Difusão de Informação

Difusão de Informação

Determinamos até agora:

- Formas de detectar os nós centrais de uma rede, de acordo com o objeto de estudo e;

- Como os nós podem ser agrupados formando comunidades distintas e bem separadas

Difusão de Informação

Algumas perguntas surgem:

- Como uma informação se propaga nessa rede?
- Qual a velocidade da propagação?
- Ela atinge todos os nós?
- dentre outras perguntas....

Universidade Federal do ABC

Difusão de Informação

Lembrem-se que informação nesse contexto significa aquilo que está sendo transmitido na rede:

- Dados transmitidos pela internet;
- Energia transmitida em uma cadeia alimentar;
- Pessoas trafegando em um sistema público de transporte;
- Doenças virais.

Universidade Federal do ABC

Difusão de Informação

Lembrem-se que informação nesse contexto significa aquilo que está sendo transmitido na rede:

- Dados transmitidos pela internet;
- Energia transmitida em uma cadeia alimentar;
- Pessoas trafegando em um sistema público de transporte;
- **Doenças virais.**

Universidade Federal do ABC

Difusão de Informação

Parte dos estudos de fluxo e difusão de informação se baseiam em estudos epidemiológicos.

Esses estudos modelam o espalhamento de doenças em redes sociais.

http://education.mit.edu/tng-community/node/22

Universidade Federal do ABC

Difusão de Informação

Existem dois modelos bem conhecidos:

SIR (Suscetível-Infectado-Recuperado): corresponde a um modelo em que uma passa pelo estágio de suscetível ao contágio, infectada e recuperada, quando não contrai novamente a doença.

SIS (Suscetível-Infectado-Suscetível): modelo similar ao anterior, mas ao se curar de uma doença a pessoa se torna novamente suscetível ao contágio.

Modelo SIR

Esse modelo ocorre em três estágios:

- Inicialmente a pessoa está no estágio “suscetível” em que ela não **foi contagiada pela doença** mas pode ser **contagiada** com certa probabilidade P_{im}.

- Caso ela seja **contagiada**, essa pessoa passa para o estágio “infectado” e, nesse momento ela tem a **“**capacidade**”** de **contagiar** outras pessoas com probabilidade P_c.

- Finalmente, após certo tempo, a pessoa infectada se **recupera**, passando ao estágio “recuperado” e se torna **imune à doença** não podendo mais **transmitir a doença** ou **ser contagiado por ela**.

Universidade Federal do ABC

Modelo SIR

Em um contexto generalizado:

- Inicialmente a pessoa está no estágio “suscetível” em que ela não **recebeu a informação** mas pode ser **informada** com certa probabilidade P_{im}.

- Caso ela seja **informada**, essa pessoa passa para o estágio “infectado” e, nesse momento ela tem a **“**capacidade**”** de **informar** outras pessoas com probabilidade P_c.

- Finalmente, após certo tempo, a pessoa infectada **termina de transmitir a informação**, passando ao estágio “recuperado” e **perde o interesse pela informação** não **transmitindo** ou **recebendo ela** novamente.

Universidade Federal do ABC

Modelo SIR

Dado que temos uma população constante de tamanho **N**:

> S(t) – representa o número de pessoas ainda não infectadas no instante *t*.
>
> I(t) – representa o número de pessoas infectadas no instante *t*.
>
> R(t) – representa o número de pessoas recuperadas no instante *t*.

Temos que:

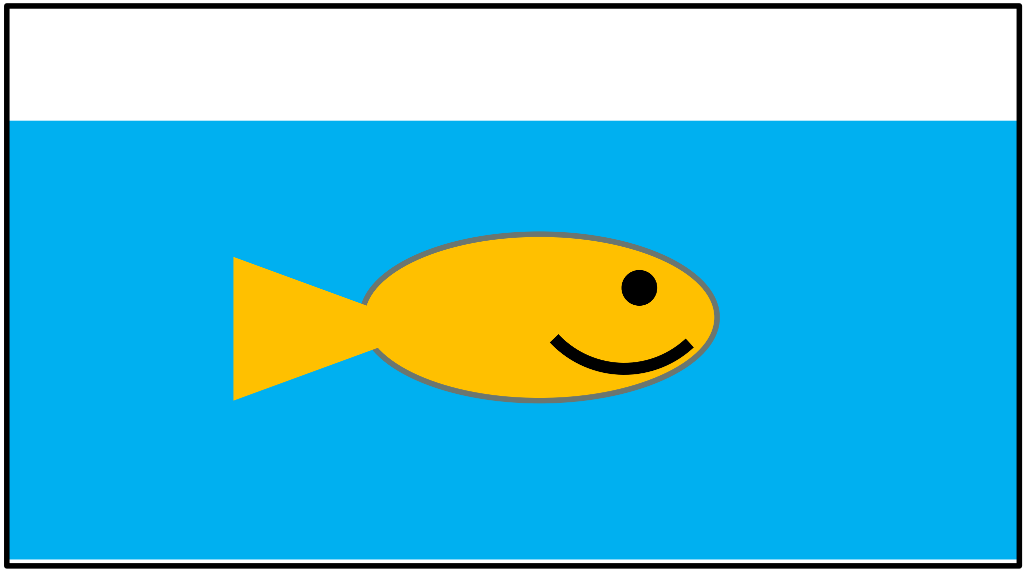
$$S(t) + I(t) + R(t) = N$$

em qualquer instante de tempo.

Universidade Federal do ABC

Interrompemos essa apresentação...

Vamos falar um pouco de aquários:

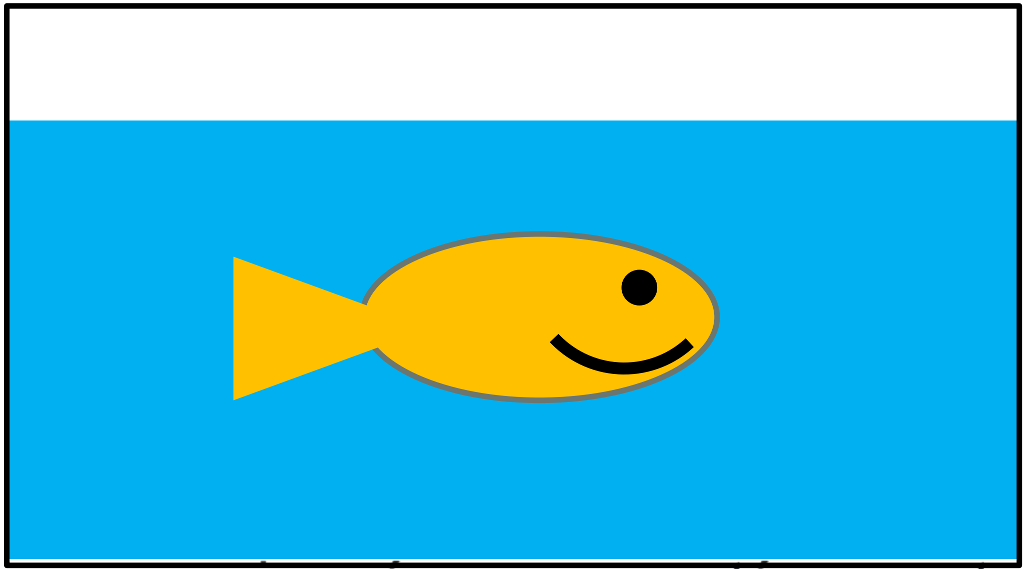


Imagine um aquário com água e que a quantidade de água em um instante de tempo é dada pela função Q(t)

Universidade Federal do ABC

Interrompemos essa apresentação...

A taxa de (de)crescimento de água é dada pela derivada dessa função em relação ao tempo: $dQ(t)/_{dt}$

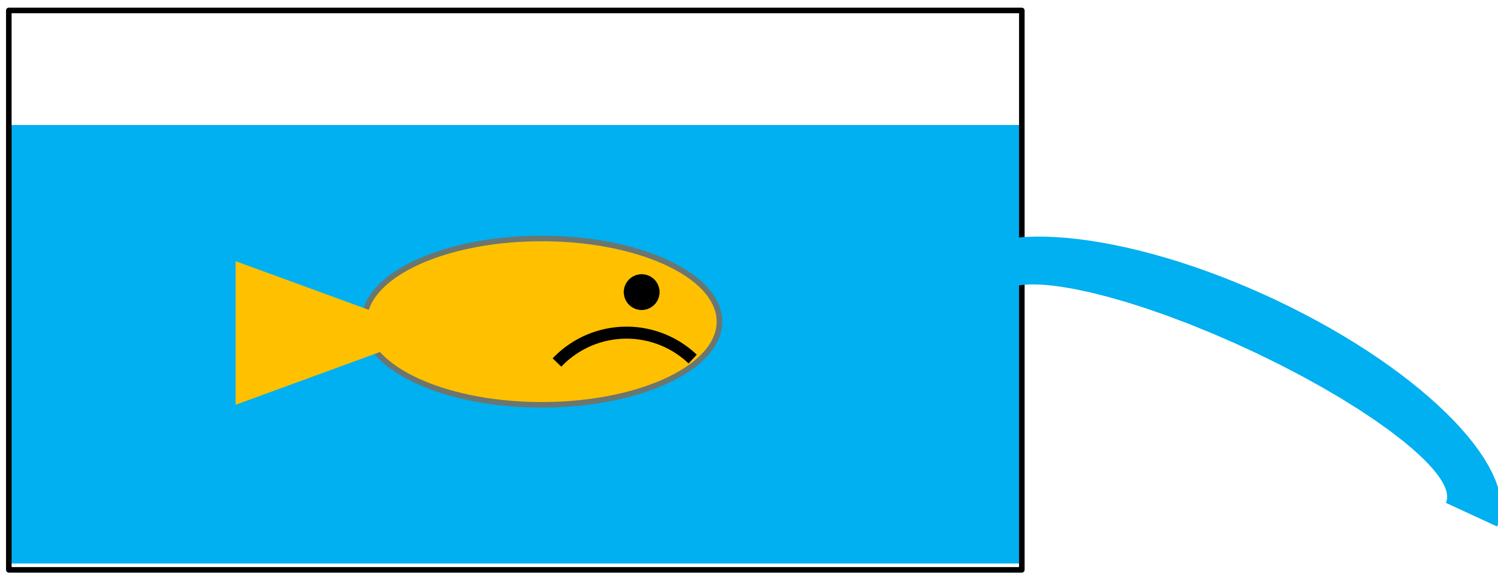


Em condições normais a água se mantém constante durante o tempo, logo: $\dfrac{dQ(t)}{dt} = 0$

Universidade Federal do ABC

Interrompemos essa apresentação...

Mas se fizermos um furo no aquário:



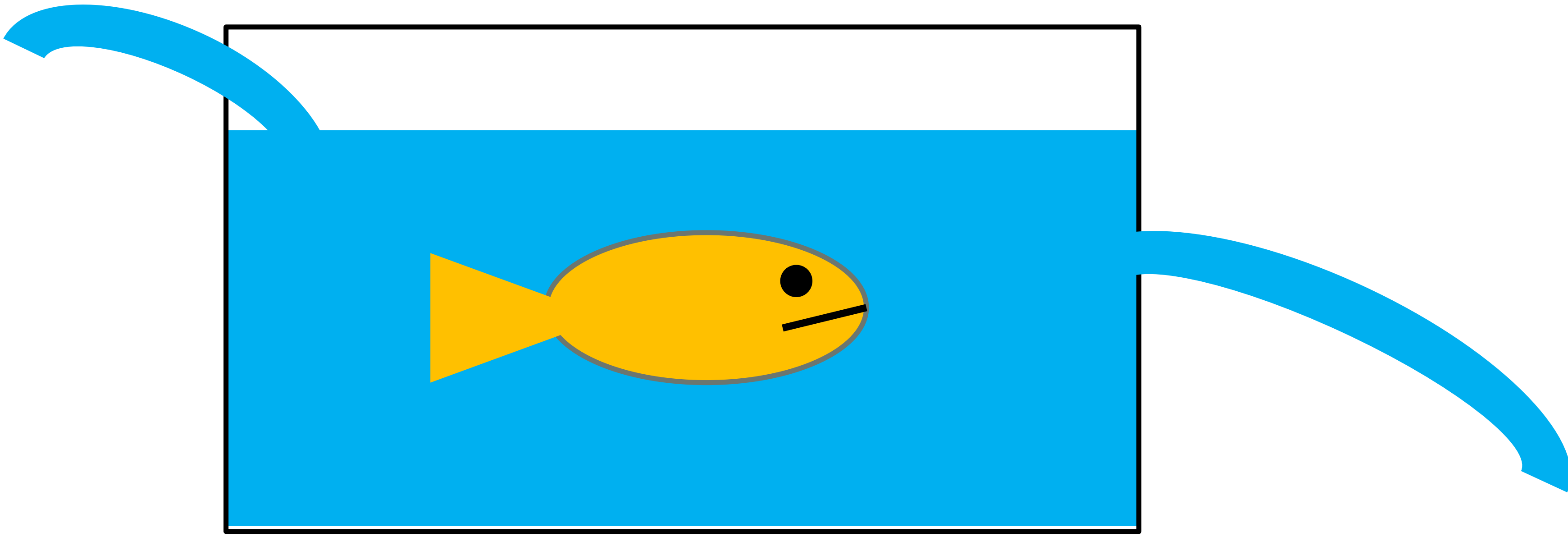
A taxa de crescimento da água será negativo e constante:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -\lambda$$

Universidade Federal do ABC

Interrompemos essa apresentação...

E se compensarmos a saída de água com entrada de água



A taxa de crescimento da água será:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \tau - \lambda$$

Universidade Federal do ABC

Retornando ao modelo SIR

- $$S(t) + I(t) + R(t) = N$$

Para uma pessoa passar de suscetível para infectada ela precisa encontrar uma pessoa infectada.

Dado β como sendo a taxa com que duas pessoas se encontram e I/N a taxa de pessoas infectadas, então a taxa com que pessoas suscetíveis se tornam infectadas é:

$$S \rightarrow I = \beta \times S \times \frac{I}{N}$$

Universidade Federal do ABC

Retornando ao modelo SIR

- $$S(t) + I(t) + R(t) = N$$

Para uma pessoa passar de infectada para recuperada leva um determinado tempo para o sistema imune combater a doença.

Dado γ como sendo a taxa com que uma pessoa se recupera da doença (1/ γ representa a duração média da doença):

$$I \rightarrow R = \gamma \times I$$

Universidade Federal do ABC

Retornando ao modelo SIR

- Logo, temos que:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta SI}{N}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - \gamma I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

Universidade Federal do ABC

Retornando ao modelo SIR

Com essas equações diferenciais podemos encontrar pontos de equilíbrio e modelar o comportamento de uma doença em uma população.

Também é possível verificar o quão contagiosa é uma doença.

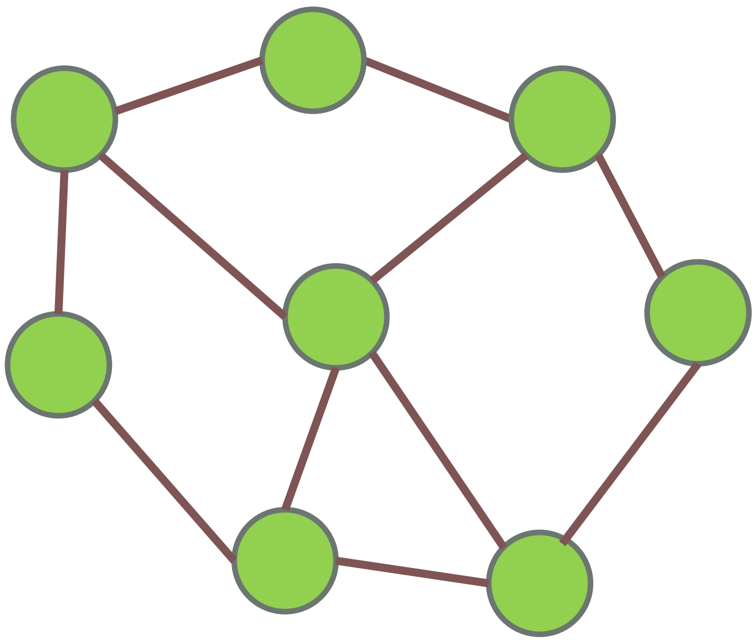
Mas, como isso se aplica em uma rede?

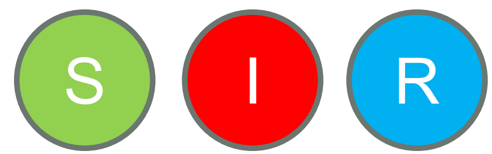
Modelo SIR em uma rede

Parâmetros:

p – probabilidade que um nó infectado contagie seu vizinho

t_I – tempo de duração do contágio





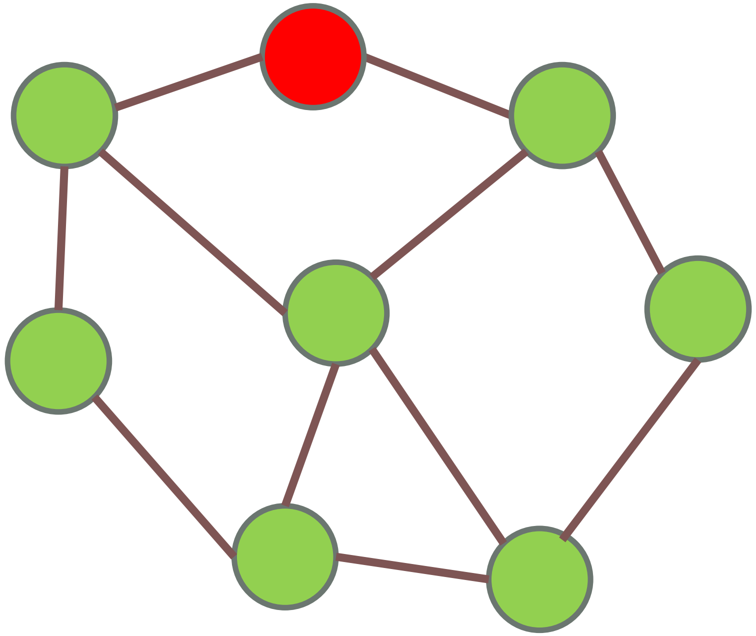
Universidade Federal do ABC

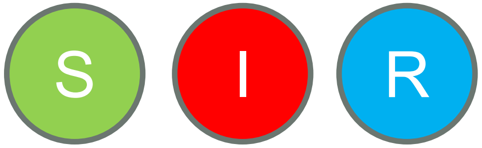
Modelo SIR em uma rede

$p = 0.8$

$t_I = 1$

$T = 0$



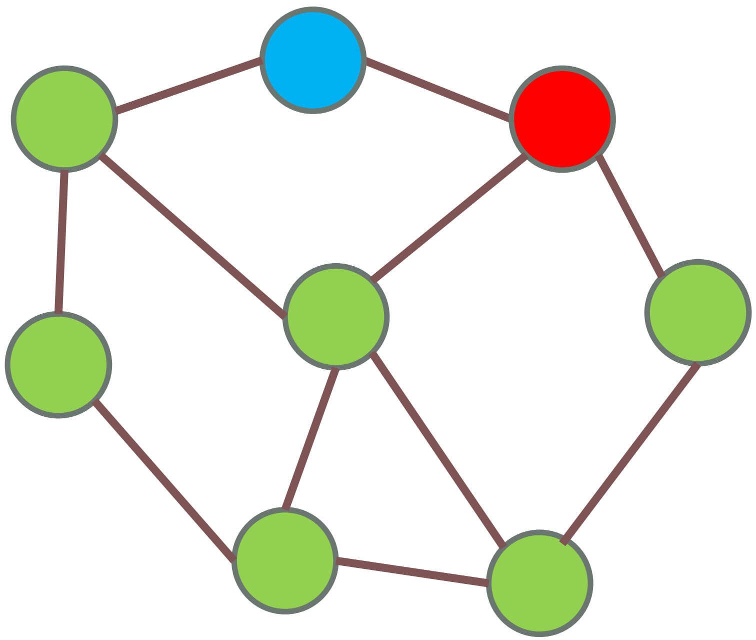


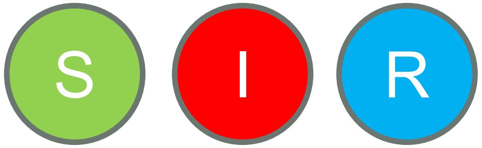
Modelo SIR em uma rede

$p = 0.8$

$t_I = 1$

$T = 1$



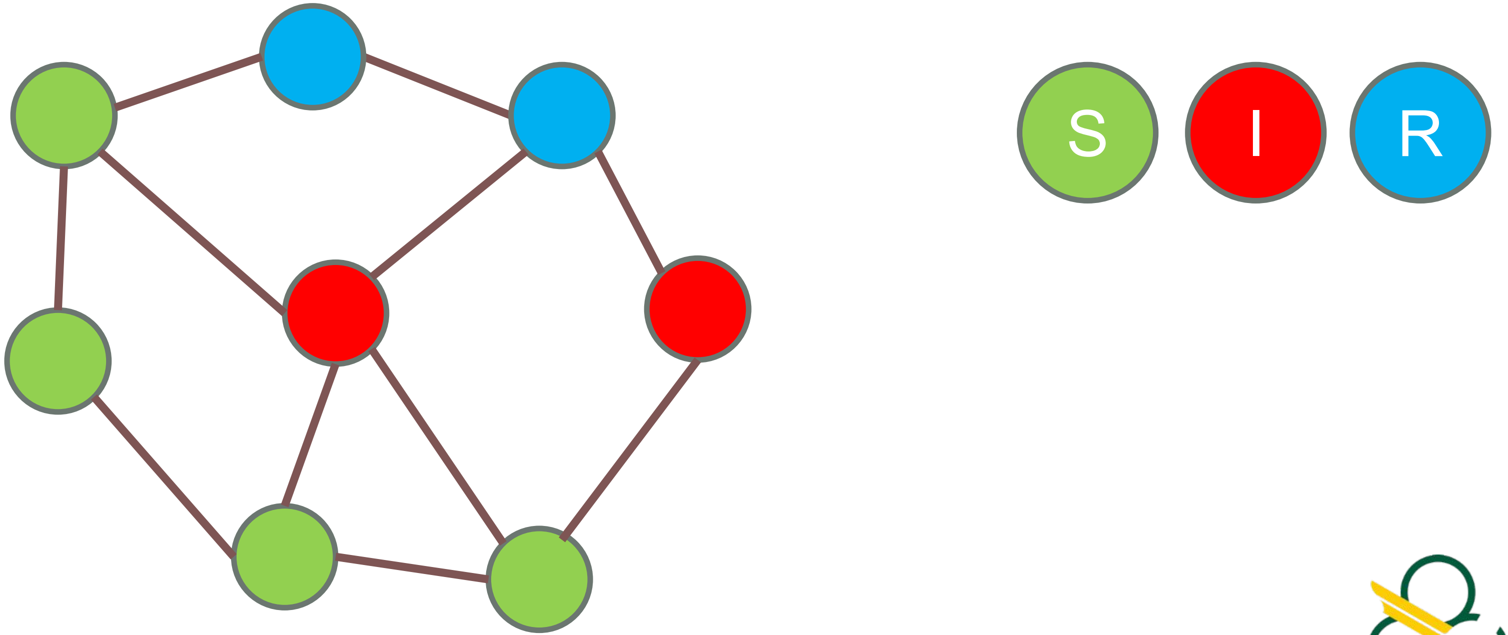


Modelo SIR em uma rede

$p = 0.8$

$t_I = 1$

$T = 2$



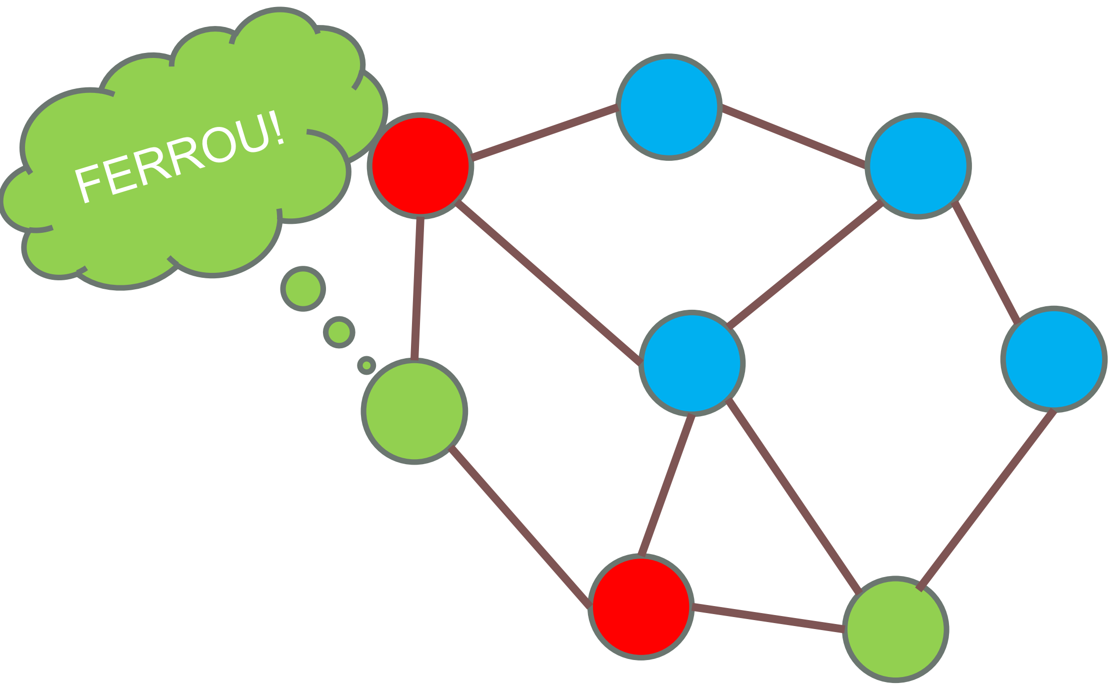
Universidade Federal do ABC

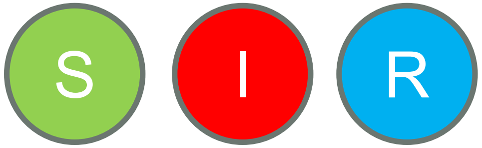
Modelo SIR em uma rede

$p = 0.8$

$t_I = 1$

$T = 4$



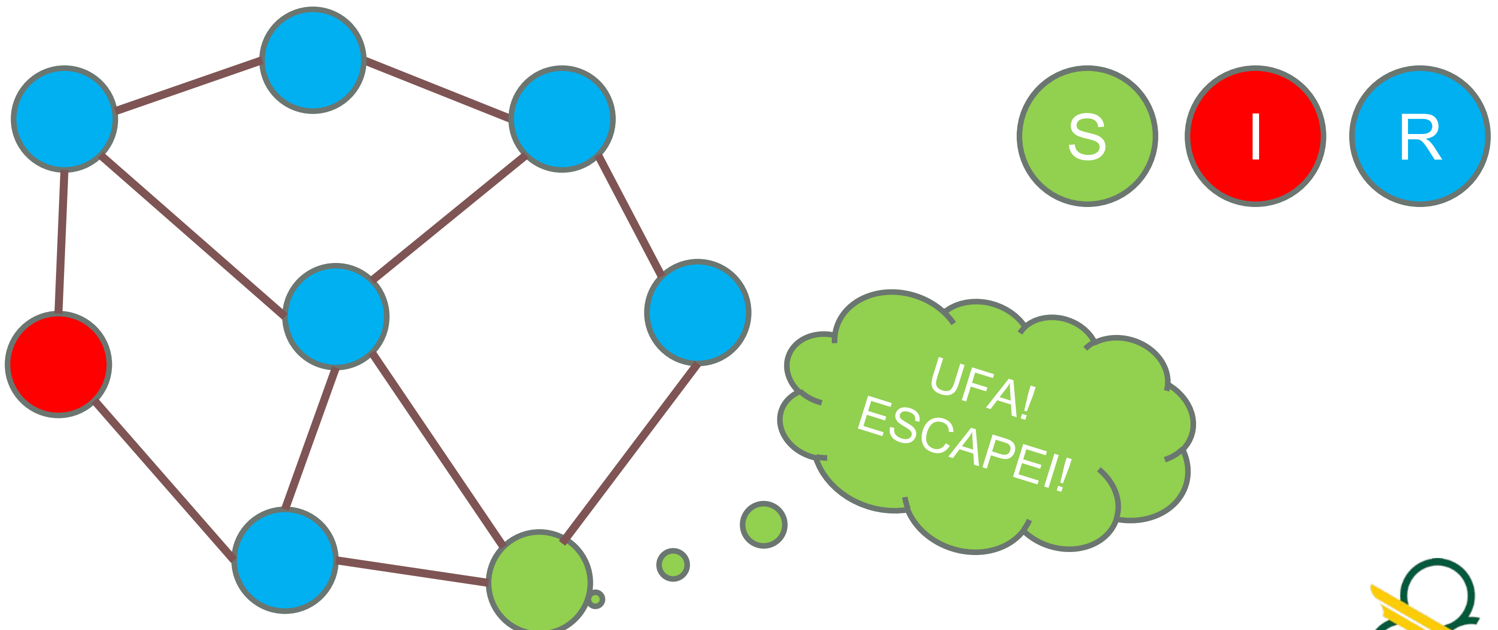


Modelo SIR em uma rede

$p = 0.8$

$t_I = 1$

$T = 5$



Universidade Federal do ABC

Perguntas que devem ser respondidas

- Dado um nó *i* inicialmente infectado, quais nós terão maiores chances de serem infectados?

- Qual nó da rede devo infectar para que tenha a maior chance de contagio na rede inteira?

- Quais nós da rede devo imunizar para que o vírus não se espalhe?

Universidade Federal do ABC

Informação e Contágio

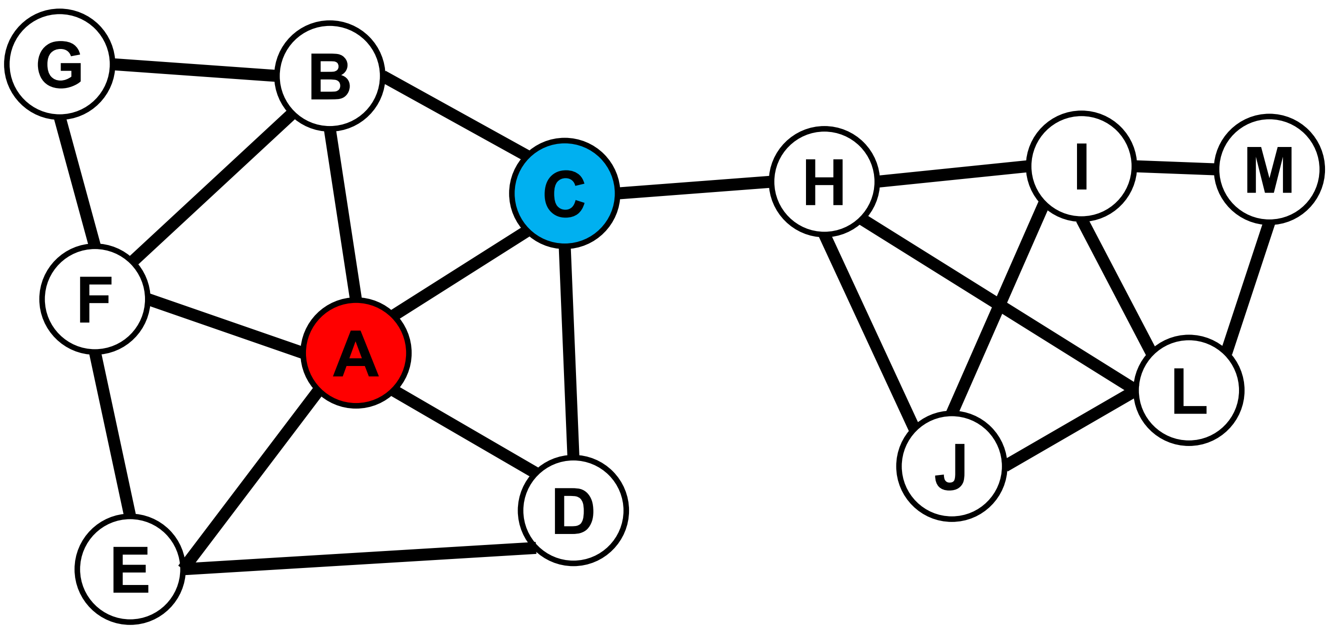
Contágio simples (SIR): nós são infectados com taxa constante.

Absorção de informação: nós adotam uma informação após serem expostos a ela por uma fração dos nós vizinhos.

Universidade Federal do ABC

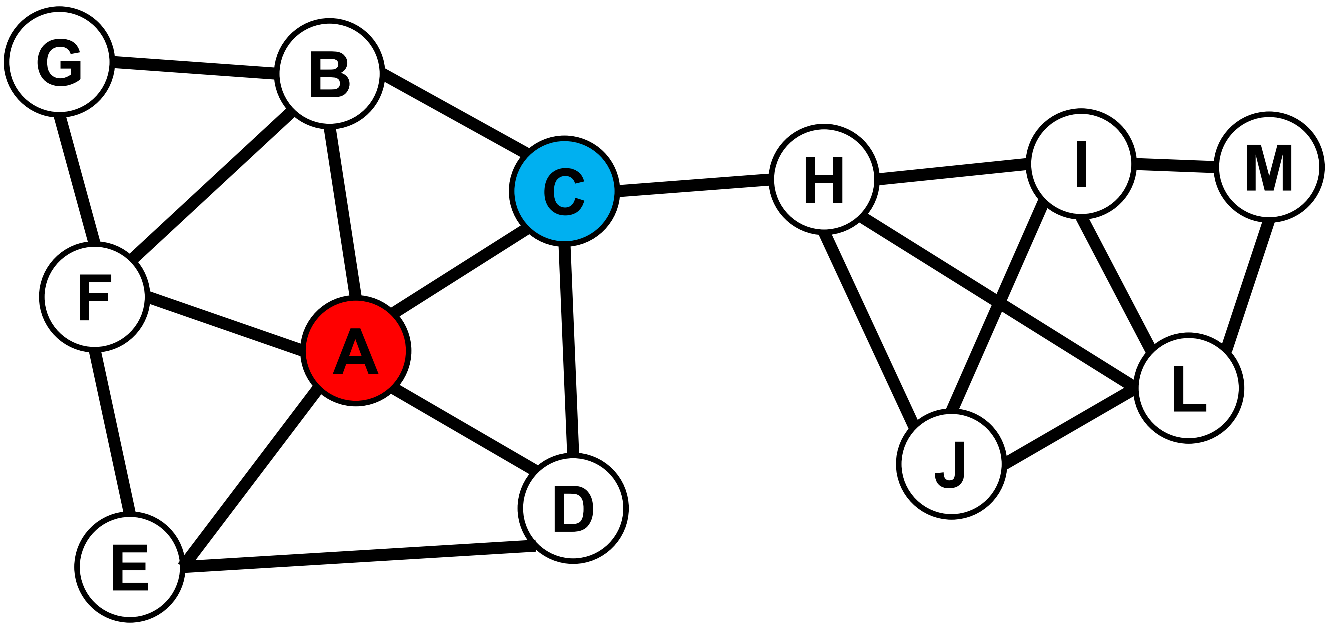
Absorção de Informação

Na rede abaixo, digamos que o nó A e o nó C criaram um produto com a mesma utilidade e querem fazer com que os seus contatos adotem tal produto.



Absorção de Informação

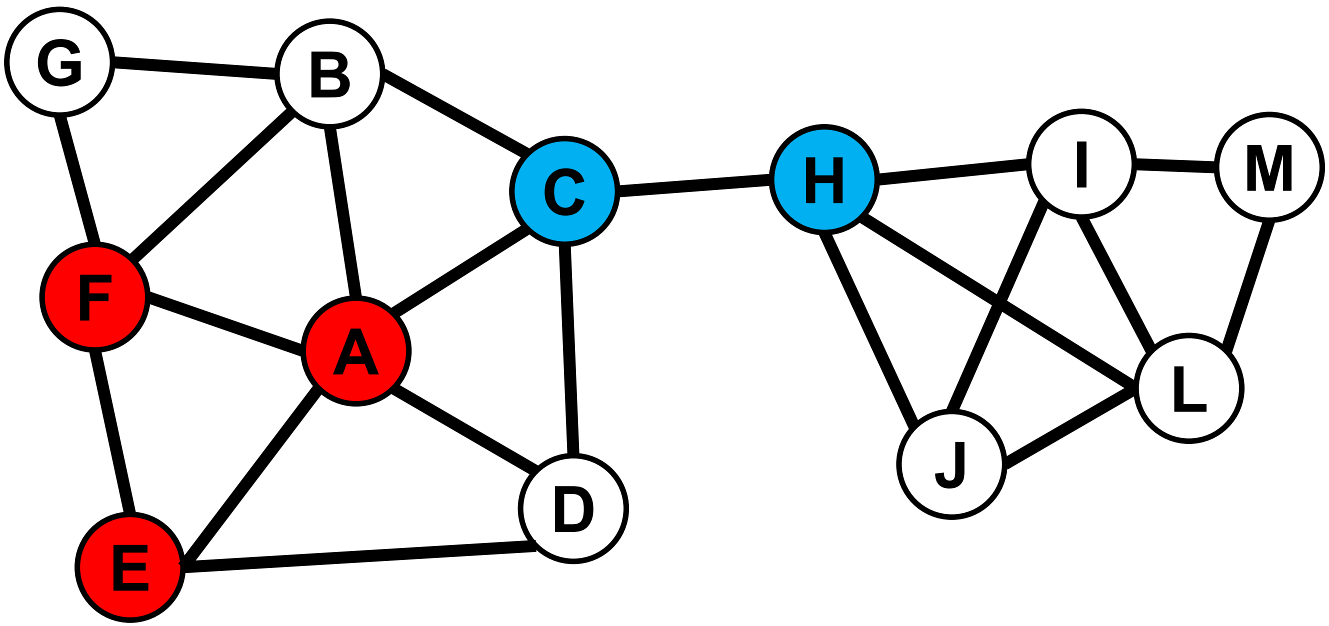
Um certo nó adota um novo produto SE a maioria dos nós vizinhos adota tal produto.



Universidade Federal do ABC

Absorção de Informação

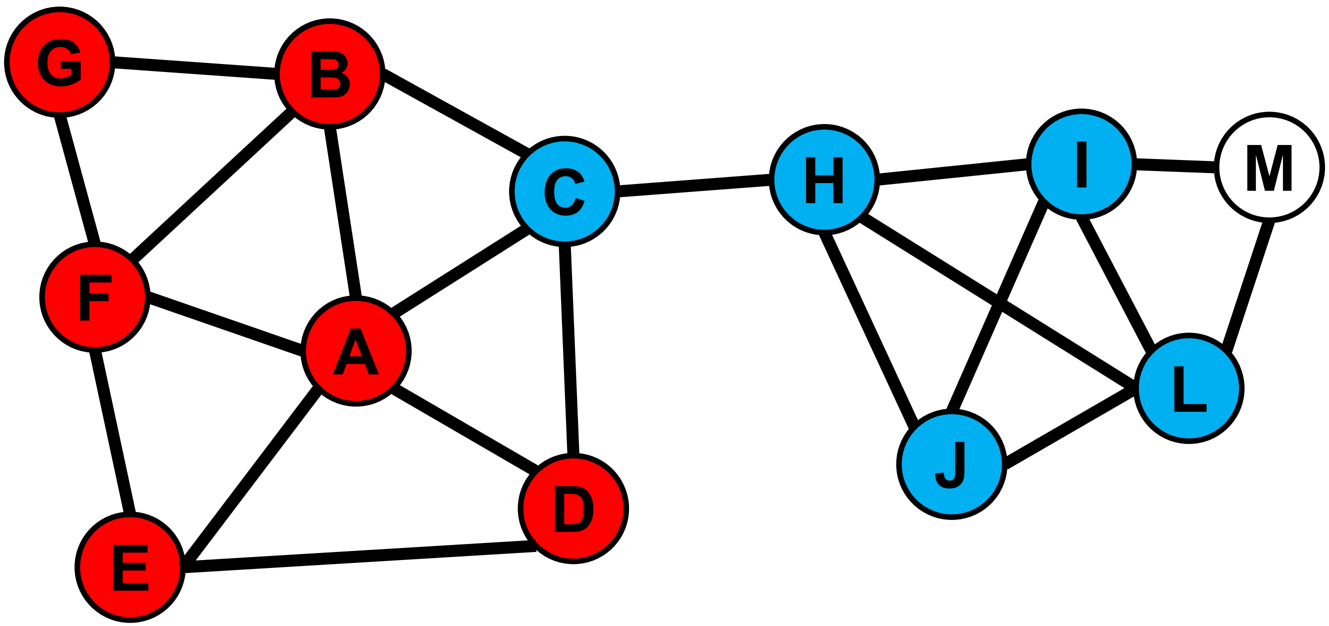
Um certo nó adota um novo produto SE a maioria dos nós vizinhos adota tal produto.



Universidade Federal do ABC

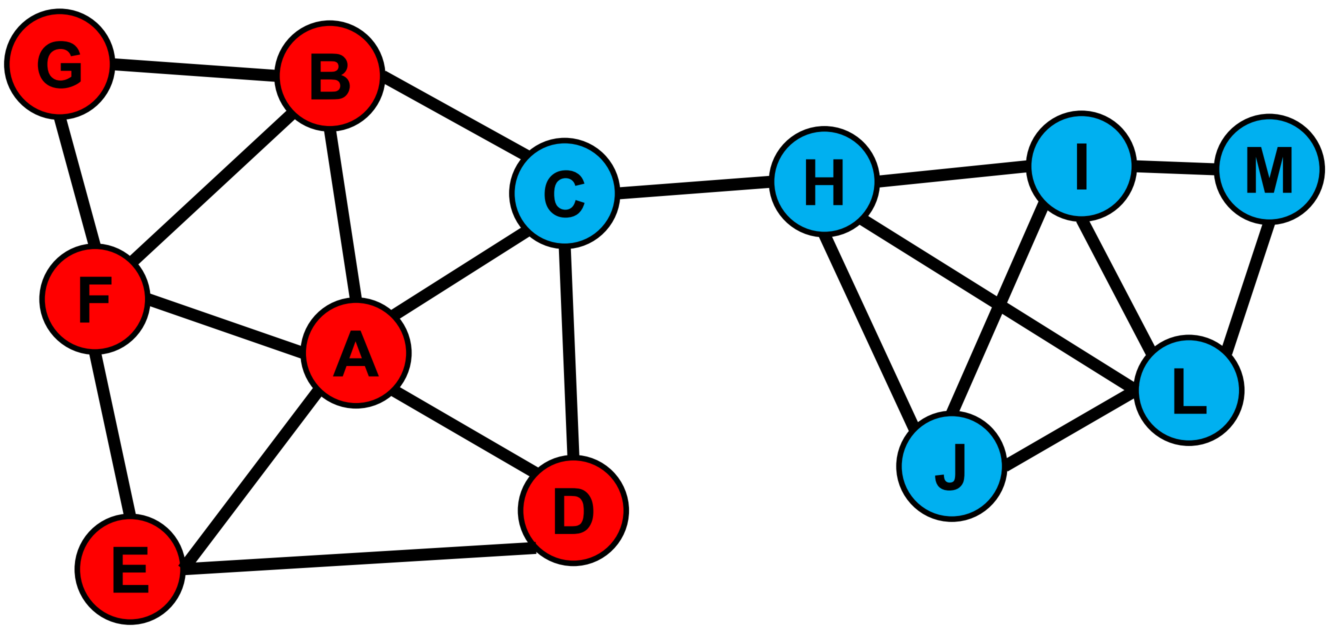
Absorção de Informação

Um certo nó adota um novo produto SE a maioria dos nós vizinhos adota tal produto.



Absorção de Informação

O nó A que tem ligações mais fortes conseguiu prevalecer mais rapidamente sua informação, enquanto o nó C conseguiu espalhar para uma rede que A não tem acesso.



http://www.ladamic.com/netlearn/NetLogo4/DiffusionCompetition.html

Universidade Federal do ABC

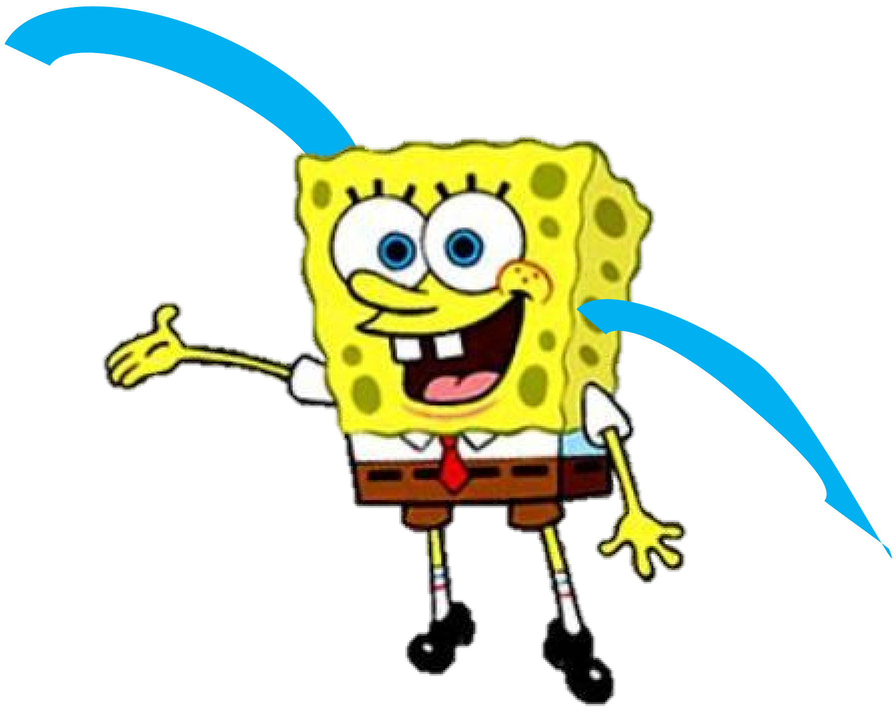
Espalhamento da Informação

Outra questão relevante é: a informação consegue atravessar a rede inteira?

Essas perguntas podem ser respondida através do fenômeno de **PERCOLAÇÃO**.

Percolação

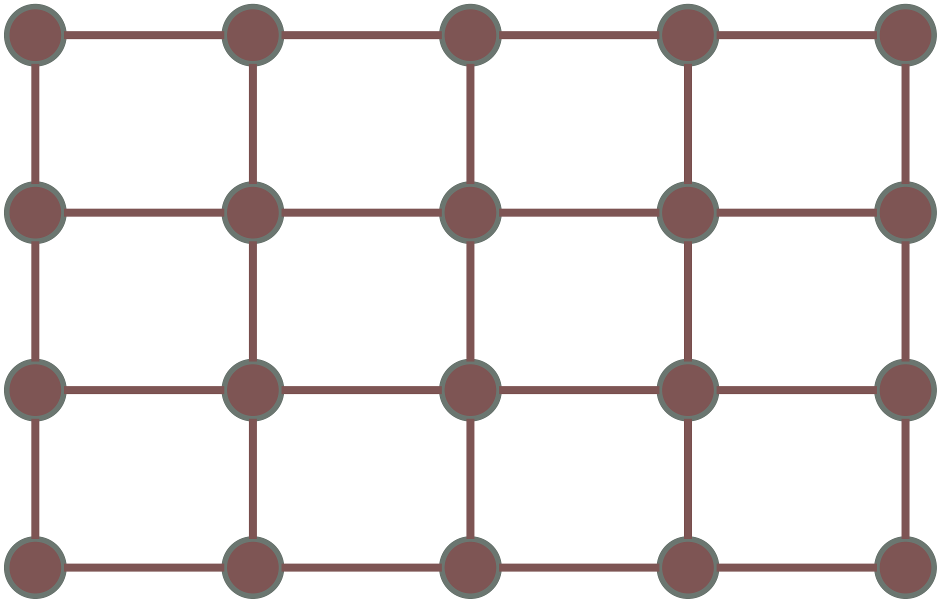
O modelo de percolação explica o fenômeno da penetração de fluídos em meios porosos.



Universidade Federal do ABC

Percolação

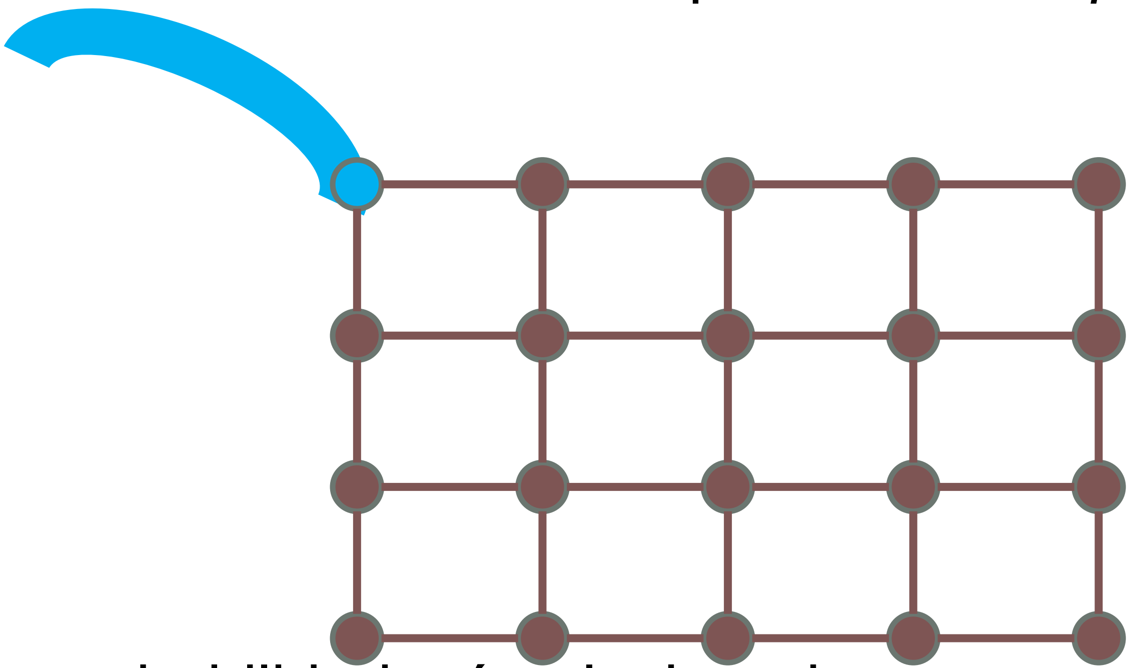
Imagine uma rede, em forma de grade, que representa a tubulação de água de um prédio.



Cada nó é um ponto de interseção e cada aresta um cano ligando dois desses pontos.

Percolação

Imagine agora que a água, partindo do primeiro nó, passa por um determinado nó com probabilidade *p.*

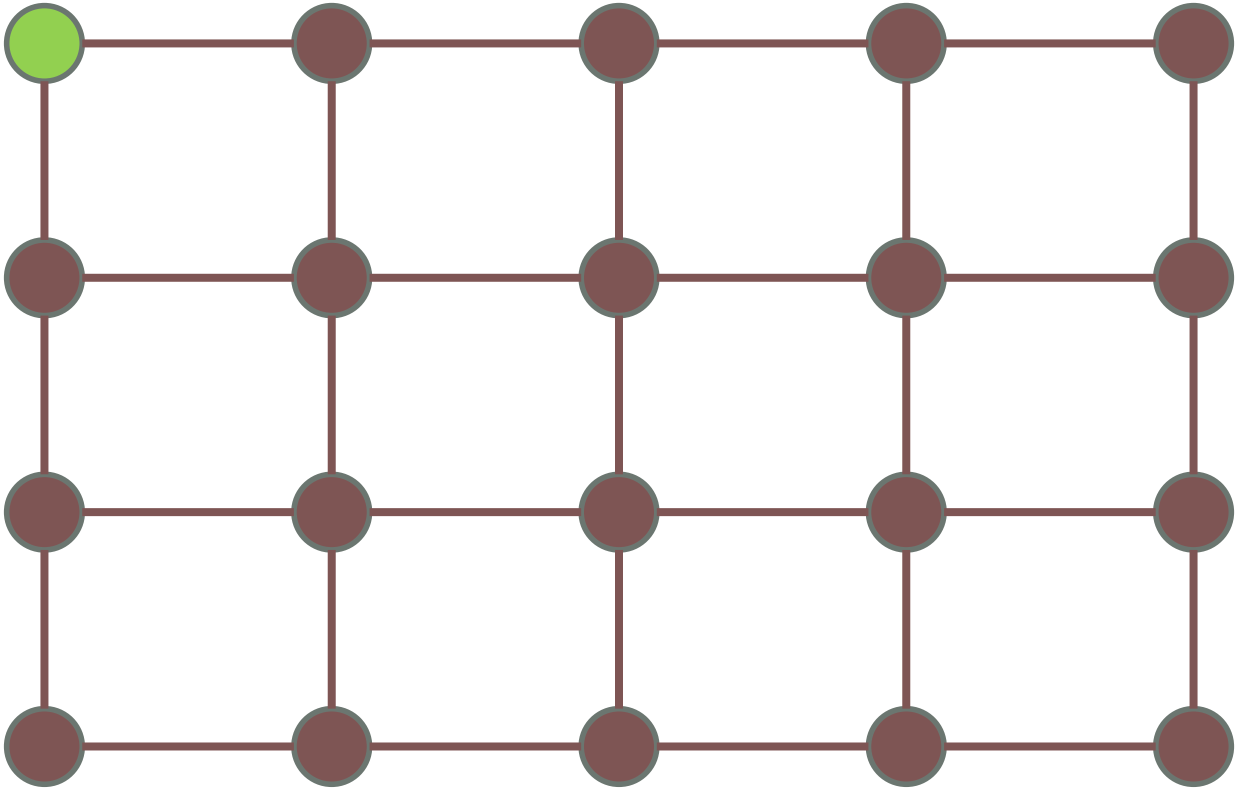


Essa probabilidade é relacionada com cada nó SER um poro ou não.

Universidade Federal do ABC

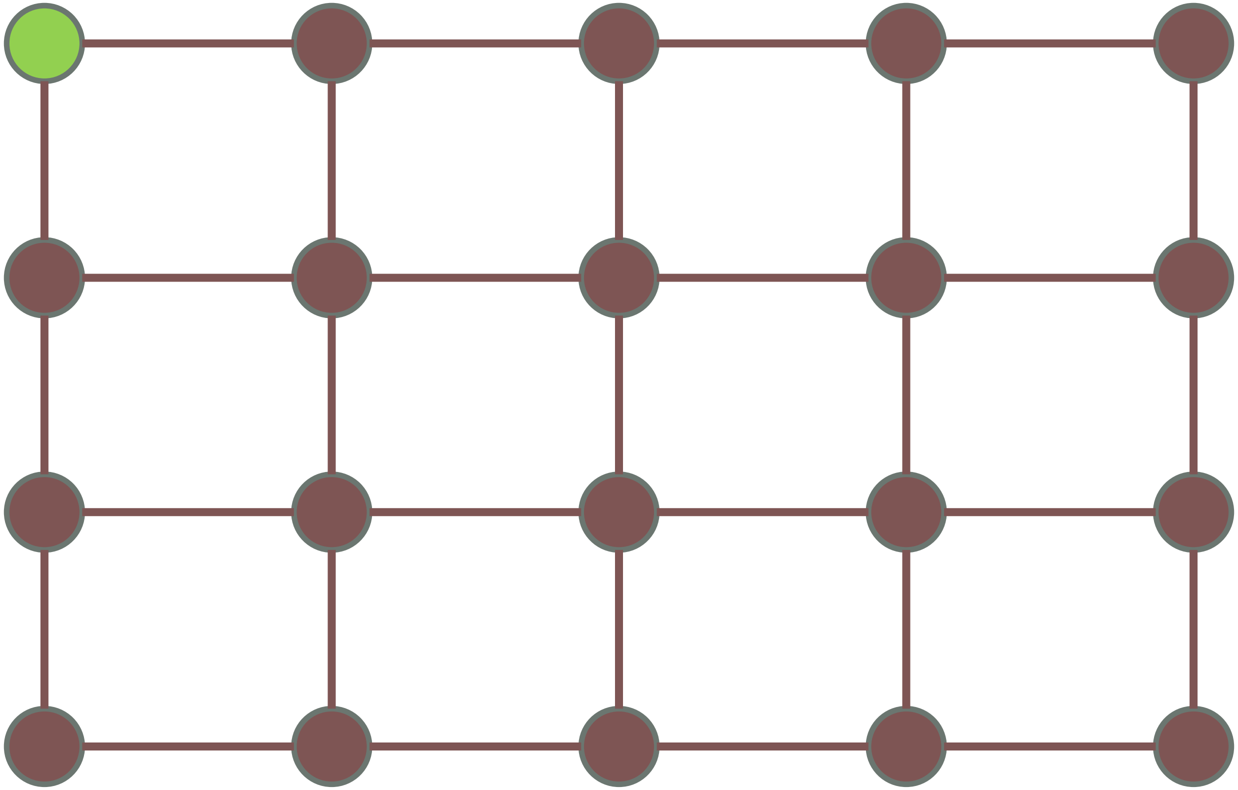
Percolação

A pergunta é: a água conseguirá sair do meio poroso?



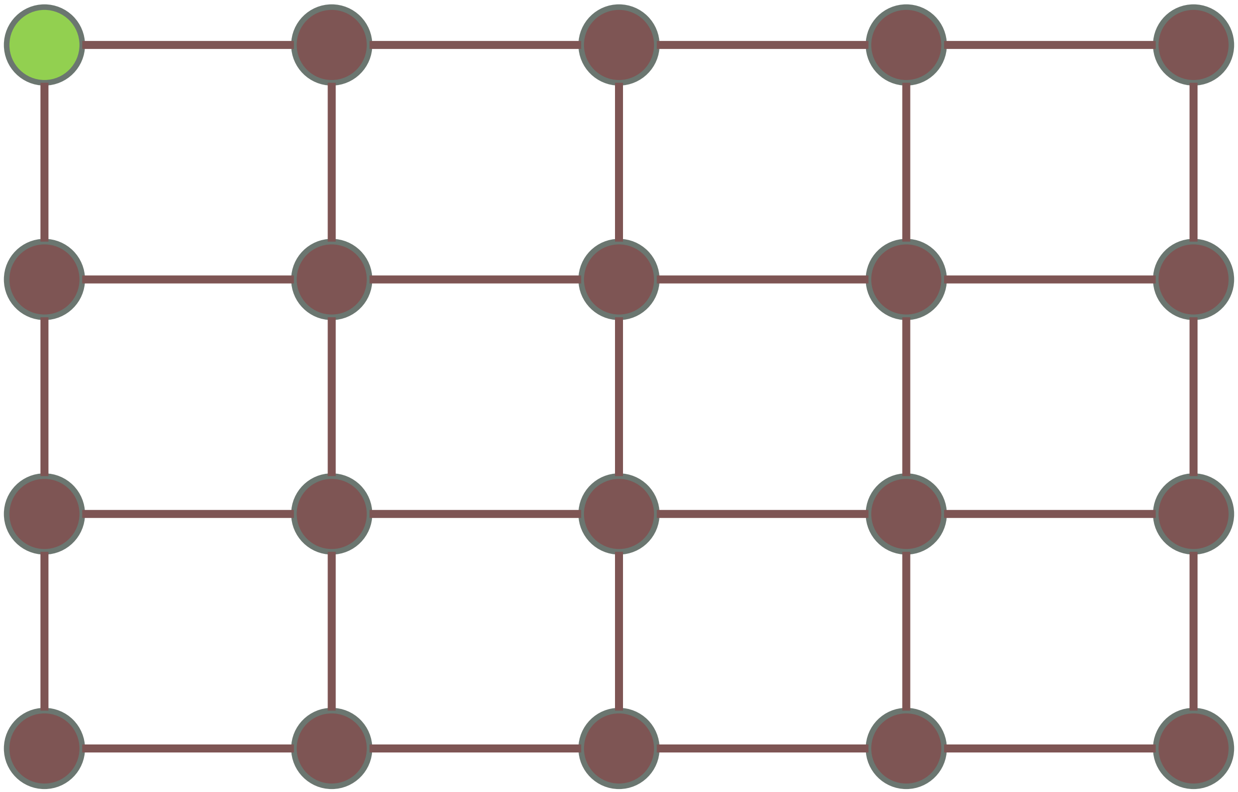
Percolação

O nó verde representa o nó inicial



Percolação

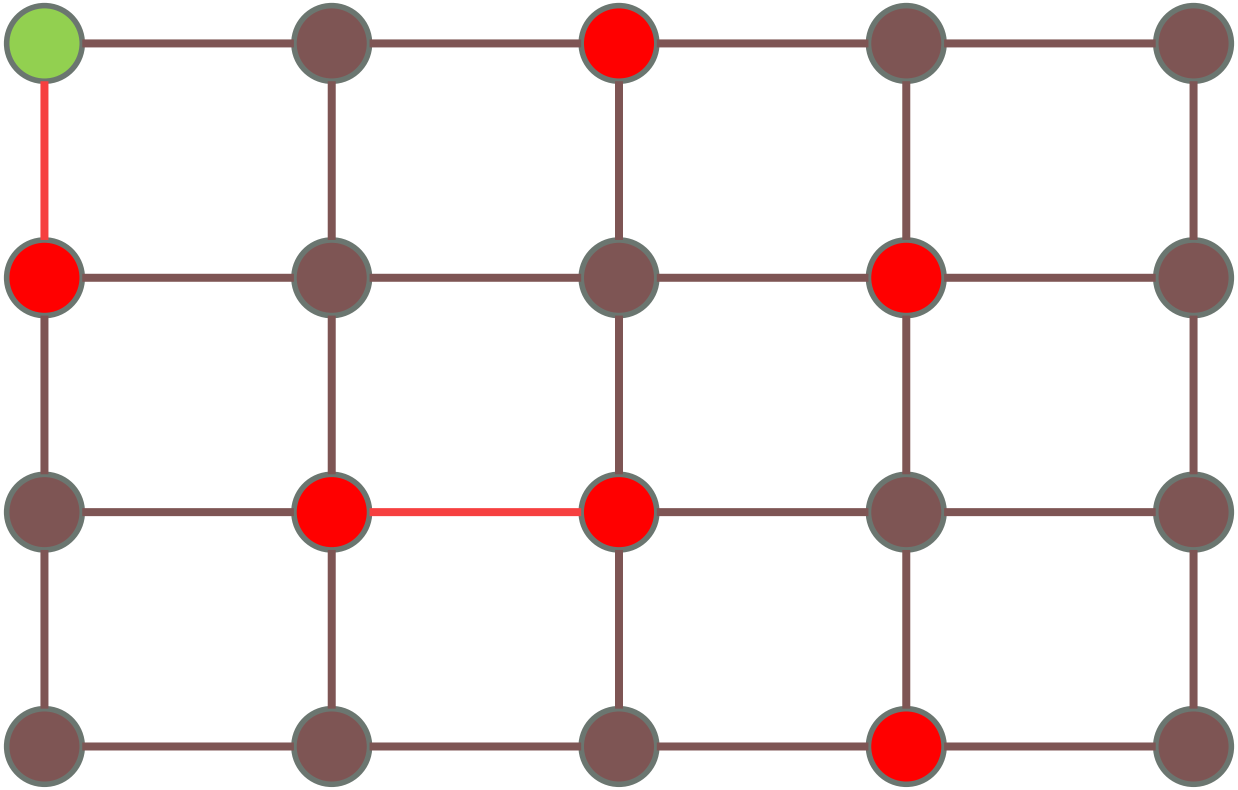
Os nós em vermelhos representarão os escolhidos com probabilidade *p* para intermediar a água



Universidade Federal do ABC

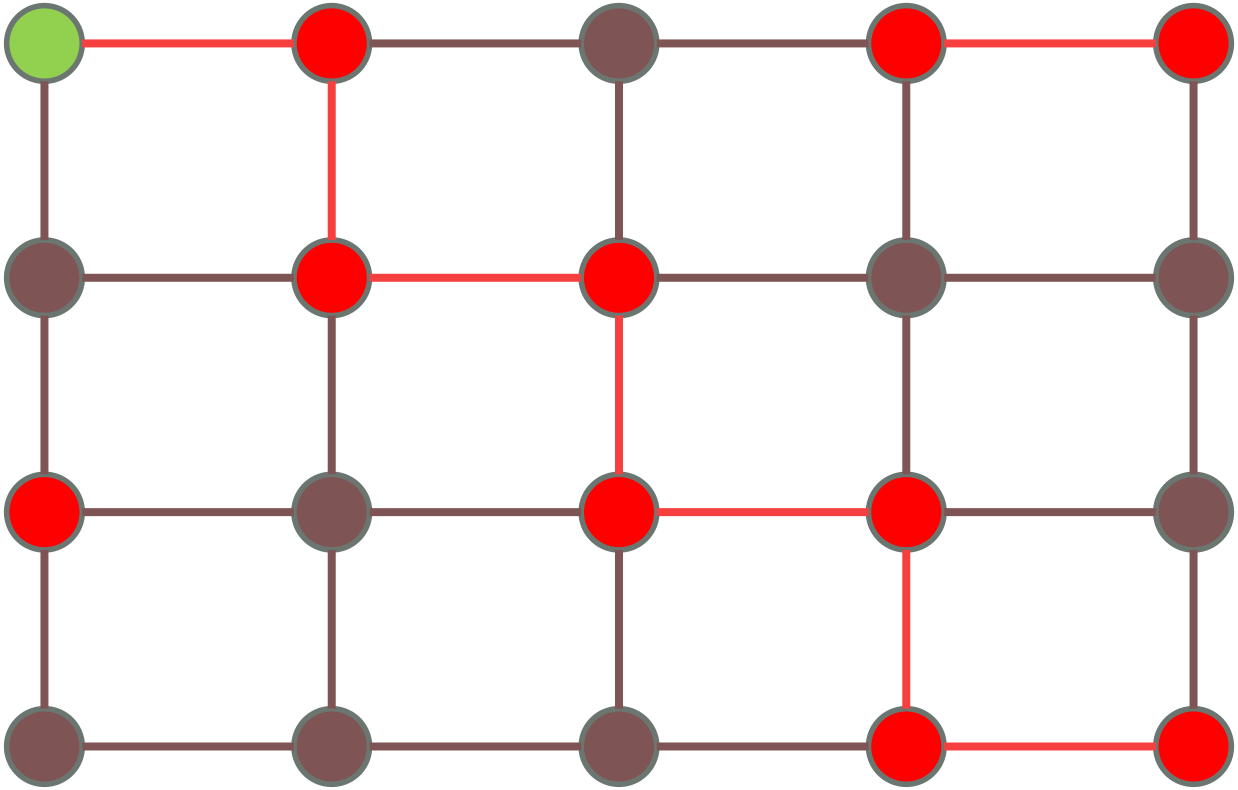
Percolação

Se *p* for muito baixo, a água dificilmente conseguirá sair do meio em que se encontra.



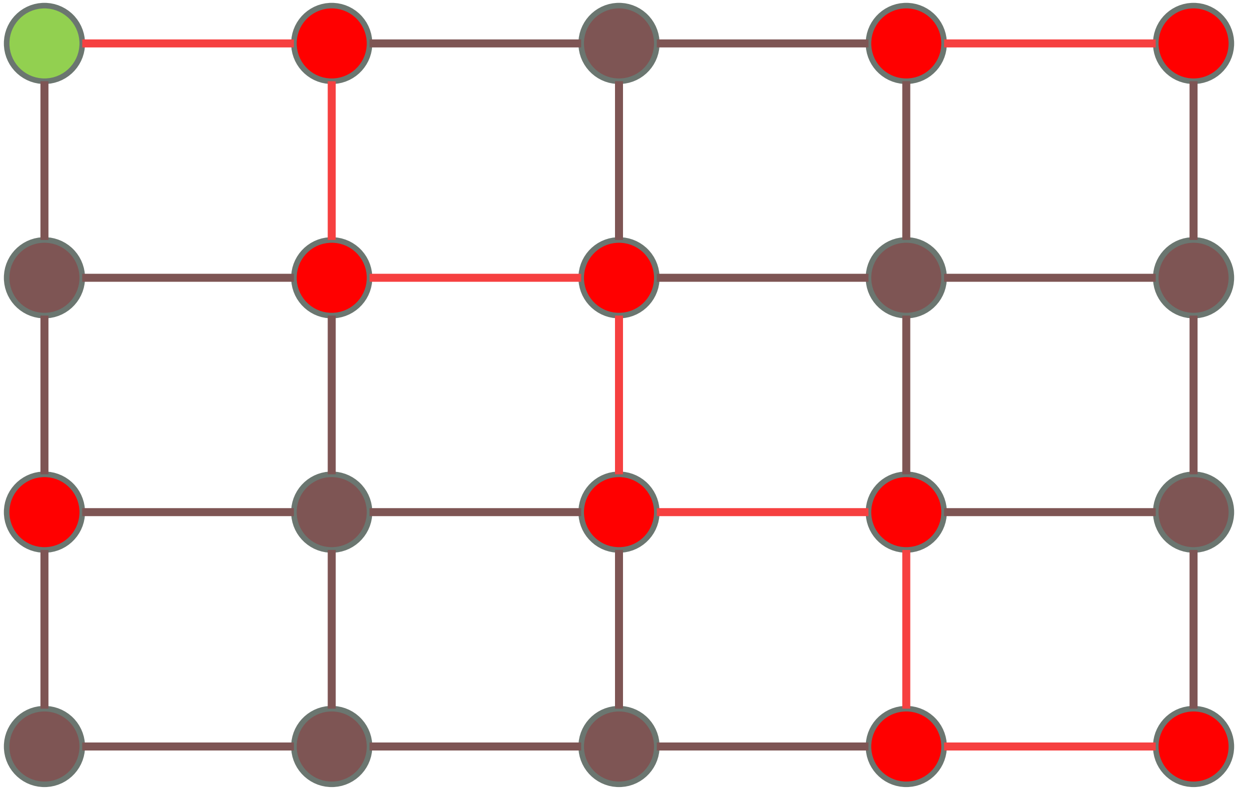
Percolação

Esse sistema se torna interessante pois existe um valor p_c chamado de ponto crítico que garante a saída da água.



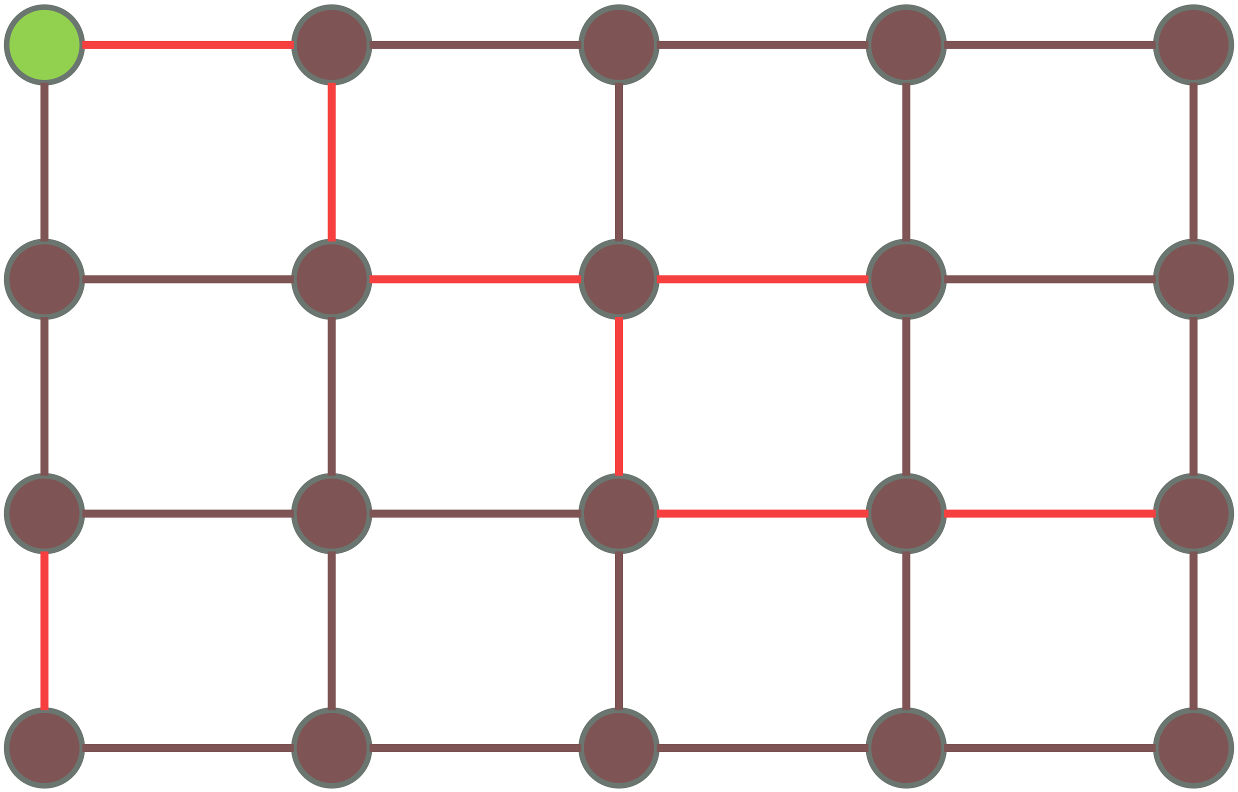
Percolação

Essa forma de percolação é denominada “percolação de sítios” (*site percolation*)



Percolação

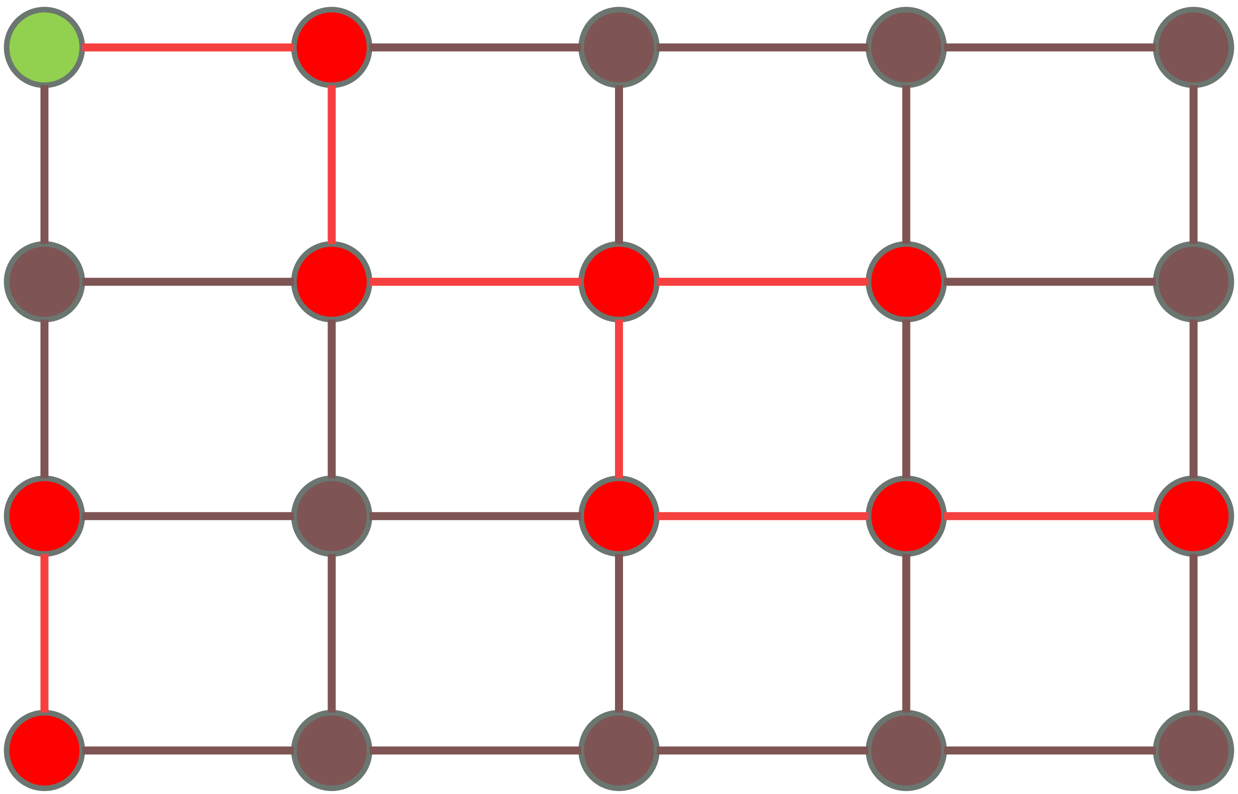
Outra forma é a percolação de ligação (*bond percolation*), as arestas são escolhidas com probabilidade p



Universidade Federal do ABC

Percolação

Esse processo é muito próximo do modelo de redes aleatórias Erdös-Rényi que veremos na próxima aula.

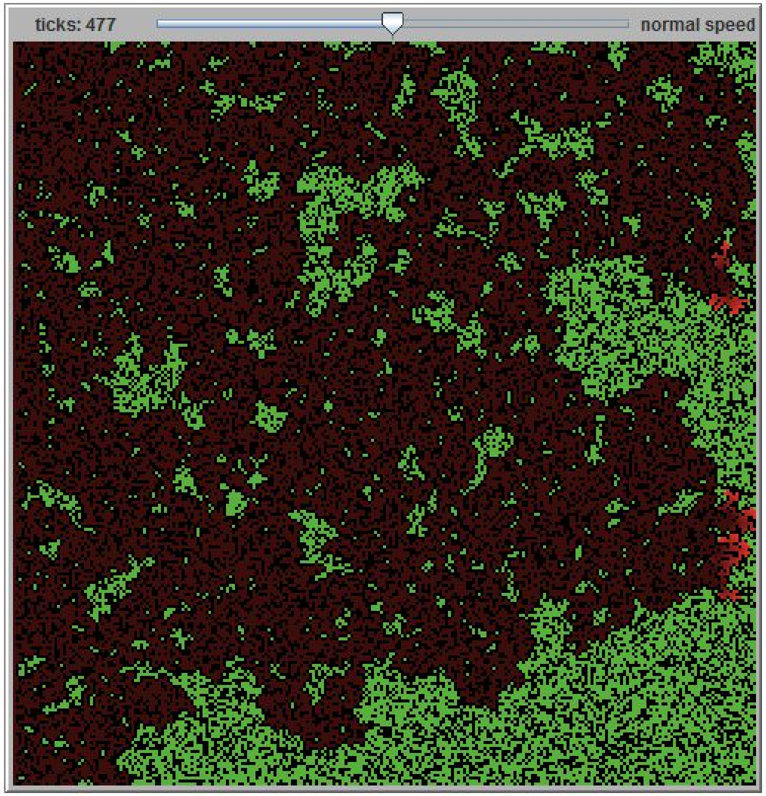


Vamos Verificar o Ponto Crítico de uma Rede?

Percolação em uma floresta: http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/run.cgi?Fire.738.574

A partir de qual densidade o fogo sempre se espalha para mais de 60% da floresta?

Algo acontece quando mudamos a densidade de 59% para 60%.



Universidade Federal do ABC

Vamos Verificar o Ponto Crítico de uma Rede?

Percolação em uma rede: http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/run.cgi?VirusonaNetwork.752.523

Com qual porcentagem de chance de transmissão a doença se espalha para quase 100% da rede em algum momento?

Por volta de 3% a informação consegue atingir um maior número de nós. Também reparem que a informação começa a se difundir muito mais rápido a partir desse ponto.

Universidade Federal do ABC

E o modelo SIR?

Bom, mas como a percolação se relaciona com o modelo SIR? Se em uma rede social temos:

- a probabilidade de contágio e;
- o tempo que uma pessoa pode retransmitir a doença;

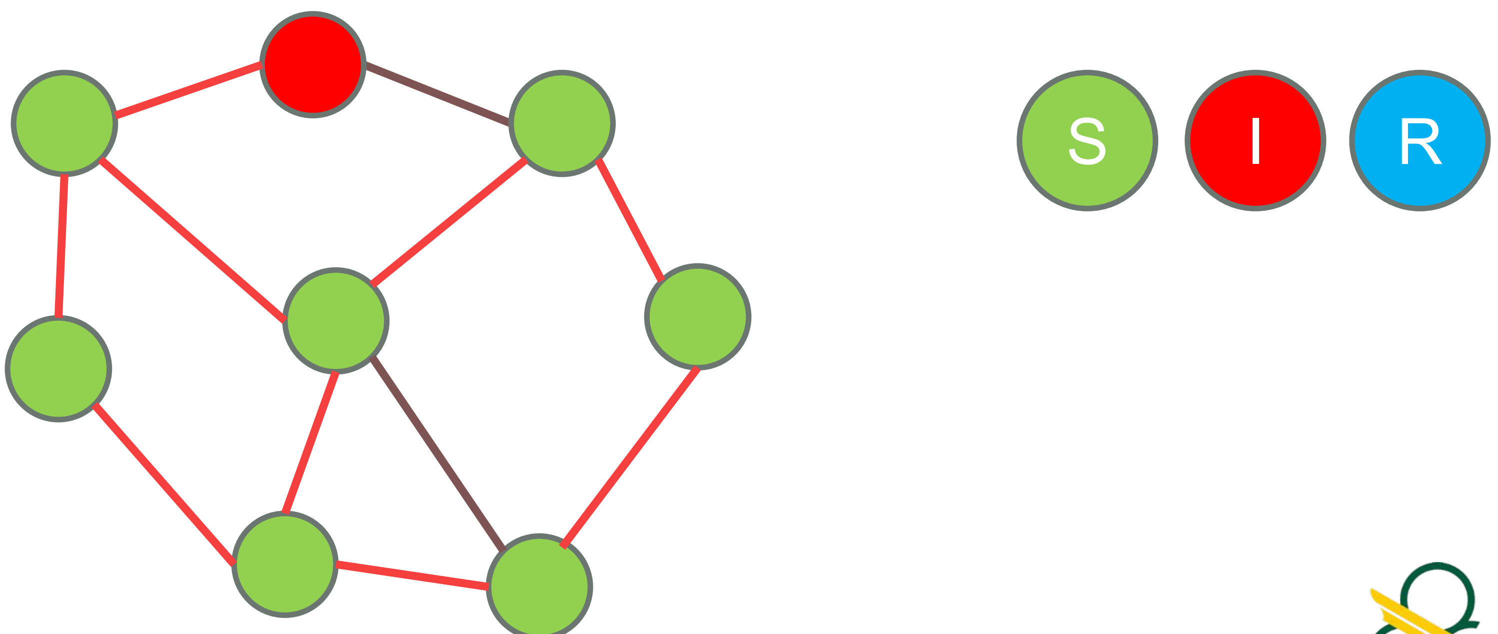
utilizamos o modelo da percolação para verificar o quanto da rede está suscetível à doença.

Universidade Federal do ABC

Modelo SIR e a Percolação

$p = 0.8$, $t_I = 1$, $T = 0$

Com probabilidade de 80% escolhemos as arestas que servirão de canal de transmissão da doença

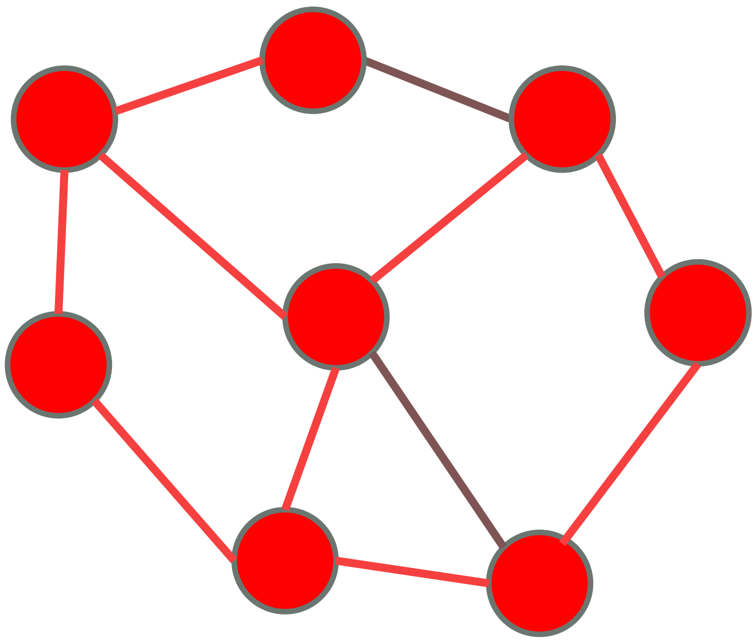


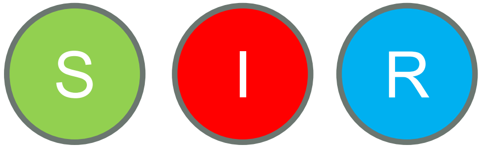
Universidade Federal do ABC

Modelo SIR e a Percolação

$p = 0.8$, $t_I = 1$, $T = 0$

Com probabilidade de 80% escolhemos as arestas que servirão de canal de transmissão da doença



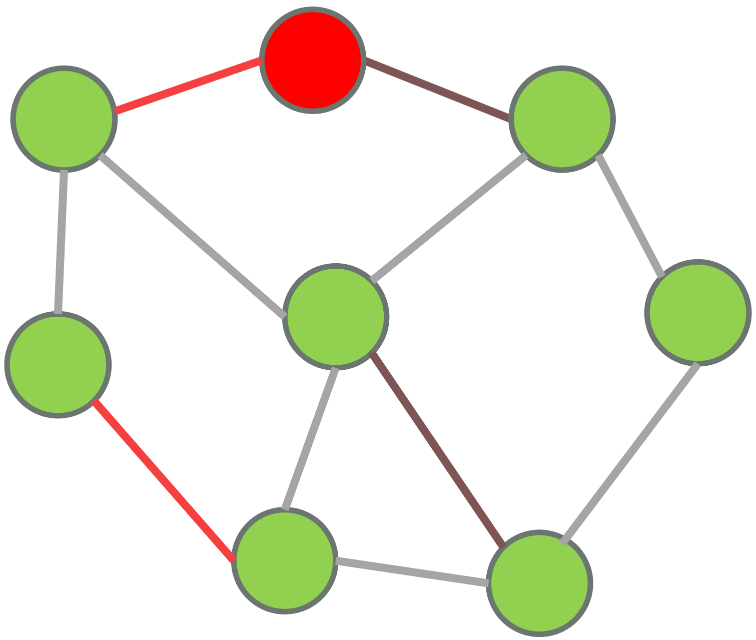


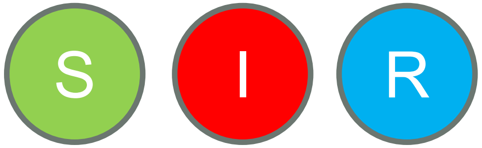
Universidade Federal do ABC

Modelo SIR e a Percolação

$p = 0.2$, $t_I = 1$, $T = 0$

Agora, com probabilidade de 20% escolhemos as arestas que servirão de canal de transmissão da doença

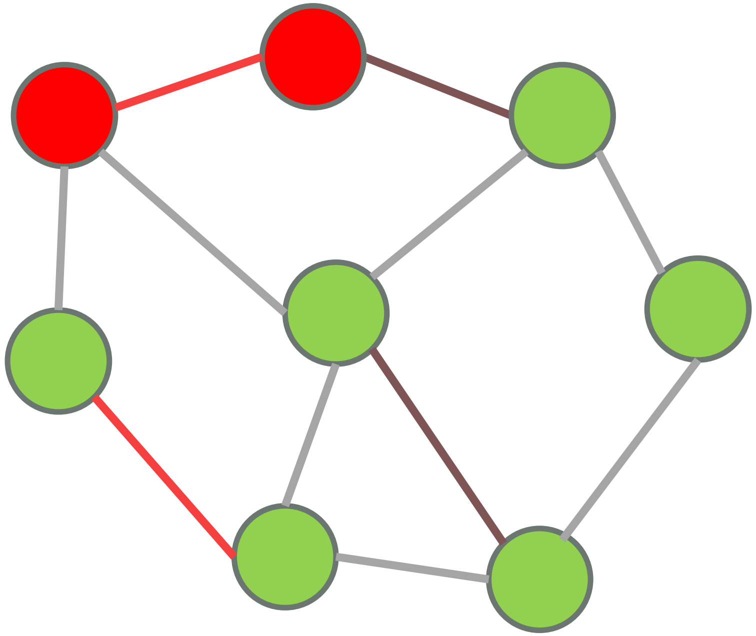


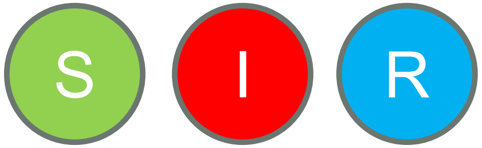


Modelo SIR e a Percolação

p = 0.2, t_I = 1, T = 0

Agora, com probabilidade de 20% escolhemos as arestas que servirão de canal de transmissão da doença

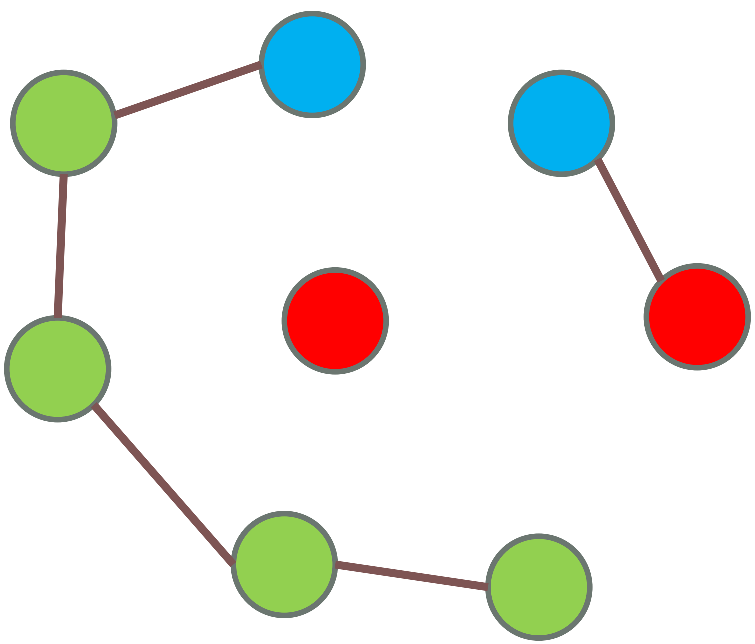




Universidade Federal do ABC

Percolação e Tolerância a Falhas

Outra questão interessante que pode ser respondida com a difusão de informação e a percolação é o quão resistente à falhas é uma rede complexa diante de ataques aleatórios.



Percolação e Tolerância a Falhas

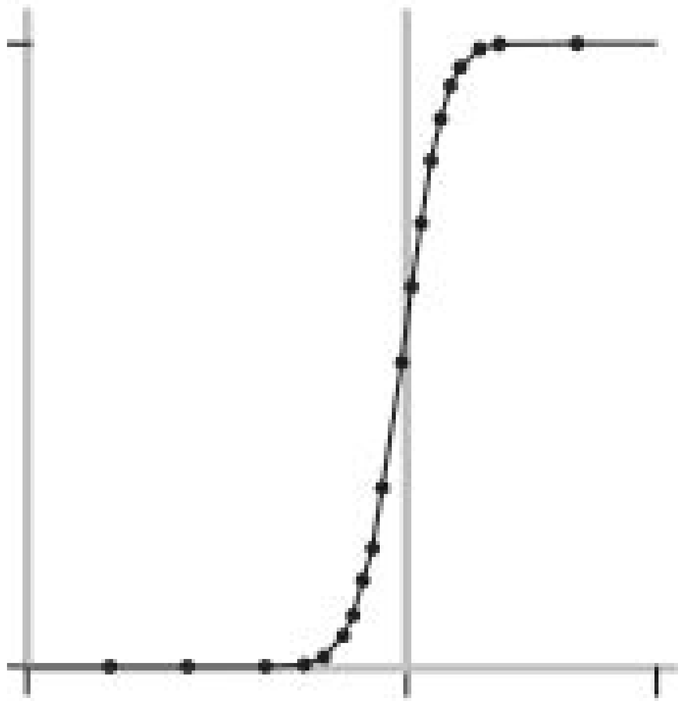
Se utilizarmos a percolação como a escolha de uma porcentagem de arestas (ou nós) a serem atacados e removidos, qual porcentagem será necessário para cortar a comunicação da rede?

Pensando em epidemia, cortar comunicação = imunizar a rede.

Universidade Federal do ABC

Percolação e Tolerância a Falhas

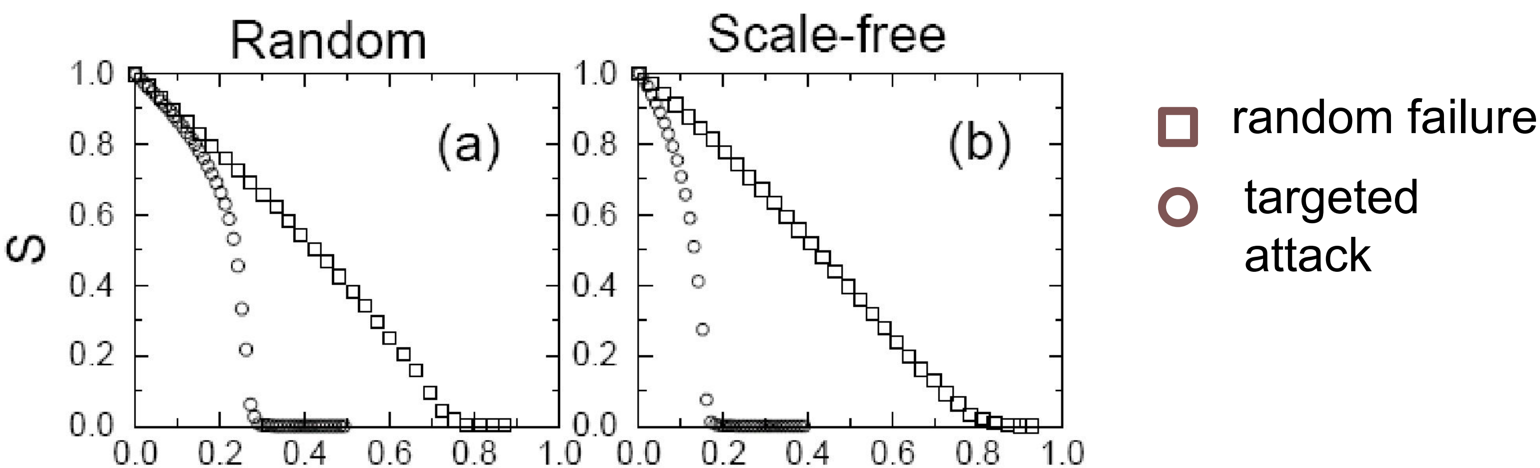
Fazendo várias simulações a partir do modelo de percolação, podemos verificar com qual valor de probabilidade a rede é percolada. Esse valor é denominado **FASE CRÍTICA**.



Universidade Federal do ABC

Redes Sem Escala x Redes Aleatórias

Tanto as redes sem escala como as redes aleatórias são resistente a falhas eventuais, porém as redes aleatórias são mais resistentes à ataques direcionados.

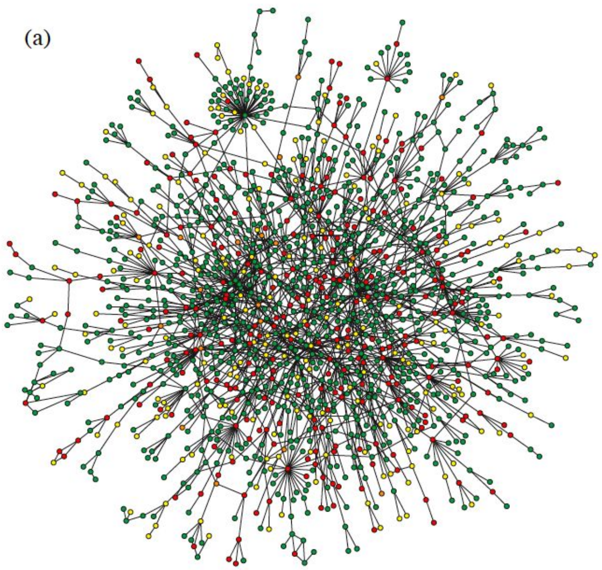


Source: **Error and attack tolerance of complex networks. Réka Albert, Hawoong Jeong and Albert-László Barabási. Nature 406, 378-382(27 July 2000); http://www.nature.com/nature/journal/v406/n6794/abs/406378A0.html**

Universidade Federal do ABC

Falhas em Redes Biológicas

Redes de interação de proteínas seguem uma lei de potência, ou seja, existem nós nessa rede que servem como "hubs".



Os nós de maior grau estão associados às proteínas essenciais do nosso organismo.

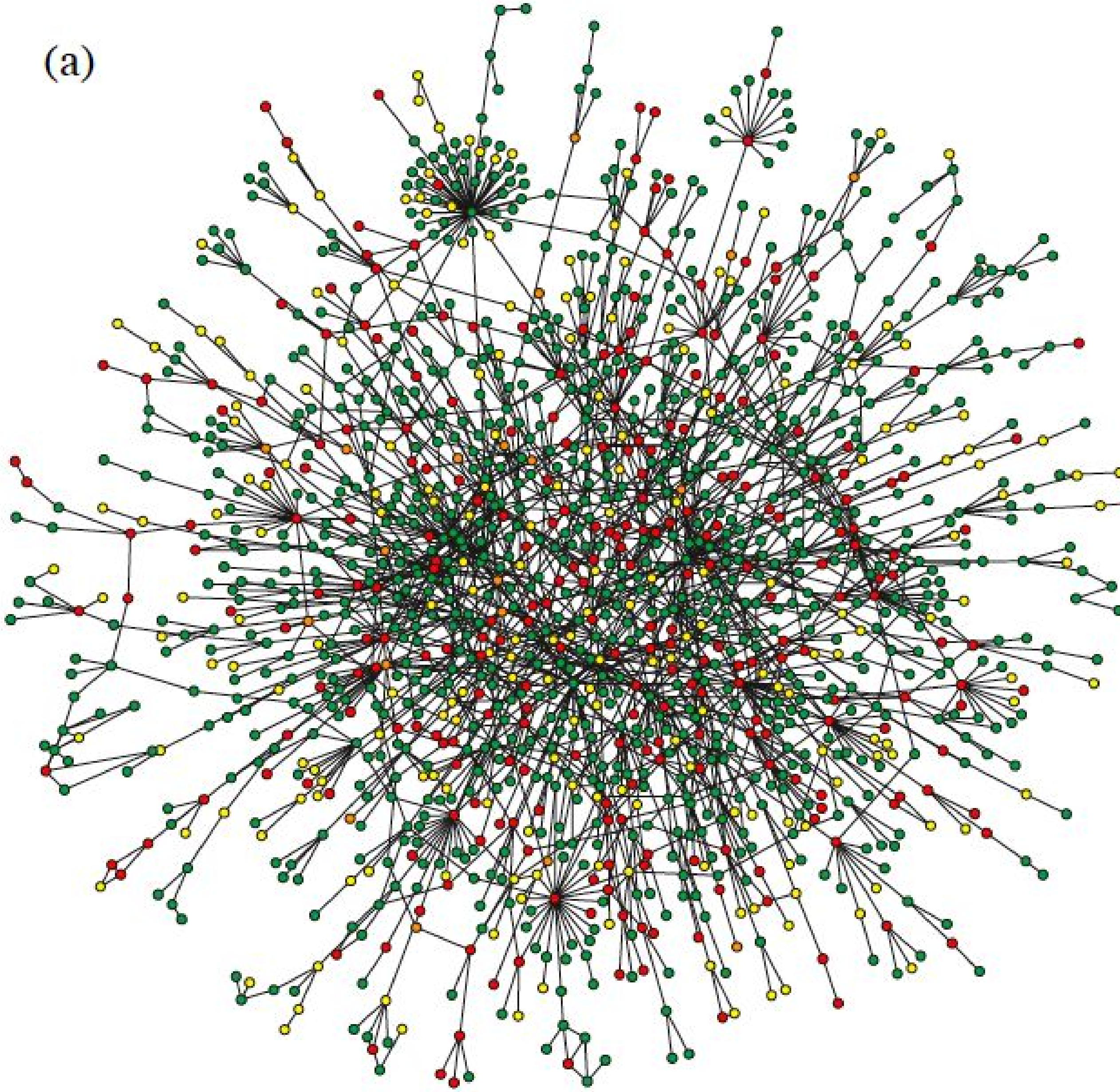
Falhas em Redes Biológicas

Nesse tipo de rede, a ausência de uma proteína pode levar a:

- Morte
- Sem efeito
- Regeneração lenta
- Efeito desconhecido

Universidade Federal do ABC

(a)



Se removido:

letal

não letal

regeneração

lenta

desconhecido

Source: Jeong et al, 'Lethality and centrality in protein networks', Nature 411, 41-42 (2001) | doi:10.1038/35075138

Federal do ABC

Falhas em Redes Biológicas

Um ataque direcionado aos hubs tem grandes chances de ser letal ao organismo através de drogas ou venenos.

Além disso, se as proteínas centrais sofrerem mutações também pode ocorrer a morte do ser vivo.

Por sorte mutações ocorrem aleatoriamente e em pequenas taxas, e redes sem escala são resistentes a ataques aleatórios.