

# Introdução às Redes de Interação – MO804 (MC908) Vínculos fortes e fracos

Prof. Dr. Ruben Interian

Instituto de Computação, UNICAMP

# Resumo

- 1 Objetivo
- 2 Vínculos fortes e fracos
- 3 Fecho triádico e coeficientes de clusterização
- 4 Arestas de corte locais
- 5 A importância dos vínculos fracos

# Resumo

- 1 Objetivo
- 2 Vínculos fortes e fracos
- 3 Fecho triádico e coeficientes de clusterização
- 4 Arestas de corte locais
- 5 A importância dos vínculos fracos

# Objetivo

- Estudar os modelos de redes com vínculos fortes e fracos.
- Entender a importância dos vínculos fracos.

# Resumo

- 1 Objetivo
- 2 Vínculos fortes e fracos**
- 3 Fecho triádico e coeficientes de clusterização
- 4 Arestas de corte locais
- 5 A importância dos vínculos fracos

# Vínculos fortes e fracos

Nas redes de interação, os vínculos podem ser mais ou menos fortes:

- Rede de chamadas telefônicas: número ou duração das chamadas realizadas.
- Rede de empresas e sócios: participação societária.
- Rede de pesquisadores: quantidade ou frequência das colaborações.
- Rede de transações: quantidade ou frequência das transações.
- Rede de interação de proteínas: constante de dissociação  $K_d$  (enquanto menor, mais forte a interação).

# Vínculos fortes e fracos

Simplificando um pouco, podemos supor que:

- Alguns vínculos são “**fortes**” (e.g., **ser amigo de**).
- Outros são “**fracos**” (e.g., **ser conhecido de**).

# Vínculos fortes e fracos

Simplificando um pouco, podemos supor que:

- Alguns vínculos são “**fortes**” (e.g., **ser amigo de**).
- Outros são “**fracos**” (e.g., **ser conhecido de**).

Veremos que [fazendo apenas essa simplificação](#) já podemos chegar a modelos teóricos e resultados empíricos relevantes.



# Os vínculos fracos são importantes – Motivação

**Motivação** – os vínculos **fracos** são importantes?

# Os vínculos fracos são importantes – Motivação

## Motivação – os vínculos **fracos** são importantes?

- Anos 1960: Mark Granovetter estava fazendo a sua pesquisa de doutorado, tentando descobrir como as pessoas **encontram novos empregos**.

# Os vínculos fracos são importantes – Motivação

## Motivação – os vínculos **fracos** são importantes?

- Anos 1960: Mark Granovetter estava fazendo a sua pesquisa de doutorado, tentando descobrir como as pessoas **encontram novos empregos**.
- Mark entrevistou pessoas que trocaram de emprego recentemente, e descobriu que a maioria ficou sabendo do emprego **por meio de contatos pessoais**.

# Os vínculos fracos são importantes – Motivação

## Motivação – os vínculos **fracos** são importantes?

- Anos 1960: Mark Granovetter estava fazendo a sua pesquisa de doutorado, tentando descobrir como as pessoas **encontram novos empregos**.
- Mark entrevistou pessoas que trocaram de emprego recentemente, e descobriu que a maioria ficou sabendo do emprego **por meio de contatos pessoais**.
- Surpreendentemente, ele também descobriu que a maioria desses contatos **não eram amigos próximos, senão pessoas descritas como “conhecidos”**.

# Os vínculos fracos são importantes – Motivação

## Motivação – os vínculos **fracos** são importantes?

- Anos 1960: Mark Granovetter estava fazendo a sua pesquisa de doutorado, tentando descobrir como as pessoas **encontram novos empregos**.
- Mark entrevistou pessoas que trocaram de emprego recentemente, e descobriu que a maioria ficou sabendo do emprego **por meio de contatos pessoais**.
- Surpreendentemente, ele também descobriu que a maioria desses contatos **não eram amigos próximos, senão pessoas descritas como “conhecidos”**.

Por que seus conhecidos, com quem o vínculo é mais fraco, e não seus amigos, ajudam você a descobrir um novo emprego?

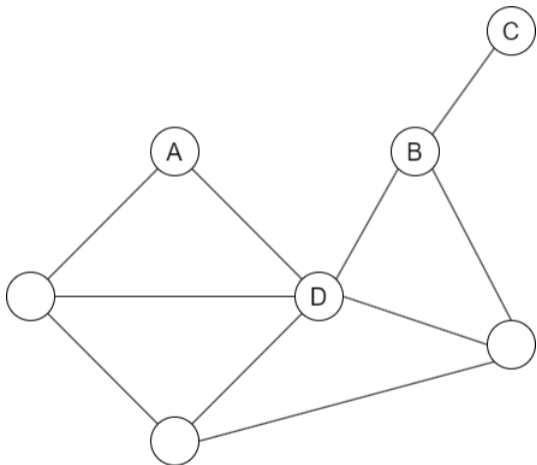
# Resumo

- 1 Objetivo
- 2 Vínculos fortes e fracos
- 3 Fecho triádico e coeficientes de clusterização**
- 4 Arestas de corte locais
- 5 A importância dos vínculos fracos

## Fecho triádico – *triadic closure*

Considere a rede a seguir.

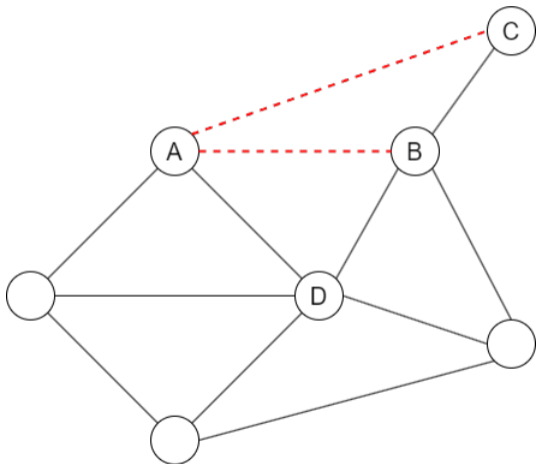
- Suponha que está faltando exatamente uma aresta nessa rede, mas não sabemos qual. Qual aresta você imagina que seja mais provável,  $(A, B)$  ou  $(A, C)$ ?



## Fecho triádico – *triadic closure*

Considere a rede a seguir.

- Suponha que está faltando exatamente uma aresta nessa rede, mas não sabemos qual. Qual aresta você imagina que seja mais provável,  $(A, B)$  ou  $(A, C)$ ?
- Mesmo problema, outra formulação: vai surgir uma nova aresta na rede. Qual,  $(A, B)$  ou  $(A, C)$ , é mais provável de aparecer?

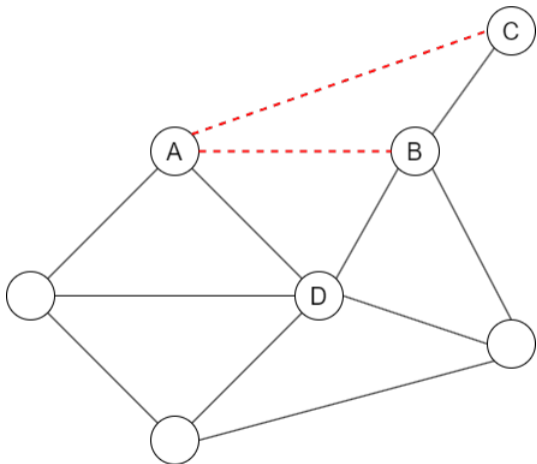




## Fecho triádico – *triadic closure*

Considere a rede a seguir.

- Suponha que está faltando exatamente uma aresta nessa rede, mas não sabemos qual. Qual aresta você imagina que seja mais provável,  $(A, B)$  ou  $(A, C)$ ?
- Mesmo problema, outra formulação: vai surgir uma nova aresta na rede. Qual,  $(A, B)$  ou  $(A, C)$ , é mais provável de aparecer?
- Parece que é  $(A, B)$ . . . , mas por quê?



# Fecho triádico – *triadic closure*

## Princípio:

*Se dois nós em uma rede,  $A$  e  $B$ , possuem um ou mais adjacentes em comum, então há uma chance maior de  $A$  e  $B$  serem adjacentes nessa rede.*

## Fecho triádico – *triadic closure*

### Princípio:

*Se dois nós em uma rede,  $A$  e  $B$ , possuem um ou mais adjacentes em comum, então há uma chance maior de  $A$  e  $B$  serem adjacentes nessa rede.*

Este princípio geral, que diversas redes reais (estáticas ou dinâmicas) cumprem em maior ou menor medida, é chamado de fecho triádico – **triadic closure**.

## Fecho triádico – *triadic closure*

### Princípio:

*Se dois nós em uma rede, **A** e **B**, possuem um ou mais adjacentes em comum, então há uma chance maior de **A** e **B** serem adjacentes nessa rede.*

Este princípio geral, que diversas redes reais (estáticas ou dinâmicas) cumprem em maior ou menor medida, é chamado de fecho triádico – **triadic closure**.

Em particular, em redes sociais, este princípio explica com muita assertividade o comportamento dos usuários: **novos vínculos** são criados com maior frequência **entre pessoas que possuem amigos em comum**.

# Coeficiente de clusterização

**Como avaliar o cumprimento do princípio de fecho triádico em uma rede real?**

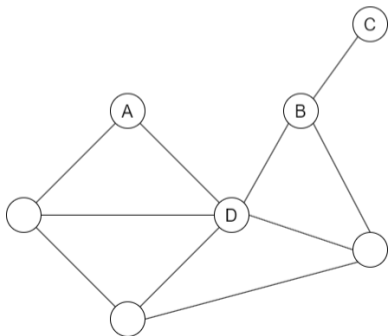
# Coeficiente de clusterização

## Como avaliar o cumprimento do princípio de fecho triádico em uma rede real?

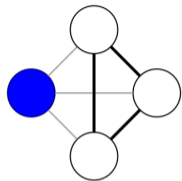
O coeficiente de clusterização local de um nó  $v$  da rede é o número de conexões entre os nós adjacentes a  $v$  dividido pelo número máximo possível dessas conexões:

$$C_i = \frac{2 \cdot T(v)}{d(v)(d(v) - 1)},$$

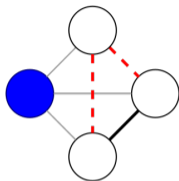
onde  $d(v)$  é o grau do vértice  $v_i$ , e  $T(v)$  é o número de conexões entre os vizinhos de  $v$ .



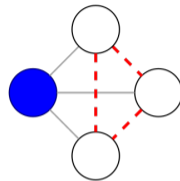
# Coeficiente de clusterização



$$c = 1$$

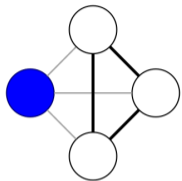


$$c = 1/3$$

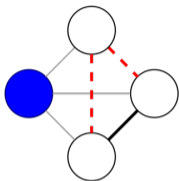


$$c = 0$$

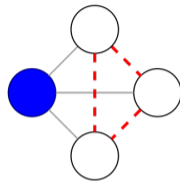
# Coeficiente de clusterização



$$c = 1$$



$$c = 1/3$$



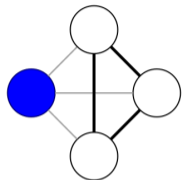
$$c = 0$$

## Observações:

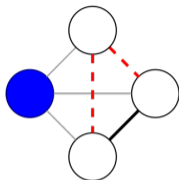
- O número de conexões entre os vizinhos do nó  $v$ , denotado  $T(v)$ , é igual ao número de triângulos com o vértice  $v$ .



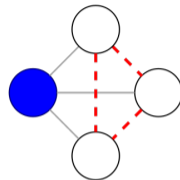
# Coeficiente de clusterização



$$c = 1$$



$$c = 1/3$$

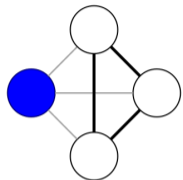


$$c = 0$$

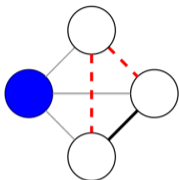
## Observações:

- O número de conexões entre os vizinhos do nó  $v$ , denotado  $T(v)$ , é igual ao número de triângulos com o vértice  $v$ .
- O coeficiente de clusterização local varia de  $C_i = 0$  (estrela) a  $C_i = 1$  (clique).

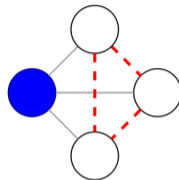
# Coeficiente de clusterização



$$c = 1$$



$$c = 1/3$$



$$c = 0$$

## Observações:

- O número de conexões entre os vizinhos do nó  $v$ , denotado  $T(v)$ , é igual ao número de triângulos com o vértice  $v$ .
- O coeficiente de clusterização local varia de  $C_i = 0$  (estrela) a  $C_i = 1$  (clique).
- Se  $d(v) = 0$ , consideramos que  $C_i = 0$ .

# Coeficiente de clusterização

**Como avaliar o cumprimento do princípio de fecho triádico na rede inteira?**

# Coeficiente de clusterização

**Como avaliar o cumprimento do princípio de fecho triádico na rede inteira?**

**Coeficiente de clusterização global:** duas variantes.

- Calcular a média dos coeficientes de clusterização locais para todos os nós da rede:  $C = \frac{1}{n} \sum_i C_i$ .
  - Simples, mas nós com grau baixo recebem o mesmo peso do que nós de grau alto.

# Coeficiente de clusterização

**Como avaliar o cumprimento do princípio de fecho triádico na rede inteira?**

**Coeficiente de clusterização global:** duas variantes.

- Calcular a média dos coeficientes de clusterização locais para todos os nós da rede:  $C = \frac{1}{n} \sum_i C_i$ .
  - Simples, mas nós com grau baixo recebem o mesmo peso do que nós de grau alto.
- Calcular o número de triplas abertas e fechadas nessa rede.
  - Tripla: três nós conectados por ao menos duas arestas.

$$\frac{\text{número de triplas fechadas}}{\text{número total de triplas de nós na rede}} = \frac{3 \times \text{número de triângulos}}{\text{número total de triplas de nós na rede}}$$

## Coeficiente de clusterização

**Redes de interação reais possuem coeficientes de clusterização global bem maiores do que redes aleatórias.**

**Consequência do princípio de fecho triádico (*triadic closure*).**

## Coeficiente de clusterização

**Redes de interação reais possuem coeficientes de clusterização global bem maiores do que redes aleatórias.**

**Consequência do princípio de fecho triádico (*triadic closure*).**

A evidência sugere que em redes reais, os nós tendem a criar **grupos fortemente conectados**, com uma densidade relativamente elevada de arestas: a chance de dois nós com um vizinho em comum estarem conectados tende a ser maior que a probabilidade média de uma aresta entre dois nós aleatórios.

Duas pessoas com um amigo em comum têm mais chance de se conhecer; podem ter características e interesses em comum; tendem a ter mais confiança um no outro.

## Coeficiente de clusterização

**Redes de interação reais possuem coeficientes de clusterização global bem maiores do que redes aleatórias.**

**Consequência do princípio de fecho triádico** (*triadic closure*).

A evidência sugere que em redes reais, os nós tendem a criar **grupos fortemente conectados**, com uma densidade relativamente elevada de arestas: a chance de dois nós com um vizinho em comum estarem conectados tende a ser maior que a probabilidade média de uma aresta entre dois nós aleatórios.

Duas pessoas com um amigo em comum têm mais chance de se conhecer; podem ter características e interesses em comum; tendem a ter mais confiança um no outro.

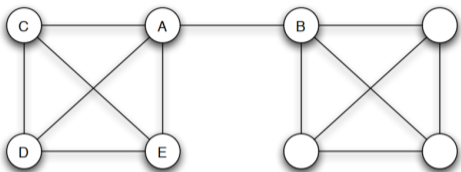
Os coeficientes de clusterização local e global **permitem avaliar o cumprimento do princípio de fecho triádico em redes reais.**



# Resumo

- 1 Objetivo
- 2 Vínculos fortes e fracos
- 3 Fecho triádico e coeficientes de clusterização
- 4 Arestas de corte locais**
- 5 A importância dos vínculos fracos

# Arestas de corte

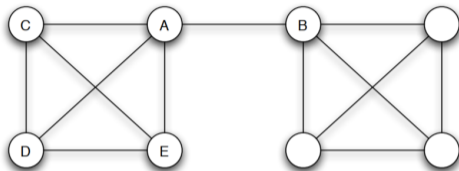


## Lembrando:

### Definição

Seja  $G = (V, E)$  um grafo. A aresta  $e \in E$  é uma **aresta-de-corte** (ou **ponte**) de  $G$ , se  $c(G - e) = c(G) + 1$ .

# Arestas de corte



## Lembrando:

### Definição

Seja  $G = (V, E)$  um grafo. A aresta  $e \in E$  é uma **aresta-de-corte** (ou **ponte**) de  $G$ , se  $c(G - e) = c(G) + 1$ .

No exemplo acima,  $(A, B)$  é uma **aresta-de-corte**.

A aresta  $(A, B)$  parece “importante” para o vértice  $A$ !

## Arestas de corte locais

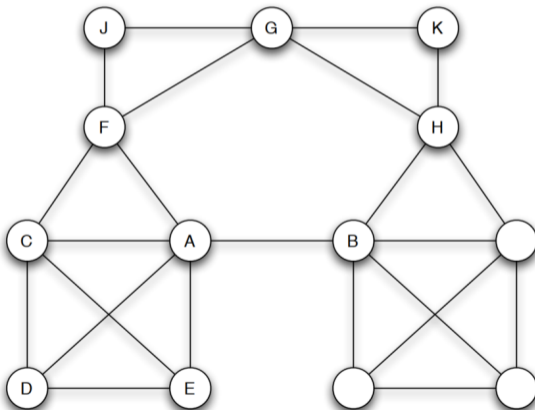
**As arestas-de-corte são raras em redes de interação reais!**

Muitas vezes, existe alguma forma alternativa de chegar de um nó a outro.

## Arestas de corte locais

**As arestas-de-corte são raras em redes de interação reais!**

Muitas vezes, existe alguma forma alternativa de chegar de um nó a outro.



# Arestas de corte locais

Podemos usar uma **definição mais “flexível”** de aresta-de-corte:

## Definição

Seja  $G = (V, E)$  um grafo. A aresta  $(a, b) \in E$  é uma **aresta-de-corte local** (**ponte local**) de  $G$ , se

$$\text{dist}_{G-(a,b)}(a, b) > 2.$$

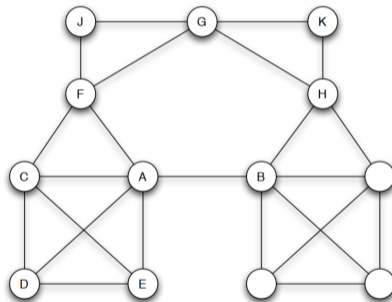
# Arestas de corte locais

Podemos usar uma **definição** mais “flexível” de aresta-de-corte:

## Definição

Seja  $G = (V, E)$  um grafo. A aresta  $(a, b) \in E$  é uma **aresta-de-corte local** (**ponte local**) de  $G$ , se

$$\text{dist}_{G-(a,b)}(a, b) > 2.$$



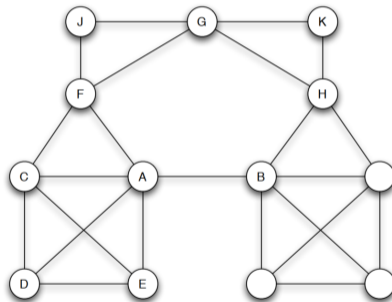
# Arestas de corte locais

Podemos usar uma **definição mais “flexível”** de aresta-de-corte:

## Definição

Seja  $G = (V, E)$  um grafo. A aresta  $(a, b) \in E$  é uma **aresta-de-corte local** (**ponte local**) de  $G$ , se

$$\text{dist}_{G-(a,b)}(a, b) > 2.$$



Veja que uma aresta é uma ponte local se e somente se ela **não pertence a nenhum triângulo** na rede.



## Arestas de corte locais

Pontes locais oferecem aos seus extremos a possibilidade de acessar partes da rede que, se não for pela aresta, estariam muito mais longe!

## Arestas de corte locais

Pontes locais oferecem aos seus extremos a possibilidade de acessar partes da rede que, se não for pela aresta, estariam muito mais longe!

Em particular, no exemplo sobre vínculos fracos e empregos:

Uma informação sobre algum novo emprego pode vir com frequência através de uma ponte local, pois pessoas do seu grupo normalmente têm acesso a informações e oportunidades semelhantes àsquelas que você já conhece.

## Arestas de corte locais

Pontes locais oferecem aos seus extremos a possibilidade de acessar partes da rede que, se não for pela aresta, estariam muito mais longe!

Em particular, no exemplo sobre vínculos fracos e empregos:

Uma informação sobre algum novo emprego pode vir com frequência através de uma ponte local, pois pessoas do seu grupo normalmente têm acesso a informações e oportunidades semelhantes àsquelas que você já conhece.

Existe alguma relação entre um vínculo ser ponte local e ser forte ou fraco?...

# Resumo

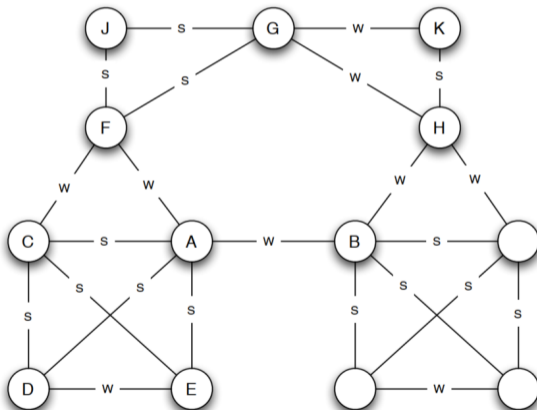
- 1 Objetivo
- 2 Vínculos fortes e fracos
- 3 Fecho triádico e coeficientes de clusterização
- 4 Arestas de corte locais
- 5 A importância dos vínculos fracos

# A importância dos vínculos fracos

Vamos supor agora que temos uma rede rotulada, onde todas as arestas são ou **fortes**, ou **fracas**.

# A importância dos vínculos fracos

Vamos supor agora que temos uma rede rotulada, onde todas as arestas são ou **fortes**, ou **fracas**.



# A importância dos vínculos fracos

**Princípio** de fecho triádico no caso de vínculos fortes e fracos:

*Sejam dois nós em uma rede,  $A$  e  $B$ , com um adjacente  $C$  em comum. Então, se as arestas  $(A, C)$  e  $(B, C)$  são fortes, há uma chance maior de  $A$  e  $B$  serem adjacentes nessa rede.*

# A importância dos vínculos fracos

**Princípio** de fecho triádico no caso de vínculos fortes e fracos:

*Sejam dois nós em uma rede,  $A$  e  $B$ , com um adjacente  $C$  em comum. Então, se as arestas  $(A, C)$  e  $(B, C)$  são fortes, há uma chance maior de  $A$  e  $B$  serem adjacentes nessa rede.*

Com base nesse princípio, vamos definir a propriedade chamada **fecho triádico forte**:

## Fecho triádico forte

Um vértice  $A$  cumpre com o **fecho triádico forte** se, para todo par de arestas  $(A, B)$  e  $(A, C)$  incidentes ao vértice  $A$ , se  $(A, B)$  e  $(A, C)$  são fortes  $\Rightarrow B$  e  $C$  são adjacentes.



# A importância dos vínculos fracos

**Princípio** de fecho triádico no caso de vínculos fortes e fracos:

*Sejam dois nós em uma rede,  $A$  e  $B$ , com um adjacente  $C$  em comum. Então, se as arestas  $(A, C)$  e  $(B, C)$  são fortes, há uma chance maior de  $A$  e  $B$  serem adjacentes nessa rede.*

Com base nesse princípio, vamos definir a propriedade chamada **fecho triádico forte**:

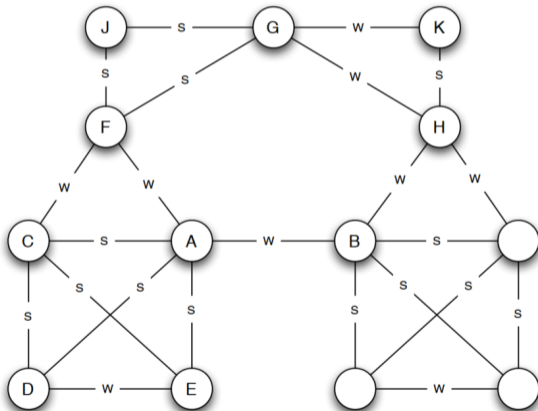
## Fecho triádico forte

Um vértice  $A$  cumpre com o **fecho triádico forte** se, para todo par de arestas  $(A, B)$  e  $(A, C)$  incidentes ao vértice  $A$ , se  $(A, B)$  e  $(A, C)$  são fortes  $\Rightarrow B$  e  $C$  são adjacentes.

Se um vértice  $A$  possui duas arestas fortes incidentes  $(A, B)$  e  $(A, C)$ , mas não existe a aresta  $(B, C)$ , então  $A$  descumpre (viola) a propriedade do fecho triádico forte.

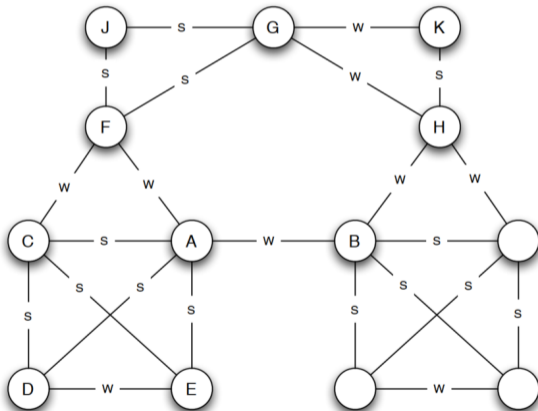
# A importância dos vínculos fracos

Podemos verificar que **todos os nós** dessa rede **cumprem** com a propriedade do fecho triádico forte.



# A importância dos vínculos fracos

Podemos verificar que **todos os nós** dessa rede **cumprem** com a propriedade do fecho triádico forte. E se a aresta **(A, F)** for forte?



# A importância dos vínculos fracos

**Existe uma relação entre o fecho triádico forte, uma propriedade local do nó, e a propriedade de uma aresta ser ponte local?**

# A importância dos vínculos fracos

Existe uma relação entre o fecho triádico forte, uma propriedade local do nó, e a propriedade de uma aresta ser ponte local?

## Teorema

Se um vértice  $A$  de uma rede cumpre com o **fecho triádico forte**, e possui pelo menos 2 vínculos fortes, então toda **ponte local incidente no vértice  $A$**  é um **vínculo fraco**.

# A importância dos vínculos fracos

## Teorema

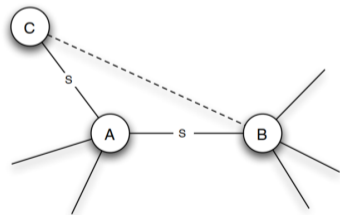
Se um vértice  $A$  de uma rede cumpre com o **fecho triádico forte**, e possui pelo menos 2 vínculos fortes, então toda **ponte local incidente no vértice  $A$**  é um **vínculo fraco**.

# A importância dos vínculos fracos

## Teorema

Se um vértice  $A$  de uma rede cumpre com o **fecho triádico forte**, e possui pelo menos 2 vínculos fortes, então toda **ponte local incidente no vértice  $A$**  é um **vínculo fraco**.

**Prova** (por contradição): Suponha que um vértice  $A$  da rede cumpre com o fecho triádico forte, e possui pelo menos dois vínculos fortes. Agora, seja  $(A, B)$  uma ponte local, e suponha por contradição que  $(A, B)$  é forte. O vértice  $A$  possui algum outro vínculo forte, seja ele com o vértice  $C$ . A aresta  $(B, C)$  existe pela propriedade do fecho triádico forte, o que implica que  $(A, B)$  não é uma ponte local, uma contradição.



# A importância dos vínculos fracos

**Consequência:** Em uma rede que **cumpra com o fecho triádico forte**, e na qual os vértices têm um mínimo de vínculos fortes, **as pontes locais são vínculos fracos**.



# A importância dos vínculos fracos

**Consequência:** Em uma rede que **cumpr**e com o **fecho triádico forte**, e na qual os vértices têm um mínimo de vínculos fortes, **as pontes locais são vínculos fracos**.

**Voltando à pergunta inicial:**

Mark Granovetter: Por que seus conhecidos, com quem o vínculo é mais fraco, e não seus amigos, ajudam você a descobrir um novo emprego?

# A importância dos vínculos fracos

**Consequência:** Em uma rede que **cumpr**e com o **fecho triádico forte**, e na qual os vértices têm um mínimo de vínculos fortes, **as pontes locais são vínculos fracos**.

**Voltando à pergunta inicial:**

Mark Granovetter: Por que seus conhecidos, com quem o vínculo é mais fraco, e não seus amigos, ajudam você a descobrir um novo emprego?

Vínculos fracos frequentemente reduzem a distância entre os nós, o que leva a uma propagação mais rápida da informação. Informações novas e empregos são muitas vezes obtidos a partir de pontes locais que conectam diferentes regiões da rede.

# A importância dos vínculos fracos

**Consequência:** Em uma rede que **cumpr**e com o **fecho triádico forte**, e na qual os vértices têm um mínimo de vínculos fortes, **as pontes locais são vínculos fracos**.

**Voltando à pergunta inicial:**

Mark Granovetter: Por que seus conhecidos, com quem o vínculo é mais fraco, e não seus amigos, ajudam você a descobrir um novo emprego?

Vínculos fracos frequentemente reduzem a distância entre os nós, o que leva a uma propagação mais rápida da informação. Informações novas e empregos são muitas vezes obtidos a partir de pontes locais que conectam diferentes regiões da rede.

⇒ Em redes reais, pontes locais de fato *costumam ser* vínculos fracos.

# Vínculos fracos e redes reais: indo além do binário

## Interseção de vizinhanças (*neighborhood overlap*):

Seja  $(A, B)$  uma aresta,  $\mathcal{N}(A)$  e  $\mathcal{N}(B)$  os conjuntos de vértices adjacentes a  $A$  e  $B$ , respectivamente, sem contar os vértices da aresta. A interseção de vizinhanças (*neighborhood overlap*) da aresta  $(A, B)$  é o valor:

$$\frac{\mathcal{N}(A) \cap \mathcal{N}(B)}{\mathcal{N}(A) \cup \mathcal{N}(B)}.$$

## Vínculos fracos e redes reais: indo além do binário

### Interseção de vizinhanças (*neighborhood overlap*):

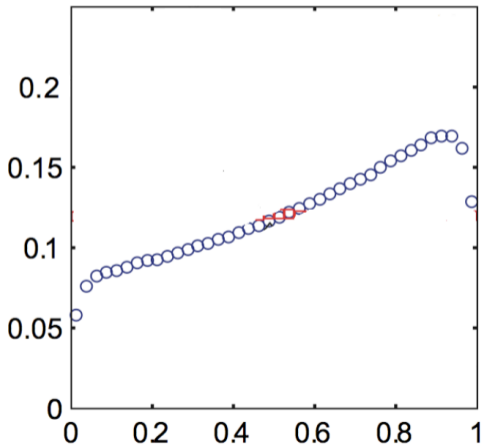
Seja  $(A, B)$  uma aresta,  $\mathcal{N}(A)$  e  $\mathcal{N}(B)$  os conjuntos de vértices adjacentes a  $A$  e  $B$ , respectivamente, sem contar os vértices da aresta. A interseção de vizinhanças (*neighborhood overlap*) da aresta  $(A, B)$  é o valor:

$$\frac{\mathcal{N}(A) \cap \mathcal{N}(B)}{\mathcal{N}(A) \cup \mathcal{N}(B)}.$$

Da mesma forma que o vínculo pode não ser apenas forte ou fraco, senão ter um valor numérico associado, a interseção de vizinhanças dos nós é um valor fracionário que mostra quão perto está a aresta de ser uma ponte local (caso do valor 0).

# Vínculos fracos e redes reais: indo além do binário

*Neighborhood overlap* vs força do vínculo (rede de chamadas telefônicas).



## Vínculos fracos e redes reais: indo além do binário

**Se eu quiser desconectar uma rede conexa (dividir ela em várias componentes), quais arestas eu deveria “atacar” ou remover?**

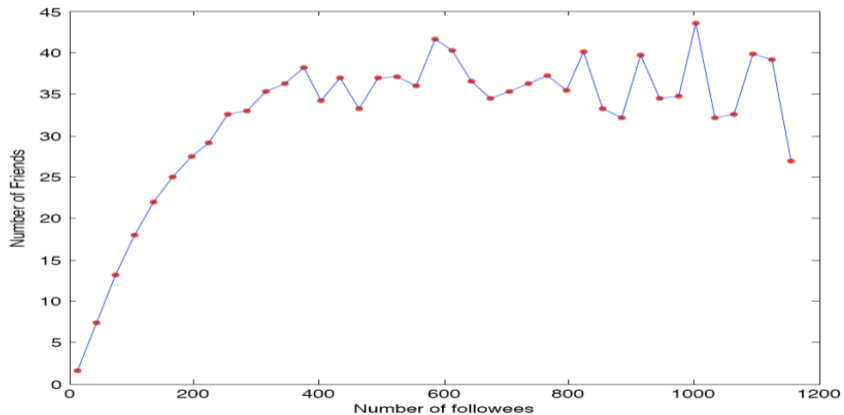
# Aplicações

- Meninas adolescentes com um **baixo coeficiente de clusterização** em sua rede de amigos têm uma probabilidade **significativamente maior** de contemplar o **suicídio** do que aquelas com um coeficiente de clusterização elevado.



# Aplicações

A **quantidade de vínculos fortes** que uma pessoa pode manter é limitado (ver **número de Dunbar**).



# Resumo

## Em resumo:

- O princípio de **fecho triádico** (*triadic closure*) propõe que arestas ocorrem com maior frequência entre vértices que possuem vínculos (fortes!) em comum.

# Resumo

## Em resumo:

- O princípio de **fecho triádico** (*triadic closure*) propõe que arestas ocorrem com maior frequência entre vértices que possuem vínculos (fortes!) em comum.
- Os coeficientes de clusterização local e global permitem **avaliar** o cumprimento do princípio de fecho triádico em redes reais.

# Resumo

## Em resumo:

- O princípio de **fecho triádico** (*triadic closure*) propõe que arestas ocorrem com maior frequência entre vértices que possuem vínculos (fortes!) em comum.
- Os coeficientes de clusterização local e global permitem **avaliar** o cumprimento do princípio de fecho triádico em redes reais.
- As **pontes e pontes locais** oferecem a possibilidade de acessar partes da rede que, sem a aresta, estariam muito mais longe, e costumam ser **vínculos fracos**.

# Resumo

## Em resumo:

- O princípio de **fecho triádico** (*triadic closure*) propõe que arestas ocorrem com maior frequência entre vértices que possuem vínculos (fortes!) em comum.
- Os coeficientes de clusterização local e global permitem **avaliar** o cumprimento do princípio de fecho triádico em redes reais.
- As **pontes e pontes locais** oferecem a possibilidade de acessar partes da rede que, sem a aresta, estariam muito mais longe, e costumam ser **vínculos fracos**.
- Vínculos fracos nos ajudam a chegar a **regiões mais distantes** da rede, e **obter informações** de grupos de nós **diferentes** do grupo no qual estamos inseridos.

# Resumo

## Em resumo:

- O princípio de **fecho triádico** (*triadic closure*) propõe que arestas ocorrem com maior frequência entre vértices que possuem vínculos (fortes!) em comum.
- Os coeficientes de clusterização local e global permitem **avaliar** o cumprimento do princípio de fecho triádico em redes reais.
- As **pontes e pontes locais** oferecem a possibilidade de acessar partes da rede que, sem a aresta, estariam muito mais longe, e costumam ser **vínculos fracos**.
- Vínculos fracos nos ajudam a chegar a **regiões mais distantes** da rede, e **obter informações** de grupos de nós **diferentes** do grupo no qual estamos inseridos.
- **A surpreendente relevância das relações fracas nos permite ter acesso a partes da rede que são difíceis de atingir e informações difíceis de encontrar.**

# Material bibliográfico

David Easley and Jon Kleinberg. *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World*, pp 43-62.

# Dúvidas

Dúvidas?