

## 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],

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

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,

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

Parâmetros a serem variados são o tamanho do sistema  $L$ , a densidade de partículas  $\rho_N$  e a probabilidade de seguir a regra de colisão  $p_c$ .

No modelo de Vicsek original o passo de tempo é discreto com  $dt=1$  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 feito 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.

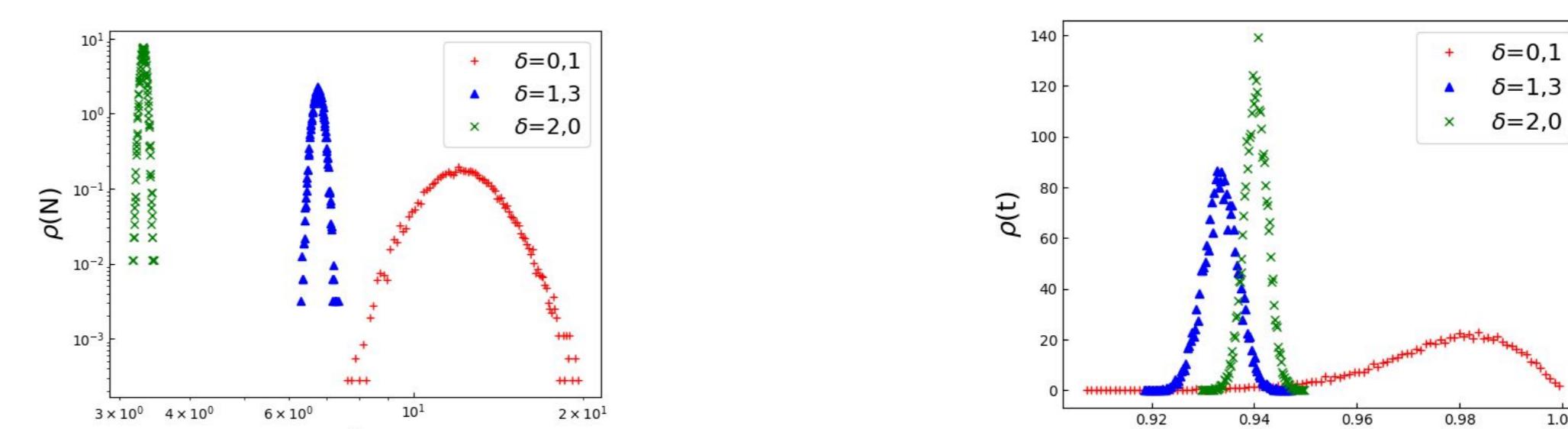


Figura 1: Distribuição de densidade de probabilidades com  $\rho_N=0,1$  e  $L=450$ .

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

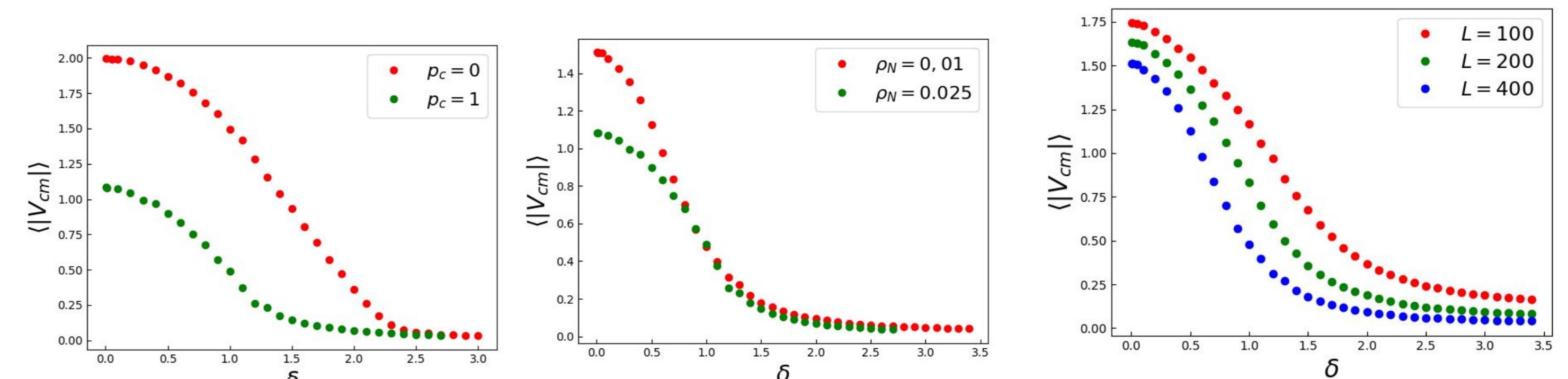


Figura 2: Parâmetro de ordem para (quando fixados)  $\rho_N=0,025$ ,  $L=400$  e  $p_c=1$ .

- Decaimento epidêmico nos dois modelos

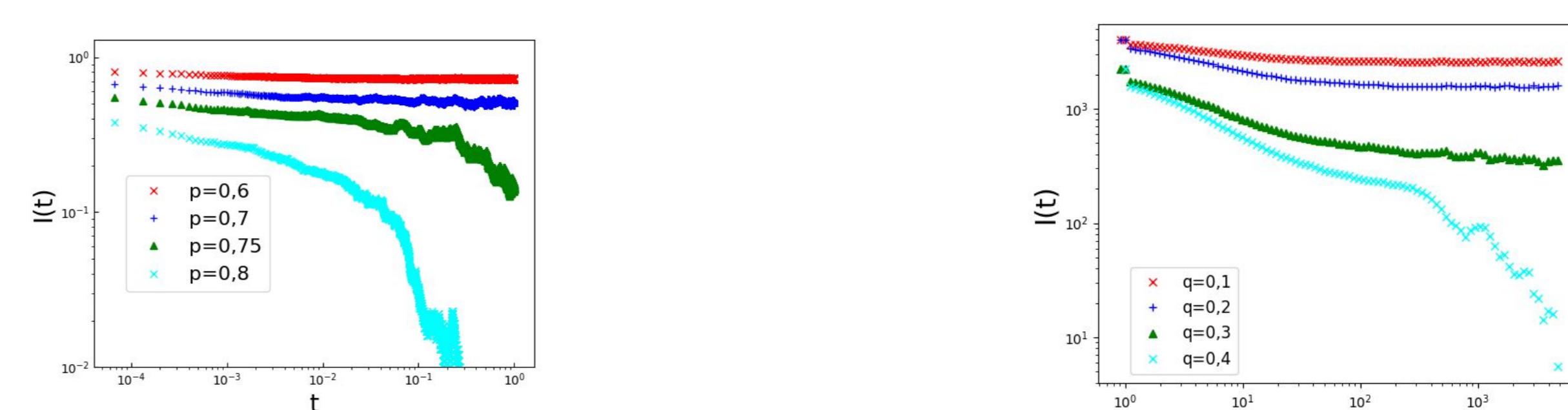


Figura 3: Decaimento epidêmico na fase ordenada do a) modelo original com  $L=100$ ,  $\rho_N=0,1$  b) modificado com  $L=400$  e  $\rho_N=0,025$  e  $p=1$ .

### Conclusões

- As distribuições de número de contatos tem forma Gaussiana e a de tempo de contato mostra uma curva de cauda pesada para  $\delta$  muito baixo.
- Na variação dos três parâmetros ( $L$ ,  $\rho_N$ ,  $p_c$ ) 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”.