

DINÂMICA E PROCESSOS EPIDÊMICOS NO MODELO DE VICSEK SEM E COM EXCLUSÃO DE VOLUME

David Ethan Carrera Samuels e Silvio da Costa Ferreira Jr.

Saúde e Bem-Estar

Pesquisa

Introdução

- O estudo da matéria ativa implica na compreensão do movimento de partículas auto-propelidas que descrevem fenômenos como o movimento humano e sistemas biológicos, como a revoada de pássaros.
- Com adventos como o da pandemia do Covid-19, estudos pautados em entender a forma que esses processos evoluem tem sido cada vez mais explorados[1].
- Então, existe a necessidade de entender como a mobilidade pode afetar a formação de epidemias.

Objetivos

- Buscar entender a dinâmica do modelo de Vicsek original e com uma modificação adicionando exclusão de volume e a dinâmica epidêmica.

Metodologia

MODELO DE VICSEK:

O modelo de Vicsek é o principal modelo de matéria ativa e é utilizado para entender movimentos coletivos de alinhamento. Esse modelo segue apenas uma regra de interação de alinhamento a curta distância com seus vizinhos. Essa regra é descrita por [2],

$$\Theta_i(t + dt) = \langle \Theta_j \rangle_{|r_i - r_j| < R_d} + \eta_i, \quad ,$$

Criamos também uma regra para caso haja colisão no modelo com exclusão de volume. Essa regra diz que a variação da direção das partículas depende do alinhamento delas. Assim, quando duas partículas colidem, existe uma probabilidade de seguir essa regra ou a regra de Vicsek, e ela é dada por,

$$\Theta_i(t + dt) = \Theta_i(t) + \frac{\eta_c}{2} \left(1 - \frac{\vec{v}_i \cdot \vec{v}_j}{v_i v_j} \right), \quad ,$$

Parâmetros a serem variados são o tamanho do sistema L , a densidade de partículas ρ_N e a probabilidade de seguir a regra de colisão p_C .

No modelo de Vicsek original o passo de tempo é discreto em $dt=1$ e movimento síncrono.

Na modificação adotamos o tempo discreto dado por $dt = -\ln(u)/N$ e que as partículas movem-se uma de cada vez sendo escolhidas de forma aleatória.

Apoio Financeiro



MODELO SIS:

O modelo SIS determina que um indivíduo suscetível pode se tornar infectado, mas que a qualquer momento pode se curar. Para o modelo original de Vicsek, foi feita a probabilidade de uma partícula infectada se curar como p e $1-p$ para uma suscetível ser infectada. E para a mudança, q e p respectivamente.

Resultados

- Distribuição do número de contatos e do tempo de contato no modelo original de Vicsek.

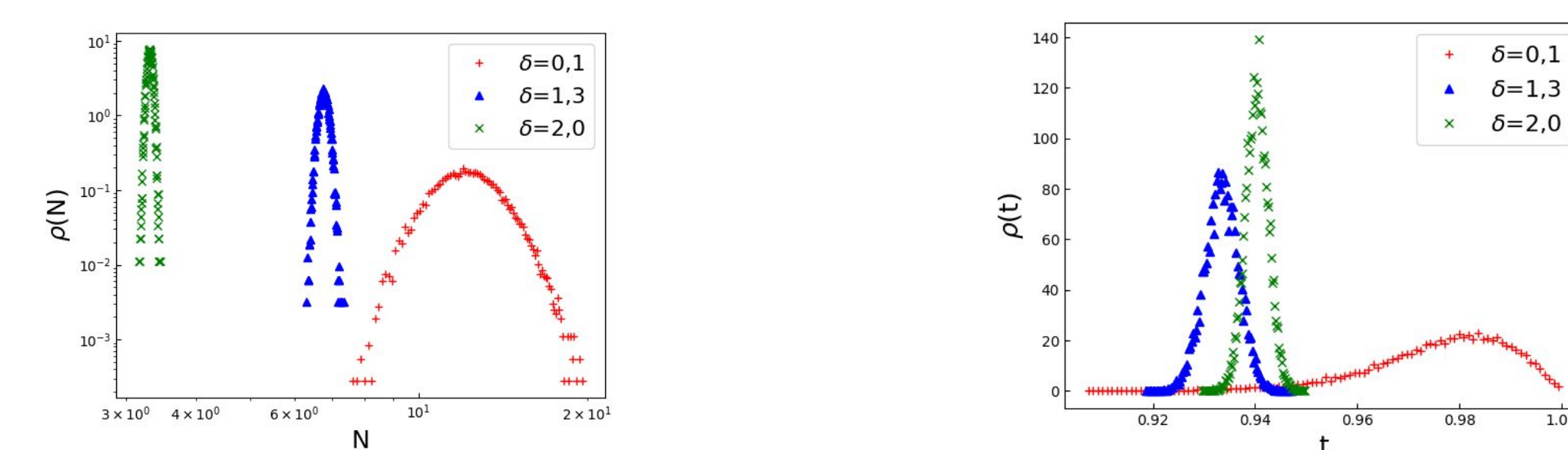


Figura 1: Distribuição de densidade de probabilidades com $\rho_N=0,1$ e $L=450$.

- Variação da média do módulo do centro de massa na alteração do modelo original.

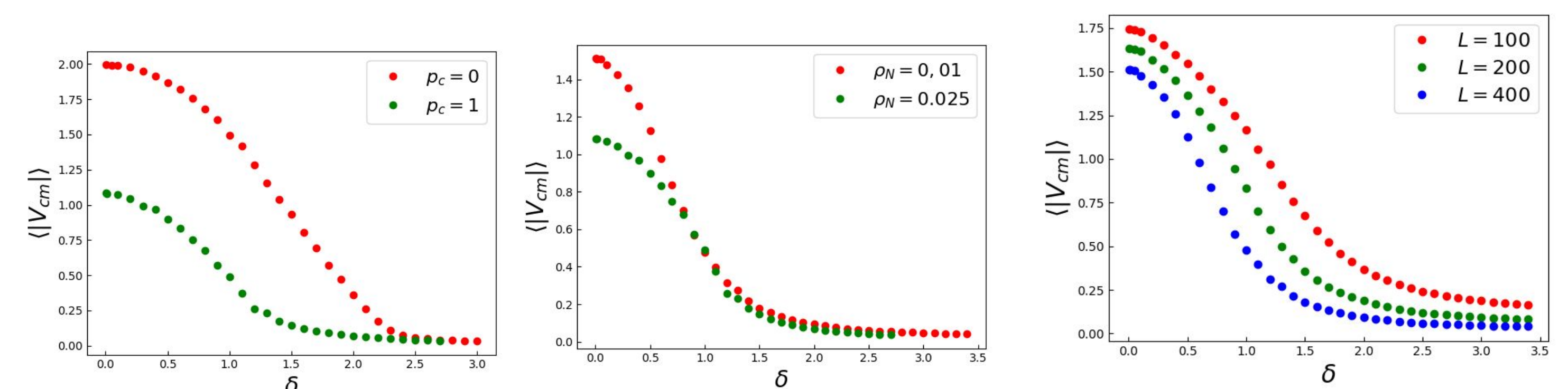


Figura 2: Parâmetro de ordem para (quando fixados) $\rho_N=0,025$, $L=400$ e $p_C=1$.

- Decaimento epidêmico nos dois modelos

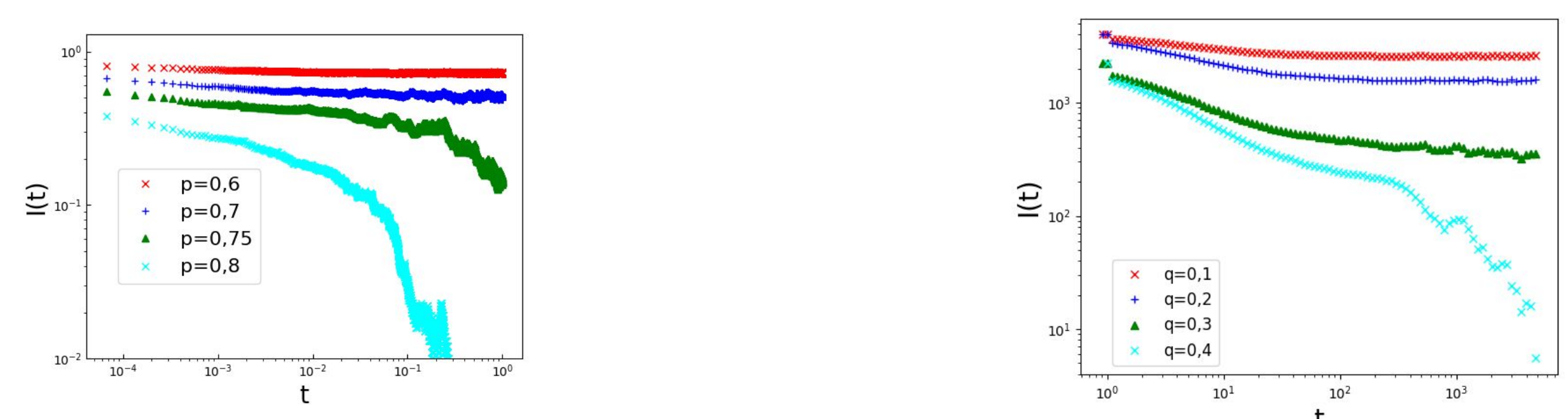


Figura 3: Decaimento epidêmico na fase ordenada do a) modelo original com $L=100$, $\rho_N=0,1$ b) modificado com $L=400$ e $\rho_N=0,025$ e $p=1$.

Conclusões

- As distribuições de número de contatos tem forma Gaussiana e a de tempo de contato mostra uma curva de cauda pesada para δ muito baixo.
- Na variação dos três parâmetros (L , ρ_N , p_C) as condições na fase ordenada é deslocada.
- Nas condições aplicadas, a transição para o estado absorvente acontece próximo à $p=0,8$ e $q=0,41$.

Bibliografia

- [1] Yue Xiang et al. "COVID-19 epidemic prediction and the impact of public health interventions: A review of COVID-19 epidemic models".
- [2] Tamas Vicsek et al. "Novel type of phase transition in a system of self-driven particles".