

Ciência de Redes e *Machine Learning* para o Combate à Corrupção e Crime Organizado

Haroldo Valentin Ribeiro

hvr@dfi.uem.br | [@RibeiroHV](https://twitter.com/RibeiroHV)



Linha E | Computação Forense

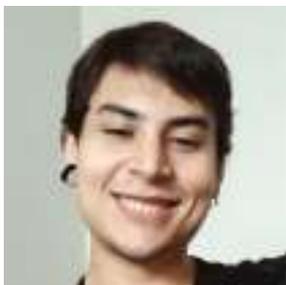
Equipe

SEMINÁRIO DE IMPLEMENTAÇÃO

Edital 16/2021 – Procad Segurança Pública e Ciências Forenses

CLab
Laboratório de Sistemas Complexos
complex.pfi.uem.br

UEM 50 anos



Alvaro F. Martins
(Doutorando)



Diego D. Lopes
(Pós-doutorando)



Haroldo V. Ribeiro
(Coordenador)

UFRGS



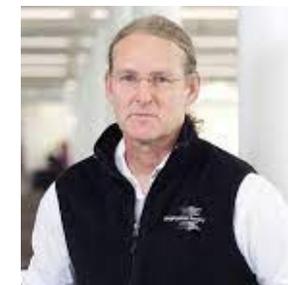
Sebastián Gonçalves
(Coordenador Associado)



Bruno R. da Cunha
(Pesquisador)



NOTTINGHAM
TRENT UNIVERSITY



Quentin S. Hanley
(Pesquisador)

O problema da corrupção: estimativas globais do tamanho

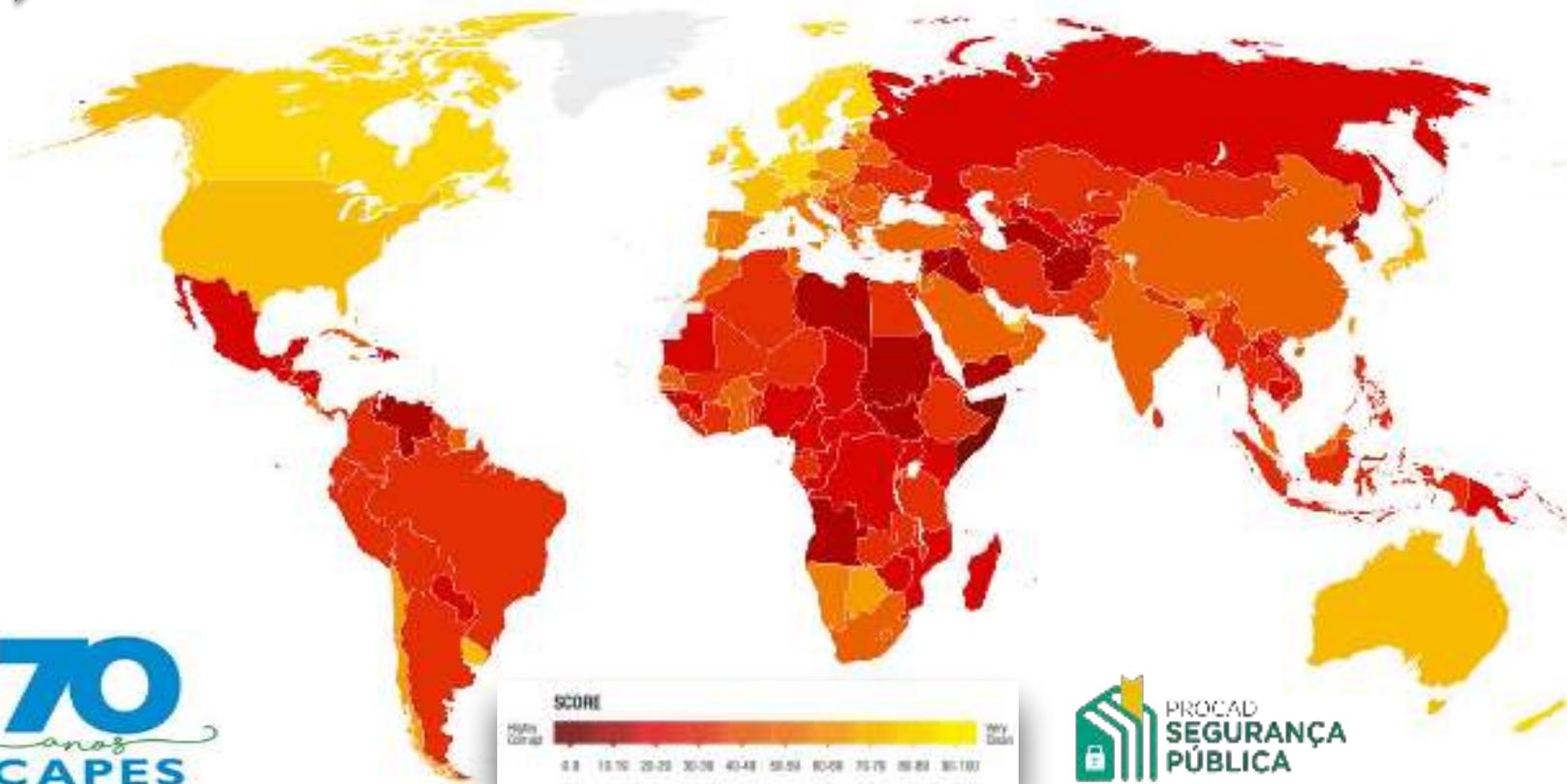
➔ O **Banco Mundial** estima que o custo anual da corrupção ultrapassa 5% do PIB mundial, **US\$ 2,6 trilhões**, sendo **1 trilhão só em propina**;

➔ A **Transparência Internacional** afirma que funcionários corruptos recebem mais de **US\$ 40 bilhões** por ano em propina nos países em desenvolvimento. De acordo com a agência, **2 em 5 executivos** pagaram propina ao fazer negócios com instituições públicas;

➔ De modo geral, existe consenso que a **corrupção limita o crescimento econômico**, **diminui o retorno de investimentos públicos** e **promove a desigualdade social**.

A corrupção no Brasil

➔ O Brasil ocupa a **posição 96/180** no ranking de países menos corruptos produzido pela Transparência Internacional.



85	Argentina	39
85	Benin	39
85	Kosovo	39
85	Kuwait	39
85	Solomon Islands	39
85	Swaziland	39
91	Albania	38
91	Bosnia and Herzegovina	38
91	Guyana	38
91	Sri Lanka	38
91	Timor-Leste	38
96	Brazil	37
96	Colombia	37
96	Indonesia	37
96	Panama	37
96	Peru	37

RANK	COUNTRY/TERRITORY	SCORE
1	New Zealand	89
2	Denmark	88
3	Finland	86
3	Norway	86
3	Switzerland	86
6	Singapore	84
6	Sweden	84
8	Canada	82
8	Luxembourg	82
8	Netherlands	82
8	United Kingdom	82
12	Germany	81

➔ **Brasil**

A corrupção no Brasil

➔ Nos últimos anos, o Brasil fez as manchetes dos principais jornais do mundo por conta de seus escândalos de corrupção, notoriamente pela **Operação Lava Jato**.

Apenas esse caso envolve o pagamento de **R\$ 6,4 bilhões em propinas**, **R\$ 12,3 bilhões** são alvo de recuperação e **R\$ 846,2 bilhões** de repatriação. Mais de **100 mandados de prisões**.



É consenso que **corrupção e crime organizado são fenômenos sociais complexos** que impõem risco sistêmico ao bom funcionamento do Estado e exigem mecanismos de controle e mitigação.

➔ Há também um entendimento crescente na comunidade científica que técnicas mais tradicionais são insuficientes para lidar com a natureza sistêmica, coletiva e não linear desses processos.

➔ Diferentemente de outras atividades ilícitas, **organizações criminosas não operam de forma aleatória ou uniforme no tempo e espaço**. O sucesso dessas organizações demanda um **sofisticado grau de coordenação entre agentes criminosos e raramente poderia ser alcançado por indivíduos isolados**.

A literatura sobre crime organizado tem um forte viés econômico e sociológico e está muito baseada em índices econômicos e de percepção social em escala de países.

➔ **Sabemos muito pouco sobre os processos e padrões de operação de organizações criminosas na escala das interações entre os indivíduos.**

Em grande parte, essa escassez de conhecimento resulta da **dificuldade em se obter "dados microscópicos" sobre o real funcionamento de organizações criminosas**, seja pelo esforço de seu componentes em manter as práticas ilegais ocultas ou porque quando descobertas essas **informações são exclusivas de forças de segurança.**

O principal objetivo do projeto é reduzir essa escassez de informação por meio das seguintes vertentes:

- 1) parceria com a Polícia Federal para acessar de forma segura e sigilosa informações oficiais sobre investigações ligadas às práticas de crime organizado;
- 2) utilizar informações públicas relacionadas a investigações jornalísticas divulgadas pela imprensa e fontes oficiais públicas sobre interações não ilícitas entre agentes públicos;
- 3) Usar essas informações para investigar padrões sobre funcionamento do crime organizado.

Tal qual vestígios de uma cena criminal, esperamos que os traços e padrões desvendados por nossas análises possam contribuir para prever, fragilizar ou mesmo interromper o funcionamento de organizações criminosas.

Redes de corrupção no Brasil e na Espanha - Dados

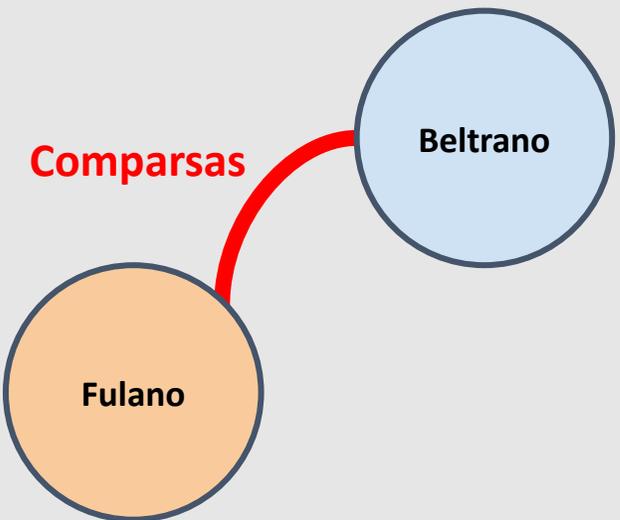
Coletados manualmente por nós de revistas e jornais ¹

Nome do escândalo	Ano em que foi descoberto	Lista de pessoas envolvidas
Casa Bancária	1957	Prado de Saavedra Borja Luis Beltrano ...
Ferrovias Norte-Sul	1957	Prado de Saavedra Borja Luis Beltrano ...
CFI da Corupção	1958	Prado de Saavedra Borja Luis Beltrano ...

CASOS AISLADOS DE UNA CORRUPCIÓN SISTÉMICA

Ano	Região	Dados dos envolvidos	Nome do escândalo	
0	1989	Comunidad de Madrid	[envolvidos, cargos]	Quinto/Primera Epoca
1	1990	Pais Vasco	[envolvidos, cargos]	Hacienda de Iruñ
2	1990	Cataluña	[envolvidos, cargos]	Tribunal
3	1991	Pais Vasco	[envolvidos, cargos]	Pigardiy
4	1992	Galicia	[envolvidos, cargos]	PP de Vitega
5	1993	Comunidad de Madrid	[envolvidos, cargos]	Bárceno
6	1993	Comunidad Valenciana	[envolvidos, cargos]	Cornelitas
7	1994	Navarra	[envolvidos, cargos]	Uraburu
8	1995	La Rioja	[envolvidos, cargos]	Casalarrena
9	1995	Cataluña	[envolvidos, cargos]	Hacienda

Representação como rede complexa



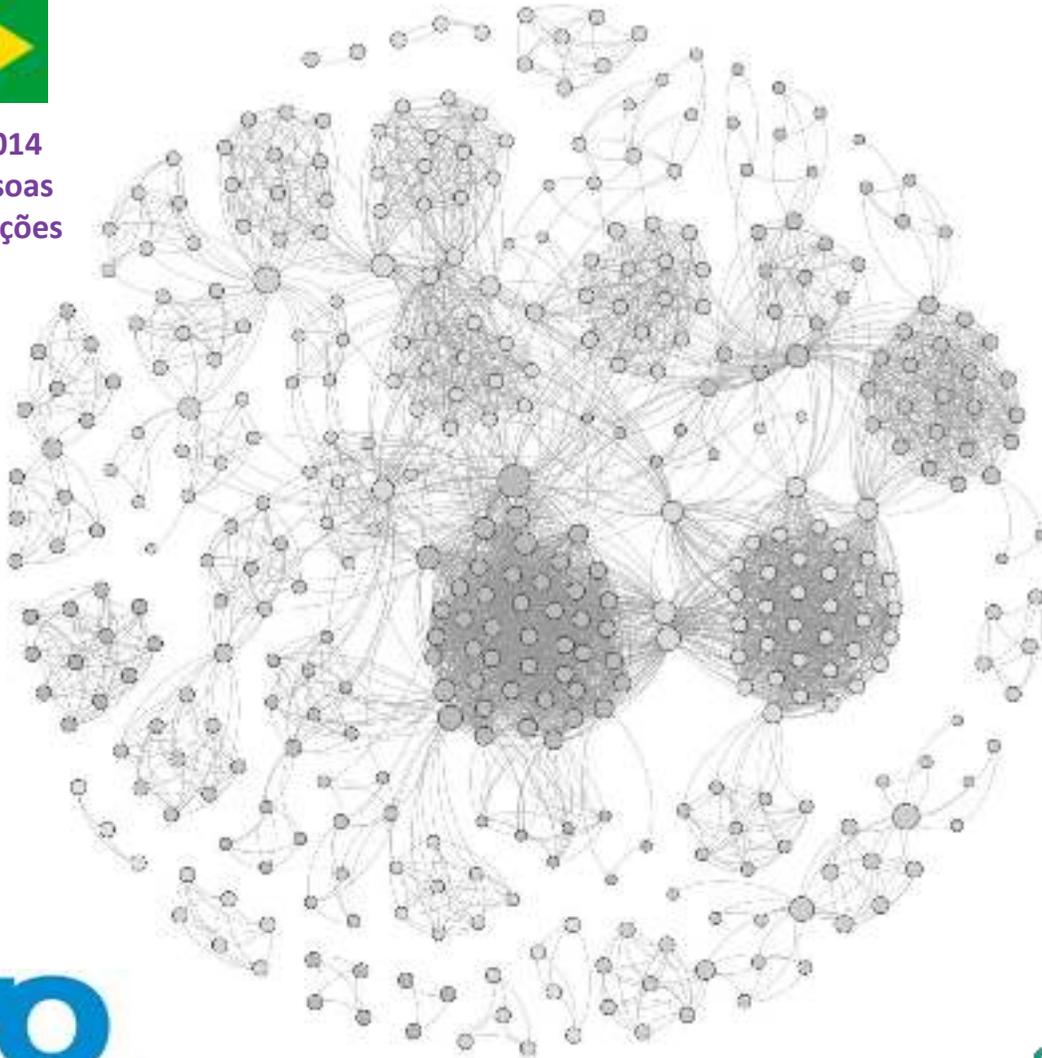
 28 anos (de 1987 a 2014)
65 escândalos de corrupção
404 pessoas envolvidas

 30 anos (de 1989 a 2018)
437 escândalos de corrupção
2753 pessoas envolvidas

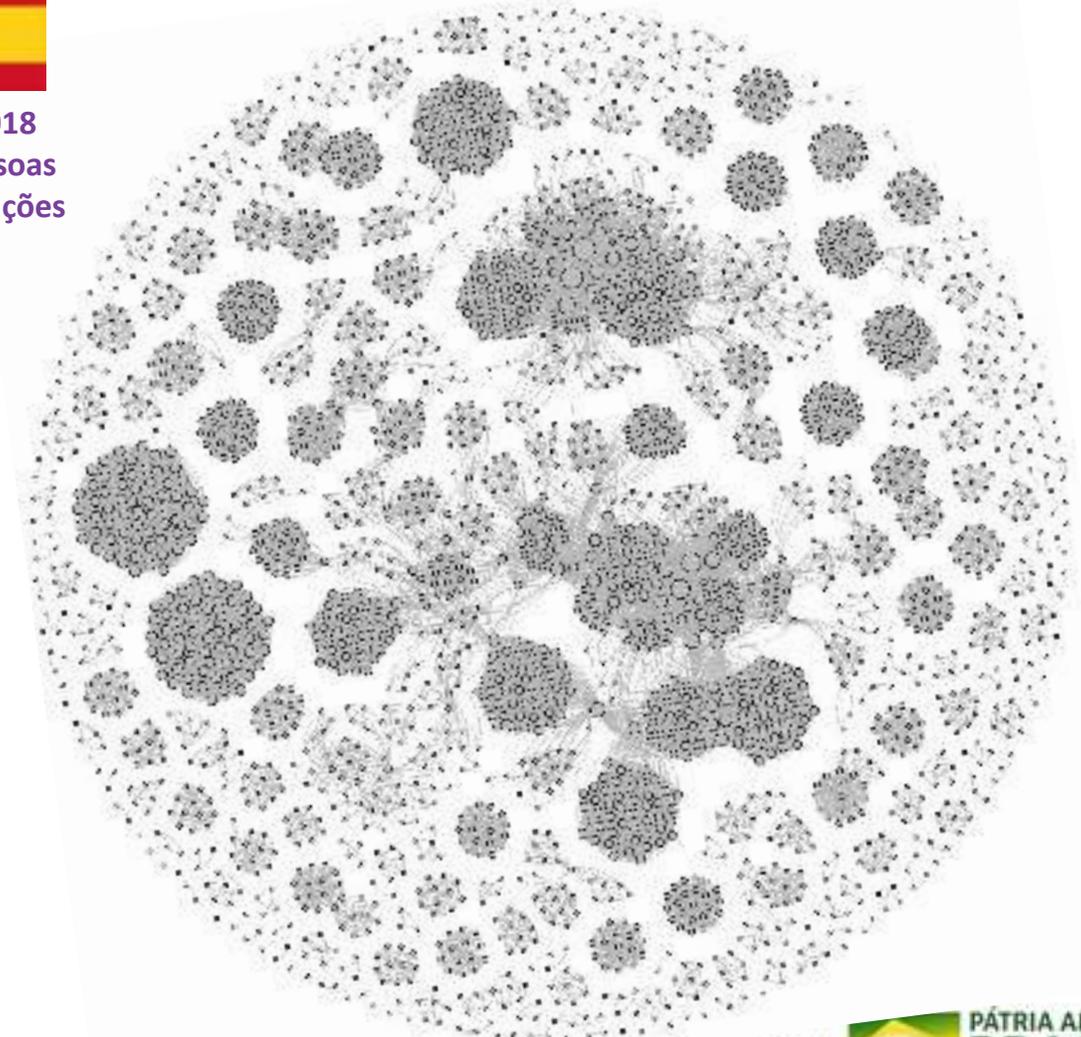
¹ Ribeiro et al. (2018). The dynamical structure of political corruption networks. Journal of Complex Networks 6, 989-1003.



1987-2014
404 pessoas
3549 ligações

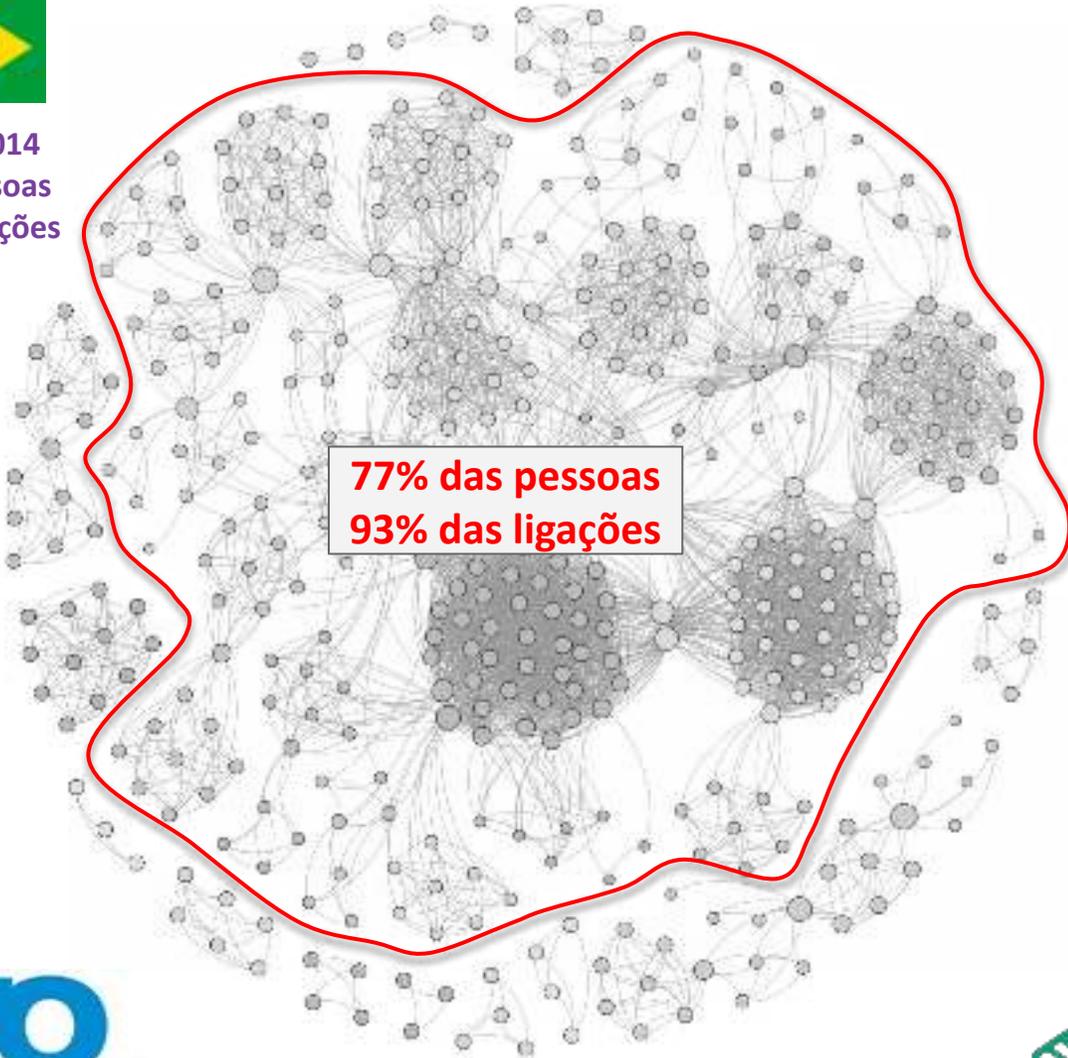


1989-2018
2753 pessoas
27545 ligações

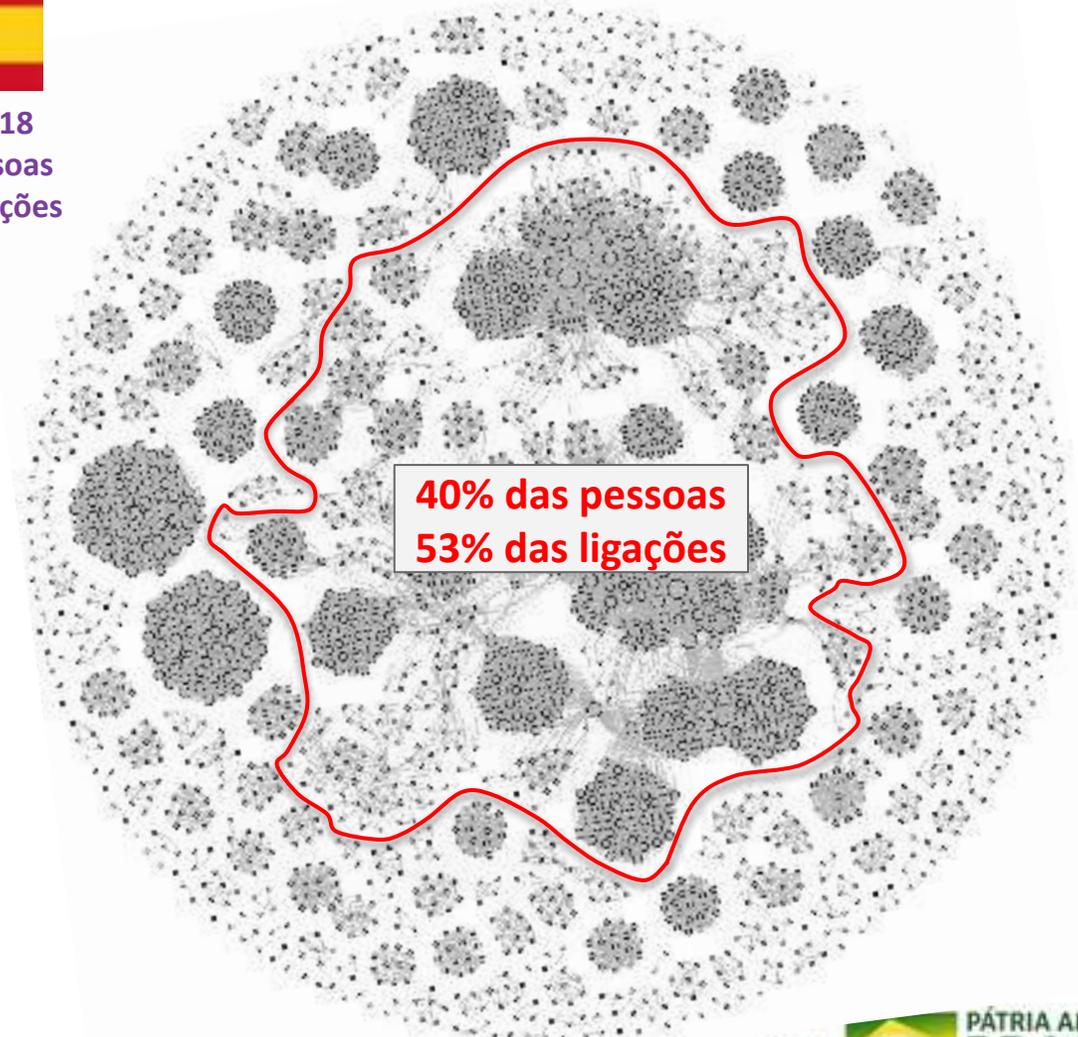




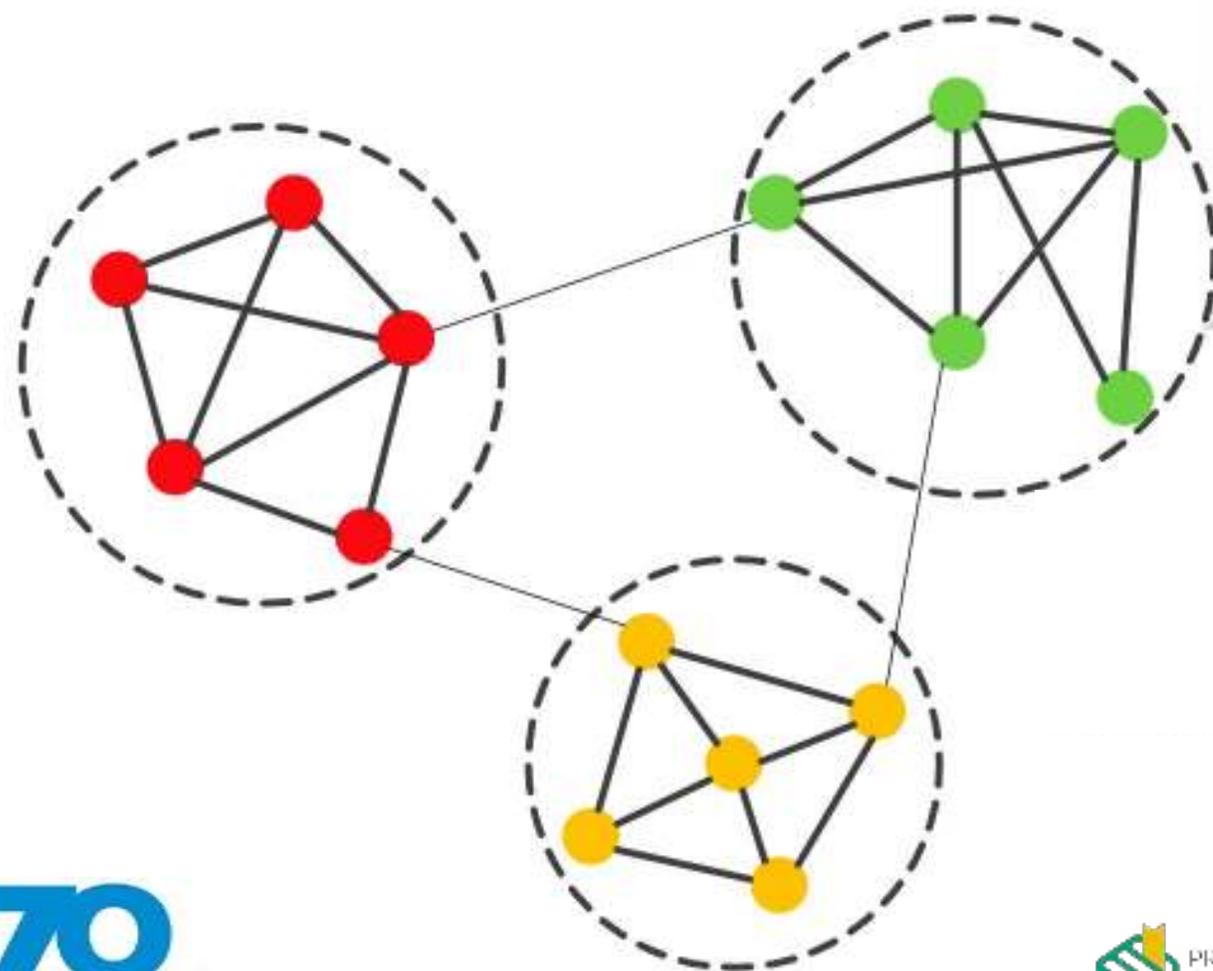
1987-2014
404 pessoas
3549 ligações



1989-2018
2753 pessoas
27545 ligações



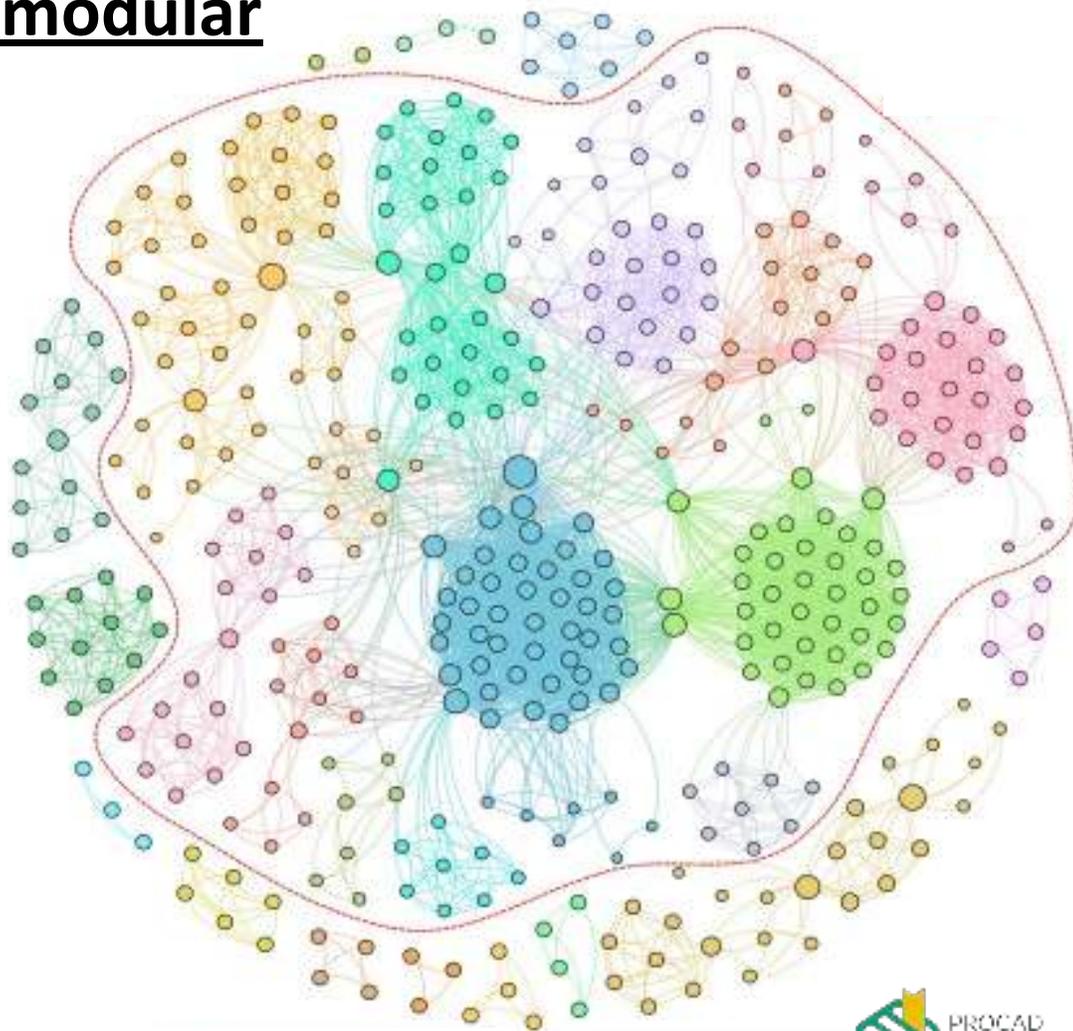
Estrutura modular



Um módulo

Grupos de pessoas com **muitas ligações entre si** e **poucas com as demais.**

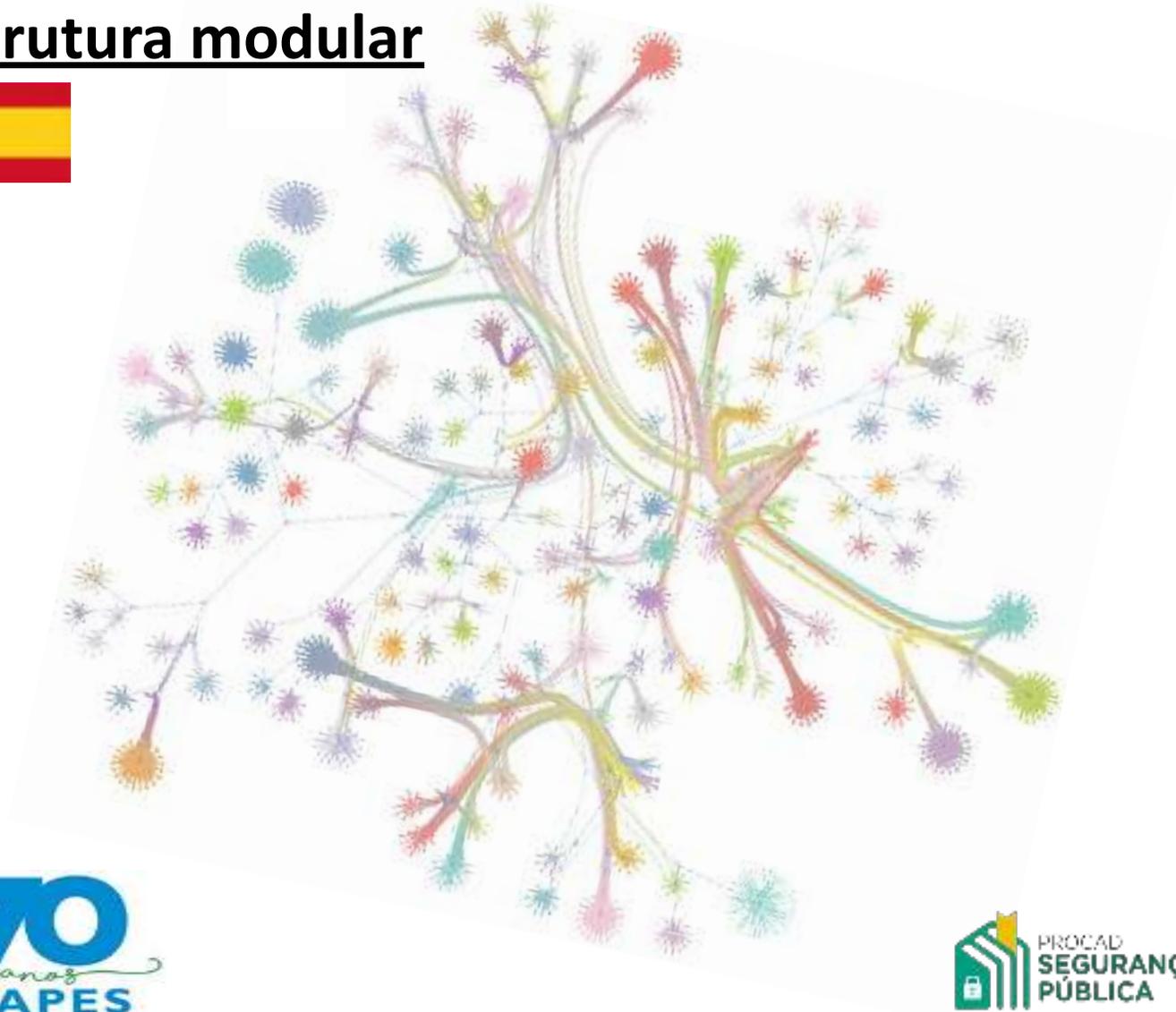
Estrutura modular



**27 módulos x
65 escândalos**

**Grande parte dos
escândalos está
muito entrelaçada.**

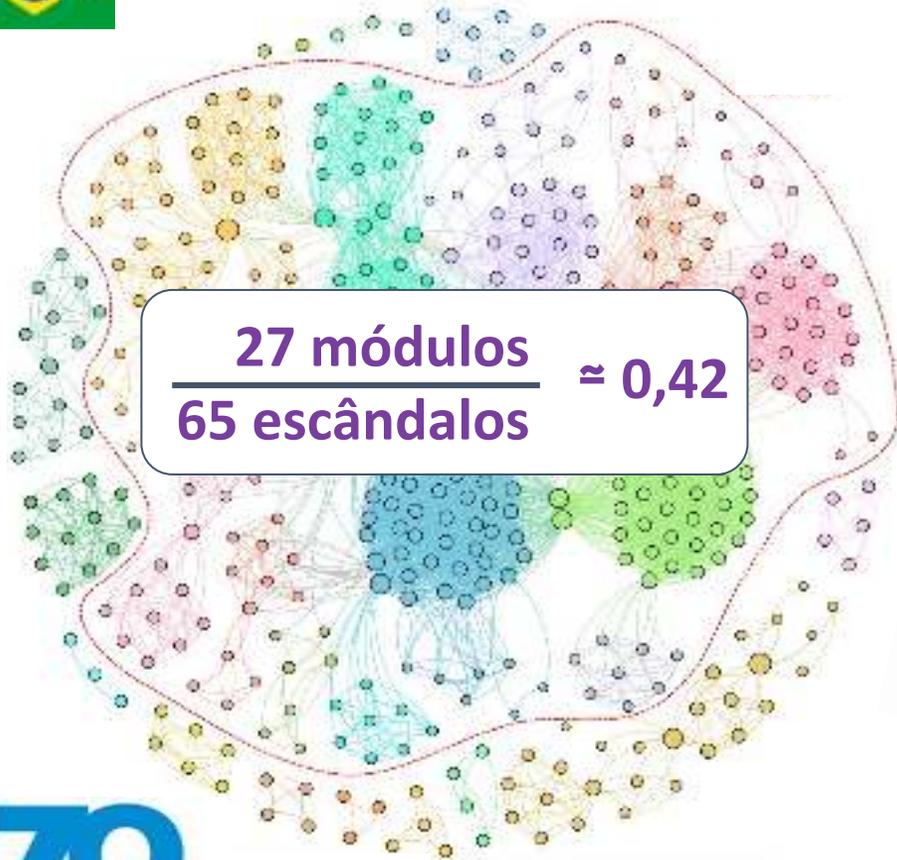
Estrutura modular



**187 módulos x
437 escândalos**

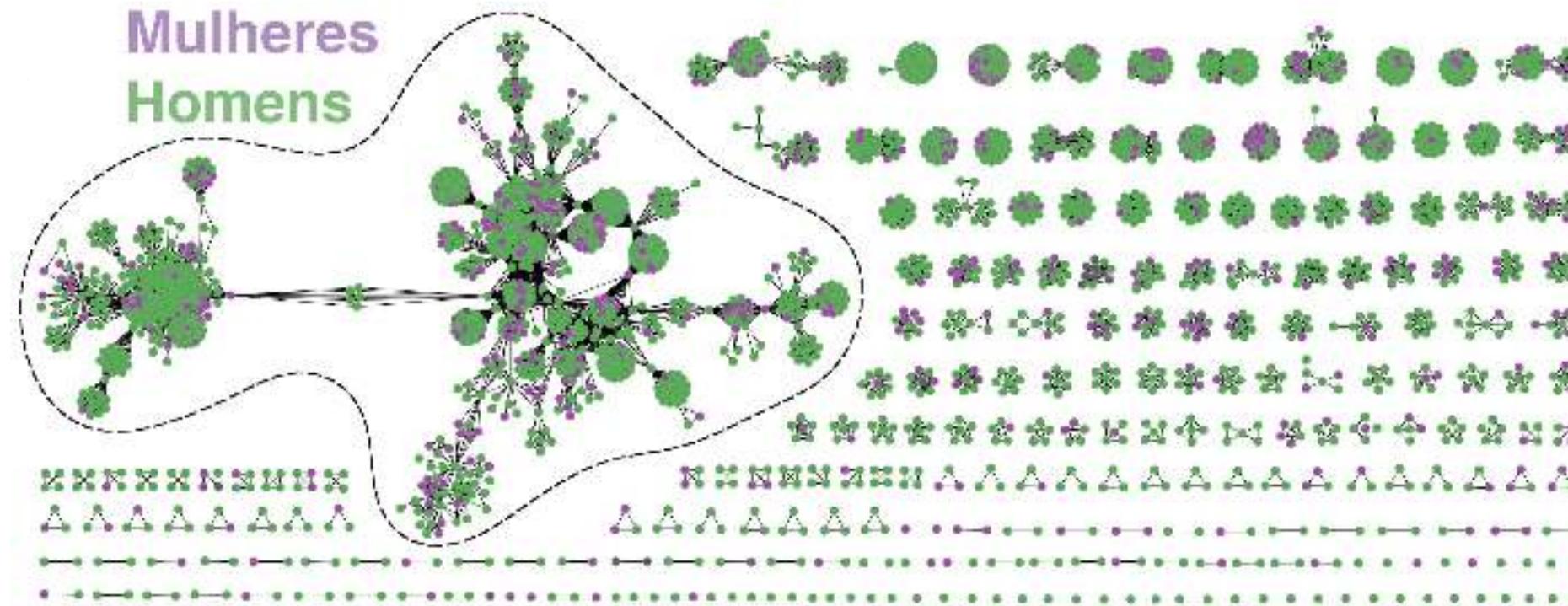
**Grande parte dos
escândalos está
muito entrelaçada.**

Estrutura modular



Pode indicar
algum
aspecto
universal.

Aspectos demográficos da rede espanhola



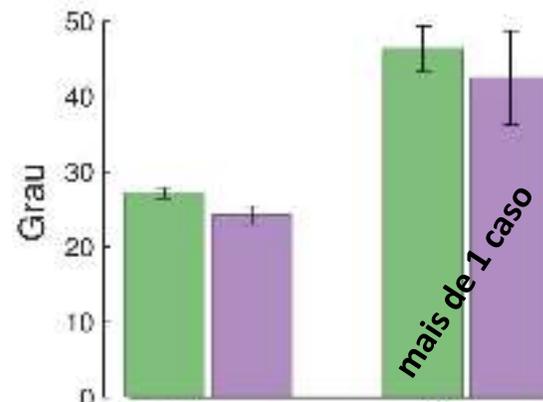
**Mulheres
são minoria
na rede.
Apenas 20%
dos vértices.**

Aspectos demográficos da rede espanhola

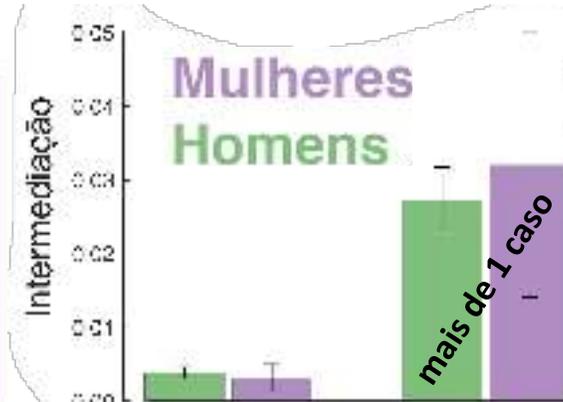
Mulheres são minoria na rede, mas a fração de mulheres envolvidas em mais de 1 caso é parecida com a de homens: **7% vs 9%**.

Mulheres são minoria na rede, mas **ocupam posições tão centrais quanto a dos homens.**

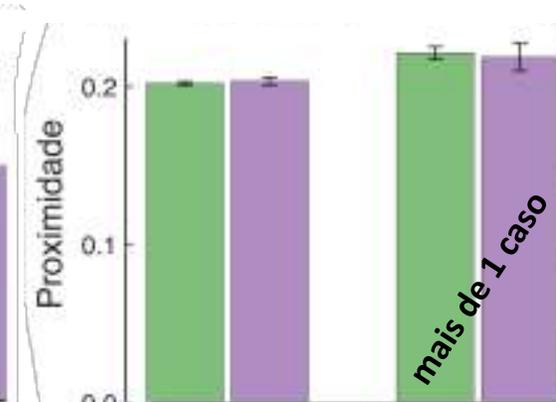
número médio de comparsas



fração dos caminhos que passam pelo vértice

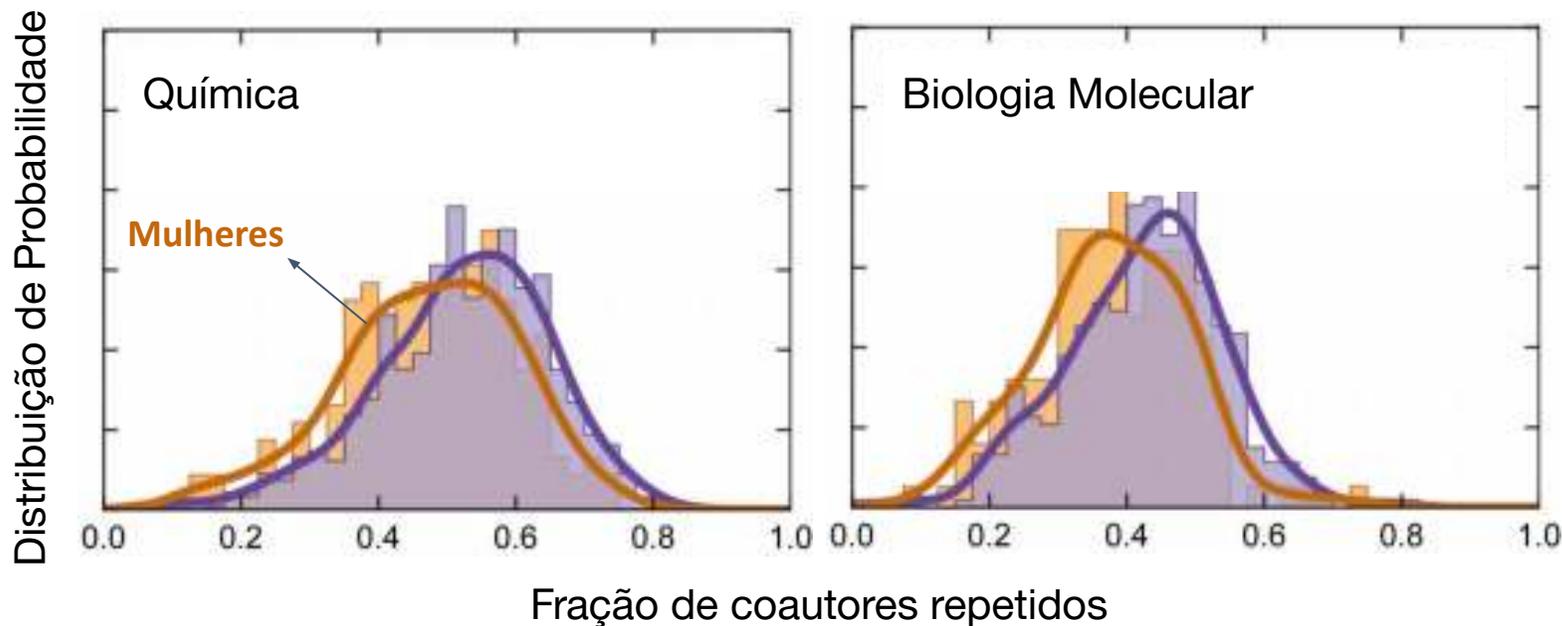


inverso da distância de um vértice aos demais



Aspectos demográficos da rede espanhola

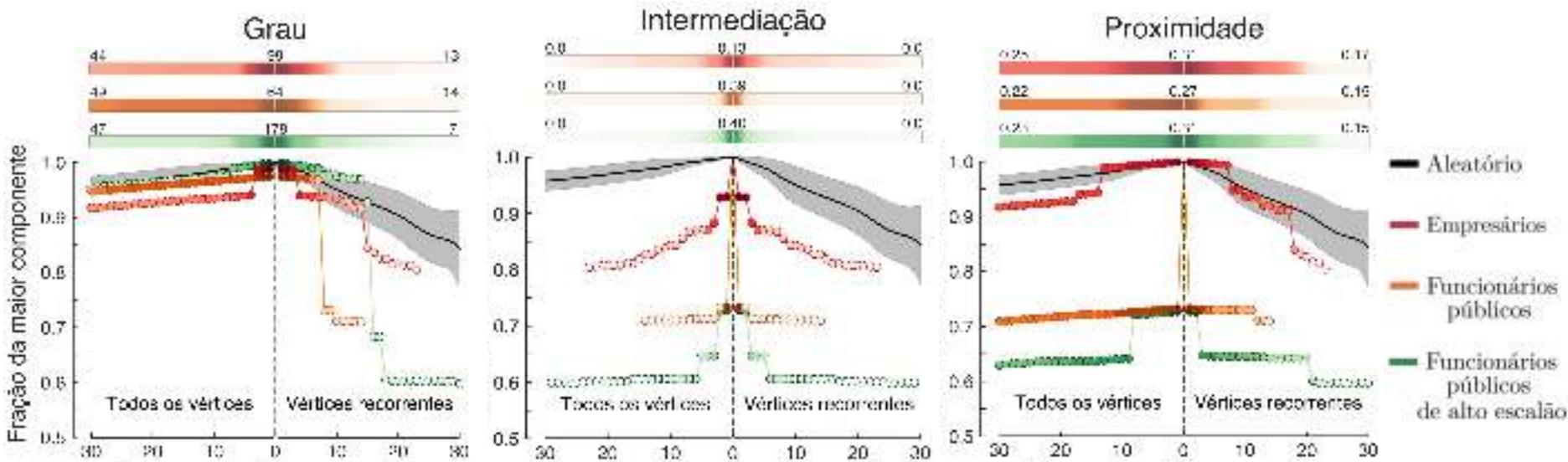
Um paralelo com coautoria de artigos científicos



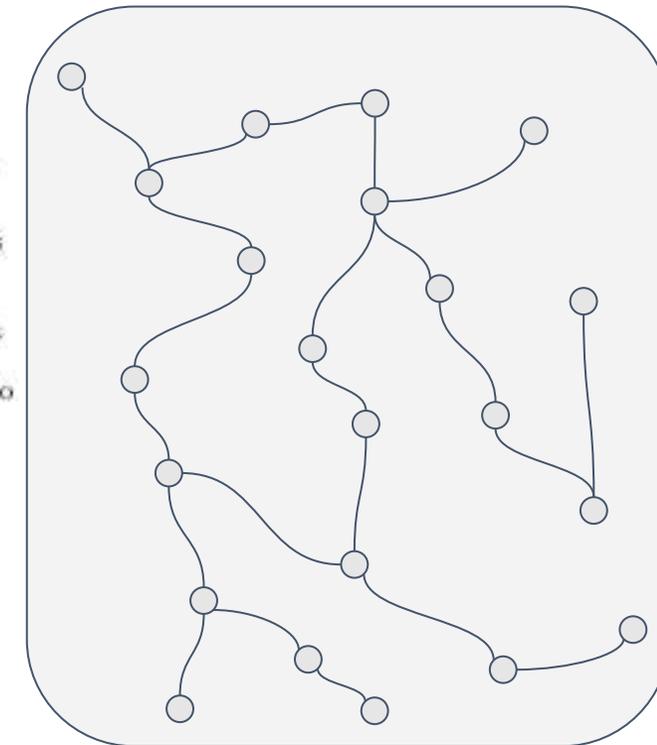
Em várias disciplinas, **pesquisadoras** apresentam menor propensão para repetir coautores ².

² Zeng, X. H. T., Duch, J., Sales-Pardo, M., Moreira, J. A., Radicchi, F., Ribeiro, H. V., ... & Amaral, L. A. N. (2016). Differences in collaboration patterns across discipline, career stage, and gender. *PLoS Biology* 14, e1002573.

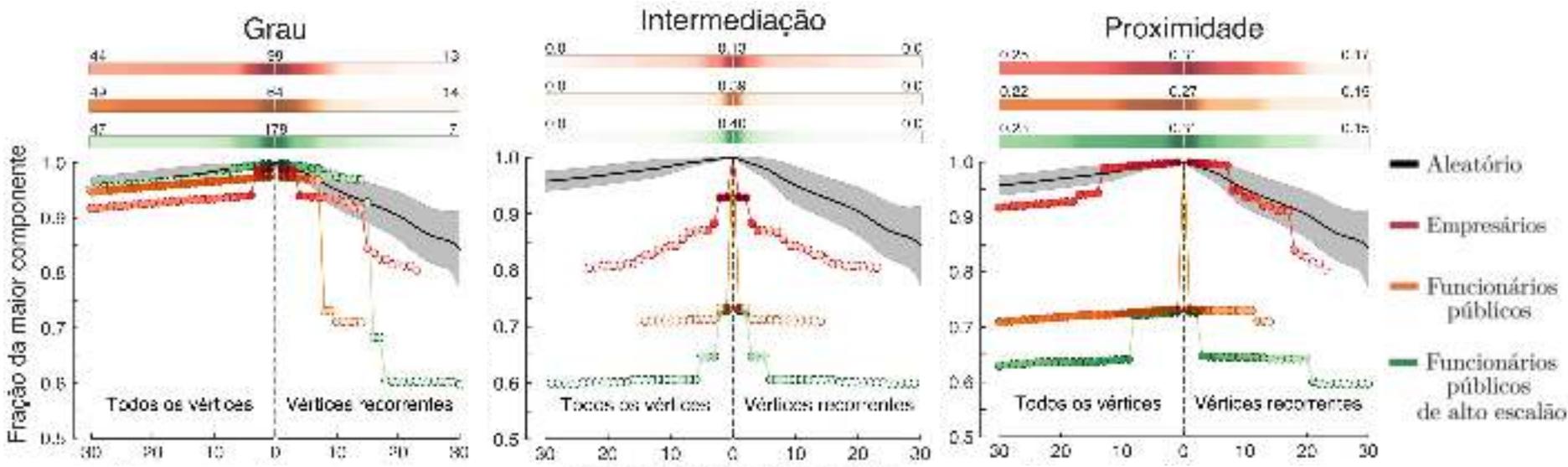
O papel dos cargos dos envolvidos para a coesão da rede



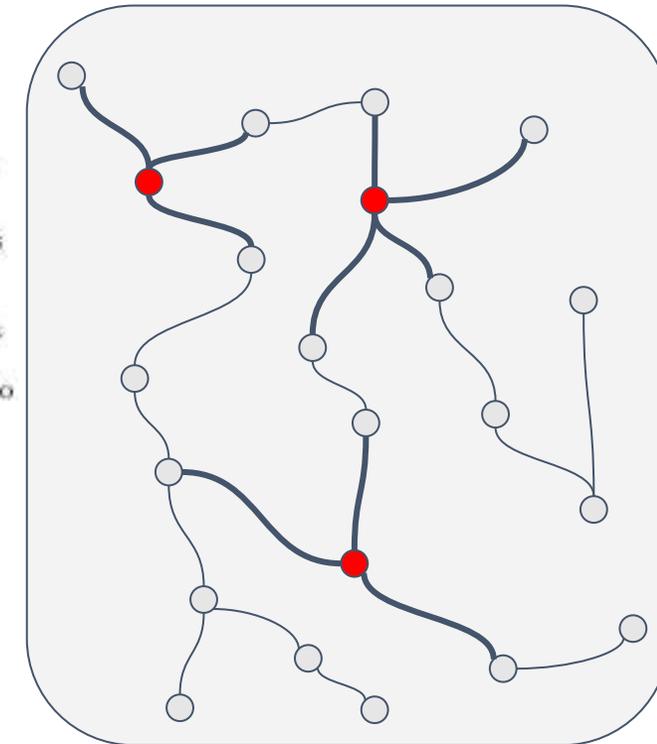
Exemplo de fragmentação



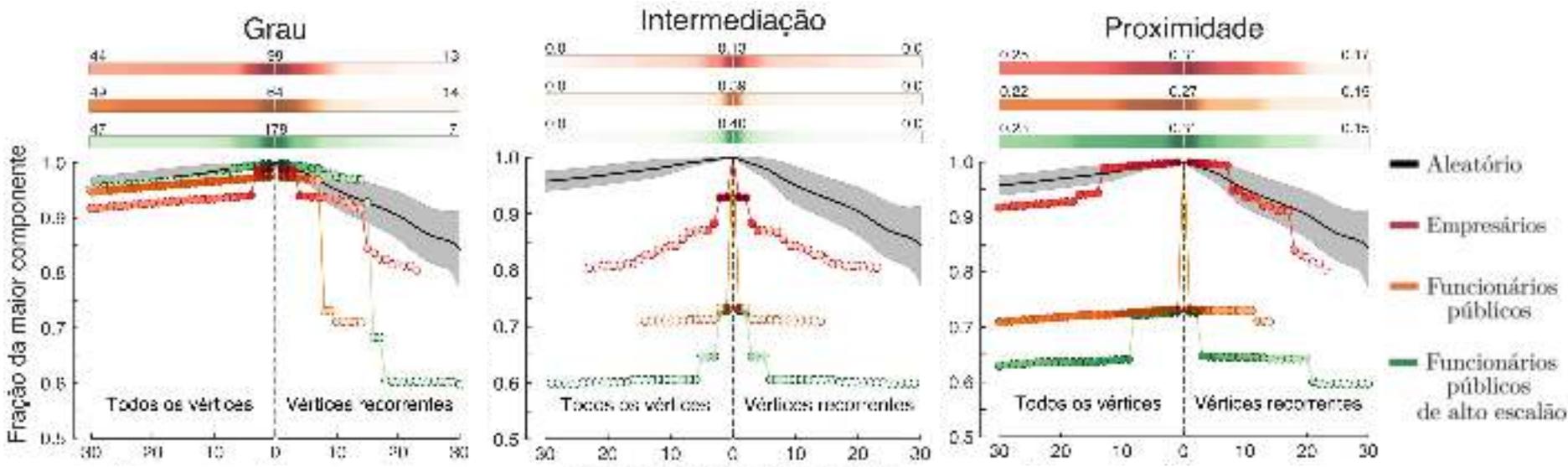
O papel dos cargos dos envolvidos para a coesão da rede



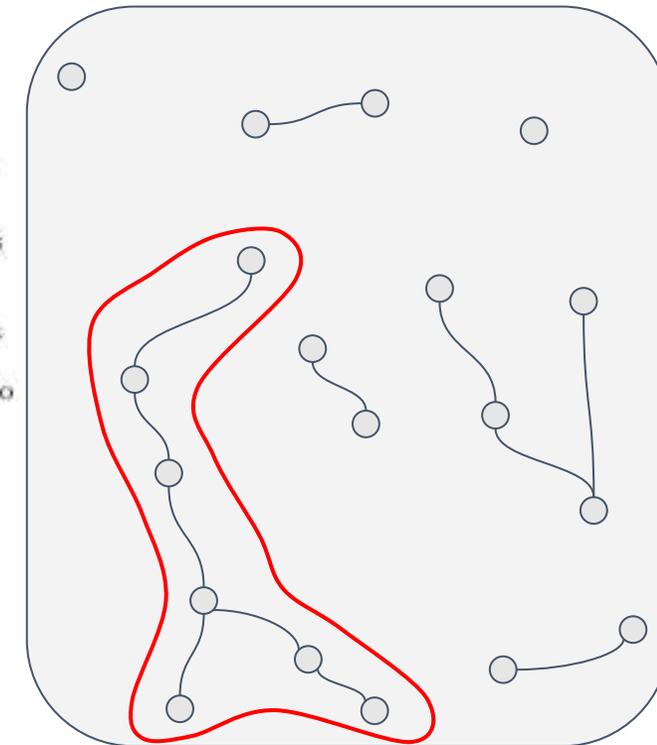
Exemplo de fragmentação



O papel dos cargos dos envolvidos para a coesão da rede



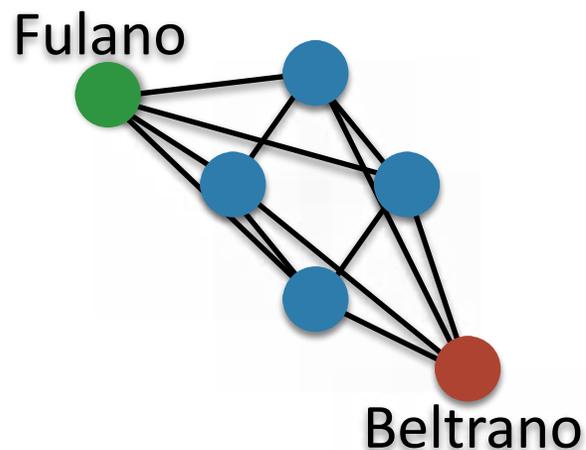
Exemplo de fragmentação



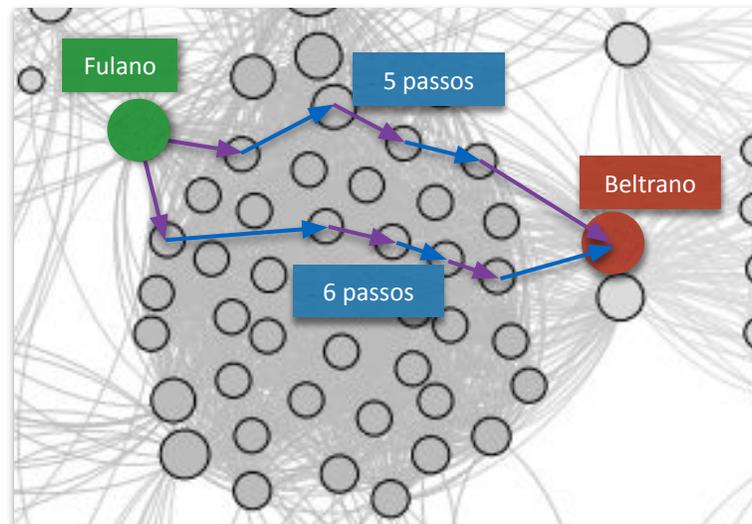
Parecem existir cargos mais importantes para a coesão da rede.

Usando a rede para tentar prever futuras parcerias criminosas

Pessoas “parecidas” tendem a se conectar em redes sociais (**homofilia**)



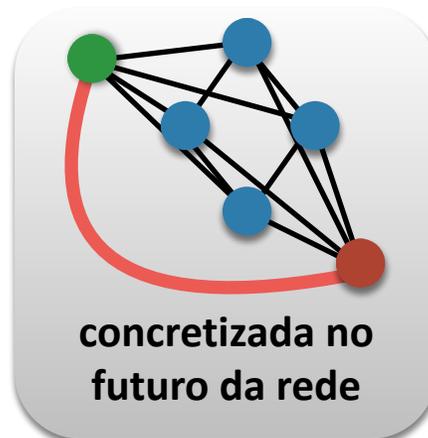
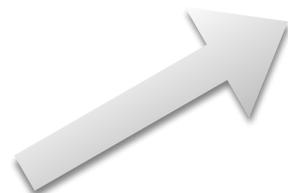
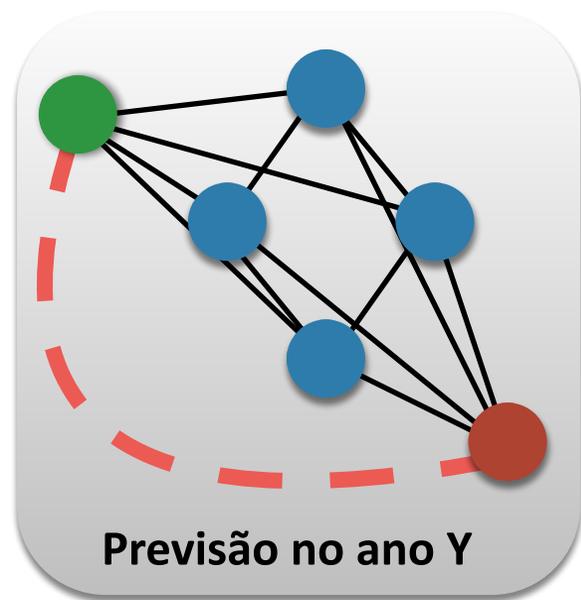
O número de conexões em comum entre Fulano e Beltrano serve como **indicador de uma possível conexão ausente.**



O número de passos para ir de Fulano a Beltrano é um **indicador da ausência de conexão** entre eles.

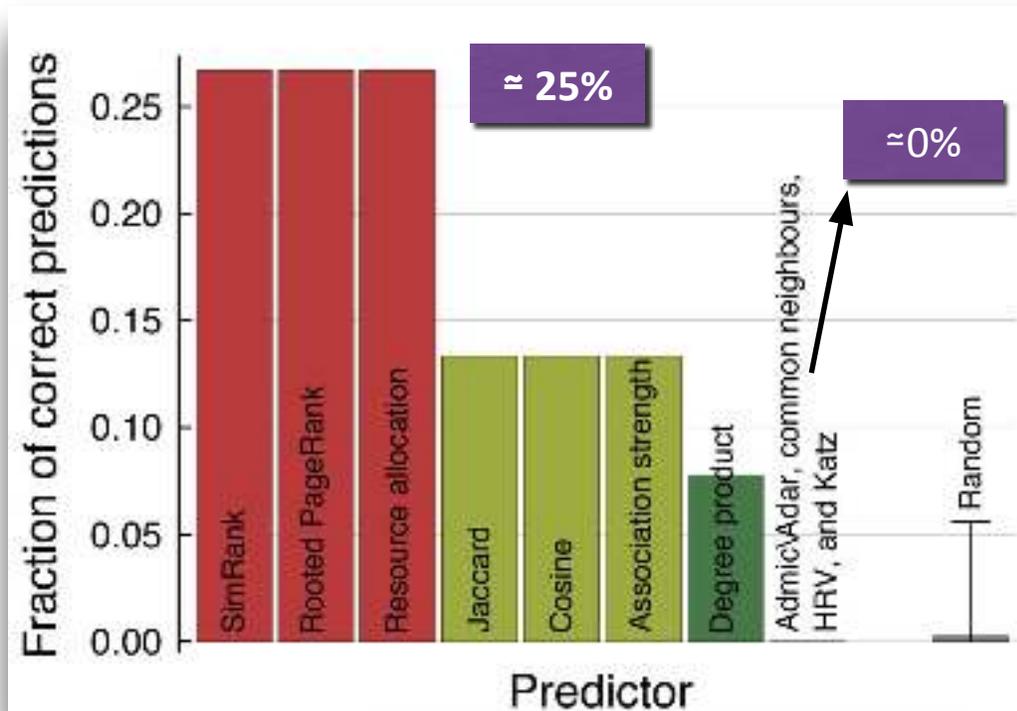
Existem **muitas outras possibilidades.**

Usando a rede para tentar prever futuras parcerias criminosas



Podemos quantificar analisando a **fração de previsões corretas.**

Usando a rede para tentar prever futuras parcerias criminosas



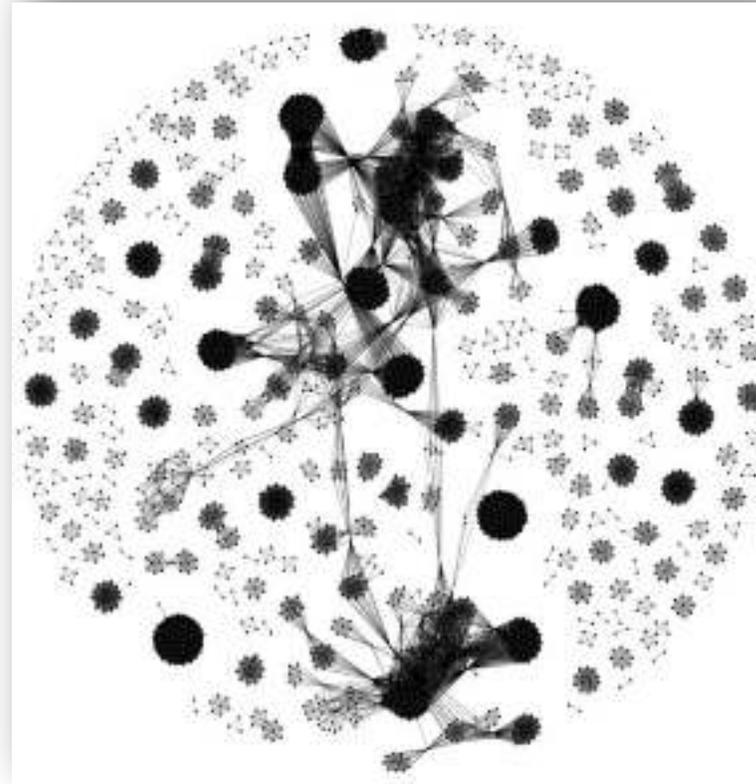
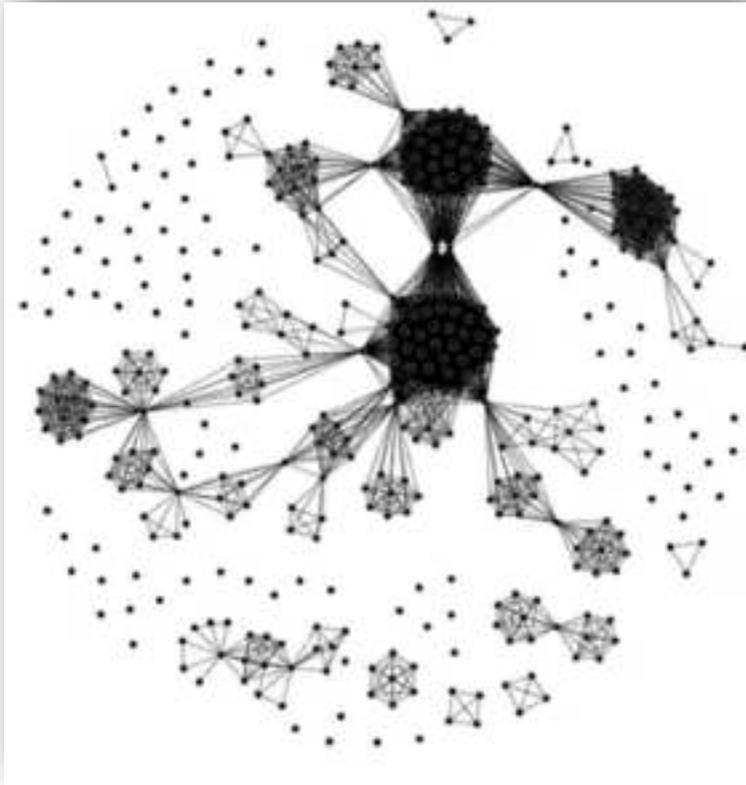
Os melhores algoritmos acertam 1 em cada 4 previsões.



Essa mesma abordagem não funciona bem na caso espanhol.

Já temos algum indicativo de que métodos baseados em **machine learning** (redes neurais) são mais eficientes.

Muito trabalho pela frente: aspectos dinâmicos de redes de corrupção.



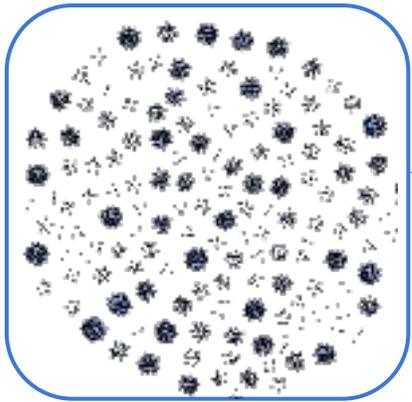
Como
essas
redes
crescem?

Conclusão

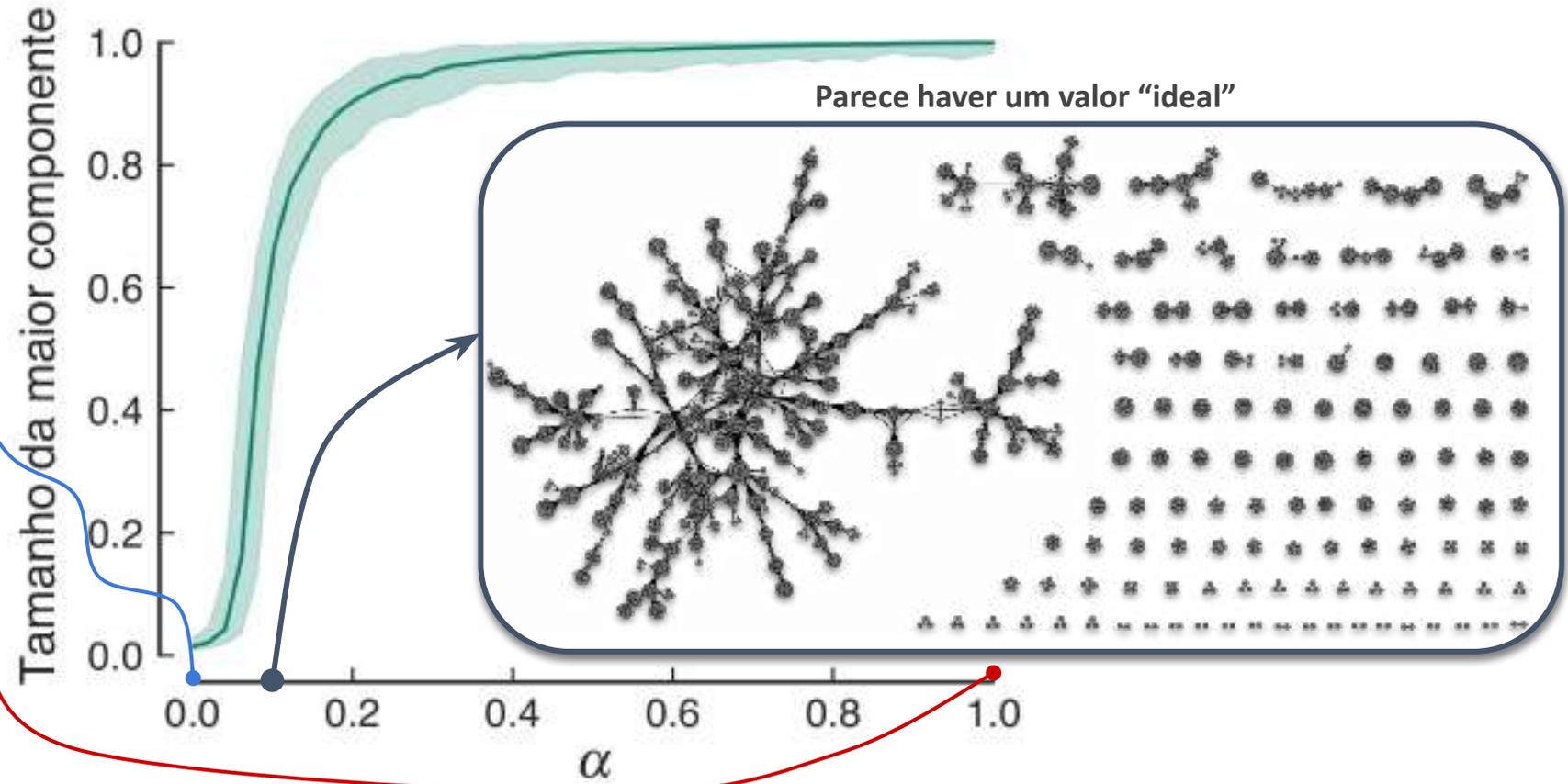
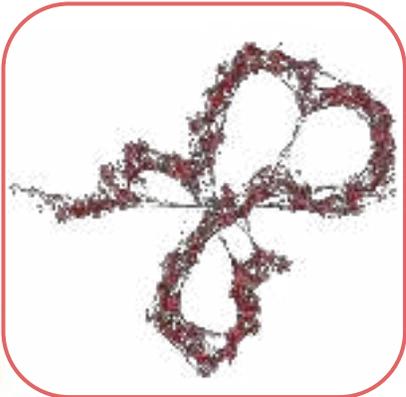
Muito trabalho pela frente: modelagem

O papel da reincidência criminosa.

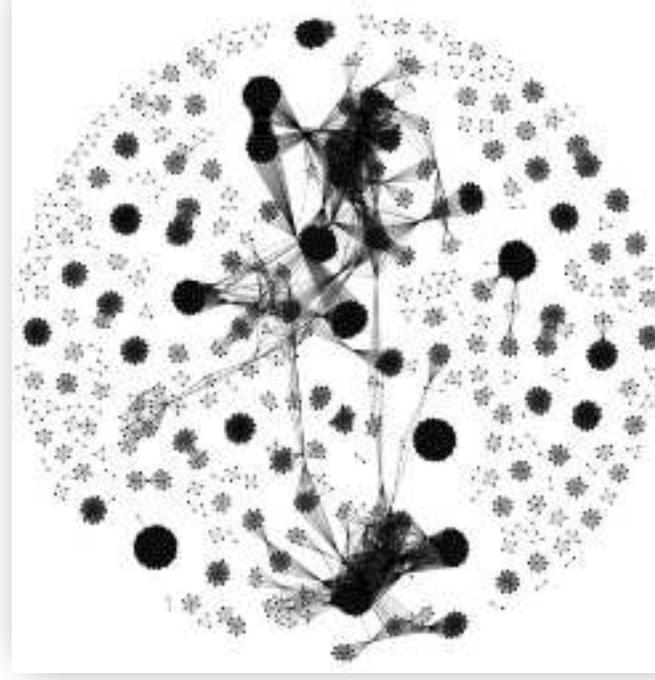
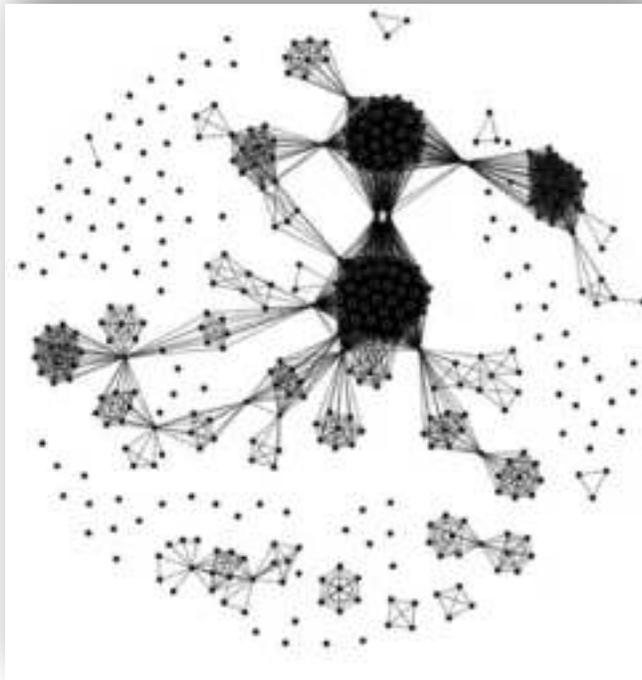
Nenhuma reincidência



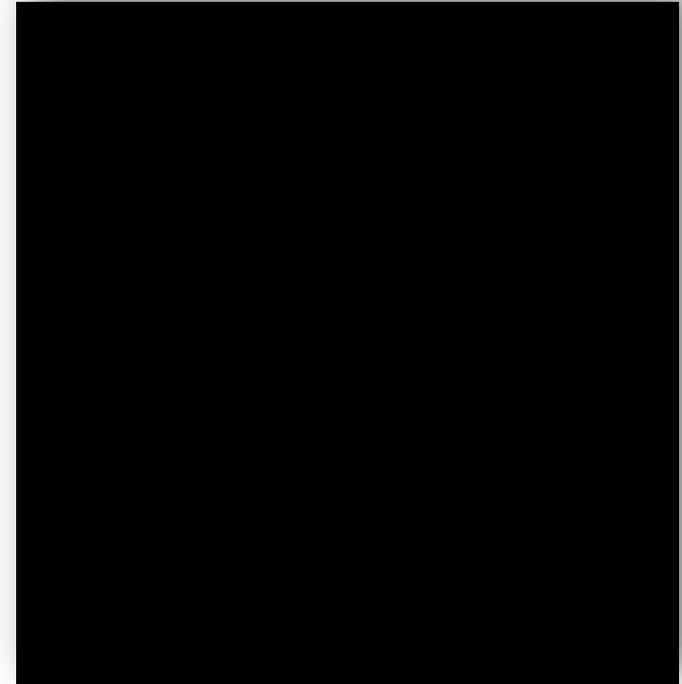
Muita reincidência



Muito trabalho pela frente: modelagem

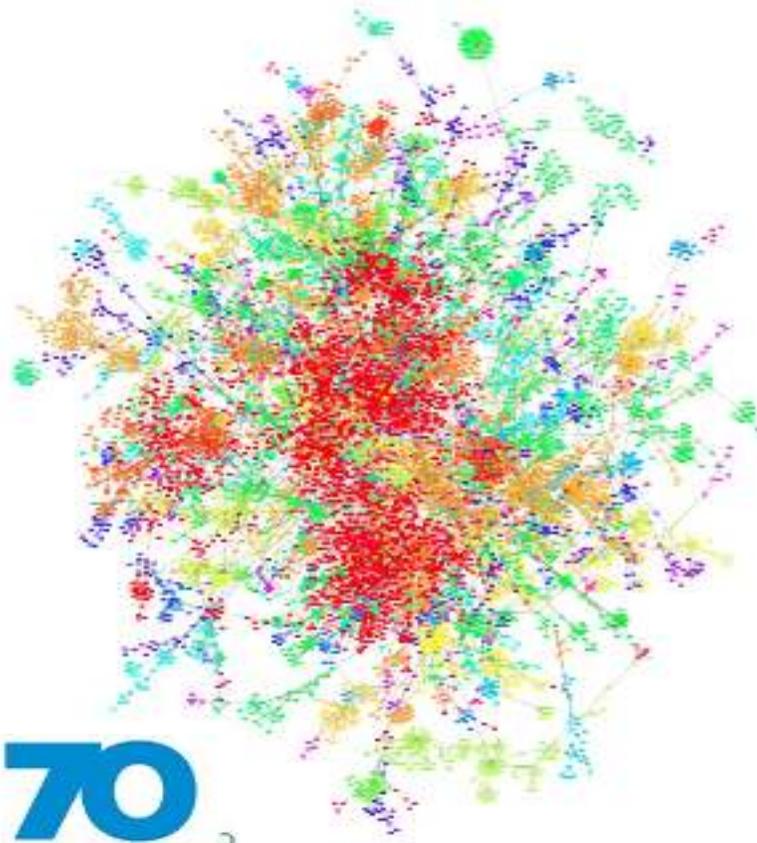


Modelo

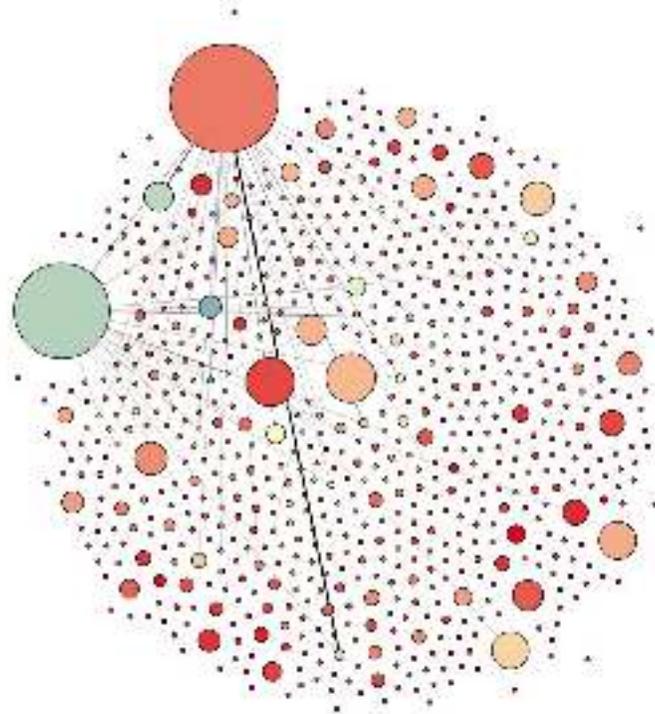


Muito trabalho pela frente: redes de crimes mantidas pela PF

Crimes federais ³



Operação Darknet ⁴
(pedofilia)



Outras bases de dados da PF.

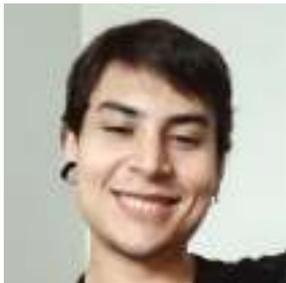
³ da Cunha, B. R., & Gonçalves, S. (2018). Topology, robustness, and structural controllability of the Brazilian Federal Police criminal intelligence network. Applied Network Science 3, 1-20.

⁴ da Cunha, B. R. et al. (2020). Assessing police topological efficiency in a major sting operation on the dark web. Scientific Reports 10, 1-10.

Muito obrigado pela atenção

CLab
Laboratório de Sistemas Complexos
complex.pfi.uem.br

UEM 50 anos



Alvaro F. Martins
(Doutorando)



Diego D. Lopes
(Pós-doutorando)



Haroldo V. Ribeiro
(Coordenador)

UFRGS



Sebastián Gonçalves
(Coordenador Associado)



Bruno R. da Cunha
(Pesquisador)



NOTTINGHAM
TRENT UNIVERSITY



Quentin S. Hanley
(Pesquisador)