

# COLABORAÇÃO CIENTÍFICA: INDICADORES RELACIONAIS DE COAUTORIA

*Scientific Collaboration: relational indicators of co-authorship*

**Maria Cláudia Cabrini Grácio**

Universidade Estadual Paulista (UNESP) [cabrini.gracio@unesp.br](mailto:cabrini.gracio@unesp.br)

## Resumo

A colaboração científica vem se configurando como uma resposta à profissionalização da ciência. Nesse cenário, a colaboração na ciência é uma estratégia adotada por pesquisadores, envolvendo uma atividade social que tem como meta viabilizar, facilitar e potencializar o desenvolvimento de pesquisas, principalmente aquelas de natureza empírica e/ou experimental. Acontece a partir do trabalho intelectual coletivo de pesquisadores, instituições ou países, formado por um sistema ou rede de colaboradores, que ao unir esforços tende a identificar semelhanças e traçar diferenças para produzir novas ideias. Nesse contexto, dada a importância da colaboração científica para a ciência contemporânea, este artigo tem por objetivo examinar aspectos teóricos e conceituais inerentes a esse método bibliométrico relacional, visando contribuir com os estudos brasileiros de discussão e aprofundamento da compreensão dessa temática. Apresentam-se o conceito de colaboração científica, os tipos de atividades colaborativas observados na atividade científica, suas motivações. Ainda, reflete-se sobre a relação entre o conceito de colaboração científica e de coautoria e os elementos teórico-metodológicos envolvidos na construção das redes de coautoria na ciência.

**Palavras-chave:** Colaboração científica; coautoria; rede de coautoria; índice de colaboração científica.

## 1 Introdução

Os esforços colaborativos na ciência, ainda que em pequena quantidade, já ocorriam no século XVII, com o primeiro registro de artigo escrito em coautoria entre pesquisadores datando de 1665. No século XIX, com a crescente profissionalização da ciência, cresce o trabalho em equipe e a colaboração passa a se constituir a característica marcante do desenvolvimento das pesquisas. Desse modo, a colaboração científica vem se configurando como uma resposta à profissionalização da ciência (Beaver e Rosen, 1978).

Nesse cenário, a colaboração científica potencializa tanto o crescimento profissional, quanto o desenvolvimento do conhecimento, uma vez que os pesquisadores envolvidos em um projeto científico colaborativo têm acesso a um contingente maior de recursos materiais e informacionais. Além disso, em muitos casos, possibilita a jovens cientistas o convívio com a elite científica do campo, aumentando a visibilidade destes (Hilário; Grácio e Guimarães, 2018).

## Abstract

Scientific collaboration is becoming a response to the science professionalization. In this scenario, collaboration in science is a strategy adopted by researchers, involving a social activity that has the goal of facilitating and optimizing the research development, especially those of an empirical and / or experimental nature. It happens from the collective intellectual work of researchers, institutions or countries, formed by a system or network of collaborators, which when joining efforts, tends to identify similarities and to draw differences to produce new ideas. In this context, given the importance of scientific collaboration for contemporary science, this paper aims to examine theoretical and conceptual aspects inherent to this relational bibliometric method, aiming to contribute to the Brazilian studies of discussion and deepening this topic understanding. It presents the concept of scientific collaboration, the types of collaboration observed in scientific activity, and their motivations. Also, it is reflected on the relationship between the concept of scientific collaboration and co-authorship and the theoretical-methodological elements involved in the construction of co-authorship networks in science.

**Keywords:** Scientific collaboration; co-authorship; co-authorship network; scientific collaboration index.

Observa-se, assim, que a colaboração na ciência é uma estratégia adotada por pesquisadores, envolvendo uma atividade social que tem como meta viabilizar, facilitar e potencializar o desenvolvimento de pesquisas, principalmente aquelas de natureza empírica e/ou experimental. Compreende a interação entre pesquisadores que cooperam entre si para produzir conhecimento científico, envolvendo habilidades e conhecimentos distintos, os quais possibilitam a realização de estudos mais aprofundados, com diferentes perspectivas e opiniões, análises mais precisas e elaboradas, além de agilidade e redução de tempo na construção do trabalho (Hilário e Grácio, 2011).

Assim, a colaboração científica acontece a partir do trabalho intelectual coletivo de pesquisadores, instituições ou países, formado por um sistema ou rede de colaboradores, que ao unir esforços tende a identificar semelhanças e traçar diferenças para produzir novas ideias.

Nesse contexto, dada a importância da Colaboração Científica para a ciência contemporânea, sendo sua análise uma das principais frentes de estudo no campo da Bibliometria, este artigo tem por objetivo examinar aspectos teóricos e conceituais inerentes a esse método bibliométrico relacional, visando contribuir com os estudos brasileiros de discussão e aprofundamento da compreensão dessa temática.

## 2 Colaboração científica: conceito e tipologia

Katz e Martin (1997) definem a colaboração científica como o trabalho conjunto de pesquisadores com o objetivo comum de produzir conhecimento científico. Desse modo, a colaboração científica entre autores ou instituições supõe uma consorciação de hipóteses e objetivos centrais de um projeto, o estabelecimento de uma divisão de trabalho, a interação entre os investigadores, o compartilhamento de informações e a coordenação destas diferentes relações do investimento conjunto. (Olmeda Gómez; Perianez-Rodriguez e Ovalle-Perandones, 2008).

Segundo Balancieri et al (2005), a colaboração científica é um empreendimento cooperativo que envolve metas e responsabilidades compartilhadas, esforços coordenados, a fim de maximizar o potencial da produção científica e aprimorar seus resultados, uma vez que amplia as possibilidades de abordagens e ferramentas, promovendo uma rede de troca de conhecimento e contribuição entre os pesquisadores.

Ademais, Leydesdorff e Wagner (2008) consideram que os cientistas colaboram para ganhar visibilidade, reputação, habilidades complementares e acesso a recursos. Apontam que o trabalho realizado conjuntamente tende a reduzir custos e poupar o tempo dos colaboradores já que o trabalho pode ser dividido entre eles.

Nesse cenário, ao longo do tempo, por meio das normas sociais e da construção da confiança entre os pesquisadores, as relações de colaboração constituem uma forma de capital social acadêmico-científico. Em outras palavras, quando os pesquisadores colaboram em projetos em que partilham quantidades substanciais de conhecimento, é formado um estoque de conhecimento que beneficia mutuamente os pesquisadores envolvidos (Abbasi; Wigand e Hossain, 2014).

De acordo com Subramanyam (1983), há vários tipos de colaboração científica; entre eles:

- Colaboração entre professores e alunos: uma atividade cooperativa bastante usual no meio acadêmico-científico, pela qual o professor orienta o aluno seja na escolha da literatura pertinente ao tema pesquisado, seja na escolha dos métodos científicos, ideias e forma de desenvolver a pesquisa. Destaca-se, todavia, que o entendimento dessa atividade como uma forma de co-

laboração científica não é consensual entre os pesquisadores e diversos campos do conhecimento.

- Colaboração entre colegas, seja do mesmo departamento ou da mesma instituição, privilegiada pela proximidade física (colaboração intrainstitucional ou intramuros).
- Colaboração entre pesquisadores supervisores e assistentes de colaboração: situações em que o projeto é de grande amplitude sob a coordenação de um pesquisador e envolve o conhecimento técnico e laboratorial, dada a necessidade do uso extensivo de instalações laboratoriais e equipamentos especializados, assim como o compartilhamento de materiais, instrumentos e espaço para o desenvolvimento de pesquisa.
- Colaboração entre pesquisadores e consultores de colaboração: decorre da necessidade, em projetos de grande escala, da expertise em tópicos específicos para o desenvolvimento da pesquisa, como o processamento de dados e análises estatísticas, entre outros.
- Colaboração entre pesquisadores de diferentes instituições do país, que atuam em um mesmo projeto de pesquisa (colaboração interinstitucional "doméstica").
- Colaboração entre pesquisadores vinculados a instituições de diferentes países (colaboração interinstitucional internacional).

Segundo Hilário, Grácio e Guimarães (2018), a atividade colaborativa pode ainda ser classificada quanto ao nível: técnica ou científica (ou intelectual). A colaboração técnica envolve tanto a participação de profissionais que operam materiais e equipamentos de alta complexidade, como o compartilhamento de recursos materiais, tecnológicos, equipamentos e softwares. Em geral, compreende-se que essa forma de colaboração não dá origem à participação da autoria da pesquisa, sendo destinada a ela a menção na seção de agradecimentos da publicação resultante da pesquisa.

A colaboração científica, por outro lado, envolve o compartilhamento de recursos intelectuais e se desdobra em dois tipos: colaboração no conteúdo científico e colaboração na prática.

A colaboração no conteúdo científico é, geralmente, realizada por pesquisadores mais maduros, com amplo conhecimento sobre a temática do estudo, e envolve a indicação de leitura pertinente ao tópico pesquisado, o estabelecimento de diretrizes e fundamentação teórico-metodológica, ideias para o aperfeiçoamento da pesquisa e validação dos resultados.

A colaboração relativa à prática científica, geralmente, está associada à relação orientador-orientando e consiste no direcionamento sobre como estruturar o trabalho científico, a seleção das técnicas e abordagens para a análise e como e onde publicar os resultados da pesquisa. Assim, não demanda conhecimentos específicos

sobre teorias e temáticas para que seja uma colaboração substancial.

As duas categorias de colaboração científica - quanto ao conteúdo e quanto à prática científica - frequentemente são complementares e, em muitos casos, são realizadas pelo mesmo pesquisador, em especial, em nível de formação acadêmica de pós-graduação.

Em função da expansão e relevância dos estudos relativos à atividade colaborativa, em nível micro, meso e macro de agregação, para a compreensão da estrutura social e cognitiva em que é realizada a construção do conhecimento nos diferentes campos do conhecimento, em 2000, em Berlim, instituiu-se a rede mundial de pesquisa sobre esta temática denominada COLLNET - Collaboration in Science and in Technology (Vanz e Stumpf, 2010). Desde então, essa rede vem realizando eventos científicos itinerantes anuais, envolvendo pesquisadores de diferentes campos científicos e países, especialmente dos estudos métricos da informação.

### 3 Motivos para a atividade colaborativa

As motivações que impulsionam a realização de pesquisas colaborativas são diversas e variam de acordo com as áreas do conhecimento e mesmo entre pesquisadores de um mesmo campo (Hilário e Grácio, 2017).

Há diversos estudos que têm analisado as razões que motivam os pesquisadores a desenvolverem pesquisas em cooperação científica. Entre eles, fundamentadas na literatura científica nacional e internacional, Vanz e Stumpf (2010) listam 17 possíveis motivos que levam à concretização da colaboração científica; a saber:

1. Aumentar a visibilidade e popularidade científica;
2. Aumentar a produtividade;
3. Tornar mais eficaz o uso da mão de obra científica e do tempo;
4. Reduzir a possibilidade de erro;
5. Obter e/ou ampliar a captação de recursos financeiros, equipamentos especiais, materiais, entre outros;
6. Aumentar o nível de especialização e expertise relativos ao conteúdo da pesquisa;
7. Ampliar a capacidade de “atacar” grandes problemas científicos;
8. Aumentar a profissionalização da ciência;
9. Aumentar a própria experiência científica;
10. Motivar o desejo de realização de pesquisas multidisciplinares;
11. Unir forças, evitando competição;
12. Treinar pesquisadores e orientandos;

13. Obter opiniões externas para confirmar ou avaliar um problema;

14. Possibilitar a maior divulgação da pesquisa;

15. Manter a concentração e a disciplina no desenvolvimento da pesquisa;

16. Compartilhar o entusiasmo de uma pesquisa com alguém;

17. Trabalhar mais próximo dos pares, por amizade e desejo de trabalhar em grupo.

Hilário e Grácio (2017) comparam três campos do conhecimento - Matemática, Ciência da Informação e Odontologia - quanto à prática colaborativa e de coautoria, por meio da aplicação de questionário a pesquisadores bolsistas de produtividade em pesquisa do CNPq, nível 1 (PQ1), e da análise da produção científica registrada em seus respectivos currículos Lattes. Embora todos os motivos tenham aparecido nos três campos analisados, observaram que há diferença significativa em relação a alguns motivos, em especial, quanto à captação de recursos financeiros (mais presente na Odontologia), treinar pesquisadores e alunos (bastante intensa na Ciência da Informação) e compartilhar entusiasmo (mais presente na Matemática).

Considera-se significativo, todavia, salientar o caráter social envolvido na colaboração científica, que compreende um complexo empreendimento e confiança na ética, comprometimento e competência dos pesquisadores e instituições participantes, com distribuição de atividades e responsabilidade na condução das diversas etapas do desenvolvimento da pesquisa e assinatura da publicação resultante.

Dessa forma, os elementos sociais envolvidos na prática da colaboração assumem um papel significativo, podendo revelar as motivações pessoais, ainda que com propósitos científicos, como o aprimoramento científico e a validação da pesquisa. Nesse cenário, principalmente nos casos de colaborações endógenas, a escolha dos parceiros frequentemente está relacionada aos aspectos psicológicos, como a necessidade de trabalhar próximo a outros pesquisadores, colaborar por amizade e gratidão.

Assim, em nível micro, ainda que a escolha dos colaboradores seja motivada por uma necessidade da pesquisa, a decisão de estabelecer uma relação contínua de colaboração é influenciada fortemente pelos aspectos sociais, ou seja, a colaboração constante entre determinados pesquisadores perpassa a confiança no comprometimento, ética e características pessoais dos envolvidos. Se a atividade colaborativa não foi satisfatória para todos os autores envolvidos, raramente propiciará a consolidação dos laços entre eles.

#### 4 Sobre a relação entre colaboração científica e coautoria

A coautoria é um produto da substancial colaboração entre um conjunto de pesquisadores, implicando, assim, a interação nas atividades realizadas durante o desenvolvimento das diversas etapas de uma pesquisa científica (Abbasi; Wigand e Hossain, 2014). Nesse cenário, são coautores os pesquisadores que participam ativamente do desenvolvimento da pesquisa e assumem a responsabilidade do seu conteúdo, por meio da assinatura conjunta do texto publicado, de forma que são aptos a apresentar e defender o teor da obra tanto no âmbito científico-acadêmico, como em juízo (Hilário; Grácio e Guimarães, 2018).

Katz e Martin (1997) apontam que coautoria pode ser considerada como uma perspectiva para a representação da colaboração científica e destacam vantagens da sua utilização como um indicador dessa atividade: consistem de dados objetivos, que podem ser ratificados por estudos de outros pesquisadores; é uma metodologia acessível e amigável para quantificar a colaboração; permite a análise de grandes universos, que possibilita uma visualização mais abrangente da prática colaborativa nos diversos campos e domínios científicos.

Hilário e Grácio (2011) observam o uso com sucesso da análise de coautoria como forma objetiva e empírica da análise da colaboração científica, dada a extensão da literatura científica em âmbito nacional e internacional que tem se sustentado nessa metodologia para gerar conhecimento sobre a prática colaborativa, seja em nível micro, meso ou macro.

Assim, considera-se que a coautoria representa a materialização da colaboração científica entre pesquisadores, resultante da efetiva participação na elaboração da pesquisa publicada, incluindo tanto as atividades em cooperação intramuros institucional, propiciadas pela proximidade física e bastante influenciada por elementos subjetivos, como afinidades pessoais e intelectuais, como aquelas interinstitucionais, decorrentes em especial das atuais políticas científicas tanto nacional, como internacional.

Nesse contexto, são coautores aqueles pesquisadores que tiveram substancial colaboração no desenvolvimento da pesquisa, seja desde a elaboração do projeto, seja em etapas específicas com significativa contribuição intelectual, seja na validação dos resultados (Vanz e Stumpf, 2010).

Katz e Martin (1997) apresentam duas situações distintas a fim de elucidar que, embora a coautoria seja uma forma de análise da colaboração científica, nem sempre estas duas atividades são idênticas:

- Situação A: dois pesquisadores trabalham em colaboração científica em um projeto de pesquisa, todavia,

resolvem publicar os resultados obtidos individualmente, seja por discordarem das conclusões da pesquisa, ou dos canais de comunicação adequados para a socialização do conhecimento, entre outros motivos.

- Situação B: dois pesquisadores trabalham individualmente em suas pesquisas, mas resolvem publicar os resultados em conjunto em uma única publicação, seja por considerarem que obtém resultados mais amplos ou mais consolidados.

Estudos baseados na análise de coautoria, identificam uma colaboração científica entre os pesquisadores na situação B, mas não conseguem detectar a colaboração científica ocorrida na situação A. Assim, embora, a análise de coautoria venha se mostrando como uma metodologia satisfatória para a compreensão da estrutura colaborativa em campos e domínios científicos, não se pode assumir os dois conceitos como sinônimos.

A Figura 1 ilustra, por meio de um Diagrama de Venn, as situações A e B, acrescidas de uma terceira situação (situação C), a relação e identidade entre a colaboração científica e coautoria de uma publicação.

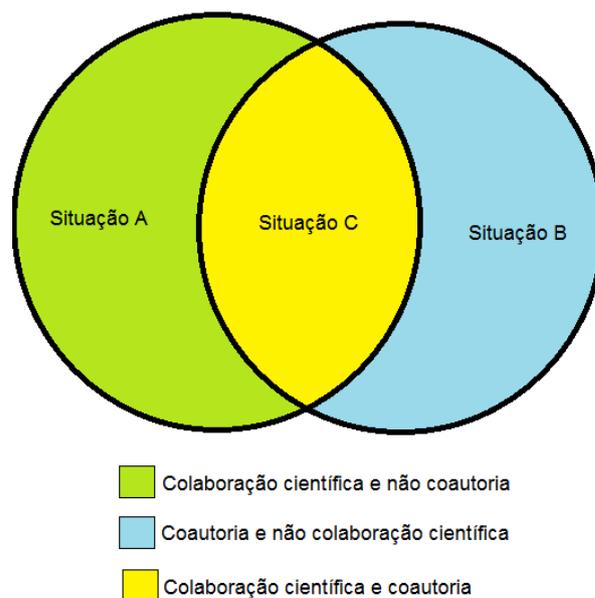


Figura 1. Relação entre a atividade de colaboração científica e de coautoria

A situação C presente na Figura 1 ilustra a circunstância em que a consiste uma representação adequada da atividade colaborativa, a saber: os pesquisadores trabalham em colaboração científica em uma pesquisa e publicam seus resultados em conjunto.

A partir de 1960, acentuam-se os estudos relativos à colaboração científica, por meio da análise das coautorias presentes na literatura de um campo científico, sendo o pesquisador Smith considerado um dos primeiros a medir o aumento da atividade cooperativa, em 1958, por meio desta metodologia (Balancieri et al, 2005). Nesse estudo, Smith mediu o aumento da ativi-

dade colaborativa por meio do índice de colaboração definido como a média de autorias por artigo publicado.

Em termos formais, para um conjunto de  $n$  publicações sobre uma literatura, o Índice de Colaboração (IC) pode ser enunciado por:

$$IC = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

em que:

$X_i$  = número de autores presentes na publicação  $i$ ;

$n$  = número de publicações na literatura analisada, com  $n \in \mathbb{N}^*$ .

Para situações em que o conjunto  $n$  de publicações já está sintetizado em formato de tabela de distribuição de frequências, como exemplificado na Tabela 1, o Índice de Colaboração (IC) é obtido pela ponderação do número de coautores pela frequência da sua ocorrência:

$$IC = \frac{\sum_{i=1}^k i \times f_i}{n}$$

em que:

$i$  = número de coautores;

$f_i$  = frequência das publicações com  $i$  autores

$n$  = total das publicações analisadas, com  $n \in \mathbb{N}^*$ .

A fim de ilustrar a aplicação do IC, considere uma literatura científica composta por 394 artigos, os quais apresentam a distribuição de frequência de autorias presente na Tabela I.

Nº de autores (i)	Nº de artigos (f <sub>i</sub> )
1	121
2	135
3	87
4	28
6	15
8	3
9	5
Total	394

Tabela I. *Distribuição de frequências do número de autores em uma literatura científica composta por 394 artigos.*

Assim,

$$IC = \frac{121 \times 1 + 135 \times 2 + 87 \times 3 + 28 \times 4 + 15 \times 6 + 3 \times 8 + 5 \times 9}{394} = \frac{923}{394} \cong 2,3 \text{ autores por artigo.}$$

Glänzel (2003) aponta que há uma diferença significativa entre os índices de colaboração científica quando se comparam áreas distintas, com campos científicos associados às ciências naturais e experimentais com valores maiores que aqueles associados às ciências humanas e em estudos teóricos. O autor destaca, ainda, que mesmo nas ciências experimentais há um valor para o IC que otimiza a produtividade científica, com valores acima ou abaixo deste que não beneficiam a atividade cooperativa e resultados de pesquisa.

Atualmente, em função da presença marcante dos artigos em autoria múltipla (coautoria), diversos estudos têm se dedicado a compreender a ordem com que são registrados os nomes dos pesquisadores que assinam uma publicação como corresponsáveis e o tipo e intensidade de colaboração de cada um deles para a obtenção do resultado da pesquisa. Entre eles, destacam-se Moya-Anegón et al (2013), Larivière et al (2016), Corrêa Jr. et al. (2017), Yang, Wolfram e Wang (2017), Hilário, Grácio e Wolfram (2017).

Embora algumas áreas como a Física e a Matemática, a tendência de se ordenar os autores em ordem alfabética, os estudos mais recentes têm evidenciado que, em geral, a primeira posição na lista de coautores da publicação é ocupada pelo pesquisador com atuação mais efetiva em todas as etapas da pesquisa – elaboração do projeto, construção do referencial teórico, responsabilidade pelos dados, análise dos resultados e conclusões-, e a última posição é ocupada pelo pesquisador que coordenou as diversas etapas do desenvolvimento da pesquisa, assim como pela validação dos resultados, em geral, sendo o pesquisador mais titulado da equipe. As posições intermediárias são, comumente, ocupadas por pesquisadores que contribuíram de forma mais parcial para a obtenção dos resultados da pesquisa (Hilário, Grácio e Wolfram, 2017).

## 5 Redes de coautoria

Nas últimas décadas, com a evolução tecnológica e computacional, que permitiu a análise mais complexa dos dados, a colaboração científica e a coautoria começaram a ser analisadas não mais em termos unidimensionais, por meio da avaliação da taxa de pesquisas colaborativas e dos índices de colaboração científica, os quais permitem identificar e comparar as tendências de formação de grupos de pesquisadores, mas em termos das relações estruturais presentes nos campos científicos.

Nesse âmbito, pesquisadores interessados em evidenciar e visualizar as interações entre os pesquisadores têm adotado a abordagem da Análise de Redes Sociais, que permite não só uma representação das proximidades e associações existentes em um campo científico, mas também o papel dos pesquisadores na rede.

Uma rede social é definida como um conjunto de atores e as ligações existentes entre eles. Nesse contexto, a

Análise de Redes Sociais (ARS) é o estudo que mensura, descreve e analisa as variáveis relacionais de um conjunto de atores a fim de retratar a estrutura desse grupo de atores (Wasserman e Faust, 1994). Assim, tem como foco as ligações existentes entre os atores, que permite visualizar o fluxo da informação em uma estrutura social e os personagens sociais que nela desempenham um papel significativo, mediando e/ou centrando as informações que nela circulam.

Assim, o interesse principal nos estudos de Análise de Redes Sociais (ARS) está nas propriedades da relação analisada (aqui, restringida, a coautoria), sendo as propriedades individuais de importância secundária para a compreensão do fenômeno estudado (Otte e Rousseau, 2002). Nesse contexto, salienta-se que o relacionamento entre um par de atores é uma propriedade do par e não uma característica inerente da unidade individual, ou seja, a unidade básica em que as variáveis relacionais são medidas são pares de atores, não a propriedade individual de um ou outro ator envolvido na relação.

A título de ilustração para os conceitos envolvidos nos estudos de ARS, apresenta-se o seguinte conjunto de artigos com seus respectivos autores:

Artigo	Autores
1	A, B, C, D
2	D, E
3	E, F
4	E, G
5	E, H
6	H, I
7	J
8	K, L

Quadro 1. Ilustração das coautorias presentes em um conjunto de oito artigos fictícios.

As relações de coautoria presentes no Quadro 1 podem ser visualizadas por meio da rede de coautoria presente na Figura 2.

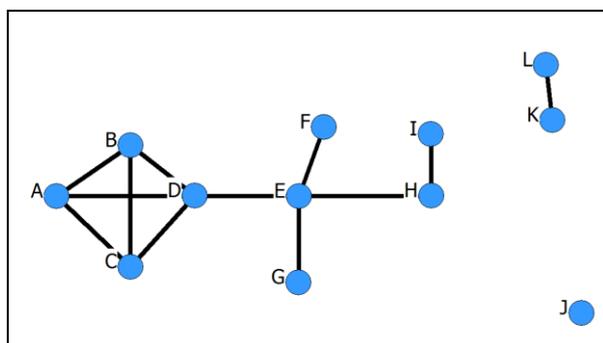


Figura 2- Rede de coautoria presente entre 12 pesquisadores, a partir dos artigos arrolados no Quadro 1.

A rede estabelecida na Figura 2 é formada por um conjunto de 12 autores e um conjunto de 12 ligações entre eles. Uma primeira propriedade importante relativa a uma rede social é a noção de componente, definido como um subgrupo em que há uma ligação entre todos os atores, i.e., há uma ligação entre qualquer ator e qualquer outro do grupo. Se toda a rede formar um componente, diz-se que está totalmente conectada (Otte e Rousseau, 2002). A rede presente na Figura 2 é composta por três componentes: 1- pesquisadores A, B, C, D, E, F, G, H, I; 2 – pesquisadores L e K; 3 pesquisador J.

Na rede apresentada na Figura 2, observa-se que há autores responsáveis pela ligação e o fluxo da informação entre subgrupos de pesquisadores da rede, a saber: D, E, H. Esses pesquisadores são denominados pesquisadores “ponte” na rede de coautoria, uma vez que a ausência deles segmentaria a rede em subgrupos menores.

O autor J constitui um pesquisador isolado no grupo, uma vez que não trabalhou em coautoria com nenhum dos demais pesquisadores.

A fim de analisar de forma mais profunda a estrutura de uma rede social, utilizam-se os conceitos de densidade da rede e de centralidade dos atores, que permite identificar seus papéis na rede constituída.

A densidade é um indicador que mede a intensidade de coesão (conexão) da rede. Quando há uma ligação direta entre todos os atores da rede, denomina-se esta por rede completa. Define-se a densidade de uma rede pelo quociente entre o total de ligações existentes na rede e o número máximo possível de ligações para a rede (equivalente a ser uma rede completa). Logo, a densidade (D) de uma rede é calculada por:

$$D = \frac{2 \times L}{N \times (N - 1)}$$

em que:

L = número de ligações existentes entre os atores;

N = número de atores que compõem a rede.

A densidade de uma rede varia de 0, equivalente a todos os atores da rede estarem isolados, a 1, equivalente a ser uma rede completa.

No exemplo presente na Figura 2:

$$D = \frac{2 \times 12}{12 \times (12 - 1)} = 0,18 \text{ ou } 18\%$$

Assim, a rede presente na Figura 2 tem densidade igual a 18%, significando que do total de 66 possibilidades de ligação entre os 12 pesquisadores, somente 18% delas se concretizaram na forma de coautoria.

As medidas de centralidade mais usuais são: centralidade de grau, de proximidade e de intermediação.

A centralidade de grau de um autor é definida como o número de ligações que esse autor possui com os demais autores da rede (Otte e Rousseau, 2002). Permite caracterizar a posição estrutural do autor em relação ao grupo. Assim, quanto maior o valor da centralidade de grau mais central é o autor quanto à relação analisada (coautoria).

Em termos formais, a centralidade de grau de um autor é definida por:

$$d(i) = \sum_{j=1}^N l_{ij}$$

em que:

$l_{ij} = 1$ , se existe uma ligação entre os autores  $i$  e  $j$ , para  $1 \leq j \leq N$  e  $j \neq i$

e  $l_{ij} = 0$ , se não há uma ligação entre  $i$  e  $j$ ;

$N = n^\circ$  de autores na rede.

Assim, em uma rede de coautoria, a centralidade de grau de um autor é equivalente ao  $n^\circ$  de pesquisadores distintos com os quais o autor publicou trabalhos em coautoria

Para os atores presentes na rede da Figura 2, as centralidades de grau são apresentadas na Tabela II.

Autor	Centralidade de grau
A	3
B	3
C	3
D	4
E	4
F	1
G	1
H	2
I	1
J	0
K	1
L	1

Tabela II. *Centralidade de grau dos autores presentes na Figura 2.*

No exemplo, os autores D e E são os autores mais centrais da rede, quanto à medida de centralidade de grau.

A centralidade de proximidade de um autor é definida como a soma das menores distâncias (distância geodésica) do autor em relação a todos os demais autores da

rede (Otte e Rousseau, 2002). Formalmente, a centralidade de proximidade,  $c(i)$ , de um ator  $i$  é definida por:

$$c(i) = \sum_{j=1}^N d_{ij} \text{ para } i \neq j$$

em que  $d_{ij}$  é o número de ligações em um caminho mais curto (geodésico) do ator  $i$  para o ator  $j$ .

Em função da definição da centralidade de proximidade, não é possível calcular a centralidade de proximidade dos autores, uma vez que não há um caminho possível entre o autor  $J$  e qualquer outro autor da rede.

A centralidade de intermediação de um ator  $i$  é definida como o número de caminhos mais curtos (geodésicos) entre quaisquer outros dois atores  $j$  e  $k$ , que passam pelo ator  $i$ . Assim, a centralidade de intermediação mede a capacidade de o ator intermediar o fluxo da informação entre os atores da rede (OTTE; ROUSSEAU, 2002). Formalmente, a centralidade de intermediação do ator  $i$ , denotada como  $b(i)$  é obtida por:

$$b(i) = \sum_{j,k}^N \frac{g_{jik}}{g_{jk}}, \text{ para } i \neq j \neq k$$

em que:

$g_{jk}$  é o número de caminhos mais curtos (geodésicos) do ator  $j$  para o ator  $k$  ( $j, k \neq i$ );

$g_{jik}$  é o número de caminhos mais curtos do ator  $j$  para o ator  $k$  passando pelo ator  $i$ .

Considerando a complexidade envolvida em seu cálculo, esse indicador é, usualmente, calculado com a ajuda de softwares de ARS, como o Ucinet e o PAJEK, sendo este último gratuito.

Para os atores presentes na rede da Figura 2, as centralidades de intermediação foram calculadas com o auxílio do software Ucinet e apresentadas na Tabela III.

Autor	Centralidade de intermediação
A	0
B	0
C	0
D	15
E	21
F	0
G	0
H	7
I	0
J	0
K	0
L	0

Tabela III. *Centralidade de intermediação dos autores presentes na Figura 2.*

Assim, a partir da Tabela 3, é possível identificar que E é o autor com maior grau de intermediação da informação na rede, ou seja, E tem a maior intensidade de intermediação do fluxo da informação entre os atores da rede. Além dele, os autores D e H também têm influência no fluxo da informação da rede, porém de menores intensidades.

Considera-se significativo salientar que quando redes de coautoria são comparadas, as versões normalizadas dos indicadores de densidade e de centralidade dos autores devem ser utilizadas, a fim de eliminar a influência do tamanho da rede nesses índices.

## 6 Reflexões finais

Em função da significativa contribuição dos estudos de colaboração científica para a compreensão de um domínio ou campo científico, eles vêm sendo incentivados regularmente pelas instituições com o objetivo de identificar potenciais colaboradores, assim como compreender as diferentes estruturas cognitivas e sociais que atuam nos diferentes campos científicos, evidenciando suas peculiaridades e similaridades.

A associação de indicadores unidimensionais, como taxas de colaboração científica e índices de coautoria, presentes nos campos científicos, aos indicadores relacionais de coautoria, em especial, por meio das análises de redes sociais e seus indicadores de centralidade dos autores envolvidos; e análises contextuais que levam em conta o campo de atuação, assim como o capital científico e econômico, seja em nível micro, meso e macro, contribuem para uma visualização mais ampla e real de um campo científico.

Nesse sentido, considera-se que investigações futuras que associem as análises de redes de colaboração científica aos estudos relativos à posição ocupada pelo autor na ordem de coautoria presente nos artigos científicos podem contribuir para a ampliação do conhecimento da dinâmica de produção e divulgação do conhecimento científico.

## Referências

- Abbasi, A.; Wigand, R.T.; Hossain, L. (2014). Measuring social capital through network analysis and its influence on individual performance. // *Library & Information Science Research* 36 (2014) 66-73.
- Balancieri et al. (2005). A análise de redes de colaboração científica sob as novas tecnologias da informação e comunicação: um estudo na Plataforma Lattes. // *Ciência da Informação* 44:1 (2005) 64-77.
- Beaver, D.; Rosen, R. (1978). Studies in scientific collaboration: part I: the professional origins of scientific co-authorship. // *Scientometrics* (1978) 65-8.
- Corrêa Jr., E. A.; Silva, F. N.; Costa, L.F.; Amancio, D. R. (2017). Patterns of authors contribution in scientific manuscripts. // *Journal of Informetrics* 11 (2017) 498-510.
- Glänzel, W. (2003). Bibliometrics as research field: a course on theory and application of bibliometrics indicators. Bélgica, 2003.
- Hilário, C.M.; Grácio, M. C.C. (2011). Colaboração científica na temática “redes sociais”: uma análise bibliométrica do ENANCIB no período 2009-2010. // *Revista EDICIC* 1 (2011) 363-375.
- Hilário, C.M.; Grácio, M. C.C. (2017). Scientific collaboration in Brazilian researches: a comparative study in the information science, mathematics and dentistry fields. // *Scientometrics* 112 (2017).
- Hilário, C.M.; Grácio, M. C.C.; Wolfram, D. (2017). Contribuição dos autores e ordem da autoria nos artigos do *Journal of Informetrics* (2016). // In: XVIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (ENANCIB), 2017, Marília: FFC/Unesp, 2017.
- Hilário, C.M.; Grácio, M.C.C.; Guimarães, J.A.C. (2018). Aspectos éticos da coautoria em publicações científicas. // *Em Questão* 24:2 (2018).
- Katz, J.S.; Martin, B.R. (1997). What is research collaboration? // *Research Policy* 26 (2018) 1-18.
- Larivière, V.; Desrochers, N.; Macaluso, B.; Mongeon, P.; Paul-Hus, A.; Sugimoto, C. R. (2016). Contributorship and division of labor in knowledge production. // *Social Studies of Science* 46:3 (2016), 417-435.
- Leydesdorff, L.; Wagner, C. (2008). International collaboration in Science and the formation of a core group. // *Journal of Informetrics* 2:4 (2008) 317-325.
- Moya-Aneón, F.; Guerrero-Bote; V.P.; Bornmann, L.; Moed, H.F. (2013). The research guarantors of scientific papers and the output counting: a promising new approach. // *Scientometrics* 97 (2013) 421-434.
- Olmeda Gomez, C.; Perianez Rodriguez, A.; Ovalle Perandone, M.A. (2008). Estructura de las redes de colaboración científica entre las universidades españolas. // *Ibersid* (2008) 129-140.
- Otte, E.; Rousseau, R. (2002). Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. // *Journal of Information Science* 28:6 (2002) 441-453.
- Subramanyam, K. (1983). Bilbiometric studies of research collaboration: a review. // *Journal of Information Science* 6:1 (1983) 33-38.
- Yang, S.; Wolfram, D.; Wang, F. (2017). The relationship between the author byline and contribution

lists: a comparison of three general medical journals. // *Scientometrics* 111: 3 (2017) 1273-1296.

Vanz, S.A.; Stumpf, I.R.C. (2010). Colaboração científica: revisão teórico-conceitual. // *Perspectivas em Ciência da Informação* 15: 2 (2010) 42-55.

Wasserman, S.; Faust, K. (1994). // *Social network analysis: methods and applications*. Cambridge University Press, Cambridge, 1994.

---

Copyright: © 2018 Grácio. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons CC Attribution-ShareAlike (CC BY-SA), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, under the identical terms, and provided the original author and source are credited.

---

Received: 2018-07-02 Accepted: 2018-07-04