

# Processos dinâmicos em redes complexas

---

## Propagação de epidemias em redes: Simulação

A propagação de epidemias em redes pode ser simulada através de métodos de Monte Carlo. Há dois tipos possíveis de simulação:

### 1 – Processo de contato:

No processo de contato, a cada intervalo de tempo um vértice infectado tenta propagar a doença para um dos seus vizinhos com probabilidade  $A$  e, após tal ação, pode tornar-se recuperado com um probabilidade  $B$ .

Então, o algoritmo para a simulação da propagação segundo o processo de contato é:

- 1 – Selecione um vértice infectado  $i$
- 2 – Selecione um dos seus vizinhos.
- 3 – Sorteie um número aleatório segundo uma distribuição uniforme em  $[0,1]$ . Se esse número é menor do que  $B$ , infecte o vizinho. Caso contrário, não faça nada.
- 4 – Sorteie um número aleatório segundo uma distribuição uniforme em  $[0,1]$ . Se esse número é menor do que  $A$ , transforme o vértice  $i$  em recuperado.
- 5 – Repita a partir do passo 1 até que não haja mais vértices infectados (no modelo SIR) ou até que a fração de infectados não mude ao longo do tempo (modelos SIS).

### 2 – Processo reativo

No processo reativo, cada vértice infectado tenta propagar a doença a todos os seus vizinhos antes de se tornar recuperado. Assim, o algoritmo é o seguinte:

- 1 – Selecione um vértice infectado  $i$
  - 2 – Para cada um dos seus vizinhos, sorteie um número aleatório segundo uma distribuição uniforme em  $[0,1]$ . Se esse número é menor do que  $B$ , infecte o vizinho. Caso contrário, não faça nada.
  - 4 – Depois de testar todos os vizinho, sorteie um número aleatório segundo uma distribuição uniforme em  $[0,1]$ . Se esse número é menor do que  $A$ , transforme o vértice  $i$  em recuperado.
  - 5 – Repita a partir do passo 1 até que não haja mais vértices infectados (no modelo SIR) ou até que a fração de infectados não mude ao longo do tempo (modelos SIS).
-

# Projeto 5: Propagação de epidemias

## 1 – Modelos de epidemias

- Implemente os modelos SI, SIR e SIS em redes do tipo ER e BA considerando  $N = 1000$  e  $\langle k \rangle = 8$ . Obtenha as curvas da fração de infectados, recuperados e suscetíveis ao longo do tempo.
- Verifique a influência da topologia nas curvas de infectados dos modelos EB, BA, WS ( $p=0.001$ ), WS ( $p=0.1$ ), e BA não-linear ( $\alpha=0.5$  e  $\alpha=1.5$ ).
- Considere o modelo implementado no projeto anterior (From scale-free to Erdos-Rényi networks, Gardenes and Moreno, Physical Review E, 2006). Obtenha uma curva da fração final de recuperados no modelo SIR em função da probabilidade  $p$  (que gera redes BA até ER).
- Compare as curvas de infectados das implementações segundo os processos reativos e de contato para os modelos BA e ER. Em qual caso a diferença é maior? Discuta os resultados.
- Considere o coeficiente crítico para propagação da epidemia que obtivemos em aula ( $\lambda_c$ ). Compare o valor teórico com a curva de infectados no modelo SIS. Simule o modelo para redes BA e ER com  $\langle k \rangle = 10$  e  $N = 1000$ .  
Obtenha o gráfico da Figura 3 do artigo:  
<http://arxiv.org/pdf/1408.2701v1.pdf>

## 2 – Imunização

Considere uma rede BA com 1000 vértices e grau médio 8.

- No modelo SIR, imunize  $X\%$  vértices escolhidos de forma aleatória e obtenha um gráfico da fração de imunizados em função da fração final de recuperados. Realize esse processo 10 vezes e mostre as médias e desvios padrão nesse gráfico.
- Imunize os  $x\%$  maiores hubs e obtenha a mesma curva.
- Coloque os resultados em um mesmo gráfico. Qual tipo de imunização é mais efetiva para conter uma epidemia? Imunizar os vértices de forma aleatória ou os hubs?

### Entrega:

Enviar o texto e os códigos desenvolvidos por email para:

[francisco.rodriques.usp@gmail.com](mailto:francisco.rodriques.usp@gmail.com)