

# Introdução às Redes de Interação – MO804 (MC908)

## Redes de interação

Prof. Dr. Ruben Interian  
Instituto de Computação, UNICAMP

# Resumo

- 1 Objetivo
- 2 Redes de interação
- 3 Representação
- 4 Material bibliográfico do curso









# Introdução

## O mundo há 1000 anos:

- Informação demora anos para chegar de um lugar a outro.



# Introdução

**O mundo há 1000 anos:**

- Informação demora anos para chegar de um lugar a outro.
- Pessoas com quem você interage moram a poucos quilômetros de você.
- Um problema ou uma falha em um lugar não afeta quase ninguém.



# Introdução

## O mundo há 1000 anos:

- Informação demora anos para chegar de um lugar a outro.
- Pessoas com quem você interage moram a poucos quilômetros de você.
- Um problema ou uma falha em um lugar não afeta quase ninguém.

## O mundo hoje:

- Informação demora segundos para chegar de um lugar a outro.



# Introdução

## O mundo há 1000 anos:

- Informação demora anos para chegar de um lugar a outro.
- Pessoas com quem você interage moram a poucos quilômetros de você.
- Um problema ou uma falha em um lugar não afeta quase ninguém.

## O mundo hoje:

- Informação demora segundos para chegar de um lugar a outro.
- Pessoas com quem você interage podem morar no outro extremo do planeta.
- Um problema em um lugar pode afetar rapidamente todos os países.  
(Exemplos: pandemia do COVID, crise de 2008)

# Introdução

**Os vínculos sociais, econômicos, comerciais, financeiros, laborais dependem cada vez menos das distâncias físicas, e cada vez mais de outros fatores.**



# Redes de interação

O que são redes?

# Redes de interação

## O que são redes?

*A network is, in its simplest form, a collection of points (vertices, nodes) joined together in pairs by lines (edges).*

*M. Newman*  
*Networks: An Introduction*

# Redes de interação

## O que são redes?

*A network is, in its simplest form, a collection of points (vertices, nodes) joined together in pairs by lines (edges).*

*M. Newman  
Networks: An Introduction*

*A network is any collection of objects in which some pairs of these objects are connected by links.*

*D. Easley, J. Kleinberg  
Networks, Crowds, and Markets:  
Reasoning about a Highly Connected World*



# Redes de interação

## O que são redes?

*Parece algo familiar...* Rede = Grafo?

# Redes de interação

## O que são redes?

*Parece algo familiar. . . Rede = Grafo?*

- Um **grafo** é um par  $G = (V, E)$ , onde:
  - $V$  é um conjunto finito de elementos chamados **vértices**, e
  - $E$  é um conjunto finito de pares **não ordenados** de vértices chamados **arestas**.

# Redes de interação

## O que são redes?

*Parece algo familiar. . . Rede = Grafo?*

- Um **grafo** é um par  $G = (V, E)$ , onde:
  - $V$  é um conjunto finito de elementos chamados **vértices**, e
  - $E$  é um conjunto finito de pares **não ordenados** de vértices chamados **arestas**.
- Na prática, 'rede' e 'grafo' são **quase** sinônimos. Usamos um ou outro dependendo da área do conhecimento ou do domínio de aplicação.

# Redes de interação

Porém, tem algumas sutilezas no uso dos termos:

- **Rede:** o termo geralmente se refere a sistemas reais.  
(em Física, Bioquímica, e outras áreas)
- **Grafo:** a representação matemática de uma rede.  
(Matemática, Computação).

# Redes de interação

Porém, tem algumas sutilezas no uso dos termos:

- **Rede:** o termo geralmente se refere a sistemas reais.  
(em Física, Bioquímica, e outras áreas)
- **Grafo:** a representação matemática de uma rede.  
(Matemática, Computação).

Quando modelamos um sistema real, tendemos a chamá-lo de **rede**.

Quando tratamos entidades abstratas, que não podem ser mapeadas para objetos existentes, falamos de um **grafo**.



# Redes de interação

O que são redes de interação? ...

Antes, vamos tentar responder:

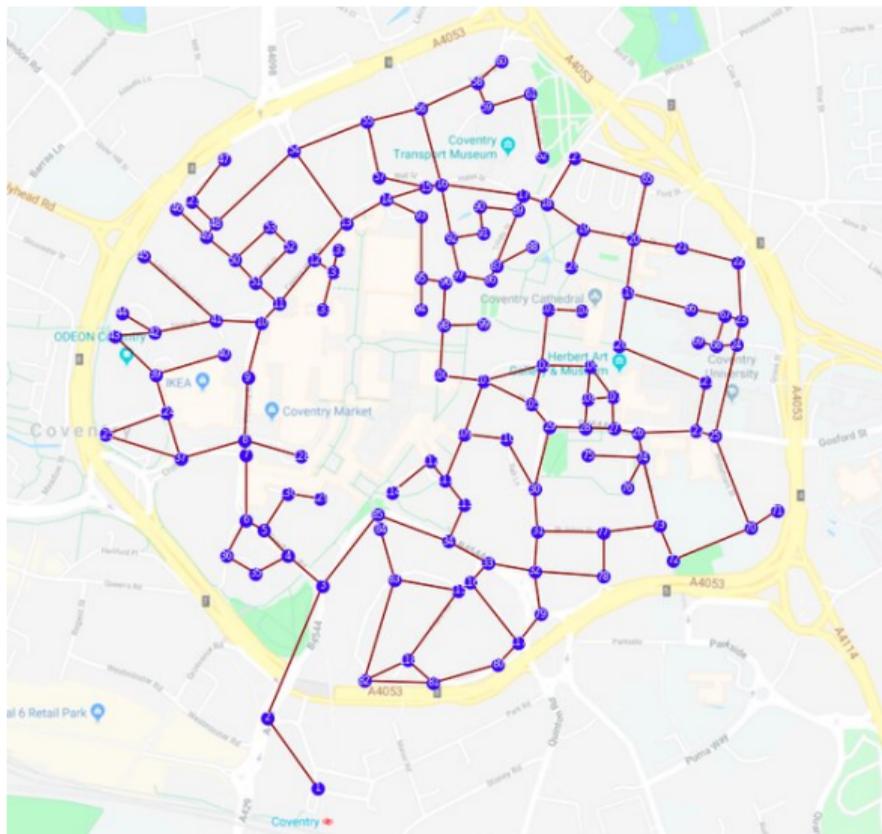
O que não são redes de interação? ...

# Não são redes de interação – linhas de metrô

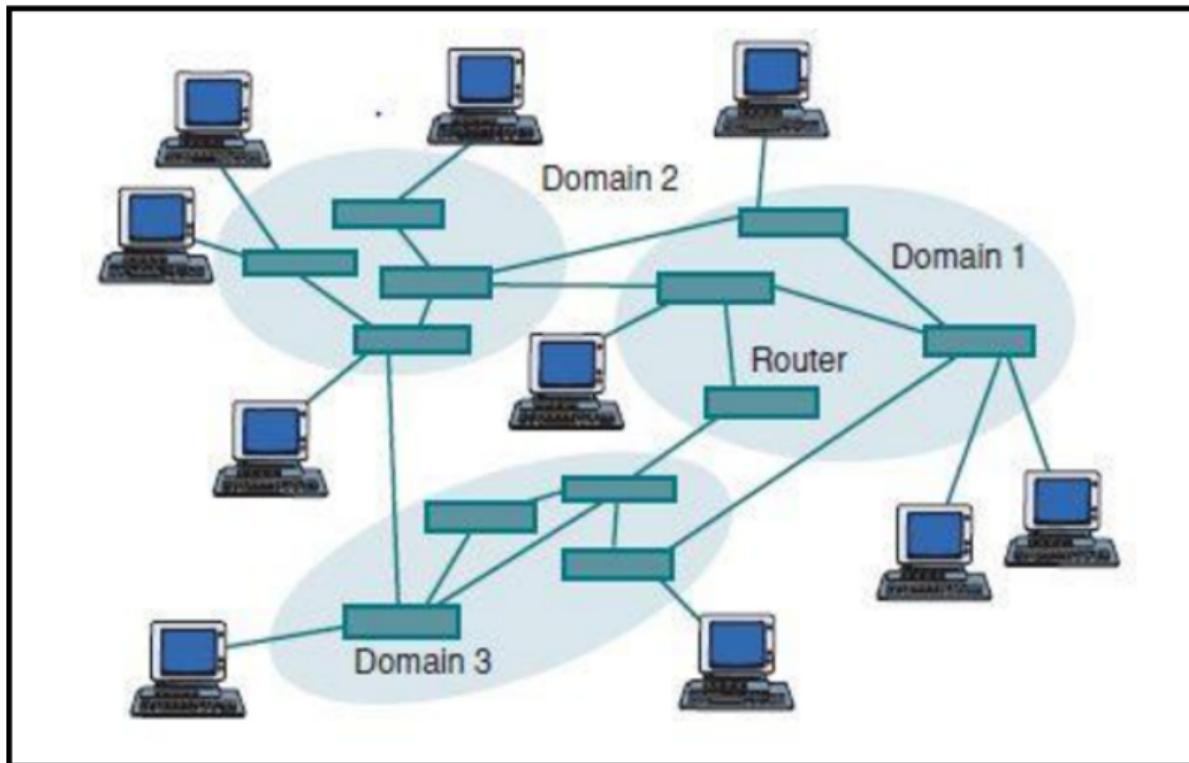
## Mapa do Transporte Metropolitano *Metropolitan Transport Network*



# Não são redes de interação – ruas de uma cidade



# Não são redes de interação – redes de computadores



# Não são redes de interação

**Por que essas redes não são de interação?**

# Não são redes de interação

## Por que essas redes não são de interação?

- Esquinas não interagem.

# Não são redes de interação

## Por que essas redes não são de interação?

- Esquinas não interagem.
- Estações de metrô não interagem.

# Não são redes de interação

## Por que essas redes não são de interação?

- Esquinas não interagem.
- Estações de metrô não interagem.
- Um computador não interage necessariamente com outro computador que está conectado com ele por meio de um cabo.

# Não são redes de interação

## Por que essas redes não são de interação?

- Esquinas não interagem.
- Estações de metrô não interagem.
- Um computador não interage necessariamente com outro computador que está conectado com ele por meio de um cabo.

**Não podemos falar de redes de interação** quando as arestas representam **um meio físico** através do qual veículos, bens ou dados se movem ou se conectam.

# Redes de interação

Voltando à pergunta:

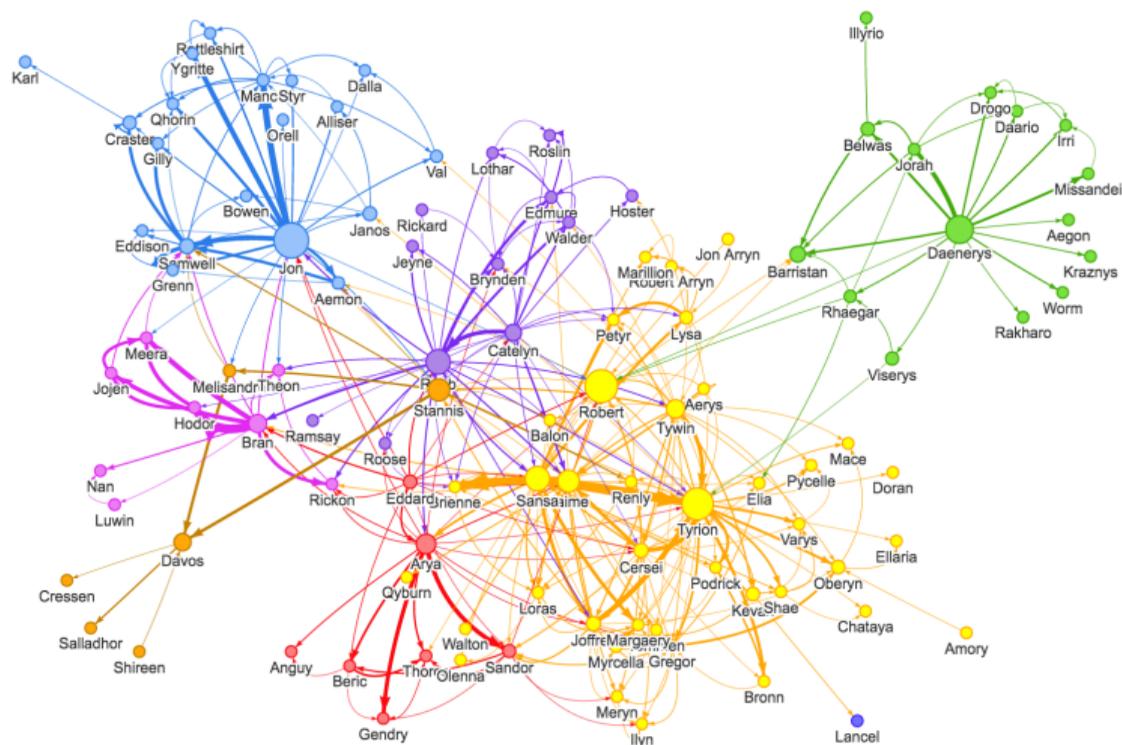
**O que são redes de interação? ...**

A seguir, alguns **exemplos**.

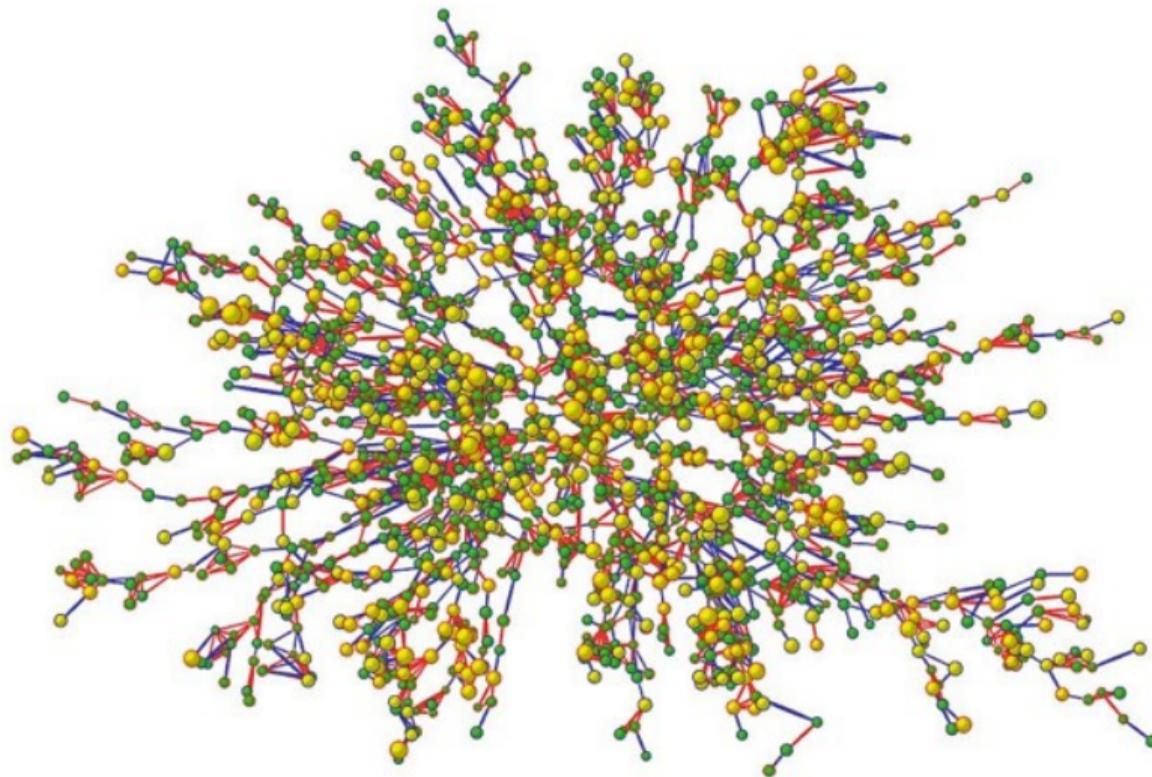
# Redes de interação – redes sociais



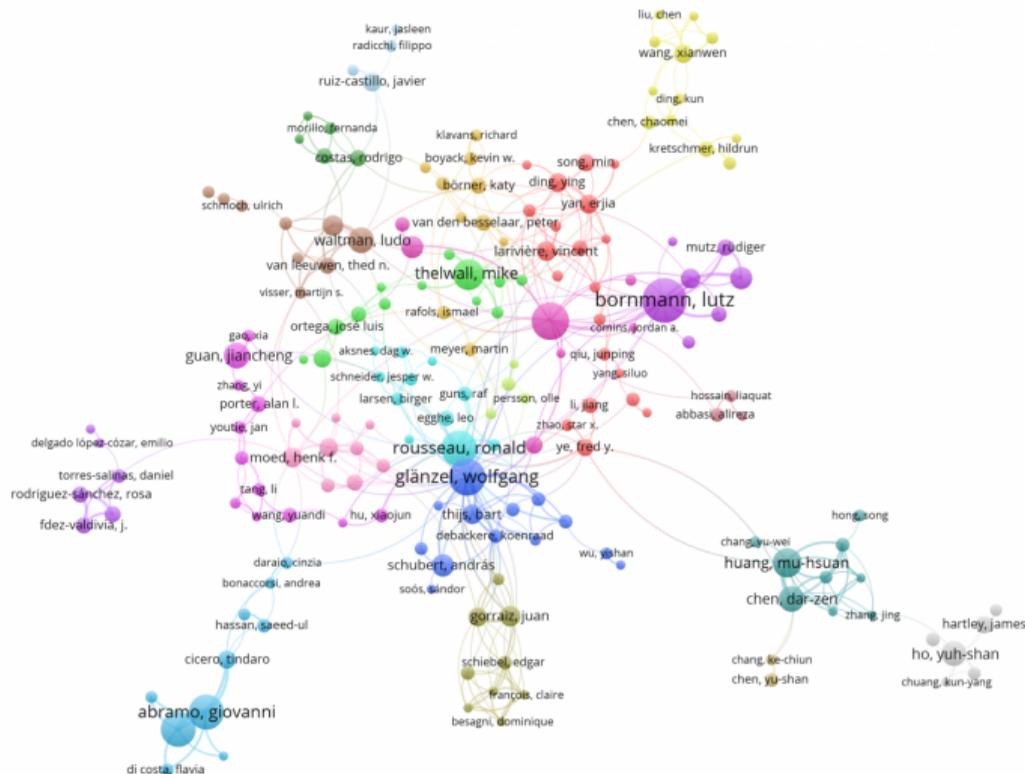
# Redes de interação – ‘rede social’ de personagens de um livro



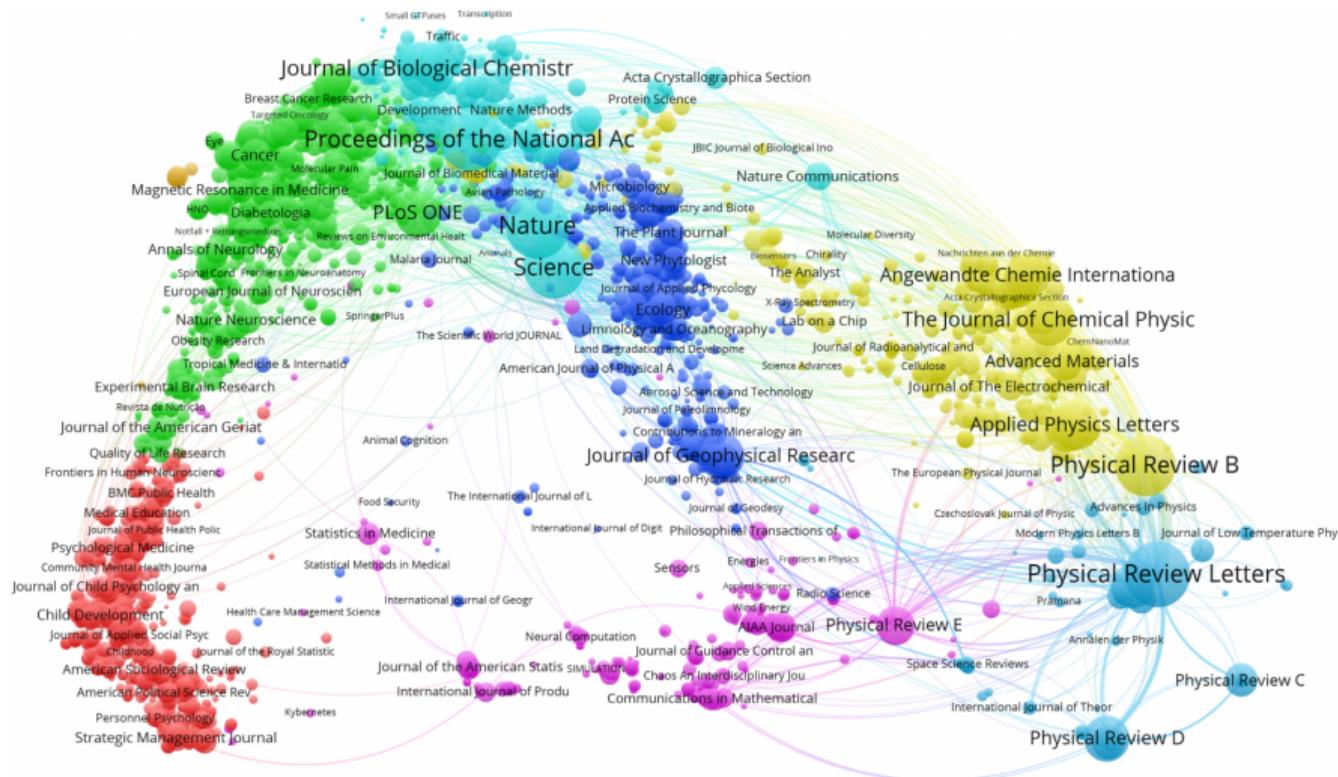
# Redes de interação – propagação de epidemias em uma rede social



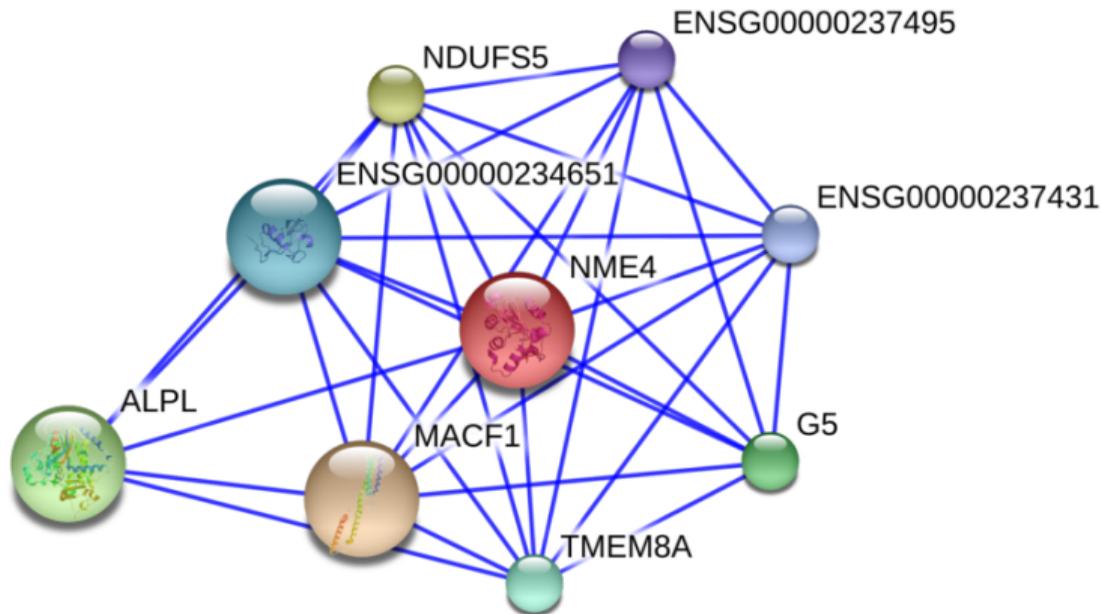
# Redes de interação – rede de citação (pesquisadores)



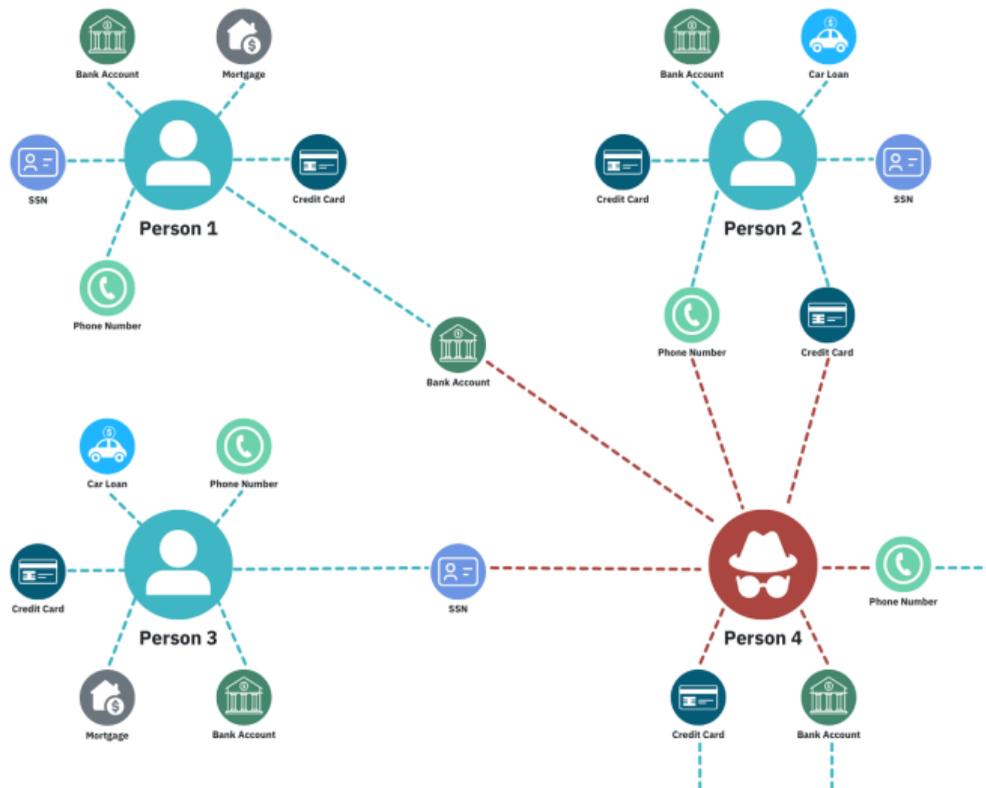
# Redes de interação – rede de citação (periódicos)



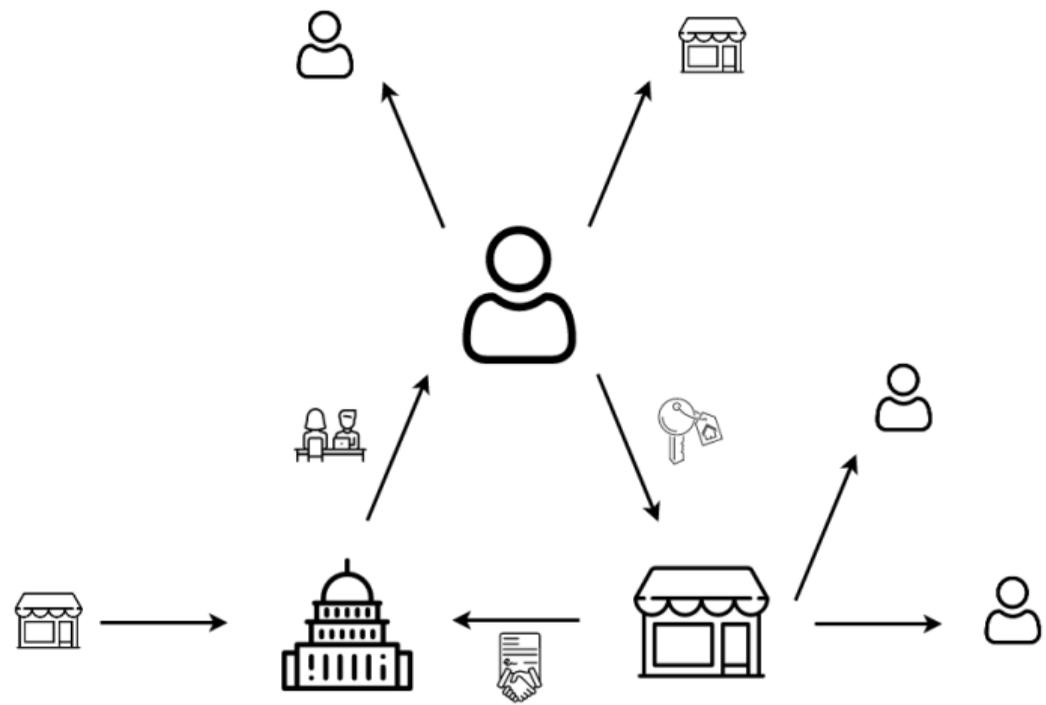
# Redes de interação – rede de interação de proteínas



# Redes de interação – rede de transações bancárias



# Redes de interação – conflitos de interesse



# Redes de interação

Nas **redes de interação**:

- A aresta  $(v_1, v_2)$  **não** é um objeto, ou um meio, que pode ser **separado** dos nós.

# Redes de interação

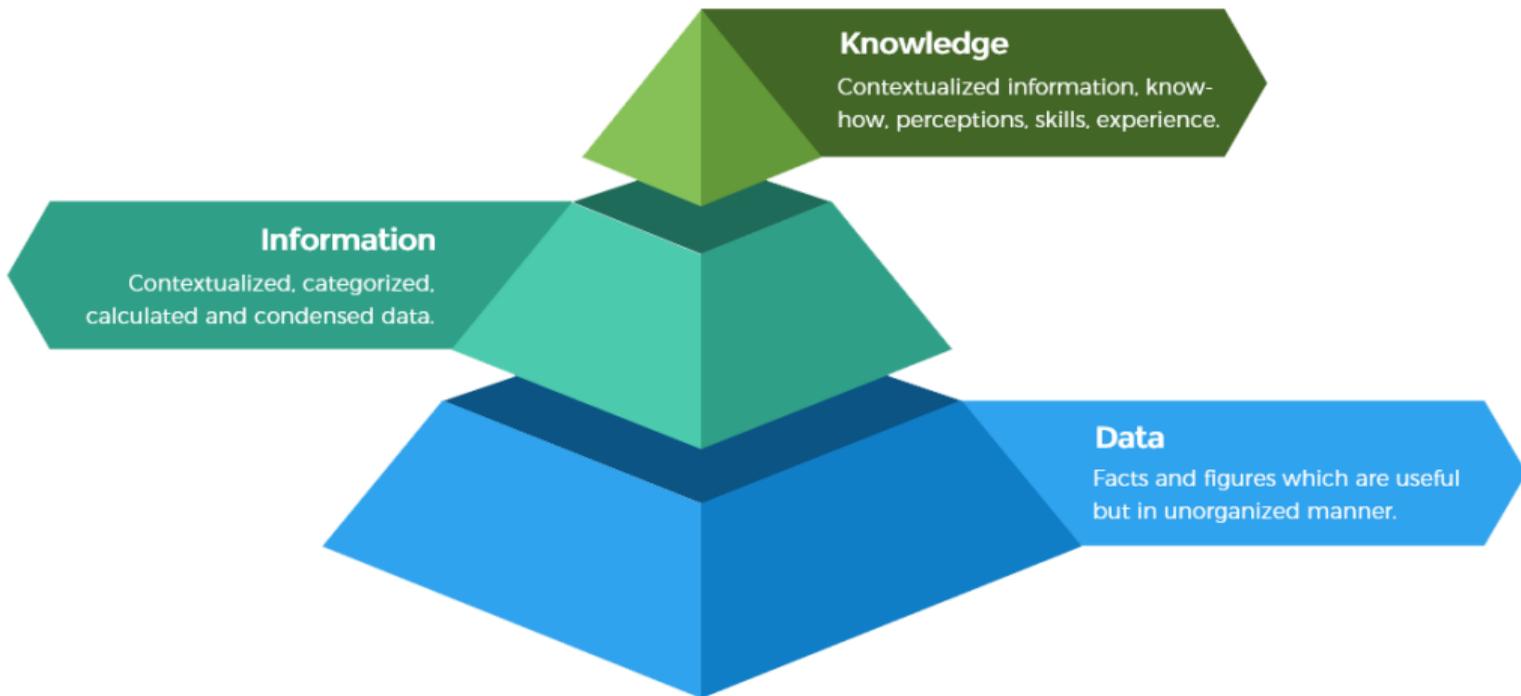
Nas **redes de interação**:

- A aresta  $(v_1, v_2)$  **não** é um objeto, ou um meio, que pode ser **separado** dos nós.
- **A aresta é uma informação** que temos sobre a relação (ou vínculo, interação) entre o par  $v_1, v_2$ .

## Redes de interação – objetivo da disciplina

**Aprender a analisar e extrair conhecimento dessa enorme rede de relações sociais, econômicas, políticas, familiares, financeiras, no qual estamos inseridos.**

# Redes de interação



# Redes de interação

As redes de interação podem ser:

- **Ponderadas**, quando há atributos associados a cada aresta:
  - Rede de chamadas telefônicas: o vínculo indica o número de chamadas realizadas.
  - Rede de empresas e seus sócios: o vínculo indica a participação societária. \* \*\*
    - \*No Brasil, o dado empresa-sócio é público.
    - \*\*Empresas podem ser sócias de empresas.

# Redes de interação

As redes de interação podem ser:

- **Ponderadas**, quando há atributos associados a cada aresta:
  - Rede de chamadas telefônicas: o vínculo indica o número de chamadas realizadas.
  - Rede de empresas e seus sócios: o vínculo indica a participação societária. \* \*\*
    - \*No Brasil, o dado empresa-sócio é público.
    - \*\*Empresas podem ser sócias de empresas.
- **Rotuladas**, quando o atributo de cada aresta é uma variável categórica:
  - Interações positivas e negativas em redes sociais;
  - Relações pai de / irmão de;
  - Relações sócio de / empregado de.

É como se fossem camadas de arestas diferentes!

# Redes de interação

As redes de interação podem ser:

- **Ponderadas**, quando há atributos associados a cada aresta:
  - Rede de chamadas telefônicas: o vínculo indica o número de chamadas realizadas.
  - Rede de empresas e seus sócios: o vínculo indica a participação societária. \* \*\*  
\*No Brasil, o dado empresa-sócio é público.  
\*\*Empresas podem ser sócias de empresas.
- **Rotuladas**, quando o atributo de cada aresta é uma variável categórica:
  - Interações positivas e negativas em redes sociais;
  - Relações pai de / irmão de;
  - Relações sócio de / empregado de.

É como se fossem camadas de arestas diferentes!
- **Dinâmicas**, quando há atributos (por exemplo, data e hora) indicando quando aquele vértice ou aresta surgiu.

# Redes de interação

As redes de interação podem ser: **dinâmicas**, **rotuladas** e **ponderadas**,  
nessa ordem e ao mesmo tempo!

# Redes de interação

## Características das **redes de interação**:

- Em geral, **não** são planares.

# Redes de interação

## Características das **redes de interação**:

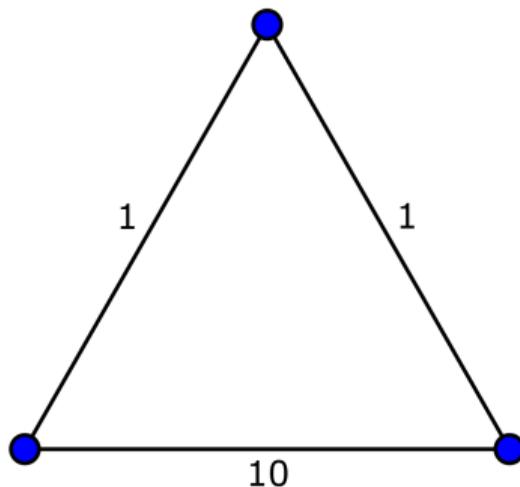
- Em geral, **não** são planares.
- Em geral, **não** satisfazem a **desigualdade triangular**:

$$d(x, z) + d(z, y) \geq d(x, y).$$

# Redes de interação

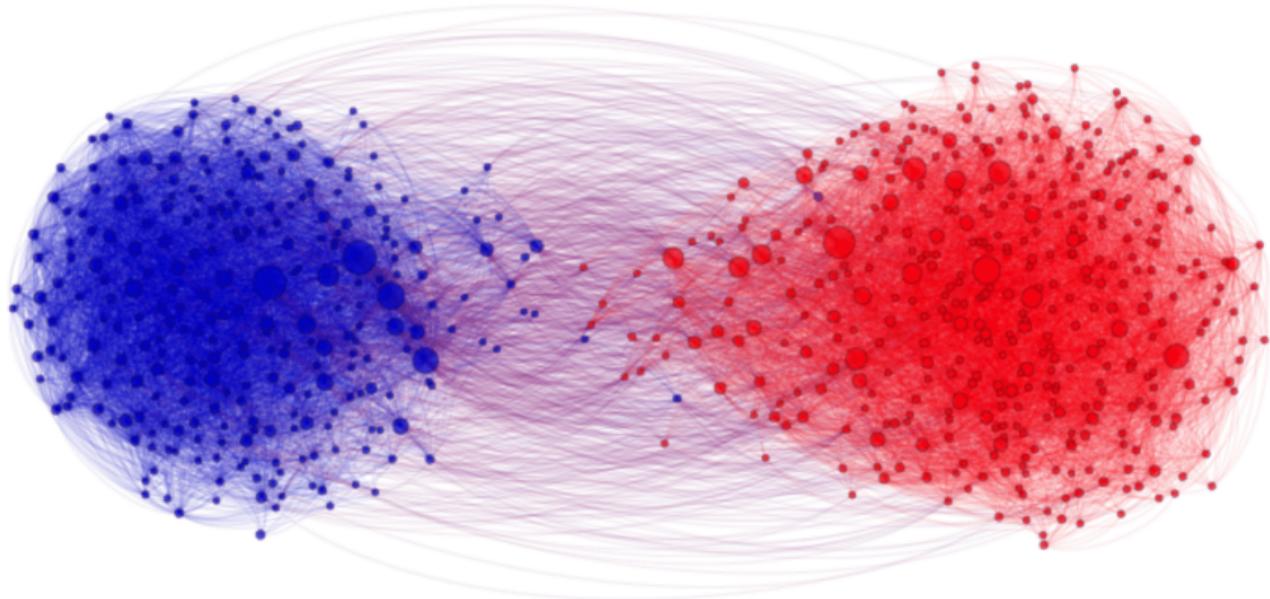
Características das **redes de interação**:

- Em geral, **não** são planares.
- Em geral, **não** satisfazem a **desigualdade triangular**:  
 $d(x, z) + d(z, y) \geq d(x, y)$ .



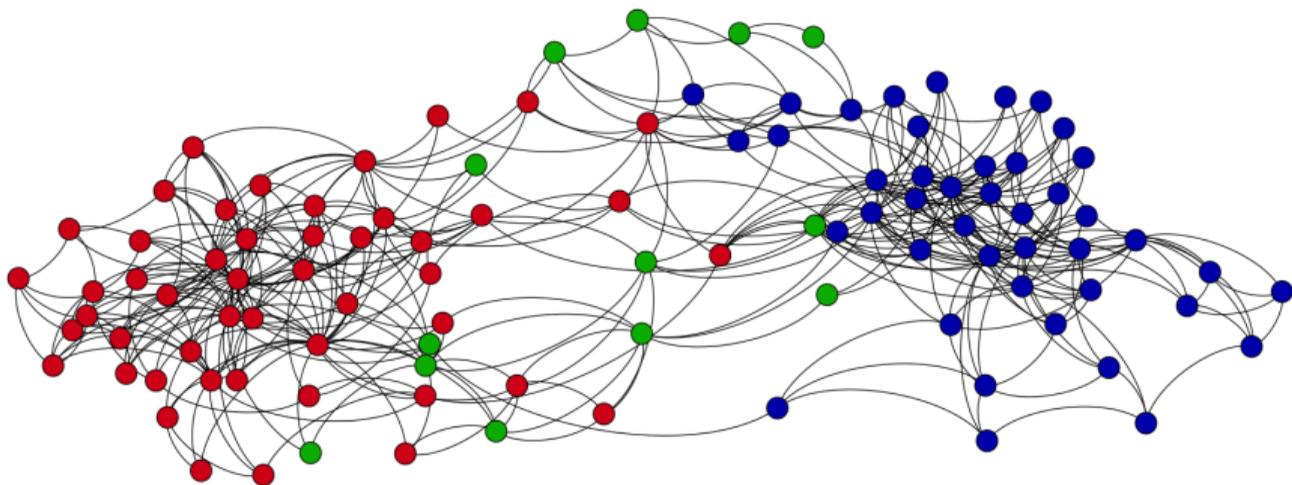
As arestas não representam um meio físico, mas uma relação imaterial, **abstrata**.

# Redes de interação – Outros exemplos



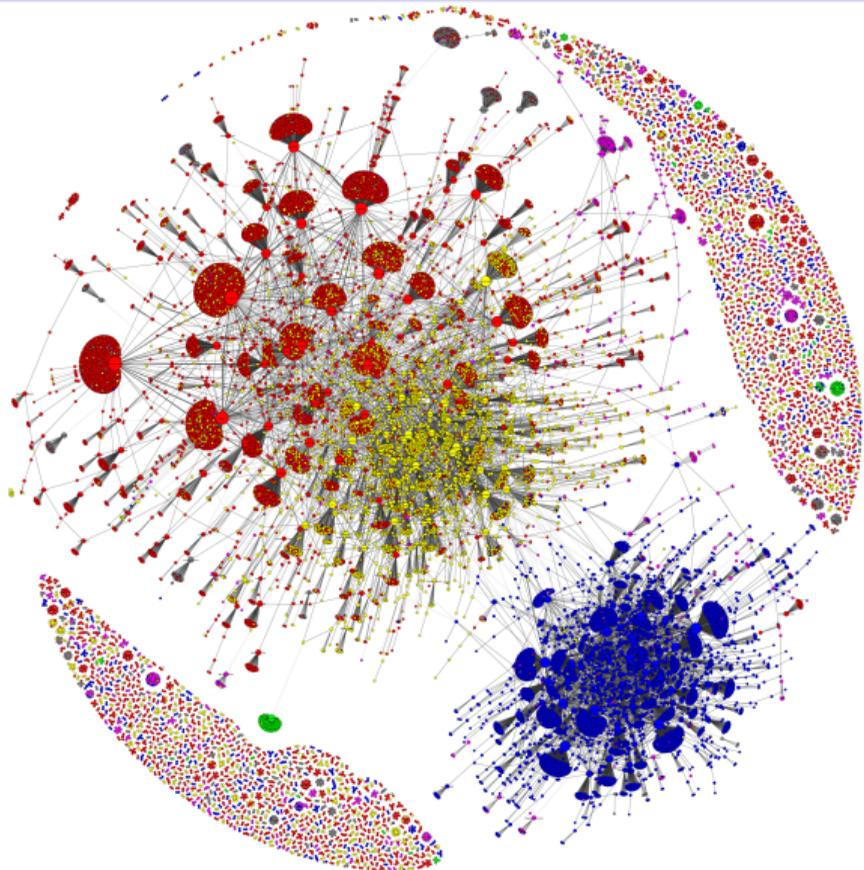
Blogs políticos durante as eleições presidenciais dos EUA em 2004.

# Redes de interação – Outros exemplos



Livros sobre política vendidos pela Amazon.com.

Redes de interação – Outros exemplos



Interações no Twitter durante o dia 2 de outubro de 2022, 1<sup>ro</sup> turno das eleições no Brasil.





# Matriz de adjacência

**Matriz de adjacência**  $A$  de um grafo  $G = (V, E)$ :

- Matriz quadrada de  $|V| \times |V|$ ;
- $A[i, j] = 1$  se aresta  $(i, j) \in E$ , caso contrário,  $A[i, j] = 0$ ;
- A matriz  $A$  é simétrica\*.



# Listas de adjacência

## Listas de adjacência:

- Um grafo  $G = (V, E)$  com  $|V| = n$  pode ser representado usando  $n$  listas ligadas.
- Cada lista ligada  $Adj[u]$  terá todos os vértices com arestas ao vértice  $u$ .
- Uma aresta  $e = (v, w)$  precisa estar representada duas vezes:
  - O vértice  $w$  estará em  $Adj[v]$ ;
  - O vértice  $v$  estará em  $Adj[w]$ .



# Qual a melhor representação?

**Depende do grafo, dos algoritmos, e da aplicação.**

Seja um grafo  $G = (V, E)$ .

- Matriz de adjacência:
  - Checar se  $e \in E$  é  $O(1)$  (o melhor tempo possível);
  - Espaço:  $\Theta(V^2)$ ;
  - Adequada para grafos densos, com  $|E| = \Theta(V^2)$ .

# Qual a melhor representação?

**Depende do grafo, dos algoritmos, e da aplicação.**

Seja um grafo  $G = (V, E)$ .

- Matriz de adjacência:
  - Checar se  $e \in E$  é  $O(1)$  (o melhor tempo possível);
  - Espaço:  $\Theta(V^2)$ ;
  - Adequada para grafos densos, com  $|E| = \Theta(V^2)$ .
- Listas de adjacência:
  - É fácil listar os vértices adjacentes de um vértice  $v$ .
  - Espaço:  $\Theta(V + E)$  (o melhor possível).
  - Adequada para grafos esparsos, com  $|E| = \Theta(V)$ .





# Representação

Veja que estamos assumindo que o grafo  $G = (V, E)$  cabe na memória...

**E se isso não for verdade?**

O que podemos fazer?

Podemos usar uma terceira representação:

**Banco de dados orientado a grafos**

(Graph Database, GDB)

# Representação

Veja que estamos assumindo que o grafo  $G = (V, E)$  cabe na memória...

**E se isso não for verdade?**

O que podemos fazer?

Podemos usar uma terceira representação:

**Banco de dados orientado a grafos**  
(Graph Database, GDB)

- Vértices e arestas podem ter atributos e rótulos (que indicam o tipo do nó).
- Trabalhamos com os grafos usando consultas “como se estivessem na memória”.
- Linguagem de consulta mais usada: *Cypher*.



# Representação

## Alguns exemplos de aplicações:

- *Elsevier*, a maior editora mundial de conteúdo acadêmico, incorpora uma enorme rede de citações modelada usando um banco de dados orientado a grafos no seu buscador *Scopus*.



# Resumo

- 1 Objetivo
- 2 Redes de interação
- 3 Representação
- 4 Material bibliográfico do curso**



