

IFA736 Tópicos em Biofísica

Métodos matemáticos em biologia teórica

Período: 2023-1

Resumo:

O objetivo do curso é introduzir algumas das principais técnicas matemáticas utilizadas no estudo quantitativo de sistemas biológicos diversos. A ênfase será na introdução rigorosa e aplicação generalizável de cada técnica, mais do que no substrato biológico usado como exemplo. A experiência discente do curso irá procurar reproduzir a práxis da pesquisa científica: Os alunos irão colaborar entre si e interagir com dados reais; o uso de resultados de terceiros será encorajado se citados apropriadamente; o uso das técnicas estudadas será motivado por questões científica concretas; e os projetos a serem avaliados terão o formato de produção científica usual. Alguma experiência com linguagens de programação é altamente recomendada, mas o curso será agnóstico quanto a linguagens específicas

Ementa:

- Módulo 0 – Dinâmica populacional
 - Introdução ao raciocínio físico-matemático: Intuição física e intuição matemática, e o choque de culturas científicas
 - Algumas ferramentas: Overleaf, Bibtex, Zotero, Github e linguagens de programação
 - Sistemas de equações diferenciais parciais de 1ª ordem e dinâmica de populações
 - Modelos populacionais: Crescimento Malthusiano e logístico; Modelos de populações acopladas: Lotka-Volterra, infestações de zumbis e SI(n)R para doenças infecciosas.
- Módulo 1 – Alometria e leis de escala
 - Leis de escala e análise dimensional
 - Leis de potência e invariância de escala
 - Alometria na natureza: redes space-filling e girificação cortical
 - Fractais e análise multi-escalas
- Módulo 2 – Estatística e análise de dados
 - Bases de dados e automatização
 - Harmonização de dados
 - Análise de componentes principais
- Módulo 3 – Redes
 - Redes na natureza e suas representações: Vértices, arestas e a matriz de conectividade
 - Análise algébrica de redes: Menor caminho médio, coeficiente de clustering, centralidade e conectividade algébrica
 - Algumas redes de interesse: Aleatórias, mundo pequeno, sem escala característica
 - Redes neuronais e redes de neurônios: uma breve introdução
- Módulo 4 – Métodos de monte Carlo
 - Entropia e elementos de física estatística
 - Cadeias de Markov
 - Balanço detalhado e algoritmo de Metrópolis

Equipe:

Professor: Bruno Mota

Professor convidado: Lucas França (Kings College, Londres)

Monitores: Victor Braga e Fernanda Hansen

Esquema de avaliação:

Projeto ao final de cada módulo.

- Projeto módulo 0 – Individual – 20%

- 2 x Projeto livre escolha entre os módulos 1, 2, 3 e 4 – em dupla – 2x40%

Cada projetos irá incluir código computacional e textos em formato de artigo científico apresentando e discutindo análise de dados. Bases de dados reais serão disponibilizadas, mas os alunos são encorajados a usar dados próprios ou que lhes sejam de interesse.

Todos os resultados serão apresentados em ferramentas de colaboração científica reais: Projetos compartilhados no Overleaf, repositórios de código em Github, notebooks em Jupyter e Mathematica.

Material didático e bibliografia sugerida:

- Quadro virtual com o conteúdo das aulas e material suplementar (miro.com/)
 - Roteiros com exercícios e atividades para cada módulo
1. Sethna, JP. (2021) *Statistical Mechanics: Entropy, Order Parameters, and Complexity*, 2nd edn, Oxford; <https://doi.org/10.1093/oso/9780198865247.001.0001>
https://sethna.lassp.cornell.edu/statistical_mechanics_entropy_order_parameters_and_complexit
 2. Barenblatt, G. (1996). *Scaling, Self-similarity, and Intermediate Asymptotics: Dimensional Analysis and Intermediate Asymptotics*, Cambridge; <https://doi.org/10.1017/CBO9781107050242.017>
 3. Menczer, Filippo & Fortunato, Santo & Davis, Clayton. (2020). *A First Course in Network Science*, Cambridge, <https://doi.org/10.1017/9781108653947>.
<https://cambridgeuniversitypress.github.io/FirstCourseNetworkScience/>
 4. Haberman R (1998) *Mathematical Models: Mechanical Vibrations, Population Dynamics, and Traffic Flow*, Society for Industrial and Applied Mathematics, <https://epubs.siam.org/doi/10.1137/1021076>