

Redes sociais do SBSI e o corte de vértices como base para identificar atores importantes na coesão de grupos de pesquisa

Edvaldo Artmann de Oliveira¹, Vânia Maria Félix Dias¹

¹Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
Av. Pasteur 458, Urca, 22290-240, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

{edvaldo.oliveira,vania}@uniriotec.br

***Abstract.** Using data from the Annals of SBSI, were created collaborative networks of researchers and collaborative networks of institutions for each of the symposiums. In this paper we present some concepts related to social networks and also some results obtained with two measures based on vertex cut.*

***Resumo.** Utilizando os dados dos Anais do SBSI, foram criadas redes de colaboração entre pesquisadores e redes de colaboração entre instituições para cada um dos simpósios. Neste artigo são apresentados alguns conceitos relativos a redes sociais e também alguns resultados obtidos com duas medidas baseadas em corte de vértices.*

1. Introdução

As redes sociais são usadas para diversas finalidades desde a análise da influência social, um fenômeno em que as ações de um usuário podem induzir seus amigos a se comportar de maneira similar [Wang et al. 2011], associação entre criminosos e crimes [Wang and Lin 2011], chegando até mesmo a medição de semelhanças entre grupos de terroristas [Ozgul et al. 2011] e sua evolução [Nizamani and Memon 2011]. Outro importante foco das redes sociais é a análise da colaboração entre pesquisadores, através de redes sociais de co-autoria [Reijers et al. 2009] [Newman 2004b] [Newman 2004a]. Neste artigo abordaremos o Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI), que é um evento para a apresentação de trabalhos científicos e discussão de temas relevantes na área, aproximando estudantes, pesquisadores e empresários da comunidade de Sistemas de Informação. As diversas edições deste evento serão foco de análise deste artigo sob o ponto de vista de análise da colaboração entre pesquisadores individuais e também da colaboração entre os institutos aos quais estes pesquisadores estão afiliados. Também será apresentada uma proposta baseada em corte de vértices que visa identificar grupos de pesquisadores importantes para a preservação de comunidades de pesquisa identificadas na rede. Para o propósito do estudo várias redes sociais foram geradas com várias métricas apresentadas mais adiante.

Este artigo está dividido da seguinte forma. A primeira seção apresenta definições e métricas utilizadas na análise das redes, a segunda seção caracteriza a criação das redes, na sequência é apresentada a análise das redes geradas e por fim são apresentadas as considerações finais.

2. Definições e métricas

Uma rede social é um conjunto de pessoas (ou organizações ou outras entidades sociais) conectadas por um conjunto de relações sociais, tais como amizade, co-trabalho ou troca de informações [Jamali and Abolhassani 2006].

A análise de redes sociais foca na análise de padrões de relacionamentos entre as entidades sociais, também chamadas de atores, e conta com uma série de medidas que visam quantificar as características da rede.

Existem várias formas de se representar as redes sociais, porém uma forma bastante comum e difundida é através dos grafos.

2.1. Conceitos básicos de grafos

Um grafo $G = (V, E)$ é constituído por dois conjuntos, onde V é um conjunto de elementos denominados *vértices* ou nós, e E é um conjunto de pares de vértices de V , os elementos de E são chamados de *arestas*. É comum utilizar as letras n e m para indicar o número de vértices e arestas, respectivamente, ou seja, $|V| = n$ e $|E| = m$. Uma sequência de vértices v_1, \dots, v_k tal que $(v_j, v_{j+1}) \in E, 1 \leq j < k$ é denominado *caminho* de v_1 a v_k . Um caminho de k vértices é formado por $k - 1$ arestas $(v_1, v_2), (v_2, v_3), \dots, (v_{k-1}, v_k)$. O valor $k - 1$ corresponde ao comprimento do caminho. Denomina-se *distância* $d(v, w)$ entre dois vértices v, w de um grafo ao comprimento do menor caminho entre v e w . Usando como exemplo o grafo da figura 1, um possível caminho do vértice 1 ao 6 poderia ser $(1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 6)$, este caminho tem tamanho 4, porém a distância $d(1, 6)$ é 3. O *grau* de um vértice é igual ao total de arestas incidentes a ele, normalmente utiliza-se a notação $d(v)$ para indicar o grau de um vértice v . Um grafo é dito *completo* quando todo par de vértices é ligado por uma aresta. A quantidade de arestas de um grafo completo com n vértices é $\frac{n(n-1)}{2}$. Um grafo é denominado *conexo* quando existe um caminho a partir de qualquer vértice para qualquer outro vértice do grafo. Para uma visão aprofundada sobre grafos ver [Bondy 1976], [Berge 1962] e [Harary 1994].

2.2. Atores

No vocabulário usual em redes sociais, vértices são chamados de atores e arestas de relações. A *centralidade de grau* de um vértice v , denotada por $C_d(v)$, é obtida através do total de contatos diretos mantidos pelo ator na rede, ou seja, $C_d(v) = d(v)$.

2.3. Redes

A *densidade* da rede mede, de forma geral, a ligação entre os vértices do grafo. A densidade de uma rede é dada pela razão entre a quantidade de arestas do grafo e a quantidade de arestas de um grafo completo com a mesma quantidade de vértices, ou seja, $D = \frac{m}{((n(n-1))/2)}$. Teoricamente, em um grafo mais denso a disseminação de uma informação ocorreria de forma mais rápida. A faixa de valores da densidade é $0 \leq D \leq 1$, sendo que o valor 0 ocorre em um grafo sem arestas e o valor 1 ocorre quando o grafo é completo. O *diâmetro* da rede, é dado pela maior distância encontrada no grafo. A *inclusão* (*Inclusiveness*) representa uma medida de conectividade entre os vértices na rede. É definida da seguinte forma $I = \frac{n-n_i}{n} * 100$ onde n_i denota o número de vértices isolados¹.

¹Os vértices isolados são aqueles com grau igual a 0

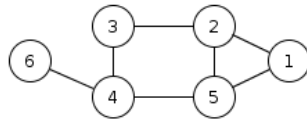


Figura 1. Representação gráfica de um grafo

3. Caracterização das redes

3.1. Geração das redes

A partir dos anais dos eventos foi criada uma base de dados relacional com as informações dos artigos, autores e instituições, bem como suas relações. Algoritmos foram aplicados aos dados para gerar as informações aqui apresentadas. Neste artigo os nomes dos autores foram substituídos por identificadores numéricos. A seguir as redes deste estudo são caracterizadas.

3.2. Rede de autores

Em uma rede de co-autoria, cada nó representa um autor e existe uma aresta entre dois nós caso eles tenham escrito um artigo em conjunto. O peso de uma aresta representa o total de artigos publicados pelos autores extremos da aresta, em parceria. Um pesquisador que publicou um trabalho sem nenhum co-autor é representado por um nó isolado na rede. A figura 2A apresenta um exemplo onde o Autor1 e o Autor2 publicaram 1 artigo em conjunto, o Autor3 e o Autor4 publicaram 2 artigos em conjunto, o Autor8 publicou um artigo sem nenhuma colaboração e os autores 5, 6 e 7 publicaram um artigo em conjunto.

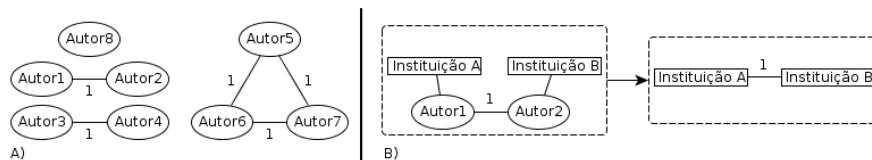


Figura 2. Representação das redes: A) Nível individual, B) Nível de instituições

3.3. Rede de instituições

Na rede das instituições, cada nó representa uma instituição e existe uma aresta entre duas instituições caso haja colaboração entre pesquisadores destas instituições em algum evento do SBSI. A figura 2B apresenta como é feita a derivação das redes.

No exemplo da figura 2B, o autor 1 é filiado a instituição A e publicou um artigo em conjunto com o autor 2, que é filiado a instituição B. A rede de instituições deste cenário é composta por 2 nós, representando as instituições A e B, e uma aresta entre elas, representando esta colaboração. Caso existissem mais dois autores no exemplo da figura 2B, também filiados cada um a uma das instituições, e tais autores tivessem publicado um artigo em parceria, o peso da aresta entre as instituições A e B seria 2. Neste tipo de rede é comum encontrar laços, que são arestas com as duas extremidades incidentes ao mesmo vértice. Isto ocorre quando dois ou mais autores de uma mesma instituição colaboram na elaboração de um mesmo artigo. Este tipo especial de aresta não é considerado para o cálculo da densidade da rede.

4. Análise das redes

Abaixo serão apresentados alguns dados básicos das redes do SBSI, em seguida é apresentada uma análise da evolução de alguns autores com destaque em dois critérios, centralidade de grau e participações nos eventos, por fim, são apresentadas duas novas medidas, usando corte de vértices, para identificar atores importantes na coesão de grupos de pesquisa dentro das redes.

Para verificar a evolução de autores, ocorrida ao longo das edições do SBSI, foram selecionados alguns critérios, e então foram criadas e analisadas as redes dos autores com destaque nestes critérios, verificando o que ocorreu nos diversos momentos em que participaram do SBSI. O primeiro critério foi autores com maior destaque em relação a centralidade de grau. Foram identificados os autores com maior centralidade de grau em cada edição do evento e então foram analisadas as suas participações em todas as edições do evento, a fim de verificar o que ocorre com tais autores, se mantém posição de destaque, progridem ou regridem em relação ao critério em questão. O segundo critério foi a quantidade de participações no SBSI. Foram identificados os autores que participaram da maior quantidade de edições do evento e a rede formada por cada um foi analisada. A seguir são apresentados os dados obtidos.

4.1. Critério 1 - Autores com centralidade de grau elevada

Uma questão importante na ARS é identificar e até mesmo prever a evolução das relações dos atores das redes [Getoor and Diehl 2005]. Nesta seção serão observados os atores que apresentaram centralidade de grau elevada nas edições do SBSI e o que ocorreu com tais autores nas outras edições do evento. Para isso foram criadas redes com todos os atores que possuíam algum caminho até o autor em questão, estes atores foram agrupados pelo ano do evento que participaram e atores que apareceram em mais de um ano foram destacados com a cor cinza.

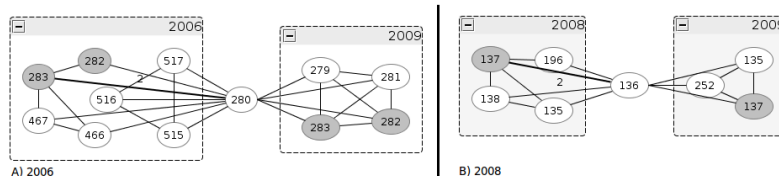


Figura 3. Rede dos autores com maior grau em 2006 e 2008.

Na edição de 2006 do SBSI o ator com maior centralidade de grau foi o autor 280, com grau 8. Após esta edição este autor voltou a aparecer somente na edição de 2009, desta vez com grau 4. A figura 3A exibe a rede do autor 280, onde é possível observar os grupos formados em 2006 e 2009, com destaque para a relação com os autores 282 e 283, que se mantiveram nas duas edições. Na edição de 2008, 7 autores aparecem com o grau mais elevado da rede, porém todos estes autores fazem parte de um único grupo de pesquisa que contribuiu com um único artigo apenas nesta edição do evento. Excepcionalmente, nesta edição do evento, observamos os próximos atores com grau elevado, 136 e 137. Estes autores participaram do mesmo grupo em 2008 e 2009. A figura 3B exibe a rede do autor 136, porém a rede do autor 137 seria idêntica, somente trocando de posição com o autor 136.

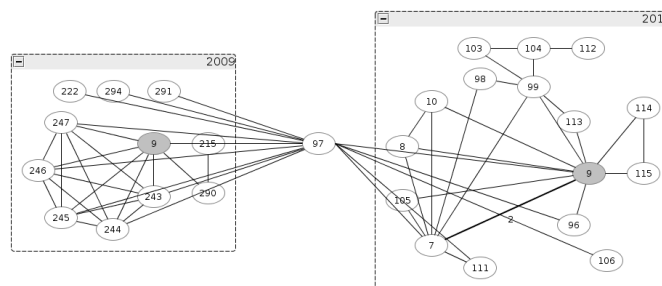


Figura 4. Rede do autor com maior grau em 2009.

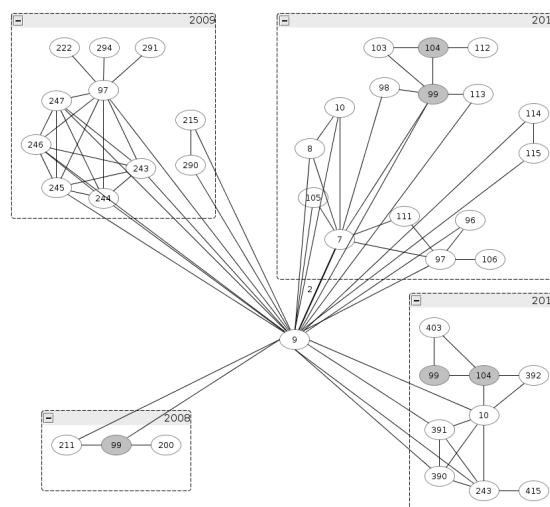


Figura 5. Rede do autor 9 durante as edições do SBSI. Co-autores que aparecem em mais de uma edição são destacados em cinza.

Em 2009, um único autor figura com a maior centralidade de grau da rede. Com grau 9 o autor 97 faz sua primeira aparição em 2009, retornando em 2010 com grau 5 (figura 4). O autor com maior centralidade de grau na edição de 2010 foi o autor 9 (ver figura 5). Este autor estreou na edição de 2008 com grau 2, em 2009 foi o segundo autor com maior centralidade de grau e sua rede de colaboradores aumentou para 11, sendo 8 diretamente ligados a ele. Em 2010 obteve seu maior índice, com 10 colaboradores diretos mais 6 indiretos, sendo o autor com maior centralidade de grau, com o valor 11. Finalizando, em 2011, sua rede sofreu uma redução, e envolveu 9 pesquisadores, quatro deles de forma direta. Em 2011 três autores obtiveram a maior centralidade de grau da rede, autores 388, 389 e 170, com grau 10, porém somente o autor 170 apareceu em outra edição do evento. A figura 6 exibe a rede formada pelo ator 170. Observa-se também que os outros dois autores com destaque, 388 e 389, fazem parte da rede do autor 170.

Dentre os autores com destaque em cada edição do evento, foi observado que 3 deles apareceram em eventos posteriores com grau mais baixo (atores selecionados nas edições de 2006, 2008 e 2009). O ator 9, destaque em 2010, apareceu pela primeira vez em 2008, com grau 2, em 2009 evoluiu para grau 8, atingiu seu ápice em 2010 com grau 11 e na última edição, 2011, teve uma redução para grau 4. O autor 170, selecionado em 2011, teve apenas outra aparição em 2008 com grau 3. Como pode ser visto, a maioria

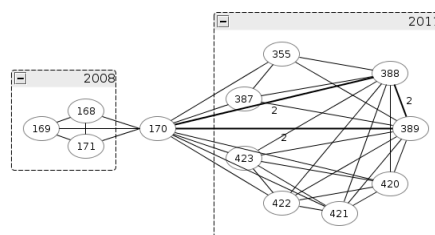


Figura 6. Rede do autor com maior grau em 2011.

dos autores, selecionados pelo critério de grau, em alguma das edições aparece apenas mais uma vez e não mantém o destaque em outras edições. A exceção fica por conta do autor 9 que também teve grau elevado em outra edição do evento.

4.2. Critério 2 - Quantidade de participações

As cinco edições do SBSI em estudo, 2006, 2008, 2009, 2010 e 2011, são compostas por 447 autores distintos. Neste universo foram identificados 56 autores que apareceram em mais de uma edição do SBSI. Destes 56 autores, 47 participaram de apenas 2 eventos, 6 autores participaram de 3 eventos, 3 autores participaram em 4 eventos e nenhum autor participou em todos os cinco eventos deste estudo. Estes 3 autores que participaram da maior quantidade de eventos foram avaliados a fim de verificar suas trajetórias durante os eventos. De forma semelhante ao estudo apresentado em 4.1, foram criadas redes com base nos autores com destaque em cada uma das edições do evento, apresentando suas relações nas outras edições.

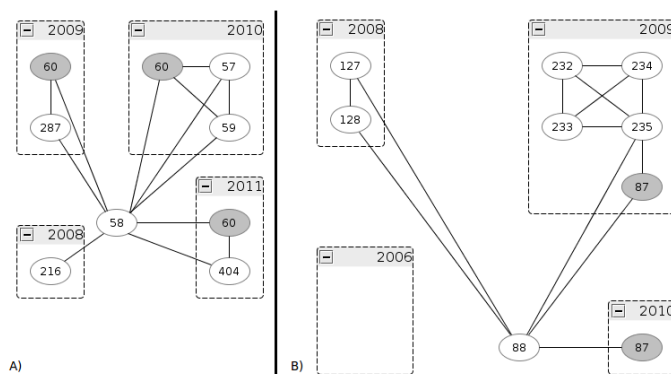


Figura 7. Rede dos autores 58 e 88 durante as edições do SBSI. Co-autores que aparecem em mais de uma edição são destacados em cinza.

Um dos autores que participou de 4 edições do SBSI foi o autor 88. Este autor não apresentou uma centralidade de grau de destaque em nenhuma edição do SBSI. Seu maior grau foi 2, nas edições de 2008 e 2009, em 2006 publicou um artigo sem co-autores e em 2010 seu grau foi 1. Também é possível verificar observando a figura 7B que no ano de 2009, apesar de possuir grau 2, o autor 88 participava de um grupo com outros 5 pesquisadores, sendo que 3 deles são alcançados através do autor 235. Outro autor que apareceu em 4 edições do SBSI foi o autor 9. A rede deste autor já foi apresentada (ver figura 5), pois também obteve destaque em relação a centralidade de grau (ver 4.1). Este autor foi o único que se enquadrou nos dois critérios selecionados.

O terceiro autor que participou de quatro edições do SBSI foi o 58. Ele é semelhante ao autor 88, não se destacou em nenhuma das edições do evento quando observadas de forma isolada, mas sob o ponto de vista de participações nos eventos figurou entre os 3 principais. A figura 7A exibe sua trajetória, com destaque para a parceria com o pesquisador 60 durante 3 edições do SBSI, demonstrando uma relação mais forte entre os dois co-autores. Dentre os 3 autores analisados, este foi o único que apresentou a característica de ser diretamente ligado com todos os nós da rede formada.

Observa-se que dos três autores com destaque na frequência com que aparecem no SBSI apenas um deles também é um ator com centralidade de grau elevada. O autor 9, possuindo a maior centralidade de grau no ano de 2010, foi o único que também obteve destaque no critério de participações, e os autores 58 e 88 não seriam notados sem o uso do critério de participações. A análise evolutiva de uma rede é geralmente feita através da análise desta rede em diversos momentos diferentes $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$, onde $t_1 < t_2 < t_3 \dots < t_n$. No caso do SBSI podemos considerar que cada edição do evento corresponde a um momento da rede. A inclusão de uma rede indica o percentual de vértices não isolados, ou seja, indica o percentual de autores com pelo menos uma colaboração. Nas edições do SBSI em estudo, foi constatado que a grande maioria dos artigos foi escrito por pelo menos 2 autores, nos anos de 2009 e 2010 nenhum artigo foi escrito de forma solitária, levando a uma inclusão de 100 nestas edições. A tabela 1 apresenta a evolução das edições do SBSI nos anos de 2006 a 2011. A tabela mostra o número de autores e o número de artigos de cada evento, além disso, mostra os valores dos critérios inclusão e densidade.

Tabela 1. Evolução das redes de autores do SBSI

	2006	2008	2009	2010	2011
Autores	109	108	96	114	88
Relações	146	139	168	172	124
Artigos	39	39	29	40	32
Autores / Artigos	2,79	2,77	3,31	2,85	2,75
Inclusão	94,50	97,22	100,00	100,00	98,86
Densidade	0,0248	0,0241	0,0368	0,0267	0,0324
Grau médio normalizado	0,0248	0,0241	0,0368	0,0267	0,0324
Diâmetro	2	2	3	5	4
Maior grau na rede	8	6	9	11	10

4.3. Evolução das instituições - cumulativo

O grafo de instituições resultante após o agrupamento das edições de 2006, 2008, 2009, 2010 e 2011 do SBSI possui 104 vértices e 83 arestas, distribuídos em 38 componentes conexos, sendo que o componente gigante do grafo interliga 26 instituições distintas, o que corresponde a 25% das instituições envolvidas. O segundo maior componente tem a metade do tamanho do componente gigante, conta com 13 instituições e corresponde a 12,5% das instituições envolvidas. Mesmo agrupando cinco edições do evento, 23 instituições permaneceram sem parcerias. A figura 8 apresenta este grafo.

A evolução do grau no grafo de instituições representa o aumento de parcerias entre instituições ao longo das edições do SBSI. Como pode ser visto no gráfico da figura 9, diversas instituições tiveram um crescimento razoavelmente gradual, exceto pela UFRJ

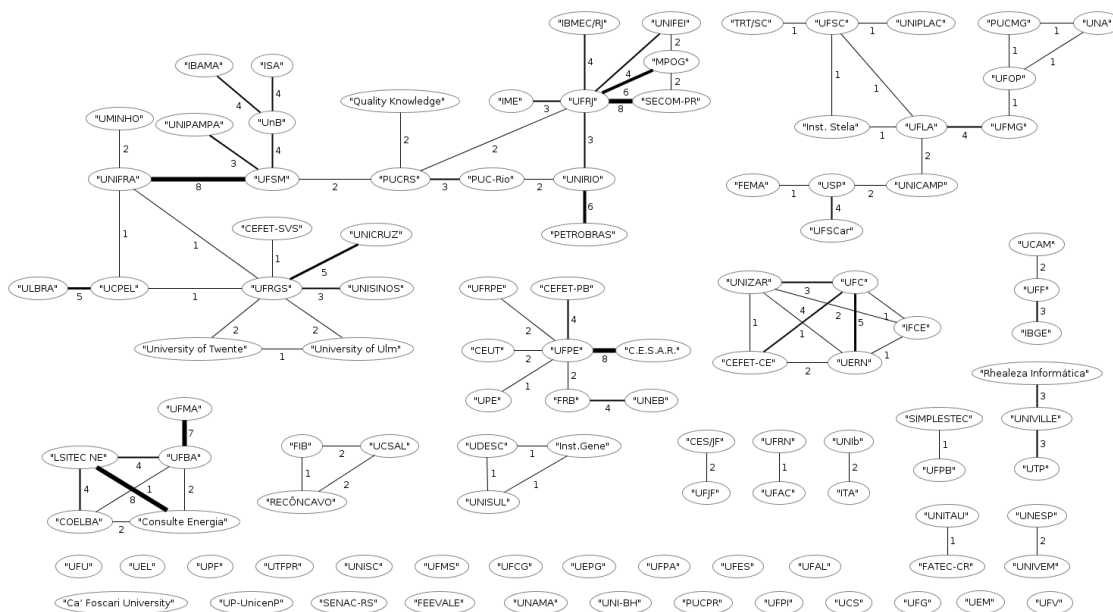


Figura 8. Grafo de instituições cumulativo - 2006 a 2011

que na edição de 2011 deu um salto significativo, se tornando a instituição com o maior número de parcerias.

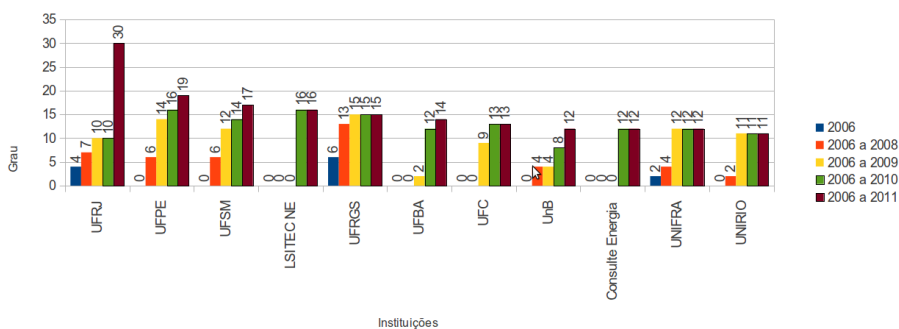


Figura 9. Evolução do grau das instituições. Arestas de retorno não foram consideradas para o cálculo do grau. Incluídas apenas instituições com grau final maior que 10

5. Corte de vértices

Um corte de vértices é um subconjunto V' de V cuja remoção implica em aumento do número de componentes conexos no grafo. As arestas incidentes aos vértices pertencentes a V' também são removidas. Abaixo serão apresentadas duas medidas, que utilizam corte de vértices, para identificar atores ou grupos de atores importantes em uma rede, no sentido de que sua remoção desconecta o grafo, ou seja, diminui a coesão do grupo.

5.1. Ponderação entre os componentes gerados e a soma do grau do corte de vértices

Seja $n_c(G)$ o número de componentes conexos de um grafo $G = (V, E)$ e $n_c(V', G)$ o número de componentes conexos do grafo G após a remoção do subconjunto $V' \in V$. O

subconjunto V' é um corte de vértices se $n_c(V', G) > n_c(G)$.

Então definimos a medida $w_{cd}(V')$ como a razão entre o número de componentes conexos após o corte V' , e a soma do grau dos vértices que pertencem a V' , da seguinte forma $w_{cd}(V') = \frac{n_c(V', G)}{\sum_{v \in V'} C_d(v)}$. A faixa de valores desta medida é $0 < w_{cd}(V') \leq 1$, sendo que o valor 1 ocorre quando cada aresta removida implica no aumento de componentes conexos. Esta medida destaca atores pouco importantes na centralidade de grau, mas que são essenciais na coesão do grupo de pesquisa.

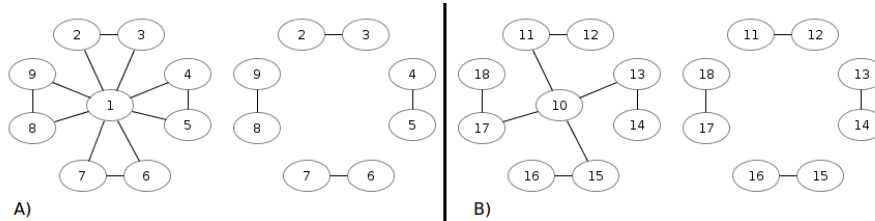


Figura 10. Exemplos de grafos com corte de vértices de mesmo tamanho e $w_{cd}(V')$ distintos

A figura 10A exibe um grafo conexo que possui corte V' de tamanho 1, $|V'| = 1$, $V' = \{1\}$, esta figura também exibe o grafo resultante após o corte $V' = \{1\}$. O mesmo ocorre na figura 10B, porém com o corte do vértice $V' = \{10\}$. O resultado do corte nos dois grafos apresenta 4 componentes conexos. A diferença está somente no grau do vértice. No caso do grafo A o corte de vértices possui $w_{cd}(1) = \frac{n_c(1,A)=4}{\sum_{v \in V'} C_d(v)=8} = 0.5$, enquanto no grafo B o corte de vértice apresenta $w_{cd}(10) = \frac{n_c(10,B)=4}{\sum_{v \in V'} C_d(v)=4} = 1$. Esta proposta auxilia na identificação de vértices que a princípio podem não ter grande destaque, mas que tem sua importância na coesão do grupo de colaboração, bem como pode ser um critério de desempate entre vértices de mesmo grau. No exemplo apresentado na figura 10, o resultado após os cortes de vértices são grafos com 4 componentes cada, porém, a medida apresentada atribui um valor maior ao corte com menor grau, fazendo com que o corte de vértices $V' = \{10\}$ seja considerado mais importante que o corte $V' = \{1\}$, pois mesmo com grau menor, sua remoção causa o mesmo impacto a coesão do grupo.

5.2. Ponderação entre os componentes gerados e o tamanho do corte de vértices

O segundo critério é obtido através da razão entre o número de componentes conexos gerados pelo corte e o número de vértices no corte, da seguinte forma, $w_{ct}(V') = \frac{n_c(V', G)}{|V'|}$. Esta medida privilegia cortes pequenos com impacto grande na estrutura colaborativa formada na rede social, conforme exemplo da figura 11.

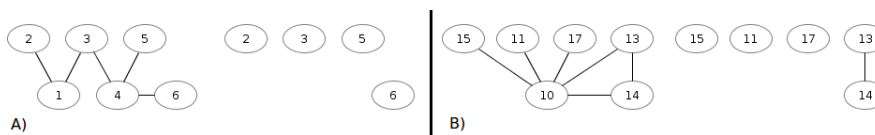


Figura 11. Exemplos de grafos com corte de vértices com o mesmo somatório de grau e $w_{ct}(V')$ distintos

Observando a figura 11 temos dois exemplos de grafos com cortes de vértices onde o somatório do grau dos vértices no corte é igual. O impacto na estrutura dos componentes também é igual, produzem 4 componentes conexos após o corte. Os dois grafos possuem $w_{cd} = \frac{4}{5}$, para o corte proposto. No grafo A o corte $V' = \{1, 4\}$ possui $w_{ct}(V') = \frac{n_c(V',G)=4}{|V'|=2} = 2$, enquanto que o grafo B com o corte $V' = \{10\}$ possui $w_{ct}(V') = \frac{n_c(V',G)=4}{|V'|=1} = 4$. Este exemplo demonstra a característica da medida, mencionada anteriormente, de priorizar cortes de menor tamanho.

5.3. Verificação dos cortes nas redes do SBSI

As figuras 8 e 12 exibem as redes, de instituições e de autores, acumuladas das edições do SBSI em estudo. Foram gerados cortes para estas duas redes que atendiam aos seguintes critérios: tamanho máximo do corte igual ao tamanho do componente menos 2, ou seja, um componente com 5 vértices pode ter cortes de tamanho até 3, o tamanho dos cortes também foi limitado a 5, nos casos onde o componente possui mais de 7 vértices, a última restrição implica em que um vértice possua pelo menos dois vértices adjacentes para que possa ser incluído nos cortes. Mesmo com estas limitações, foram gerados mais de 250 mil cortes para as duas redes. As medidas w_{cd} e w_{ct} foram calculadas para todos os cortes gerados exibindo alguns resultados interessantes. Na rede de autores, uma das primeiras coisas que se destaca é o componente gigante formado por 41 pesquisadores, quase 10% do total da rede, que é de 447.

Três autores obtiveram $w_{cd} = 1$, ou seja o seu grau é igual ao número de componentes que mantém conectados, são eles 179, 034 e 140, todos possuem grau 2 e a remoção de cada um divide o componente em 2. O próximo autor com valor elevado desta medida é o 158, com $w_{cd} = 0.75$, ele possui grau 4 e sua remoção divide o componente em 3. Na sequência temos o autor 202 com $w_{cd} = 0.66$, este autor faz parte do componente gigante formado na rede, e sua remoção divide este componente em 2. Como pode ser visto, esta medida privilegia autores com grau relativamente baixo mas que possuem importância na coesão do grupo ao qual fazem parte. Observando a medida w_{ct} o corte com maior valor foi $V' = \{97\}$, com $w_{ct} = 5$, na sequência temos o corte $V' = \{9, 97\}$, com $w_{ct} = 4$, a remoção destes dois autores causa um grande impacto ao componente gigante, dividindo-o em 8 componentes menores. Esta medida destaca cortes pequenos com impacto considerável no grupo de pesquisa.

Observando a rede de instituições o corte que obteve maior w_{cd} foi o corte $V' = \{UFSC\}$, com $w_{cd} = 0.75$, a UFSC possui grau 4 e sua remoção divide o componente em 3. Na sequência temos a UFOP, com grau 3 e $w_{cd} = 0.667$, dividindo o componente em 2. Observando apenas o componente gigante, o corte com maior w_{cd} foi o corte $V' = \{PUCRS\}$, com $w_{cd} = 0.333$, grau 9 e dividindo o componente em 3. Observando a medida w_{ct} o corte com maior valor é formado apenas pela UFPE, onde sua remoção divide o componente em 6, ou seja, é um corte de tamanho 1 o que leva a $w_{ct} = 6$. O próximo corte com valor elevado é formado pela UFRGS, com $w_{ct} = 5$. Na sequência temos um corte que possui tamanho 2, $V' = \{UFRGS, UFRJ\}$ e divide o componente em 8, obtendo $w_{ct} = 4$.

6. Considerações finais

Foi identificado que praticamente 25% das instituições não estabeleceram parcerias na publicação de artigos nos referidos eventos, este também é o tamanho aproximado do

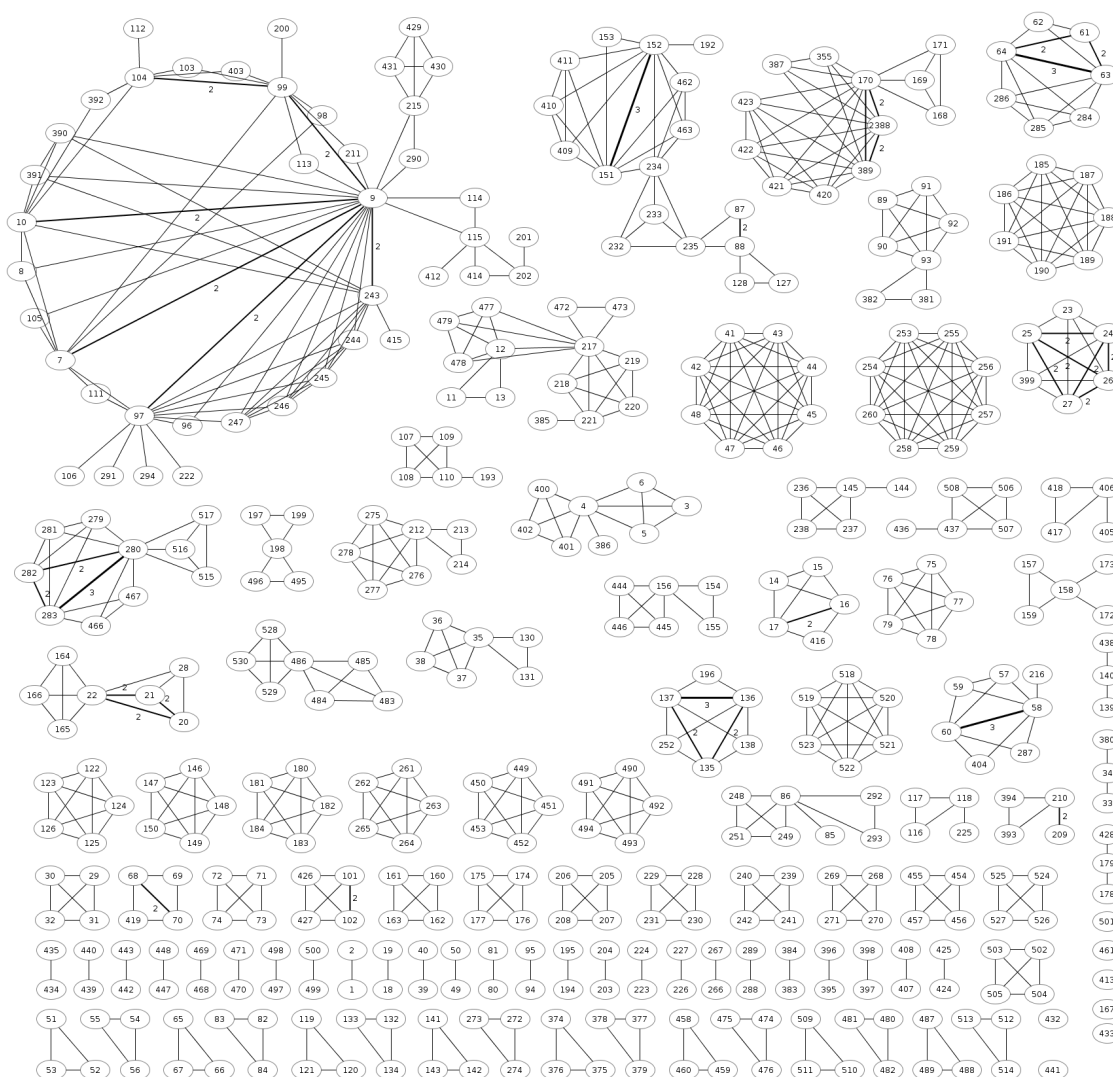


Figura 12. Rede de autores de 2006, 2008, 2009, 2010 e 2011

maior grupo de instituições formado. A falta de parcerias é, normalmente, mais esperada no nível individual onde jovens pesquisadores iniciam com uma rede de colaboração nula ou pequena. A falta de crescimento nos padrões de cooperação entre instituições, ao longo dos anos, pode ser preocupante se isto for visto como um indicador de que os pesquisadores de várias instituições favorecem a pesquisa interna [Reijers et al. 2009].

A análise da rede dos autores com grande frequência nos eventos destacou autores que não teriam destaque através das medidas clássicas de ARS, como a centralidade de grau, com exceção de um caso, onde o autor também era detentor de uma centralidade de grau elevada. A análise da atuação de atores com destaque em uma edição do evento demonstrou que na maioria dos casos estes autores não apresentam posições de destaque em outras edições, novamente com uma exceção, onde o autor 9 figura em outra edição com uma posição elevada. Por fim, foram apresentadas duas medidas baseadas em corte de vértices que auxiliam na identificação de grupos de autores que exercem papel importante na coesão de grupos de pesquisa. Foi observado que um simples corte de tamanho 2 pode dividir o componente gigante da rede de autores em 8, demonstrando a importância

destes 2 pesquisadores ao grupo e a validade da medida. Na rede de instituições a simples remoção da UFPE divide seu componente em 6, enquanto o corte da UFRGS e da UFRJ divide o componente gigante em 8 componentes menores. As duas medidas apresentadas, destacam atores, ou grupos de atores, que, em diversos casos, passam despercebido por medidas tradicionais da análise de redes sociais, mas que possuem grande importância na coesão dos grupos de pesquisa formados ao longo dos anos.

Referências

- Berge, C. (1962). *The theory of graphs and its applications / by Claude Berge ; translated by Alison Doig*. Methuen ; Wiley, London : New York .
- Bondy, J. A. (1976). *Graph Theory With Applications*. Elsevier Science Ltd.
- Getoor, L. and Diehl, C. P. (2005). Link mining: a survey. *SIGKDD Explor. Newsl.*, 7:3–12.
- Harary, F. (1994). *Graph Theory*. Westview Press.
- Jamali, M. and Abolhassani, H. (2006). Different aspects of social network analysis. In *Web Intelligence, 2006. WI 2006. IEEE/WIC/ACM International Conference on*, pages 66–72.
- Newman, M. (2004a). Who is the best connected scientist? a study of scientific co-authorship networks. In Ben-Naim, E., Frauenfelder, H., and Toroczkai, Z., editors, *Complex Networks*, volume 650 of *Lecture Notes in Physics*, pages 337–370. Springer Berlin / Heidelberg.
- Newman, M. E. J. (2004b). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. In *Proceedings of the National Academy of Sciences*, pages 5200–5205.
- Nizamani, S. and Memon, N. (2011). Evolution of terrorist network using clustered approach: A case study. *European Intelligence and Security Informatics Conference*, 0:116–122.
- Ozgul, F., Atzenbeck, C., and Erdem, Z. (2011). How much similar are terrorists networks of istanbul? *Social Network Analysis and Mining, International Conference on Advances in*, 0:468–472.
- Reijers, H. A., Song, M., Romero, H., Dayal, U., Eder, J., and Koehler, J. (2009). A collaboration and productiveness analysis of the bpm community. In *Proceedings of the 7th International Conference on Business Process Management, BPM '09*, pages 1–14, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.
- Wang, C., Tang, J., Sun, J., and Han, J. (2011). Dynamic social influence analysis through time-dependent factor graphs. *Social Network Analysis and Mining, International Conference on Advances in*, 0:239–246.
- Wang, J.-H. and Lin, C.-L. (2011). An association model based on modus operandi mining for implicit crime link construction. *Social Network Analysis and Mining, International Conference on Advances in*, 0:548–550.