

# **Simulador de infecção**

Léo Moraes da Silva - Programação Concorrente (1º/2018)

## **Introdução**

O objetivo deste trabalho é desenvolver um simulador, no qual existem quatro atores (processos) concorrentes:

- Macrófagos (representa o sistema imunológico: glóbulos brancos);
- Células (uma célula qualquer tal qual uma epitelial);
- Produtor de recursos corporais (qualquer sistema que produz recurso corporal, a exemplo do digestivo, que libera glicose no sistema circulatório);
- Bactéria (agente causador da infecção como uma *E. coli*);

## **Formalização do problema proposto**

Como o trabalho trata de um “simulador de infecção”, é necessário definir o termo. Nesse aspecto, considera-se infecção uma invasão de tecidos corporais no hospedeiro capaz de gerar doenças. Uma doença infecciosa, por sua vez, corresponde a qualquer doença clinicamente evidente que seja o resultado de uma infecção, presença e multiplicação de agentes biológicos patogênicos no organismo hospedeiro (Wikipedia).

No problema proposto, a infecção é bacteriana, sendo que o parasita é a bactéria e o corpo humano, o hospedeiro. Semelhante a um sistema real, o simulador possui dois agentes em constante crescimento: bactérias e células. Ou seja, ambas estão sempre buscando realizar a mitose – processo pelo qual as células eucarióticas dividem seus cromossomos entre duas células menores do corpo – e, para isso, utilizam recursos corporais, tais como glicose, oxigênio etc. Assim, ambas competem pelas condições do ambiente compartilhado.

Como o sistema precisa ser modelado de tal forma que as bactérias necessitem de um agente externo para controlá-las (no caso, os macrófagos), estas possuem um crescimento mais acelerado que as células. Além disso, o

parasita demanda menos recursos corporais que uma célula, visto que seu tamanho é consideravelmente menor e, por consequência, seu metabolismo também. Dessa forma, o sistema tende ao equilíbrio.

É importante ressaltar também que célula e bactéria sofrem caso haja falta de recursos. Se o corpo não atende a esta necessidade, elas devem morrer. É necessário lembrar que um parasita não é eficiente se o mesmo mata o corpo de seu hospedeiro antes do desejado. Logo, deve consumir recursos de forma regulada até que tenha se reproduzido o suficiente.

### **Descrição do algoritmo desenvolvido**

Para explicar da melhor forma o comportamento do simulador, serão detalhadas, a seguir, as interações entre os agentes.

- Interação Produtor-Consumidores (células e bactérias). Para esta interação, pode-se pensar numa implementação similar ao problema dos canibais, onde um cozinheiro prepara alimentos para um grupo de pessoas. Ambos usam uma área de memória compartilhada: a variável *global num\_body\_resources* que contabiliza quantos recursos disponíveis ainda existem. Aqui, o produtor aumenta essa contagem selecionando um valor aleatório entre 10 e 30; e os consumidores decrescem a mesma quando realizam a mitose. Além disso, as células sinalizam quando a contagem de recursos começa a decrescer (*body\_resources* for menor que 30). Já as bactérias sinalizam assim que morrem pela falta dos recursos. Para o processo de mitose, o sistema dá uma permissão ao semáforo do agente que está se dividindo, assim uma *thread*, que antes estava em estado de espera, agora passa a executar como um agente normal.

- Interação Célula-Bactéria. Como previamente explicado, as entidades competem para atingir um número maior. Porém, pelo metabolismo mais acelerado as bactérias o fazem num ritmo mais veloz. Para tal fim, o simulador aplica *sleeps* maiores para as células e faz com que essas requeiram mais recursos para fazer a mitose. Assim, existe a tendência de um maior número de *threads* que representam bactérias do que células. A nível de *hardware*, o processador ficará mais ocupado com as *threads* de maior número, garantindo a dominância ao agente que possuir tal característica. Quando um agente morre pela falta de recurso deve voltar ao estado de espera, que representa a morte do mesmo, onde a *thread* não altera o estado do sistema.

- Interação Macrófago-Bactéria. Para garantir equilíbrio ao sistema, os

macrófagos devem “matar” as bactérias. Para implementação desse requerimento é usada a variável global *white\_cell\_killings* que representa quantas bactérias estão sendo mortas pelos glóbulos brancos. Assim, os macrófagos incrementam a cada três segundos e as bactérias, ao identificarem que essa variável é maior que 0, ou seja, quando existe a execução da ordem de “morte”, devem decrementar o contador e voltar ao estado de espera (que representa a morte).

No sistema produzido, pode-se alterar a contagem de cada agente, manipulando para qual lado o sistema deve pender: ao parasita ou ao hospedeiro. Esses números podem ser acessados nos *#define's* no cabeçalho do código, correspondendo às variáveis: *num\_max\_cells*, *num\_max\_bacteria*, *num\_white\_cells*, *initial\_cells\_count* e *initial\_bacteria\_count*.

Nas definições originais do simulador, existem dois glóbulos brancos e uma contagem inicial de 6 células e bactérias, sendo tais dados suficientes para o corpo combater a infecção. Porém, removendo os macrófagos, pode-se observar como as células mal conseguem se reproduzir, sendo que ocorre o oposto com as bactérias.

Para o fim da execução, um agente (célula ou bactéria) deve possuir pelo menos o dobro de sua contagem inicial e da contagem de seu competidor. Dessa forma, o ritmo de crescimento de um é o dobro do outro, assegurando a dominância sobre os recursos corporais.

## **Análise**

Na observação do comportamento do sistema, alguns pontos importantes podem ser identificados, entre eles a condição conhecida em programação concorrente como *starvation*. Pode-se definir esta condição como um processo em que é negado o fluxo de execução. Essa situação ocorre quando existem muitas bactérias reproduzindo-se e poucas células fazendo o mesmo. Como as bactérias apresentam execução mais simples e rápida, elas, sem mácrofagos para controlá-las, podem facilmente tomar mais tempo do processador e monopolizá-lo, impedindo que as *threads* que representam as células possam executar seus processos.

## **Conclusão**

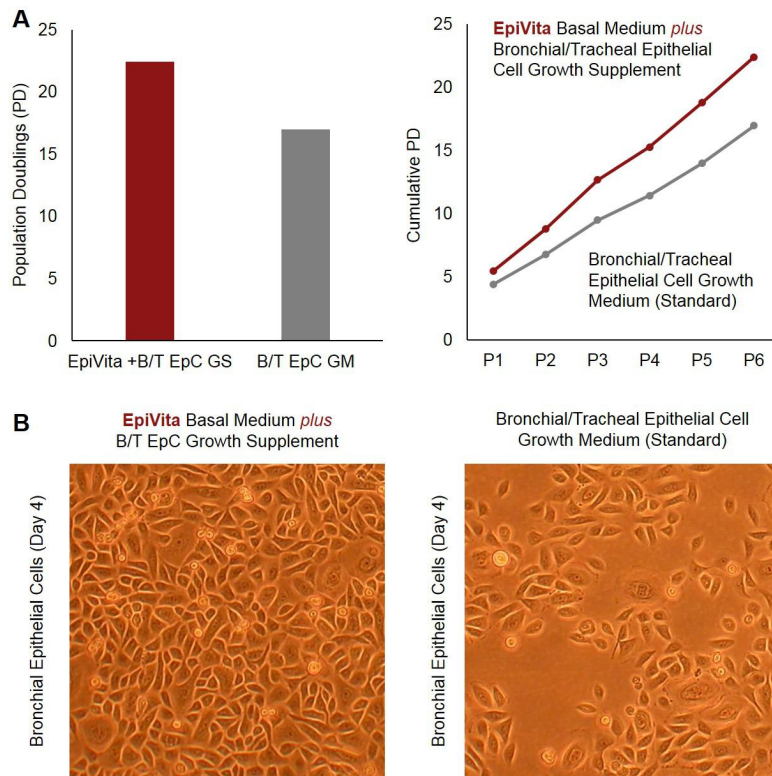
Em suma, foi desenvolvido um simulador capaz de mostrar condições próximas à realidade como:

- Morte de células quando estas não possuem o suficiente para se manter vivas;
- Reprodução das mesmas quando existem condições satisfatórias para tal fim;
- Os mesmos comportamentos para as bactérias;
- Competição de ambas pelos recursos corporais, assim como em um sistema real;
- Entidades capazes de equilibrar a desvantagem trazida pela rapidez das bactérias(Macrófagos).

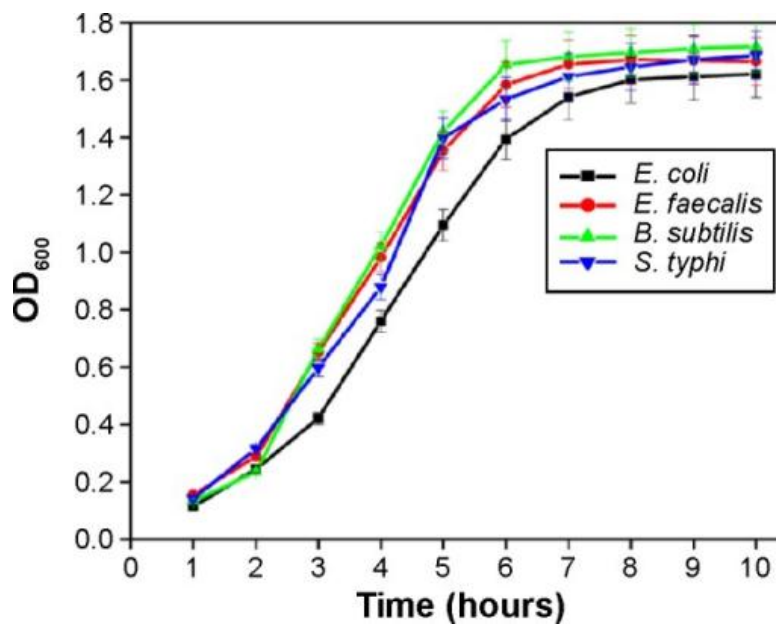
Contudo, ressalta-se que o simulador de infecção desenvolvido é apenas um simulador, e simples, isto é, ele não reflete, de forma real, como os agentes que compõem o sistema de fato funcionam. Nesse aspecto, ressalta-se que o ritmo de crescimento de bactérias e células não é tão simples quanto o realizado nesse simulador. Aqui temos o crescimento de ambos de forma geométrica sendo que isso pode variar. Por exemplo, para células epiteliais ele costuma ser linear (imagem 1.1) e para células causadoras de infecções (como possivelmente a *E.coli*) esse crescimento costuma ser logarítmico (imagem 1.2). Além disso, esses agentes, no simulador, possuem apenas dois estados: espera e divisão. É de conhecimento científico que ambos possuem complexidade muito maior, envolvendo outros estados, como redução e aumento metabólico, entre outros. Além disso, bactérias podem se reproduzir por outros métodos além da mitose. Desse modo, o simulador de infecção apresenta uma hipótese de trabalho, em que pese a perspectiva da experiência.

Logo, para uma simulação mais real em futuras pesquisas, seria de grande interesse que, ao invés dos agentes célula e bactéria ambos crescerem em progressão geométrica, que a primeira comportasse em crescimento linear e a segunda em logarítmico. Além disso que ambas não seguissem um comportamento tão similar. Por exemplo, seria de proveito geral se as células não possuíssem sempre o mesmo tamanho de *sleep* e que este tempo de mitose variasse conforme a necessidade do seu metabolismo crescer ou não.

## **Imagens**



## 1.1



## 1.2

### Referências

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Infec%C3%A7%C3%A3o>

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%A9ria>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Bacterial\\_growth](https://en.wikipedia.org/wiki/Bacterial_growth)

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Macr%C3%B3fago>

<https://www.youtube.com/watch?v=zQGOcOUBi6s>