

Redes Colaborativas nos Estudos Métricos de Ciência e Tecnologia

Samile Andréa de Souza Vanz*

Resumo A teoria de redes passou a ser muito utilizada pela Bibliometria e Cientometria porque auxilia na interpretação e no entendimento dos dados resultantes das pesquisas realizadas na área. O artigo aborda um breve histórico das redes comentando desde o modelo aleatório de Erdős e Rényi aos modelos mais atuais. Apresenta as medidas mais importantes para redes de coautoria, como densidade e medidas de centralidade. Descreve pesquisas empíricas aplicadas em redes de coautoria e suas descobertas, como a propriedade de conexão preferencial, o nível de agrupamento e o modelo sem escala. Conclui que o entendimento da teoria de redes é fundamental para o estudo do fenômeno da coautoria e que os pesquisadores interessados na temática devem ampliar o uso da mesma em suas pesquisas.

Palavras-chave Redes de coautoria, colaboração científica.

Collaborative Networks in Metric Studies of Science and Technology

Abstract The network theory became widely used for Bibliometrics and Scientometrics because it helps in the understanding and interpretation of data resulting from these studies. This article covers a brief history of networks and comments from the random model of Erdős and Rényi to most current models. It presents the most important measures for co-author networks, such as density and centrality measures. It also describes applied empirical research on networks of co-authorship and its findings, as the preferential attachment, cluster property and scale free model. The article concludes that the understanding of the network theory is crucial to the study of the phenomenon of co-authorship and that researchers interested in the subject should expand the use of this theory in their research.

Keywords Co-author network, scientific collaboration.

* Professora adjunta do Departamento de Ciências da Informação e do Programa de Pós-graduação em Comunicação e Informação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Endereço: Rua Ramiro Barcelos, 2705 sala 214. Telefone: (51) 3308-5434. E-mail: samilevanz@terra.com.br

Introdução

As redes sociais constituíram objeto de interesse sociológico e foco de pesquisas teóricas e empíricas em diversos campos do conhecimento nos últimos 50 anos, em parte pela curiosidade natural que a interação humana desperta, mas também porque sua estrutura tem implicações importantes para a disseminação de informações, ideias, inovações e doenças (WASSERMAN; FAUST, 1997). O uso intensivo de recursos computacionais para observação da dinâmica das redes é mais recente e alterou a concepção que vigorou por alguns anos de que as redes se formam de maneira puramente aleatória, e mostrou que uma pequena variação na média de relacionamentos de um ator da rede pode resultar na propagação de um modismo, uma piada ou um vírus. Estas novas descobertas justificaram a necessidade de um maior entendimento da topologia e dos princípios que regem as redes sociais.

A comunidade científica é propensa à formação de redes devido as suas características próprias, como a constante troca de ideias e informações e a disponibilidade de mecanismos que promovem o trânsito de pesquisadores. As redes de colaboração científica surgiram como resposta à profissionalização da Ciência que ocorreu na França, durante o século XVII (BEAVER; ROSEN, 1978; 1979) e caracterizaram a Big Science. A partir do desenvolvimento da Física de Altas Energias, o modelo *teamwork* ou de colaborações gigantes espalhou-se para a Biologia Molecular e para a pesquisa Biomédica em projetos como o Projeto Genoma, e representa um novo paradigma para a estrutura organizacional da pesquisa científica (BEAVER, 2001).

Na opinião de Solla Price (1976), a colaboração científica acontece no âmbito dos colégios invisíveis – as comunidades informais de pesquisadores que se comunicam, trocam informações e experiências e também publicam formalmente seus resultados de pesquisa. Os pesquisadores encontram-se em congressos, conferências, reuniões sobre suas especialidades e visitam-se por meio de estágios e programas como, por exemplo, o de professor visitante. Nessas oportunidades, os cientistas trocam ideias e *preprints*, discutem projetos de pesquisa e, como consequência, constituem um grupo que detém o controle e administração de fundos de pesquisa e laboratórios. Esse tipo de organização transcende os limites do departamento, da instituição, de um país e abrange cientistas de todos os lugares do mundo, onde houver atividade científica relevante no campo ou na especialidade em questão (VANZ; STUMPF, 2010). Como resultado, a comunidade científica de algumas áreas do conhecimento, especialmente aquelas mais “experimentais”, vem se tornando densamente conectada através dos laços que unem os pesquisadores, formando uma grande rede de colaboração. O trânsito dos pesquisadores em congressos, conferências, estágios, programas como os de pós-doutorado e de pesquisador visitante estimula e facilita a dispersão das ideias, inovações, teorias e metodologias. Neste contexto busca-se entender também a importância dos *hubs*, os pesquisadores com o maior número de contatos ou capazes de fazer pontes entre aqueles que não se comunicam.

As relações entre os cientistas refletem-se de diversas formas, como a participação em bancas e projetos de pesquisa, como também na produção científica. A coautoria é uma das possíveis consequências dessas relações e as redes de coautoria são autênticas, na opinião de físicos e matemáticos, visto que os cientistas se conectam aos colegas por vontade própria (BARABÁSI et al., 2002). Outra característica importante que desperta o interesse dos estudiosos das redes de colaboração é o registro da data de ingresso dos nós (autores), feito através da data de publicação dos artigos. A manutenção permanente dessas informações – autores e data de publicação dos artigos - é feita por alguns bancos de dados bibliográficos, permitindo a pesquisa por outros

pesquisadores e tornando desnecessária a entrevista e outros métodos de pesquisa demorados e onerosos utilizados no estudo de redes de amigos e de disseminação de doenças (BARABÁSI et al., 2002).

Assim como em várias outras áreas, a ciência vivenciou a alteração da organização de suas comunidades. Do modelo árvore onde de um tronco único saem várias ramificações, os cientistas passaram a se organizar em um modelo de teia ou rede, com muitos *links* transversais entre eles. Conhecer a teoria e as leis que regem a estrutura em rede é fundamental para entender alguns aspectos da dinâmica das relações de colaboração e, por este motivo, a teoria das redes e os mapas advindos da aplicação dos *softwares* utilizados para as análises são tão importantes para a Bibliometria e a Cientometria. Atualmente os indicadores mais utilizados por estes campos procuram conhecer o pesquisador mais produtivo ou mais citado, e também dar uma ideia das conexões que este pesquisador tem com seus pares. Se o objetivo do estudo for conhecer os papéis desempenhados na divulgação de ideias, teorias ou metodologias, tão importante quanto saber quem são os cientistas mais produtivos ou citados é saber quem são os cientistas bem conectados.

Dada a importância da aplicação da teoria de redes aos estudos bibliométricos e cientométricos, este trabalho objetiva contribuir com os estudos de colaboração científica ao apresentar algumas propriedades fundamentais para o entendimento das redes de coautoria. Nas seções que seguem são apresentados um breve histórico dos estudos de redes, algumas medidas relevantes para a análise, e, por fim, as leis e propriedades que governam a estrutura das redes de coautoria.

Breve histórico das redes

A teoria dos grafos constitui um ramo da matemática iniciado por Leonhard Euler em 1736, ao resolver o quebra-cabeça matemático das sete pontes de Königsberg (BARABÁSI, 2009). O problema é baseado na cidade medieval de Königsberg, pertencente ao território da Prússia até 1945, que é cortada pelo Rio Pregel, formando um complexo que na época continha sete pontes. Um dos passatempos da cidade era discutir a possibilidade de cruzar todas as sete pontes sem jamais passar pela mesma ponte duas vezes. A façanha era um enigma popular quando Euler, desenhando as pontes em forma de grafo, provou que não existia tal possibilidade.

A teoria dos grafos teve continuidade nos estudos dos matemáticos Paul Erdős e Alfréd Rényi, que os encararam como fundamentalmente aleatórios, afirmando que em grandes redes quase todos os nós têm aproximadamente o mesmo número de conexões. A teoria randômica de rede de Erdős e Rényi dominou o pensamento científico das redes desde sua introdução, em 1959. Segundo esta proposição, a maioria das pessoas possuiria aproximadamente o mesmo número de conhecidos, a maioria dos sites seria vista aproximadamente pelo mesmo número de visitantes e, no longo prazo, nenhum nó seria favorecido ou isolado (BARABÁSI, 2009).

Ao apresentar os estudos sobre os seis graus de separação, o americano Stanley Milgram revolucionou as ideias acerca da interconectividade em 1967 (BARABÁSI, 2009). A questão balizadora do experimento de Milgram era saber quantos conhecidos são necessários para conectar dois indivíduos selecionados ao acaso, com o objetivo de descobrir a distância entre duas pessoas quaisquer. A partir de um experimento envolvendo a remessa de cartas a moradores das cidades americanas Wichita e Omaha, Milgram verificou a cadeia completa de

pessoas que possibilitou determinar que, em média, são necessárias seis pessoas para uma carta chegar ao seu alvo.

Mark Granovetter também desempenhou papel importante ao publicar, em 1973, o texto *The Strength of Weak Ties* (A Força dos Laços Fracos), onde afirma que quando se trata de arranjar emprego, saber das novidades ou espalhar uma fofoca, nossos vínculos sociais fracos são mais importantes que as amizades sólidas que cultivamos. Ou seja, os vínculos fracos desempenham papel crucial em nossa capacidade de nos comunicar com o mundo exterior. Através do argumento de Granovetter (1973) chega-se a uma imagem de sociedade bem diferente do universo randômico descrito por Erdős e Rényi. Enquanto em uma rede randômica não haveria nenhum círculo de amigos, na medida em que nossas conexões com outros nós são completamente aleatórias, na teoria granoveteriana a sociedade é composta por uma teia fragmentada de aglomerados totalmente interligados que se comunicam através de elos fracos. Granovetter (1983) defendeu também a ideia de que as redes mais abertas permitem a introdução de novas idéias e oportunidades aos seus membros, fazendo, desse modo, que os laços fracos sejam vantajosos e desempenhem papel fundamental, pois são os que importam para a expansão e força das redes, além de servir como pontes entre o centro e a periferia.

Em meados de 1990, Duncan Watts e Steven Strogatz introduziram as redes de mundo pequeno (*small worlds*) e o conceito de coeficiente de “clusterização” ou coeficiente de agrupamento, que mensura o grau com que os nós de um grafo tendem a agrupar-se. As evidências sugerem que os nós da maioria das redes do mundo real, e em especial as redes sociais, tendem a criar grupos coesos caracterizados por uma alta densidade de laços. A probabilidade de tal fato acontecer tende a ser maior que a probabilidade média de um laço ser estabelecido, aleatoriamente, entre dois nós. O agrupamento é uma propriedade muito comum nas redes sociais, referindo-se aos círculos de amigos ou conhecidos onde os seus membros se conhecem e formam um grupo (WATTS; STROGATZ, 1998).

A partir dos estudos anteriormente citados e de outros estudos fundamentais, pesquisadores interessados no tema passaram a buscar fenômenos nos quais fosse possível estudar a topologia das redes. O intervalo de tempo transcorrido entre a definição teórica e conceitual das redes e o instrumental de análise que facilitasse os estudos empíricos foi relativamente curto e beneficiou-se dos avanços tecnológicos da computação, do desenvolvimento de *software* e da matemática aplicada.

Considerando a comunidade científica como exemplo de grupo que se organiza em redes, altamente interconectadas em algumas áreas, pode-se inferir que os cientistas estão vinculados reciprocamente pelos trabalhos acadêmicos que produzem. Muitas destas conexões são regularmente divulgadas e registradas em bancos de dados como por exemplo o Chemical Abstracts, Mathematical Reviews, Medline, Scopus e Web of Science, facilitando os estudos destas redes de colaboração. Por este motivo as redes de coautoria passaram a ser utilizadas para os estudos de dinâmica e topologia de redes por pesquisadores como Mark Newman e Albert-László Barabási no final dos anos 1990.

As medidas de redes

Essencialmente, uma rede é uma teia de nós (elementos) e *links* (conexões) entre esses nós (BARABÁSI, 2009). Para Newman (2000), rede social é o conjunto de pessoas ou grupos que possuem conexões de algum tipo com um ou com todos os outros integrantes da rede. Em ciências sociais, a rede representa um conjunto de participantes autônomos (indivíduos, grupos, organizações, etc), unindo ideias e recursos em torno de valores e interesses compartilhados (MARTELETO, 2001; MARTELETO; SILVA, 2004).

Apesar de desempenhar um papel importante em disciplinas como a Ciência da Computação, Inteligência Artificial, Economia e Geografia, o interesse pela Teoria das Redes é recente nas áreas sociais (OTTE; ROUSSEAU, 2002). No Brasil, o trabalho que aplicou a teoria aos estudos de transferência da informação publicado por Marteleto (2001) é considerado pioneiro no âmbito da Ciência da Informação. Já os estudos bibliométricos de coautoria passaram a incluir a análise de redes entre suas técnicas e metodologias mais recentemente (MATHEUS; SILVA, 2006; SILVA et al., 2006; HAYASHI; HAYASHI; LIMA, 2008; MAIA, CAREGNATO, 2008; VANZ, 2009; MOURA; CAREGNATO, 2011).

Para Otte e Rousseau (2002), a análise de redes é uma técnica interdisciplinar desenvolvida sob forte influência da Matemática e da Ciência da Computação. Enquanto a teoria social tradicional é individualista e não considera os sujeitos em seu contexto e relacionamentos, a análise de redes estuda como as regularidades da estrutura da rede influenciam o comportamento dos mesmos. Portanto, a análise de redes “[...] não é uma teoria formal, mas, antes, uma ampla estratégia para investigação de estruturas sociais” (OTTE; ROUSSEAU, 2002, p. 441, tradução nossa). Outro aspecto importante, segundo os autores, é o estudo de como as regularidades estruturais influenciam o comportamento dos atores da rede.

A análise de redes utiliza como notação matemática três abordagens distintas: grafos (a representação gráfica formaliza o conjunto de atores e as ligações entre eles); álgebra linear (as matrizes formadas por linhas e colunas representam os atores da rede, e a presença de valores na interseção de células indica laços entre os atores da linha e da coluna); e álgebra relacional (o cálculo das relações entre o conjunto de atores e seus atributos) (MATHEUS; SILVA, 2009). A análise de redes pode se desenvolver de duas formas: *ego network analysis* (redes egocentradas, redes pessoais ou redes individuais) e *global network analysis* (rede global, rede completa ou rede total). Na primeira, a rede de uma pessoa é analisada, sendo que o ator pesquisado nomeia as pessoas com as quais tem laços, e também indica como percebe os laços entre tais pessoas. Na rede global, analisam-se todas as relações entre os participantes da rede.

Os relacionamentos entre os atores são o foco da análise de redes, enquanto os atributos dos mesmos são secundários. Os atributos de um ator são suas características individuais, e o conjunto desses atributos é denominado composição da rede (WASSERMAN; FAUST, 1997). Para se entender completamente um determinado fenômeno, os atributos são tão necessários quanto os relacionamentos e os laços (OTTE; ROUSSEAU, 2002).

A análise de redes baseia-se em métodos de análises numéricas e estatísticas adequados ao estudo de relações entre entidades. Dependendo da área onde são aplicadas, as entidades a serem analisadas podem ser atores sociais (indivíduos, organizações, países); páginas na *web*; documentos; e, no caso da ciência, publicações e/ou informações extraídas delas, como citações e co-citações. O conceito de ator é flexível, permitindo diferentes níveis de agregação, o que

permite sua adequação a diferentes problemas de pesquisa. Assim, um ator pode ser tanto um funcionário quanto toda uma empresa. Os relacionamentos podem se dar por meio de trocas materiais (movimentação, proximidade) ou não-materiais (informação, sinais elétricos) (MATHEUS; SILVA, 2009). A metodologia de análise de redes sociais permite o estudo de relações formais e informais entre pessoas. No caso de relações formais, um exemplo são as relações profissionais de subordinação dentro das organizações. No caso de relações informais, pode-se exemplificar com as relações de amizade.

O laço relacional, denominado simplesmente laço ou ligação, é responsável por estabelecer a ligação entre pares de atores, constituindo-se o canal para transferência ou fluxo de recursos materiais ou imateriais, como a troca de mensagens, a interação entre pessoas, as relações biológicas, a citação e a coautoria. Os laços são classificados em laços fortes (*strong ties*), laços ausentes (*absent ties*) e laços fracos (*weak ties*). Os laços fracos têm especial importância devido à sua função de ligação entre partes de uma rede que não são ligadas diretamente por meio de laços fortes. O fato dá origem ao conceito de ponte, quando um indivíduo fortemente ligado a um subgrupo interage com uma pessoa de outro subgrupo.

A literatura apresenta inúmeros indicadores usados para descrever a coesão das redes e o papel desempenhado por determinados atores. Alguns indicadores, como densidade e medidas de centralidade, são descritos brevemente a seguir pela importância que desempenham na análise das redes de coautoria.

Medidas de centralidade podem ser feitas em relação a um único nó, ou a subgrafos de grafos. A centralidade mede o quanto um nó é central no grafo, ou seja, quantos laços esse nó recebe de todos os outros. Em uma rede de coautoria, o grau de centralidade de um autor é medido pelo número de autores no grafo com quem ele colaborou em pelo menos um artigo. Portanto, um autor com alto grau de centralidade é um autor que possui muitos outros coautores, e, devido a sua posição, tem mais acesso à informação e melhores oportunidades para disseminá-la. Um exemplo de análise é a determinação do(s) ponto(s) central(is). Analisa-se a localização do ator em relação à rede total, identificando cientistas considerados importantes para a conexão da rede. Em uma rede com alto grau de centralidade, a informação se espalha facilmente, mas o centro é indispensável para sua transmissão (SAID et al., 2008).

A centralidade de proximidade (*closeness*) de um ator mede o quanto um nó está próximo de todos os demais nós da rede. Quanto menor a distância total que separa um nó de todos os outros, maior será a medida de proximidade. A centralidade de intermediação (*betweenness*), mede a importância de um nó na circulação da informação (SAID et al., 2008), ou seja, “[...] aquele que controla o fluxo da informação entre muitos outros” (NEWMAN, 2001c, p. 3). Nesse contexto, um ator é central se está entre outros tantos da rede. A medida analisa o quanto um nó está no caminho geodésico entre outros nós. De acordo com Newman (2001c), *closeness* é a medida de centralidade de um ator em relação ao seu acesso à informação, enquanto *betweenness* é a medida do controle que um ator detém no fluxo de informação entre os outros. Em redes de coautoria, observa-se que essas medidas não estão relacionadas diretamente à produtividade de um autor, ou seja, o autor pode, apesar de ser o mais produtivo em uma rede, não deter as melhores medidas e, portanto, não exercer um papel importante dentro da rede de coautoria.

Redes colaborativas

A aplicação dos estudos de redes em organizações ou redes de amigos apresenta algumas limitações devido ao tamanho dessas comunidades. Entre estas limitações assinala-se a necessidade de entrevistar os atores das redes para conhecer as relações entre eles, assim como as diferenças no entendimento do que é uma relação, de quais membros se relacionam entre si e quando iniciou a relação entre eles. Como são redes formadas por muitas pessoas, entrevistar a todos torna as pesquisas mais demoradas e onerosas. Por esse motivo tem-se buscado entender as redes através de grupos que dispõem de um grande número de dados e que apresentam os conceitos de relacionamento e conectividade bem definidos, através de registro oficial da relação e do início da mesma. Segundo Newman (2001a) e Barabási e colaboradores (2002), as comunidades científicas constituem estas redes, assim como as redes de tráfego entre aeroportos e a rede *Internet*. Os pesquisadores buscam entender a dinâmica que governa a evolução das redes e as características da sua topologia, ou seja, a forma como seus elementos estão dispostos fisicamente.

O fenômeno da colaboração científica pode se concretizar, entre outras formas, através da coautoria de artigos publicados. Dois cientistas são considerados conectados se publicaram um artigo em conjunto. Assim, em uma rede de coautoria científica, os nós são os cientistas, e dois deles estão ligados se colaboraram em uma publicação (BARABÁSI et al., 2002). Essas redes são consideradas genuínas porque refletem uma interação profissional específica entre cientistas, e esta interação está registrada em inúmeras bases de dados que possibilitam a análise de redes. Por isso, além do interesse imediato para a Bibliometria e Cientometria, esse tipo de rede interessa aos que querem entender a topologia e a dinâmica que governam as redes complexas. A data em que cada nó foi adicionado à rede é crucial para o entendimento da dinâmica da rede, e, segundo Barabási e outros (2002), apenas dois tipos de redes detêm essa característica: as redes de coautoria e as redes de atores. Nessa última, a decisão de atuar em conjunto não depende do próprio ator, mas sim do diretor do filme, por exemplo. Já nas redes de coautoria a decisão parte do autor, fato que reforça a ideia desse tipo de rede como um verdadeiro sistema social.

A utilização das redes de coautoria em estudos empíricos que objetivam entender as redes complexas têm auxiliado na interpretação das redes na ciência. Newman (2001a, 2001b, 2001c, 2004), em pesquisa realizada nos bancos de dados Medline (literatura Biomédica), Los Alamos e-Print Archive (*pre-prints* de Física teórica), NCSTRL (*pre-prints* em Ciência da Computação) e SPIRES (artigos e *pre-prints* em Física das Altas Energias), entre 1995 e 1999, comprovou algumas leis que regem as redes. Primeiramente, as redes de coautoria possuem a propriedade denominada *small worlds* (mundos pequenos), indicando que a distância média que separa os nós (autores) é pequena. O segundo princípio revela que redes reais de coautoria apresentam o nível de agrupamento (“clusterização”) maior do que o esperado nas redes aleatórias, o que mostra o quanto um autor está disposto a colaborar com outro, representando a probabilidade de dois dos seus colaboradores escreverem um artigo juntos. Segundo o autor, isso sugere que a prática de pesquisadores introduzirem colaboradores entre eles é um processo importante para o desenvolvimento das comunidades científicas.

Finalmente, a distribuição das redes de coautoria revela que as mesmas são redes sem escala e seguem uma lei de potências. Newman (2001a) demonstrou, ainda, a alta conectividade dessas redes, alertando que a Ciência não funcionará se não estiver organizada desta forma. Diferentemente de outros tipos de redes, as redes sociais na ciência são divididas em

comunidades locais onde as pessoas interagem entre elas mais do que a média encontrada em outras redes. Segundo Newman (2001a) e Newman e Park (2003), a prática de um cientista apresentar o colaborador a um terceiro é fundamental para o desenvolvimento das comunidades científicas.

Com o objetivo de entender a topologia das redes, Barabási e outros (2002) estudaram as redes de coautoria em 70.901 artigos publicados entre 1991 a 1998 nas áreas da Matemática e Neurociência. A primeira conclusão dos autores afirma que as redes de coautoria são redes sem escala (*scale-free*), estruturadas a partir da expansão por conexão preferencial (*preferential attachment*), de forma que a maioria dos nós dificilmente é visível, pois uma minoria altamente popular detém todas as conexões. Tal descoberta diferencia o modelo sem escala dos modelos anteriores, a rede aleatória de Erdős e Rényi, e a rede de mundo pequeno de Watts e Strogatz.

Nas redes sem escala, a evolução acontece pela inclusão de novos nós e novos laços entre os nós já existentes, e ambos os eventos acontecem segundo a conexão preferencial, também conhecida como vantagem cumulativa ou Efeito Mateus (BORNER; MARU; GOLDSTONE, 2004). Quando se trata de decidir onde se conectar, esses novos nós preferem aqueles que possuem mais links. A probabilidade de que se escolha um dado nó é proporcional ao número de links que o nó escolhido possui. Em outras palavras, dada a escolha entre dois nós, um com o dobro de links do outro, é duas vezes mais provável que o novo nó se conectará ao nó mais conectado. Para um novo autor, significa que o primeiro artigo será em coautoria com alguém que possui um grande número de relações (outros coautores). Como resultado, autores experientes vão sempre aumentar mais seu número de coautores do que os novatos. Essas descobertas representam um abandono significativo dos modelos anteriores, que pressupunham um número fixo de nós aleatoriamente conectados entre si (BARABÁSI, 2009).

As redes de coautoria são redes sem escala, assim como a internet e as redes de células. A baixa resistência destas redes a erros é uma propriedade inerente a sua topologia, não compartilhada pelas redes randômicas, visto que as redes sem escala possuem poucos nós superconectados e muitos nós pouco conectados. Como são redes auto-organizadas, a remoção de alguns poucos nós superconectados (*hubs*) pode desintegrá-las em pouco tempo.

Considerações finais

As descobertas feitas por pesquisadores que se debruçaram sobre as redes de coautoria são fundamentais para a Bibliometria e a Cientometria, já que conhecer os modelos e as leis que regem essas redes auxilia no entendimento dos grupos e da dinâmica das comunidades científicas. Entender e conhecer a construção e a estrutura de grafos ou redes são a chave para compreender o complexo mundo que nos rodeia, incluindo as relações de colaboração científica. O mapeamento de tais relações nos permite ver a situação atual, comparar com situações anteriores, observar as possibilidades e mudanças trazidas pelos novos nós, em suma, compreender os mecanismos que moldam a evolução da colaboração científica. No momento atual, em que se dispõe de grandes bancos de dados para análises de rede, como os já mencionados Chemical Abstracts, Mathematical Reviews, Meadline, Scopus e Web of Science, e *softwares* de fácil interface operacional como o Ucinet e Pajek, entre outros, torna-se fundamental que os estudos bibliométricos busquem na teoria das redes e nos mapas os subsídios para melhor entender seus resultados.

Artigo recebido em 15/02/2013 e aprovado em 22/03/2013.

Referências

BARABÁSI, A. *Linked: a nova ciência dos networks*. São Paulo: Leopardo, 2009.

BEAVER, D. Reflections on scientific collaboration (and its study): past, present, and future. *Scientometrics*, v. 52, n. 3, p. 365-377, 2001.

_____; ROSEN, R. Studies in scientific collaboration: part I – the professional origins of scientific co-authorship. *Scientometrics*, v. 1, n. 1, p. 65-84, 1978.

_____. Studies in scientific collaboration: part II – scientific coauthorship, research productivity and visibility in the French scientific elite 1799-1830. *Scientometrics*, v. 1, n. 2, p. 133-149, 1979.

BORNER, K.; MARU, J. T.; GOLDSTONE, R. L. The simultaneous evolution of author and paper networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 101, suppl. 1, p. 5266-5273, Apr. 2004.

GRANOVETTER, M. The strength of weak ties: a network theory revisited. *Sociological Theory*, v. 1, p. 201-233, 1983.

HAYASHI, M. C. P. I.; HAYASHI, C. R. M.; LIMA, M.Y. Análise de redes de co-autoria na produção científica em educação especial. *Liinc em Revista*, v. 4, n.1, p. 84-103, mar. 2008.

MAIA, M. F. S.; CAREGNATO, S. E. Co-autoria como indicador de redes de colaboração científica. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 13, n.2, p. 18-31, maio/ago. 2008.

MATHEUS, R. F.; SILVA, A. B. O. Fundamentação básica para a análise de redes sociais: conceitos, metodologia e modelagem matemática. In: POBLACIÓN, D.A.; MUGNAINI, R.; RAMOS, L. M. S. V. C. *Redes sociais e colaborativas em informação científica*. São Paulo: Angellara, 2009. 239-288.

_____. Análise de redes sociais como método para a ciência da informação. *Datagramazero*, v. 7, n. 2, abr. 2006. Disponível em: <<http://dici.ibict.br/archive/00000970/01/matheussilva-arsci-dgz-2006.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2009.

MARTELETO, R.M. Análise de redes sociais: aplicação nos estudos de transferência da informação. *Ciência da Informação*, v. 30, n. 1, p. 71-81, jan./abr. 2001.

_____; SILVA, A.B.O. Redes e capital social: o enfoque da informação para o desenvolvimento local. *Ciência da Informação*, v. 33, n. 3, p. 41-49, set./dez. 2004.

Liinc em Revista, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 171-180, maio 2013 - <http://www.ibict.br/liinc>

MOURA, A. M. M.; CAREGNATO, S. E. Co-autoria em artigos e patentes: um estudo da interação entre a produção científica e tecnológica. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 16, n. 2, p. 153-167, 2011.

NEWMAN, M. E. J. From the Cover: the structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 98, n. 2, p. 404-409, Jan. 2001a.

_____. Scientific collaboration networks I: network construction and fundamental results. *Physical Review E*, v. 64, n.1, 2001b.

_____. Scientific collaboration networks II: shortest paths, weighted networks, and centrality. *Physical Review E*, v. 64, n.1, 2001c.

_____. Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 101, sup. 1, p. 5200-5205, Apr. 2004.

_____; PARK, J. Why social networks are different from other types of networks. *Physical Review E*, v. 68, 2003.

OTTE, E.; ROUSSEAU, R. Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. *Journal of Information Science*, v. 28, n. 6, p. 441-53, 2002. Disponível em: <<http://jis.sagepub.com/cji/content/abstract/28/6/441>>. Acesso em: 12 mar. 2007.

SAID, Y. et al. Social networks of author – coauthor relationships. *Computational Statistics & Data Analysis*, v. 52, p. 2177-2184, 2008.

SILVA, A. B. O. et al. Estudo da rede de co-autoria e da interdisciplinaridade na produção científica com base nos métodos de análise de redes sociais: avaliação do caso do Programa de pós-graduação em Ciência da Informação-PPGCI/UFMG. *Encontros Bibli*, n. esp., p.179-194, 2006.

SOLLA PRICE, D. J. *O desenvolvimento da ciência: análise histórica, filosófica, sociológica e econômica*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1976. 73 p.

VANZ, S. A. S. *As redes atuais de colaboração científica no Brasil*. 2009. 202 f. Tese (Doutorado em Comunicação e Informação)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

_____; STUMPF, I. R. C. Colaboração científica: revisão teórico-conceitual. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 15, n. 2, p. 42-55, maio/ago. 2010.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. *Social network analysis: methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 857 p.

WATTS, D. J.; STROGATZ, S. H. Collectiva dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, v. 393, p. 440-442. June 1998.