

Modelagem Computacional: Simulação 03 - Propagação em Redes
Simulação da Propagação de uma Doença Infecciosa

Alunos: Álvaro Cardoso Vicente de Souza 133536

Gabriel Angelo Cabral Neves 136124

Jhonatan Hiroo Eguchi 133691

Docente: Prof. Dr. Marcos Gonçalves Quiles

Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP Instituto de Ciência e Tecnologia - Campus

São José dos Campos

São José dos Campos - Brasil

Setembro de 2020

Descrição do modelo

O projeto propõe a simulação da propagação em rede de uma doença durante um período de tempo determinado, que simula a propagação da infecção em uma população de 100 indivíduos, onde temos um paciente zero decidido de maneira aleatória e a partir dele temos uma probabilidade de infecção através do contato com outros indivíduos vizinhos.

A doença tem um tempo de duração definida e, existe também, uma probabilidade do indivíduo infectado vir a falecer. Após a doença ser curada, o indivíduo possui um período de imunidade e pode vir a contrai-la novamente ao fim desse período caso haja contato com alguém infectado.

Desta maneira, através da implementação e manipulação de grafos com uma *seed* aleatória responsável por determinar as relações entre cada indivíduo, utilizando pacote NetworkX em Python3.

Rede Desenvolvida

Utilizando a *seed* 134450 (média de nosso RA's) para a formulação do grafo aleatório que descreve as relações entre os indivíduos e determina como a doença se espalha.

Para a confecção de um grafo que possui um Grau 4 e 100 vértices (indivíduos) utilizou-se a seguinte equação:

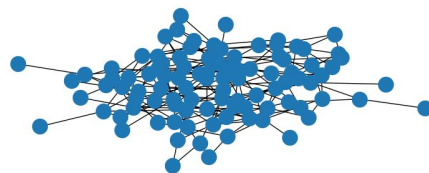
$$G = \frac{2m}{n}$$

G - Grau do grafo;

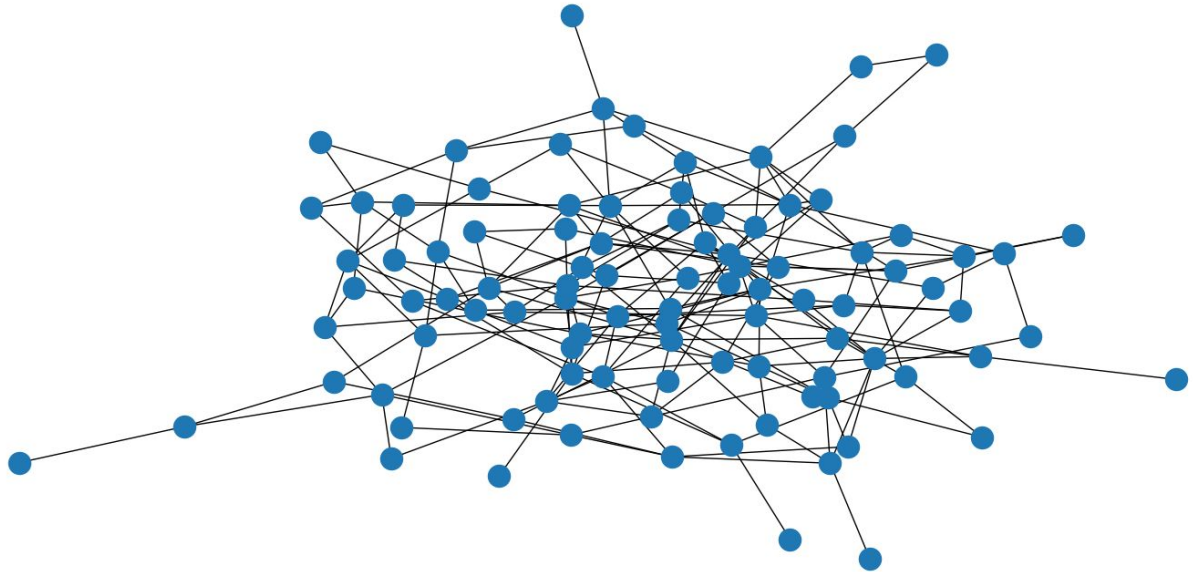
m - Número de arestas;

n - Número de vértices.

Utilizando a *seed* mencionada acima obtemos o seguinte grafo para 100 indivíduos, onde os *nodes* 68 e 53 não possuem relações com os outros *nodes*:

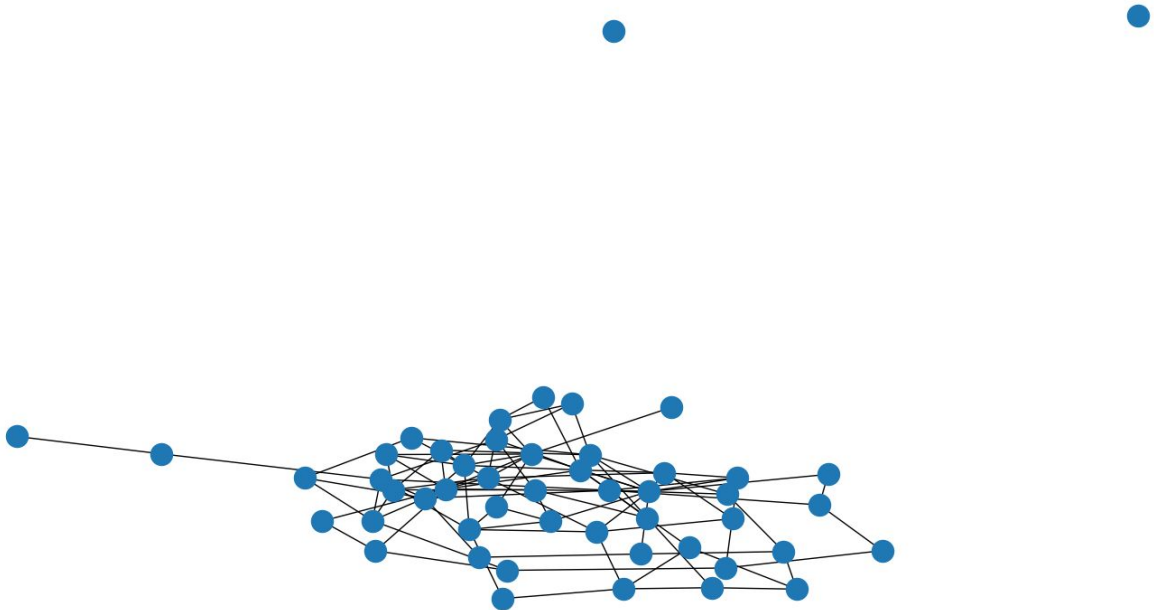


Grafo Original com 100 Indivíduos.



Grafo Original sem os *nodes* isolados.

Utilizando a *seed* mencionada acima obtemos o seguinte grafo para 50 indivíduos, onde os *nodes* 41 e 16 não possuem relações com os outros *nodes*:



Grafo Original com 50 Indivíduos.

Resultados e Discussão

Caso 1

Os gráficos gerados possuem as cores verde para os susceptíveis, amarelo para infectados e roxo para os mortos. Tomando diferentes parâmetros e variações obtemos:

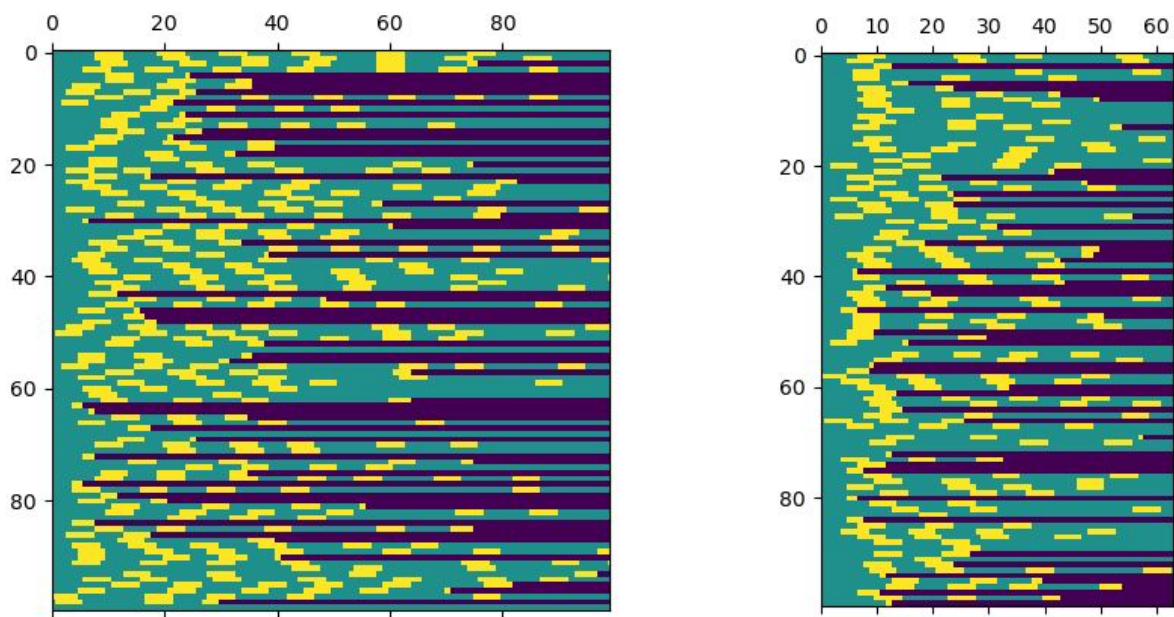
- Probabilidade de contágio: 0.3

Número de indivíduos: 100

Tempo de recuperação: 5

Probabilidade de morte: 0.03

Tempo de imunidade: 5



Podemos observar que sempre que o indivíduo é contaminado ele fica em recuperação por no máximo 5 dias, porém a cada dia de contaminação ele possui a possibilidade de morrer de 0.03. Após os 5 dias ele entra em um período de imunidade de 5 dias e não pode ser contaminado mesmo que haja relação direta com um indivíduo contaminado e ao fim do período de imunidade ele volta a ser suscetível a contaminação.

Podemos observar também que por volta do intervalo de 10 a 20 dias temos o pico de contaminação no primeiro gráfico e por volta do dia 10 temos o pico no segundo gráfico. Estes picos ocorrem, pois, com o tempo os indivíduos infectados se curam ou morrem, consequentemente diminuindo a transmissão.

Caso 2

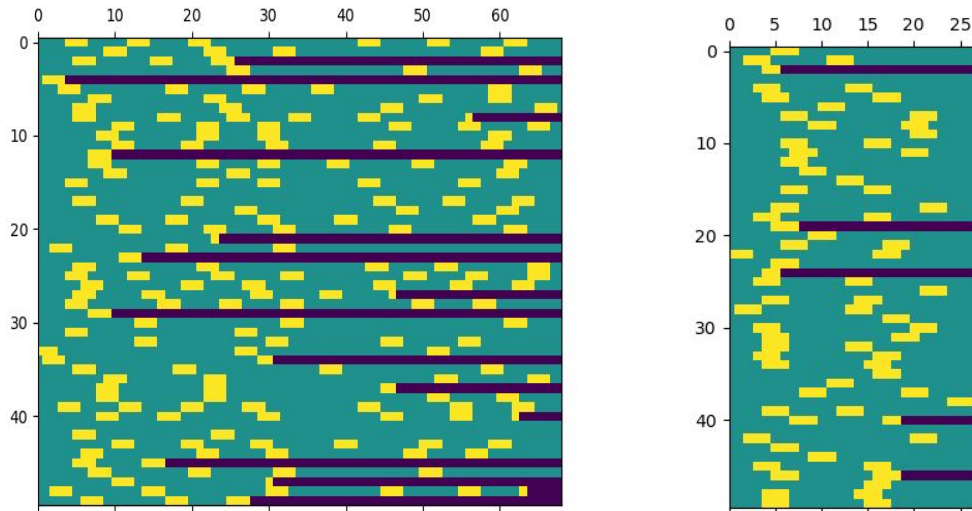
- Probabilidade de contágio: 0.3

Número de indivíduos: 50

Tempo de recuperação: 3

Probabilidade de morte: 0.03

Tempo de imunidade: 5

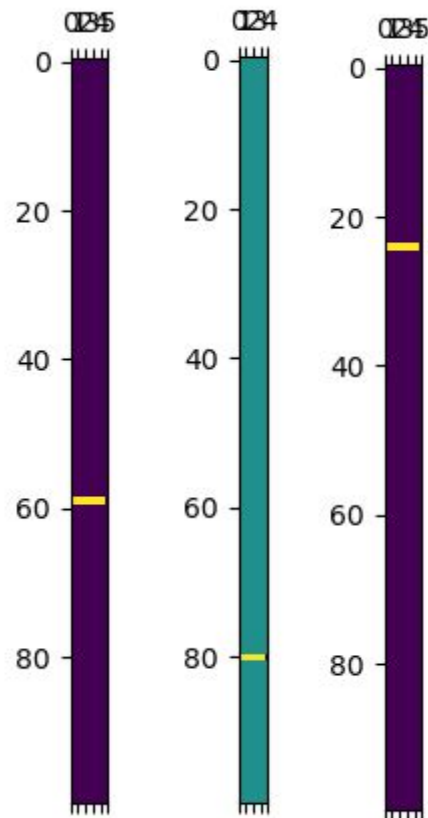


Podemos observar que sempre que o indivíduo é contaminado ele fica em recuperação por no máximo 3 dias, porém a cada dia de contaminação ele possui a possibilidade de morrer de 0.03. Após os 3 dias ele entra em um período de imunidade de 5 dias e não pode ser contaminado mesmo que haja relação direta com um indivíduo contaminado e ao fim do período de imunidade ele volta a ser suscetível a contaminação.

Podemos observar também que por volta do intervalo de 5 a 20 dias temos o pico de contaminação no primeiro gráfico e por volta do intervalo de 5 a 15 temos o pico no segundo gráfico. Estes picos ocorrem, pois, com o tempo os indivíduos infectados se curam ou morrem, consequentemente diminuindo a transmissão.

Caso 3

- Probabilidade de contágio: 0
Número de indivíduos: 100
Tempo de recuperação: 5
Probabilidade de morte: 0.03
Tempo de imunidade: 5



Podemos observar que nesse caso como a probabilidade de contaminação é 0 apenas o paciente zero contém a doença e não a espalha para os outros indivíduos mesmo que haja contato direto. Vale ressaltar também que no primeiro e terceiro gráfico os indivíduos saudáveis são representados pela cor roxa e o infectados pela amarela, diferente do segundo gráfico onde o padrão de cores original se repete (verde = saudável, amarelo = infectado e roxo = morto).

Essa particularidade ocorre, pois, o *plot* da matriz depende dos valores utilizados para sinalizar os estados, nos gráficos 1 e 3 não há morte de indivíduos logo temos apenas os estados infectado e saudável. No gráfico 2 o terceiro estado de morte do indivíduo também ocorre. Assim, ao final dos 5 dias de recuperação o paciente zero se cura ou ele morre sem propagar a doença.

Caso 4

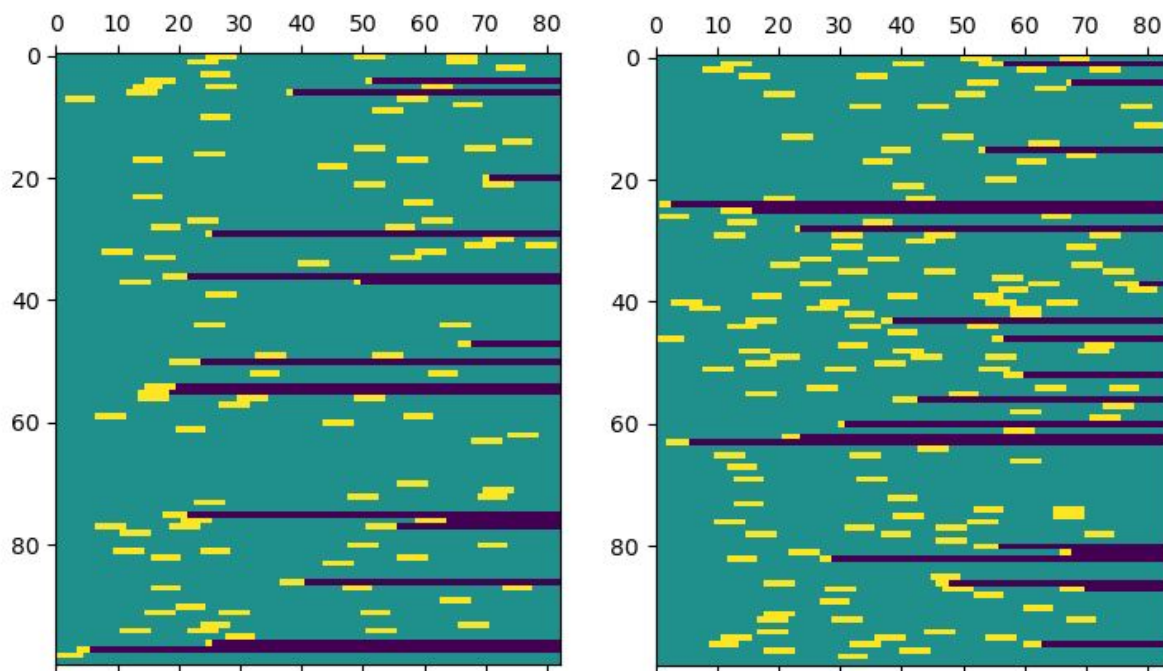
- Probabilidade de contágio: 0.1

Número de indivíduos: 100

Tempo de recuperação: 5

Probabilidade de morte: 0.03

Tempo de imunidade: 5



Podemos observar que sempre que o indivíduo é contaminado ele fica em recuperação por no máximo 5 dias, porém a cada dia de contaminação ele possui a possibilidade de morrer de 0.03. Após os 5 dias ele entra em um período de imunidade de 5 dias e não pode ser contaminado mesmo que haja relação direta com um indivíduo contaminado e ao fim do período de imunidade ele volta a ser suscetível a contaminação.

Podemos observar também que por volta do intervalo de 5 a 20 dias temos o pico de contaminação no primeiro gráfico, porém a quantidade de contaminados é menor devido a uma menor taxa de contaminação. Estes picos ocorrem, pois, com o tempo os indivíduos infectados se curam ou morrem, consequentemente diminuindo a transmissão. Já no segundo gráfico, a população de contaminados está bem espalhada no tempo com um menor número de infectados entre os indivíduos de 0 a 20.

Caso 5

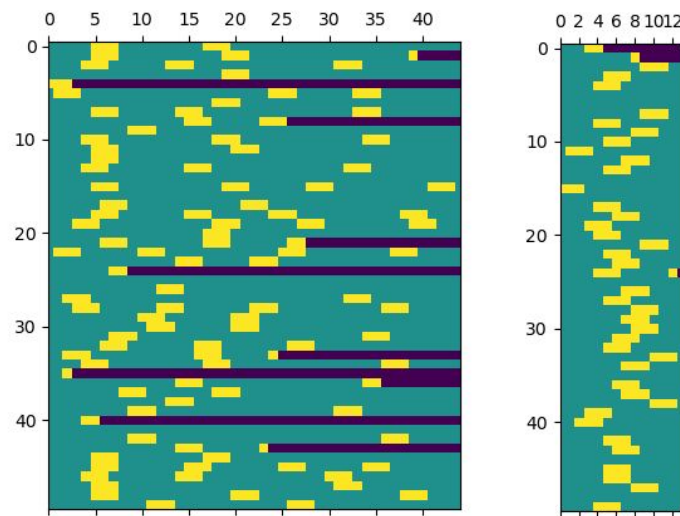
- Probabilidade de contágio: 0.3

Número de indivíduos: 50

Tempo de recuperação: 3

Probabilidade de morte: 0.03

Tempo de imunidade: 5

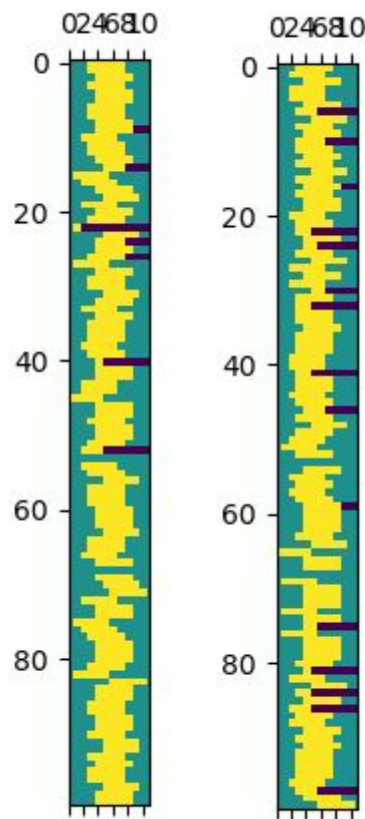


Podemos observar que sempre que o indivíduo é contaminado ele fica em recuperação por no máximo 3 dias, porém a cada dia de contaminação ele possui a possibilidade de morrer de 0.03. Após os 3 dias ele entra em um período de imunidade de 5 dias e não pode ser contaminado mesmo que haja relação direta com um indivíduo contaminado e ao fim do período de imunidade ele volta a ser suscetível a contaminação.

Podemos observar também que por volta do intervalo de 5 a 20 dias temos o pico de contaminação no primeiro gráfico. E no segundo gráfico podemos visualizar o estancamento da doença, devido a alta quantidade de infectados no começo da simulação que após o período de recuperação, ficaram todos imunes quase ao mesmo tempo, entre 2 a 10 dias, e os que ainda possuíam, ou morreram ou também passaram pelo tempo de recuperação e ficaram imunes.

Caso 6

- Probabilidade de contágio: 1
Número de indivíduos: 100
Tempo de recuperação: 5
Probabilidade de morte: 0.03
Tempo de imunidade: 5



Para esses gráficos temos um curto período da doença, pois, como todos foram infectados quase ao mesmo tempo, devido a taxa de contágio ser 1, todos tiveram quase o mesmo período final da doença, e logo em seguida, ficaram imunes, sendo assim, não tinham mais infectados durante esse período de imunidade, o que ocasionou o curto período de tempo da doença.

Caso 7

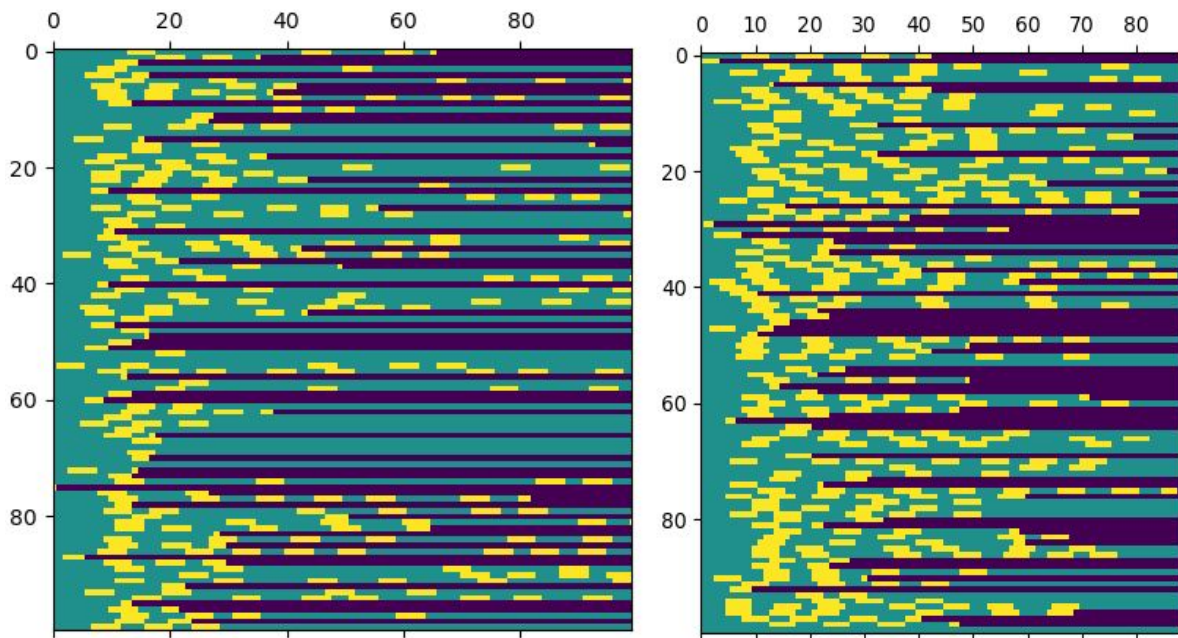
- Probabilidade de contágio: 0.3

Número de indivíduos: 100

Tempo de recuperação: 5

Probabilidade de morte: 0.03

Tempo de imunidade: 3



Podemos observar que sempre que o indivíduo é contaminado ele fica em recuperação por no máximo 5 dias, porém a cada dia de contaminação ele possui a possibilidade de morrer de 0.03. Após os 5 dias ele entra em um período de imunidade de 3 dias e não pode ser contaminado mesmo que haja relação direta com um indivíduo contaminado e ao fim do período de imunidade ele volta a ser suscetível a contaminação.

O pico para ambos os gráficos acontece entre os dias 5 e 20, porém para o primeiro o número de mortos é maior que o segundo, em que se pode observar que o mesmo indivíduo foi contaminado diversas vezes em um pequeno período de tempo, ocasionado pelo baixo período de imunidade.

Caso 8

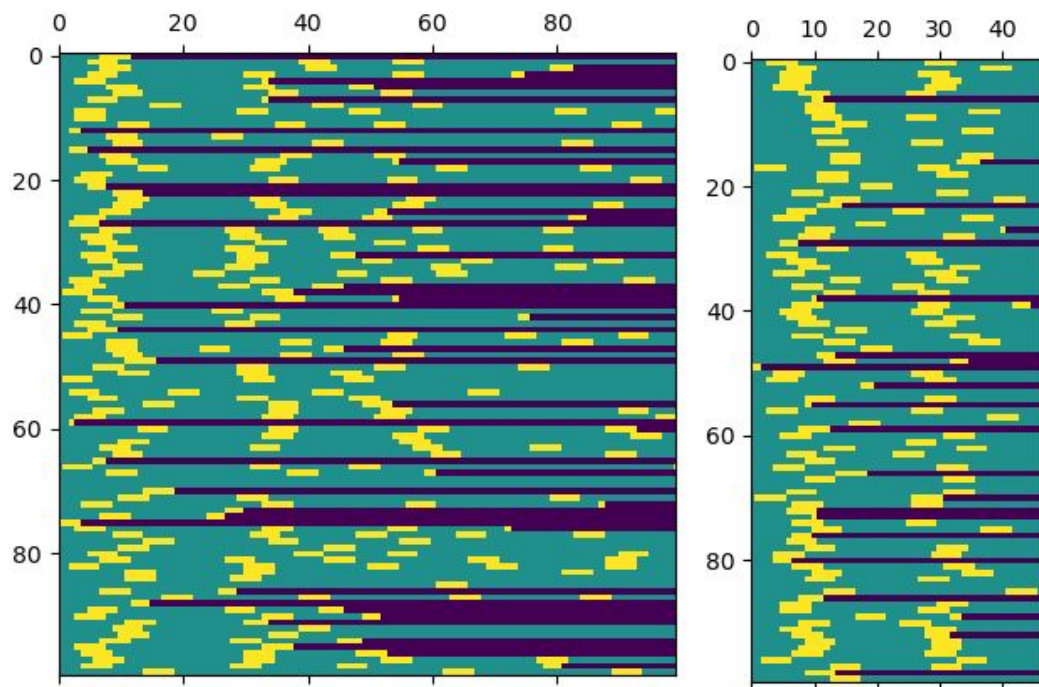
- Probabilidade de contágio: 0.3

Número de indivíduos: 100

Tempo de recuperação: 5

Probabilidade de morte: 0.03

Tempo de imunidade: 10

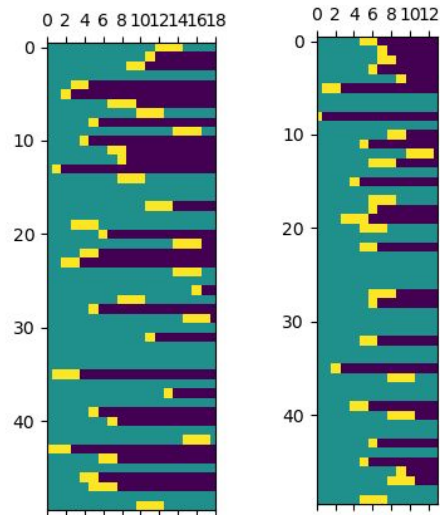


Podemos observar que sempre que o indivíduo é contaminado ele fica em recuperação por no máximo 5 dias, porém a cada dia de contaminação ele possui a possibilidade de morrer de 0.03. Após os 5 dias ele entra em um período de imunidade de 10 dias e não pode ser contaminado mesmo que haja relação direta com um indivíduo contaminado e ao fim do período de imunidade ele volta a ser suscetível a contaminação.

Para ambos os gráficos podemos visualizar que o contágio vem em ondas devido a possuir uma alta taxa de contágio e diversos indivíduos serem contaminados logo no começo, porém como o período de imunidade é maior que a de recuperação, muitos deles ficam imunes ao mesmo tempo e uma pequena quantidade continua a carregar a doença que começa a se espalhar novamente.

Caso 9

- Probabilidade de contágio: 0.4
Número de indivíduos: 50
Tempo de recuperação: 3
Probabilidade de morte: 0.5
Tempo de imunidade: 7



Para esse último caso, a taxa de mortalidade foi aumentada e foi verificado que todos os indivíduos que acabaram sendo contaminados chegaram a óbito após algum período, onde os mesmo também tiveram algum tempo de passar a doença.