

Introdução a sistemas complexos e problemas de percolação

PIBIC - Edital 05/2022

CMCC - UFABC, Campus Santo André.

Início: 01 de agosto de 2022. Duração: 12 meses.

29 de junho de 2022

Resumo

Das reações bioquímicas ao desenvolvimento global, a complexidade surgiu como uma característica excepcional do nosso mundo. Buscar estudar sistemas complexos e novas abordagens são fundamentais para avançar nossa compreensão e capacidades. Essas abordagens incluem o reconhecimento da importância dos padrões de comportamento; o espaço de possibilidades; e processos adaptativos que selecionam comportamentos eficazes para um mundo complexo. Dentro deste campo, temos a teoria da percolação é uma seção da teoria da probabilidade, que tem múltiplas aplicações em ciências naturais e de engenharia. Aqui nesta proposta visamos uma introdução à teoria de sistemas complexos. Exploraremos o conceito de percolação e algumas de suas inúmeras aplicações. De especial interesse vamos abordar temas como transição de fase em sistema de percolação, vizinhança, clusters, entre outros temas como descrevemos ao longo da proposta. Espera-se que a aluna possa compreender sistemas complexos e reconhecê-los em processos do dia-a-dia. O contato com a programação e simulações apresentará uma técnica de abordagem científica que a aluna levará consigo. Além disso, os resultados e desempenho da aluna serão apresentados no Simpósio de Iniciação Científica da UFABC em 2023.

Palavras Chaves: Sistemas complexos, Percolação, Fractais, Clusters, Formação de padrões, Transições de Fase, Método Monte Carlo.

1 Introdução

Das reações bioquímicas ao desenvolvimento global, a complexidade surgiu como uma característica unificadora do nosso mundo [1]. Buscar estudar sistemas complexos e novas abordagens são fundamentais para avançar nossa compreensão e capacidades. Essas abordagens incluem o reconhecimento da importância dos padrões de comportamento; o espaço de possibilidades; e processos adaptativos que selecionam comportamentos eficazes para um mundo complexo. Como disciplina, os sistemas complexos são um campo da ciência que estuda como as partes de um sistema e seus relacionamentos dão origem aos comportamentos coletivos do sistema e como o sistema se relaciona com seu ambiente. Sistemas sociais formados (em parte) por pessoas, o cérebro formado por neurônios, moléculas formadas por átomos, o clima formado por fluxos de ar são exemplos de sistemas complexos. O campo de sistemas complexos abrange todas as disciplinas tradicionais da ciência, bem como engenharia, medicina e administração. Também é relevante para a arte, história, literatura e outras humanidades. Ele se concentra em certas questões sobre relacionamentos e como eles transformam as partes em todos [1]. Essas perguntas são relevantes para todos os sistemas com os quais nos preocupamos.

O entusiasmo dos cientistas e do público sobre esse campo reflete seu impacto potencial em nossa capacidade de entender questões que afetam a vida cotidiana, perspectivas sobre o mundo ao nosso redor, disputas filosóficas fundamentais e questões de interesse público, incluindo grandes desafios sociais, a dinâmica das redes sociais, Internet e World Wide Web, preocupações biomédicas, psicologia, ecologia e desenvolvimento global.

Existem três abordagens inter-relacionadas ao estudo moderno de sistemas complexos [1; 2]:

1. como as interações dão origem a padrões de comportamento,
2. o espaço de possibilidades e
3. a formação de sistemas complexos através da formação e evolução de padrões.

Existem muitos avanços que tornaram os sistemas complexos uma área de pesquisa empolgante hoje. É impossível discutir todos eles aqui, mas espera-se que o tema estudado aqui motive a aluna a mais investigações.

Nesta proposta, apresentamos conceitos e percepções-chave que orientam nossa compreensão de sistemas complexos. Por exemplo com estudos sobre como os padrões de comportamento surgem das interações, explorar modelos simples de influências locais que dão origem a padrões auto-organizados, como a percolação. Visamos explorar esses conceitos usando discussões simples. Queremos que a aluna compreenda esta discussão usando sua bagagem educacional e instigando seu interesse nesses assuntos.

2 Objetivos específicos

Queremos que a aluna inicie sua jornada em ciências e que possa acompanhar e compreender uma discussão sobre sistemas complexos usando sua bagagem educacional. Não vamos nos aprofundar em formalismo matemático. Todavia, pretendemos:

- estudar exemplos de sistemas complexos; e
- implementar e explorar um modelo simples de percolação.

Os resultados obtidos pela aluna serão apresentados em eventos científicos, especialmente no Simpósio de Iniciação Científica da UFABC.

3 Métodos

Primeiramente a aluna entrará em contato com o método científico através de buscas em bibliotecas como *Web of Science* usando palavras-chaves desta proposta. Além da leitura e estudos iniciais com as referências [2; 3].

Na segunda parte do desenvolvimento da proposta, vamos trabalhar com problemas de percolação. Considerando um grande arranjo de quadrados, ou seja, uma rede quadrada. Por questão simplicidade, inicialmente vamos supor que essa rede seja grande o suficiente para que quaisquer efeitos de borda sejam desprezíveis. A ideia é que a aluna implemente computacionalmente uma rede regular e que uma certa fração de quadrados seja preenchida, enquanto os outros quadrados são deixados vazios. Por questão de formalismos, vamos assumir que a rede é composta por sítios e que estes sítios podem assumir dois estados: ocupado ou livre. Pretendemos explorar o conceito de clusters, vizinhança, conexão entre vizinhos, percolação da rede, transição de fase e fenômenos críticos. A abordagem, então, envolve simulações de diferentes cenários. Utilizaremos o método de Monte Carlo

para modelar o estado de cada sítio.

Ao longo do projeto a aluna deverá fazer um levantamento bibliográfico sobre o assunto, iniciando com os trabalhos nas referências [2; 4; 5; 6; 7]. E também buscando ampliar seu conhecimento estudando artigos com aplicações dos conceitos explorados ao longo deste projeto, como os trabalhos nas referências [5; 7; 8].

4 Plano de trabalho

Este projeto deve ter início em 1^o de agosto de 2022 e duração de 12 meses. Ao longo deste ano a aluna deverá realizar várias etapas, descritas a seguir, para alcançar os objetivos propostos. O cronograma e a descrição das atividades desenvolvidas durante este projeto são apresentadas por quadrimestre na Tabela 1. Vale dizer, que por se tratar de um projeto teórico a ser desenvolvido por aluna de Ensino Médio, a apresentação de um cronograma e um plano de trabalho preciso é sempre difícil.

Fase 1: Revisão bibliográfica. Serão feitas pesquisas bibliográficas relativas aos temas envolvidos neste projeto durante toda sua execução.

Fase 2: Estudos básicos de programação.

Fase 3: Experimentos computacionais: implementar e realizar as simulações.

Fase 4: Análise e interpretação das simulações numéricas.

Fase 5: Participação em eventos científicos: apresentação dos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do projeto e especialmente no "Simpósio de Iniciação Científica" da UFABC em 2023.

Fase 6: Elaboração de relatórios científicos: Preparação de relatórios parcial e final com os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do projeto. Estes serão submetidos para análise na UFABC.

		Ano		2022		2023	
Fase	Quadrimestre	2	3	1	2	1	2
1	Revisão Bibliográfica	●	●	●	●		
2	Estudos básicos de programação	●	●	●			
3	Experimentos computacionais		●	●			
4	Análise e interpretação		●	●	●		
5	Participação em eventos científicos					●	
6	Elaboração de relatórios científicos		●			●	

Tabela 1: Cronograma de Atividades.

5 Comentários finais

A aluna cursa Administração na ETEC Juscelino Kubitschek de Oliveira. Demonstrado interesse em atividades científicas da Universidade através da dedicação em estudos previamente solicitados. Esta é uma grande oportunidade de motivar ainda mais a estudante.

6 Outros apoios

Não há outras fontes de recursos para a realização deste projeto.

Referências

- [1] Y. Bar-Yam, “General features of complex systems,” *UNESCO Encyclopedia of Life Support Systems*, 01 2002.
- [2] M. Mitchell, *Complexity: A Guided Tour*. USA: Oxford University Press, Inc., 2009.
- [3] J. Gleick, *Chaos: Making a new science*. New York: Viking, 1987.
- [4] D. Stauffer and A. Aharony, *Introduction To Percolation Theory*. Taylor Francis, 2 ed., 1992.
- [5] M. Li, R.-R. Liu, L. Lü, M.-B. Hu, S. Xu, and Y.-C. Zhang, “Percolation on complex networks: Theory and application,” *Physics Reports*, vol. 907, pp. 1–68, 2021. Percolation on complex networks: Theory and application.
- [6] D. Callaway, M. Newman, S. Strogatz, and D. Watts, “Network robustness and fragility: Percolation on random graphs,” *PHYSICAL REVIEW LETTERS*, vol. 85, pp. 5468–5471, DEC 18 2000.
- [7] G. Grimmett, *Percolation*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1999.
- [8] C. Molinero, “A fractal theory of urban growth,” *Frontiers in Physics*, vol. 10, 2022.