Dynamics: Governance and Information in a Multilevel World. *Ecol. Soc.* 11.

Ciência da terra (fatores determinantes, causas, conceitos, arquétipos, meta-análise, teorias)

- Bürgi, M., Hersperger, A. M. & Schneeberger, N. Driving forces of landscape change - Current and new directions. *Landsc. Ecol.* 19, 857–868 (2005).
- Lambin, E. F. et al. The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11, 261–269 (2001).

- Magliocca, N. R. et al. From meta-studies to modeling: Using synthesis knowledge to build broadly applicable process-based land change models. *Environ. Model. Softw.* 72, 10–20 (2015).
- Magliocca, N. R. et al. Synthesis in land change science: methodological patterns, challenges, and guidelines. *Reg. Environ. Chang.* 15, 211–226 (2014).
- Malek, Ž., Douw, B., Van Vliet, J., Van Der Zanden, E. H. & Verburg, P. H. Local land-use decision-making in a global context. *Environmental Research Letters* 14, (2019).
- Meyfroidt, P. et al. Middle-range theories of land system change. *Glob. Environ. Chang.* 53, 52–67 (2018).
- Meyfroidt, P., Abeygunawardane, D., Ramankutty, N., Thomson, A. & Zeleke, G. Interactions between land systems and food systems. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 38, 60–67 (2019).
- Müller, D. et al. Regime shifts limit the predictability of land-system change. *Glob. Environ. Chang.* 28, 75–83 (2014).
- Oberlack, C. et al. Archetype analysis in sustainability research: meanings, motivations, and evidence-based policy making. *Ecol. Soc.* 24, (2019).
- Turner, B. L., Lambin, E. F. & Reenberg, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104, 20666–20671 (2007).
- Nielsen, J. Ø. et al. Toward a normative land systems science. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 38, 1–6 (2019).
- van Vliet, J. et al. Meta-studies in land use science: Current coverage and prospects. *Ambio* 45, 15–28 (2016).
- Verburg, P. H. et al. Land system science and sustainable development of the earth system: A global land project perspective. *Anthropocene* 12, 29–41 (2015).

Abordagens para LCM (Exemplos e revisões)

- Aguiar, A. P. D., Câmara, G., Escada, M. I. S. M. I. S., Camar, G. & Escada, M. I. S. M. I. S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. *Ecol. Modell.* 209, 169–188 (2007).
- An, L. Modeling human decisions in coupled human and natural systems: Review of agent-based models. *Ecol. Modell.* 229, 25–36 (2012).
- Bradley, A. V. et al. An ensemble of spatially explicit land-cover model projections: prospects and challenges to retrospectively evaluate deforestation policy. *Model. Earth Syst. Environ.* 3, 1215–1228 (2017).
- Brown, D. G., Verburg, P. H., Pontius, R. G. & Lange, M. D. Opportunities to improve impact, integration, and evaluation of land change models. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5, 452–457 (2013).
- Brown, D. G., Walker, R., Manson, S. & Seto, K. Modeling Land Use and Land Cover Change. in 395–409 (2012). doi:10.1007/978-1-4020-2562-4_23
- Castella, J. C. & Verburg, P. H. Combination of process-oriented and pattern-oriented models of land-use change in a mountain area of Vietnam. *Ecol. Modell.* 202, 410–420 (2007).
- Filatova, T., Polhill, J. G. & van Ewijk, S. Regime shifts in coupled socio-environmental systems: Review of modelling challenges and approaches. *Environ. Model. Softw.* 75, 333–347 (2016).
- Kok, K. The potential of Fuzzy Cognitive Maps for semi-quantitative scenario development, with an example from Brazil. *Glob. Environ. Chang.* 19, 122–133 (2009).
- Matthews, R. B., Gilbert, N. G., Roach, A., Polhill, J. G. & Gotts, N. M. Agent-based land-use models: A review of applications. *Landscape Ecology* 22, 1447–1459 (2007).
- Müller-Hansen, F. et al. Towards representing human behavior and decision making in Earth system models - An overview of techniques and approaches. *Earth Syst. Dyn.* 8, 977–1007 (2017).
- Murray-Rust, D. et al. Combining agent functional types, capitals and services to model land use dynamics. *Environ. Model. Softw.* 59, 187–201 (2014).
- Page, C. Le et al. Agent-Based Modelling and Simulation Applied to Environmental Management. in 499–540 (2013). doi:10.1007/978-3-540-93813-2_19
- Pérez-Vega, A., Mas, J. F. & Ligmann-Zielinska, A. Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest. *Environ. Model. Softw.* 29, 11–23 (2012).

- Pijanowski, B. C., Brown, D. G., Shellito, B. A. & Manik, G. A. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: A Land Transformation Model. *Comput. Environ. Urban Syst.* 26, 553–575 (2002).
- Popp, A. et al. Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Glob. Environ. Chang.* 42, 331–345 (2017).
- Prestele, R. et al. Hotspots of uncertainty in land-use and land-cover change projections: a global-scale model comparison. *Glob. Chang. Biol.* 22, 3967–3983 (2016).
- Robinson, D. T. et al. Comparison of empirical methods for building agent-based models in land use science. *J. Land Use Sci.* 2, 31–55 (2007).
- Robinson, D. T. et al. Modelling feedbacks between human and natural processes in the land system. *Earth Syst. Dyn.* 9, 895–914 (2018).
- Van Asselen, S. & Verburg, P. H. Land cover change or land-use intensification: Simulating land system change with a global-scale land change model. *Glob. Chang. Biol.* 19, 3648–3667 (2013).
- Veldkamp, A. & Lambin, E. F. Editorial: Predicting land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85, 1–6 (2001).
- Verburg, P. H. & Overmars, K. P. Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: Exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model. *Landsc. Ecol.* 24, 1167–1181 (2009).
- Verburg, P. H., Eickhout, B. & Meijl, H. A multi-scale, multi-model approach for analyzing the future dynamics of European land use. *Ann. Reg. Sci.* 42, 57–77 (2008).
- Verburg, P. H., Schot, P. P., Dijst, M. J. & Veldkamp, A. Land use change modelling: Current practice and research priorities. *GeoJournal* 61, 309–324 (2004).
- Voinov, A. et al. Tools and methods in participatory modeling: Selecting the right tool for the job. *Environ. Model. Softw.* 109, 232–255 (2018).
- Yang, J., Gong, J., Tang, W. & Liu, C. Patch-based cellular automata model of urban growth simulation: Integrating feedback between quantitative composition and spatial configuration. *Comput. Environ. Urban Syst.* 79, (2020).

CST-319-3	Modelagem Hidrológica
------------------	------------------------------

O objetivo desta disciplina é treinar e capacitar os alunos da Ciência do Sistema Terrestre no uso de modelos hidrológicos distribuídos, visando sua utilização na avaliação de impactos de mudanças do uso da terra e climáticas sobre os recursos hídricos superficiais.

Ementa

1. Elementos de análise numérica. Classificação de modelos (concentrados, distribuídos, etc). Otimização dos parâmetros de modelos hidrológicos.
 2. Infiltração e dinâmica de água no solo. Modelos de água no solo. Determinação de precipitação efetiva.
 3. Equações de Saint Venant. Classificação de modelos de propagação.
 4. Processos de transformação chuva-vazão. Hidrograma unitário, hidrograma unitário sintético, modelo de onda cinemática.
 5. Modelos hidrológicos de pequenas bacias: Topog, DHSVM, TopModel, etc. Elementos de análise numérica. Diferenças e elementos finitos.
 6. Modelos e propagação de cheias em rios e reservatórios: Modelos de Pulz, Muskhingum, Muskhingum-Cunge. Introdução a modelos hidrodinâmicos.
 7. Agregação de processos hidrológicos em larga escala. Modelos hidrológicos de grandes bacias: VIC, MGB-IPH. Aspectos práticos no uso de modelos hidrológicos: Ajuste e verificação dos parâmetros. Incerteza dos resultados.
 8. Ferramentas básicas de geo-processamento para preparação de dados de entrada. Métodos de interpolação para espacialização de dados.
1. Impactos das mudanças climáticas e das mudanças do uso da terra sobre o ciclo hidrológico superficial. Desmatamento.

Bibliografia

- ASCE. **Hydrology Handbook** – Second Edition. Prepared by the Task Committee on Hydrology Handbook of Management Group D of the American Society of Civil Engineers. ASCE manuals on engineering practice, 1996.
- Beven, K. Rainfall Runoff Models: The Primer.
- Jones, J. A. A. **Global Hydrology: Processes, resources and environmental management.** ed. [S.l.], Addison Wesley, , 399 p., 1997.
- Singh, V.P. **Computer Models of Watershed Hydrology.** Water Resources Publications. 1130p. 1995.
- Tucci, C.E.M (org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** Editora Universitária UFRGS ABRH. 944p., 1993.
- Ven T Chow; David R Maidment; Larry W. Applied Hydrology Edition: 1 McGraw-Hill Science/Engineering/Math / 01-Feb-1988 / 572 pages. ISBN: 0070108102

CST-320-3	Interações Biosfera-Atmosfera
------------------	--------------------------------------

O principal objetivo da disciplina é estudar os processos físicos e biogeoquímicos através dos quais os ecossistemas terrestres afetam e são afetados pelas condições ambientais. O tema central desta disciplina é de que ecossistemas terrestres, através de seus ciclos de energia, água, carbono, gases traço e nutrientes, têm importante influência nos processos atmosféricos. O acoplamento entre a biosfera e a atmosfera é observado em escalas espaciais desde os estômatos das plantas até a escala dos grandes biomas, e em escalas de tempo desde segundos (fisiologia vegetal), dias a semanas (fenologia), até séculos a milênios (dinâmica de vegetação e biogeografia).

Ementa

- 1) Introdução: Princípios de climatologia, processos físicos que controlam o clima global, variabilidade em escalas sazonais e interanuais, e mudanças climáticas em escalas de séculos a milênios.
- 2) O papel da biosfera terrestre no sistema climático global.
- 3) Processos eco-hidroológicos de interação biosfera-atmosfera.
- 4) Técnicas de medições e parametrizações
 - a) Balanço de energia e água
 - b) Processos fisiológicos e produção de carbono (fotossíntese, produção primária, limitações)
 - c) Medições de gases de efeito estufa e fluxos de superfície e limitações
 - d) Modelos de superfície terrestre
- 5) Fenologia e Dinâmica de vegetação em ecossistemas terrestres.
- 6) Feedbacks no sistema acoplado relacionados aos processos físicos e biológicos em ecossistemas terrestres.
- 7) Interações Biosfera-Atmosfera Regionais: estudo de caso para a Amazônia.

Bibliografia

- Bonan, G.B., 2002. Ecological Climatology: Concepts and Applications. Cambridge University Press, Cambridge, 678 pp.
- Bonan, G.B., 2008. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science*, 320(5882): 1444-1449. doi: 10.1126/science.1155121.
- Hartman, D.L., 1994. Global Physical Climatology. Academic Press, 411 pp.
- Chapin, F.S., III, Matson, P.A. and Mooney, H.A., 2002. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Springer, New York, NY, 436 pp.
- Nobre et al. Amazonian Climate. In: Kabat et al. (Eds.). Vegetation, water, humans and the climate. Germany, Springer-Verlag, 2004.
- IPCC Special Report Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, <https://www.ipcc.ch/srccl/>, 2019.

CST-322-3	Conservação do Solo: Importância para a Biodiversidade
------------------	---------------------------------------------------------------

O solo é finito em extensão e não renovável em curta escala de tempo. O solo é um dos recursos naturais mais significativos para a humanidade, podendo ter sua capacidade produtiva comprometida principalmente pela ação antrópica. A degradação do solo é uma ameaça real e crescente causada por usos insustentáveis e a gestão sustentável dos solos agrícolas do mundo torna-se primordial para a segurança alimentar global. Essa disciplina foi elaborada no contexto de promover discussões para aprimorar o entendimento das interações entre os solos no contexto atual de produção e de conservação, isto é, buscar entender a dinâmica da complexa interação de sistemas naturais e sociais e a importância para a biodiversidade.

Ementa

1. Solos no contexto de Biodiversidade. Degradação dos solos e ameaças à biodiversidade. Conceitos de limites planetários, Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e discussões globais sobre sustentabilidade. Entendimento dos solos no contexto social, ambiental e econômico.
2. Propriedades físicas e químicas e discussões sobre a importância para a sustentabilidade no sistema terrestre. Pedologia, conceitos.
3. Classificação dos solos no Brasil (histórico e atual). Tipos de solos no Brasil e suas características físicas e químicas.
4. Solos no contexto de desertificação. Áreas em processos de desertificação no Brasil/Núcleos de desertificação.
5. Erosão do solo no contexto social. Solos e Governança. Solos no contexto de políticas públicas (promotor de justiça convidado).
6. Erosão no contexto ambiental. Definições de processos erosivos/erosão dos solos. Erosão dos solos e perda de produtividade agrícola – discussões. Degradação dos solos por erosão no Brasil. Solos frágeis.
7. Modelagem da erosão. Modelos – tipos, conceitos e exemplos. Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) – conceito, aplicações, vantagens e desvantagens. Exemplos de aplicação da EUPS em São Paulo. Estudo de caso.
8. Conservação do Solo. Conceitos e importância da conservação dos solos para a biodiversidade e para a sociedade. Mudanças climáticas e a relação com a conservação dos solos.
9. Solos como Serviço Ecossistêmico. Definições. Importância dos solos no contexto de serviços ecossistêmicos
10. Indicadores Ambientais. Solos no contexto de indicadores ambientais para a sustentabilidade
11. TWI 2050 e ODS. Solos no contexto do The World in 2050 (TWI 2050) e no contexto dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)
12. Nexus Água-Energia-Alimento.

Bibliografia

- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do solo. Piracicaba. Livroceres, 1985, 392p.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R. Principles of Soil Conservation and Management. Springer, 617p., 2008.
- D'agostini, L. R. Erosão: o problema mais que o processo. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999. 131p.
- Guerra, A.J.T.; Silva, A.S.; Botelho, R.G.M. Erosão e conservação de solos: conceitos temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- Lepsch, I. F. Formação e conservação dos solos. São Paulo. Oficina de Textos. 2002. 178p. Pereira, V. P.; Ferreira, M.E.; Pessoa Da Cruz, M.C. Solos altamente suscetível à erosão. Jaboticabal, FCAV-UNESP/SBCS, 1994. 253p
- Prado, H. Pedologia Fácil: Aplicações em solos tropicais. Piracicaba, 4º edição. 284 p., 2013.

Ramalho Filho, A.; Beek, K.J. Sistemas de avaliação da aptidão agrícola das terras. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS, 1994, 65p.

Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservative planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook n. 537, 1978. 58p.

CST-325-3	Mudanças Hidrológicas
------------------	------------------------------

Historicamente, a disponibilidade dos recursos hídricos desenvolveu um papel preponderante na evolução das civilizações. Os padrões demográficos e de uso do solo globais são constrangidos pela disponibilidade d'água e a capacidade de apropriação do recurso de forma a sustentá-los. Alterações no ciclo hidrológico produzidas pela variabilidade natural e pela ação antrópica alteram a capacidade de armazenamento da bacia. O estresse que o crescimento da população mundial e as mudanças globais exercem sobre os recursos hídricos têm exacerbado a ocorrência de conflitos relacionados com estes nas últimas décadas e, de acordo com projeções do IPCC, serão ainda mais frequentes e de maior grau no futuro.

O estudo das Mudanças Hidrológicas foca seu interesse em dinâmicas de longo prazo. Procura-se entender o fator antrópico, através, por exemplo, das modificações da paisagem, dos cursos de água, da exploração do recurso hídrico superficial e subterrâneo e das mudanças climáticas antrópicas; assim como o rol das mudanças climáticas e da variabilidade climática natural. A variabilidade e as mudanças climáticas são entendidas como processos bidirecionais, atrelados à atividade antrópica e mediados pelo ciclo hidrológico. O objetivo será abordar o estado da arte no estudo das Mudanças Hidrológicas e de seus impactos nos sistemas naturais e antrópicos, assim como metodologias utilizadas para sua detecção e projeção de cenários.

Ementa e Bibliografia

1) Conceito de Mudança Hidrológica. Escalas local, regional e global.

- a) Wagener, T., M. Sivapalan, P. A. Troch, B. L. McGlynn, C. J. Harman, H. V. Gupta, P. Kumar, P. S. C. Rao, N. B. Basu, and J. S. Wilson (2010), The future of hydrology: An evolving science for a changing world, *Water Resour. Res.*, 46, W05301, doi:10.1029/2009WR008906
- b) Milly, P. C. D., J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier, and R. J. Stouffer (2008), Stationarity is dead: Whither water management?, *Science*, 319, 573–574, doi:10.1126/science.1151915.
- c) Sivapalan, M., S. E. Thompson, C. J. Harman, N. B. Basu, and P. Kumar (2011), Water cycle dynamics in a changing environment: Improving predictability through synthesis, *Water Resour. Res.*, 47, W00J01, doi:10.1029/2011WR011377.
- d) Zehe, E., and M. Sivapalan (2009), Threshold behavior in hydrological systems as (human) geoecosystems: Manifestations, controls and implications, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 13(7), 1273–1297, doi:10.5194/hess-13-1273-2009

2) Metodologias de identificação de mudanças hidrológicas. Métodos Estatísticos e Modelagem Numérica

- a) McCuen, Richard H. *Modeling hydrologic change: statistical methods*. CRC press, 2002.
- b) Chen, Jie, François P. Brissette, and Robert Leconte. "Uncertainty of downscaling method in quantifying the impact of climate change on hydrology." *Journal of Hydrology* 401.3 (2011): 190-202.
- c) McIntyre, Neil, et al. "Modelling the hydrological impacts of rural land use change: current state of the science and future challenges." *Hydrology for a changing world* (2013): 01-07.

3) Modelagem das Mudanças Hidrológicas, capacidades e limitações

- a) Wagener, T. (2007) Can we model the hydrological impacts of environmental change? *Hydrological Processes* 21, 3233-3236

- b) Sivapalan, Murugesu, (2005). "Pattern, process and function: elements of a unified theory of hydrology at the catchment scale." *Encyclopedia of hydrological sciences*.
- c) Beven, Keith (2011). "I believe in climate change but how precautionary do we need to be in planning for the future?." *Hydrological Processes* 25.9,1517-1520.
- d) Beven, K. J. (2001). "Dalton Medal Lecture: How far can we go in distributed hydrological modelling?" *Hydrology and Earth System Sciences* 5.1, 1-12.
- e) Mendoza, P. A., M. P. Clark, M. Barlage, B. Rajagopalan, L. Samaniego, G. Abramowitz, and H. Gupta (2015), Are we unnecessarily constraining the agility of complex process-based models?, *Water Resour. Res.*, 51, 716–728,
- f) Kumar, P. (2011), Typology of hydrologic predictability, *Water Resour. Res.*, 47, W00H05.

4) Variabilidade Climática e Recursos Hídricos

- a) Jhan Carlo Espinoza Villar, Jean Loup Guyot, Josyane Ronchail, Gérard Cochonneau, Naziano Filizola, Pascal Fraizy, David Labat, Eurides de Oliveira, Juan Julio Ordoñez, Philippe Vauchel, (2009). Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974–2004), *Journal of Hydrology*, 375, 3-4, 297.
- b) Marengo, J.A., (2009). Long-term trends and cycles in the hydrometeorology of the Amazon basin since the late 1920s, *Hydrological Processes*, 23, 22.
- c) García, N. O., Vargas, W. M. (1998). The temporal climatic variability in the 'Rio de la Plata' basin displayed by the river discharges. *Climatic Change*, 38(3), 359-379.
- d) Collischonn, W., Tucci C. E. M., Clarke R. T., (2001): "Further evidence of changes in the hydrological regime of the River Paraguay: part of a wider phenomenon of climate change?." *Journal of Hydrology* 245.1 218-238.
- e) Merz, B., Aerts, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Baldi, M., Becker, A., Bichet, A., Blöschl, G., Bouwer, L. M., Brauer, A., Cioffi, F., Delgado, J. M., Gocht, M., Guzzetti, F., Harrigan, S., Hirschboeck, K., Kilsby, C., Kron, W., Kwon, H.-H., Lall, U., Merz, R., Nissen, K., Salvatti, P., Swierczynski, T., Ulbrich, U., Viglione, A., Ward, P. J., Weiler, M., Wilhelm, B., Nied, M., (2014). Floods and climate: emerging perspectives for flood risk assessment and management, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14, 1921-1942

5) Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos

- a) Qin, Dahe, et al., 2014. *Climate change 2013: The physical science basis*. Cambridge, UK, and New York: Cambridge University Press.
- b) Field, C.B. et al, 2014. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability*. IPCC, 2014.
- c) Christensen, N. S., Lettenmaier, D.P., (2007). "A multimodel ensemble approach to assessment of climate change impacts on the hydrology and water resources of the Colorado River Basin." *Hydrology and Earth System Sciences* 11.4, 1417-1434.
- d) Vicuña, S., Garreaud, R.D., McPhee, J., (2011). "Climate change impacts on the hydrology of a snowmelt driven basin in semiarid Chile." *Climatic Change* 105.3-4: 469-488.
- e) Hagemann, S, et al., (2012) "Climate change impact on available water resources obtained using multiple global climate and hydrology models." *Earth System Dynamics Discussion* 3, 1321-1345.
- f) Schewe, J., et al., (2014) "Multimodel assessment of water scarcity under climate change." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111.9, 3245-3250.
- g) Nóbrega, M. T., et al., (2011). "Uncertainty in climate change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil." *Hydrology and Earth System Sciences* 15.2, 585-595.
- h) Viola, M. R., et al., (2014). "Assessing climate change impacts on Upper Grande River Basin hydrology, Southeast Brazil." *International Journal of Climatology*.

6) Mudanças no uso e na cobertura do solo, alterações dos corpos de água e exploração dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e seus impactos na disponibilidade hídrica.

- a) Sanderson, E. W., M. Jaiteh, M. A. Levy, K. H. Redford, A. V. Wannebo, and G. Woolmer (2002), *The human footprint and the last of the wild*, *BioScience*, 52, 891–904
- b) Haddeland, Ingjerd, et al. "Global water resources affected by human interventions and climate change." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111.9 (2014): 3251-3256.

- c) Bonell, M., (2010). "The impacts of global change in the humid tropics: selected rainfall-runoff issues linked with tropical forest-land management." *Irrigation and drainage systems* 24.3-4 (2010): 279- 325.
- d) Rodriguez, D. A., Tomasella, J., Linhares, C. (2010), Is the forest conversion to pasture affecting the hydrological response of Amazonian catchments? Signals in the Ji-Paraná Basin. *Hydrol. Process.*, 24: 1254–1269.

7) Implicações das Mudanças Hidrológicas na segurança hídrica, gestão e manejo dos Recursos Hídricos.

- a) Bakker, K. (2012) Water Security: Research Challenges and Opportunities. *Science* 337(6097), 914-915.
- b) Cook, C. and Bakker, K. (2012) Water security: Debating an emerging paradigm. *Global Environmental Change* 22(1), 94-102.
- c) Dessai, S., et al., (2009) "Climate prediction: a limit to adaptation." *Adapting to climate change: thresholds, values, governance.* 64-78.
- d) Reeder, T., et al., (2009) "Protecting London from tidal flooding: limits to engineering adaptation." *Adapting to climate change: thresholds, values, governance.* 54.
- e) Sivapalan, M., Savenije, H. H. G. and Blöschl, G. (2012), *Sociohydrology: A new science of people and water.* *Hydrol. Process.*, 26: 1270–1276.
- f) Hale, R. L., et al., (2015) "iSAW: Integrating Structure, Actors, and Water to Study Socio-Hydro-Ecological Systems." *Earth's Future.*
- g) Liu, D., et al., (2015). "A conceptual socio-hydrological model of the co-evolution of humans and water: case study of the Tarim River basin, western China." *Hydrology and Earth System Sciences* 19.2, 1035-1054.

CST-326-4	Fenômenos Elétricos Globais
------------------	------------------------------------

A Terra apresenta uma intensa e contínua atividade elétrica desde as camadas mais altas de sua atmosfera (na fronteira com o meio interplanetário) até o centro do planeta. Esses fenômenos estão diretamente relacionados com a atividade solar, a qual injeta continuamente no meio interplanetário, o chamado vento solar. Trata-se de um plasma de alta energia que interage com as linhas de campo magnético gerado pelo dínamo terrestre modulando assim boa parte dos processos elétricos existentes na mesosfera e magnetosfera no planeta. Na baixa atmosfera (troposfera), as nuvens de tempestades, formadas pela convecção do ar úmido até os limites da estratosfera, são controladas pela radiação térmica proveniente do Sol bem como pelas emissões atmosféricas (naturais e antropogênicas) de aerossol. As nuvens de tempestades eletrificam, fundamentalmente por atrito das partículas de gelo em seu interior, e provocam as descargas atmosféricas, que são intensas correntes elétricas que circulam na troposfera transferindo cargas dentro das nuvens, entre as próprias nuvens e entre as nuvens e solo. Estas últimas apresentam grande impacto sobre a atividade humana, pois atingem diretamente as estruturas na superfície causando prejuízos e culminando até com mortes de animais e seres humanos. As tempestades na troposfera e os processos elétricos da mesosfera estão fortemente acoplados formando o chamado Circuito Elétrico Atmosférico Global. Este circuito parece ser um "termômetro" que indica como a ação do homem e as mudanças climáticas e ambientais globais estão afetando o equilíbrio elétrico do planeta. Além disso, há indícios de que a ocorrência contínua de tempestades em todo o globo também tem implicações no balanço químico da baixa atmosfera.

Ementa

1. Processos elétricos na média-alta atmosfera. Acoplamento com o meio interplanetário e com o Sol. O campo magnético terrestre e a teoria do dínamo. Balanço de energia planetário.
2. Formação da Ionosfera. Processos de ionização da média atmosfera
3. Processos elétricos na baixa atmosfera. Formação de tempestades e descargas atmosféricas. Sistemas dinâmicos e termodinâmicos.
4. Circuito Elétrico Atmosférico Global (CEAG). Acoplamento entre baixa e média atmosfera

5. Medidas diretas e indiretas da atividade elétrica planetária. Sistemas de detecção de superfície e a bordo de satélites
6. Papel do aerossol sobre a formação das tempestades. Efeito antropogênico sobre as características espaciais, temporais e elétricas das descargas atmosféricas. Impactos do uso do solo, urbanização e emissões.
7. Descargas atmosféricas e seus efeitos sobre a química da atmosfera. Fixação do N₂ e formação de O₃.
8. Efeitos das mudanças climáticas e ambientais sobre o regime e intensidade das tempestades. Alterações nos padrões espaciais, temporais e elétricos das descargas atmosféricas. Efeitos da poluição, ilhas de calor, aquecimento global, ciclo solar, fenômenos El Niño e La Niña.

Bibliografia

- MacGorman, D. R.; Rust, W. D. "The Electrical Nature of Storms", Oxford Univ. Press, 1998
- Stull, R. "Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science", University of British Columbia, Vancouver, 2016
- Leblanc F.; Aplin, K. L.; Yair, Y.; Harrison, R. G.; Lebreton, J. P.; Blanc, M. "Planetary Atmospheric Electricity", Space Sciences Series of ISSI, Springer, 2008
- Rakov, V. A.; Uman, M. A. "Lightning: Physics and Effects", Cambridge Univ. Press, 2003
- Pinto, Jr.; Pinto, I. R. C. A. "Tempestades e Relâmpagos no Brasil", INPE, 2000
- Naccarato, K. P. "Tópicos em Eletricidade Atmosférica", INPE-9387-PUD/118, 2002
- Cooray, V. "An Introduction to Lightning", Springer, Dordrecht, 2015
- Füllekrug, M.; Mareev, E. A.; Rycroft, M. J. "Sprites, elves and intense lightning discharges", Springer, 2006

CST-780-0	Pesquisa de Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre
------------------	--------------------------------------------------------------

Atividade obrigatória em cada período letivo para todo aluno em fase de Pesquisa. É oficializada pelo Orientador de Pesquisa, o qual avaliará o desempenho do aluno nesta atividade. Obrigatória, também para o aluno que não esteja matriculado em alguma disciplina. Neste caso, a orientação e avaliação deverão ser feitas por Docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico de seu Curso.

EST-00	Estudo Orientado em Ciência do Sistema Terrestre
---------------	---------------------------------------------------------

Até 4 créditos

CST-800	Tese de Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre
----------------	----------------------------------------------------------

36 créditos

Catálogo aprovado pelo CPG em 08/04/2020