

A COLABORAÇÃO EM COMUNIDADES CIENTÍFICAS INTERDISCIPLINARES: ANÁLISE DE PROJETOS DE PESQUISA COM AUXÍLIO DA TEORIA DE REDES

Maria Teresinha Tamanini Andrade - IFBA Campus Simões Filho. E-mail: tamanini@ifba.edu.br

Etienne Catugy Rocha - UFBA. E-mail: etiennerocho@yahoo.com.br

Núbia Moura Ribeiro - IFBA Campus Salvador. E-mail: nubia@ifba.edu.br

Hernane Borges de Barros Pereira - SENAI CIMATEC e UNEB. E-mail: hernanebbpereira@gmail.com

RESUMO: Neste artigo, apresentamos processos de colaboração científica identificados e caracterizados a partir de redes sociais e complexas. Para isso, estudamos os projetos de pesquisa de um Programa de Pós-Graduação de cunho interdisciplinar. A fonte de dados foi os cadernos de indicadores da CAPES para o período de 2001 a 2009. Dentre os índices estudados, os índices de rede complexas mostram um padrão de rede *small-world* e os de centralidade indicam a presença de pesquisadores importantes que exercem influência sobre os demais e interagem rapidamente com os outros pesquisadores na rede.

PALAVRAS-CHAVE: comunidades científicas, teoria de redes, colaboração, projetos de pesquisa.

INTRODUÇÃO

O tema colaboração em comunidades científicas se insere nesta pesquisa a partir da compreensão de que a ciência universitária é dinamizada pela relação recíproca e dialética entre a produção do saber e sua socialização comunicativa. O objetivo principal deste artigo é estudar a colaboração entre pesquisadores de um Programa de Pós-Graduação (PPG) com base nos projetos de pesquisa. Especificamente buscou-se construir e analisar a rede de colaboração formada por esses pesquisadores nas participações em projetos de pesquisa. O PPG estudado está inserido na área multidisciplinar/interdisciplinar da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e oferece curso de mestrado e doutorado. Participaram dos projetos 356 pesquisadores identificados ao longo de 03 triênios de avaliação (i.e. de 2001 a 2009).

Dentro desse contexto, utilizamos a Análise de Redes Sociais (ARS) e a Teoria das Redes Complexas para identificar, caracterizar e interpretar as redes de colaboração desta comunidade científica universitária.

A palavra colaboração tem origem no latim *collaborare* e é definida como "cooperação, ajuda, auxílio, participação em obra alheia [...] ideia que contribui para a realização de algo" (HOUAISS, 2001).

Segundo Katz e Martin (1997), dois cientistas colaboram quando compartilham dados, equipamentos e/ou ideias em um

projeto, que resulta, geralmente, em experimentos e análises de pesquisas publicados em um artigo, ou seja, a colaboração científica é o trabalho conjunto de pesquisadores para atingir um objetivo comum de produzir novos conhecimentos científicos.

O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção Teoria de Redes apresenta o referencial teórico sobre Análise de Redes Sociais (ARS) e Redes Complexas; na Seção Desenvolvimento, os fundamentos e procedimentos metodológicos são brevemente comentados; a análise e os resultados são apresentados na Seção Resultados e Discussão; finalmente, a Seção Considerações Finais apresenta algumas considerações sobre o estudo.

TEORIA DE REDES

O estudo de redes tem suas origens na teoria dos grafos, um ramo da matemática. Assim, uma rede é um grafo constituído de um conjunto de elementos chamados vértices ou nós, que são ligados por outro conjunto de elementos chamados de arestas que fazem conexões com os vértices. Exemplos de redes são a Internet, a *World Wide Web*, redes de relações entre empresas, redes sociais com diversos tipos de conexão entre os indivíduos, redes neurais, redes de citações entre artigos, dentre outras (NEWMAN, 2003).

Uma rede social é um conjunto de pessoas ou grupos de pessoas com algum padrão de contato ou interação entre elas (WASSERMAN; FAUST, 1997). Segundo Barabási (2003), uma rede complexa é um grafo que apresenta uma estrutura ou propriedades topológicas não triviais, composto por um conjunto de vértices (nós) que são interligados por meio de arestas.

Para Watts (2003), a realidade social e a atividade científica têm que ser compreendidas tanto pela maneira como as pessoas interagem, em que cada vez mais são ultrapassadas as convencionais barreiras disciplinares, quanto pela maneira como se comportam, em que se destacarão comportamentos, mesmo quando estritamente disciplinares, cada vez mais regidos por ações multidisciplinares.

Nessa pesquisa, para discutir e caracterizar as relações de colaboração utilizaremos três medidas de centralidade comumente aplicadas em estudos de Análise de Redes Sociais (ARS): centralidade de grau, centralidade de proximidade e centralidade de intermediação.

O termo redes complexas refere-se a um grafo que apresenta uma estrutura ou propriedade topológica não trivial, composto por um conjunto de vértices que são interligados por meio de arestas (BARABÁSI, 2003).

Essa estrutura não segue um padrão regular. Quando o sistema é grande e tende ao infinito, as propriedades emergem e isso é um diferencial das redes complexas, pois o foco está no global. Os índices comumente usados são o caminho mínimo médio L , o coeficiente de aglomeração C e a curva de distribuição de graus $P(k)$.

Com os índices da teoria das redes complexas, é possível caracterizar uma rede como aleatória, livre de escala ou *small world*, que são os modelos mais difundidos. O coeficiente de aglomeração médio usado é o de Watts e Strogatz (1998), que descreve até que ponto os vizinhos de um vértice em uma rede são vizinhos entre si.

DESENVOLVIMENTO

Esta pesquisa é empírica e usa uma abordagem quantitativa, com objetivos de pesquisa exploratória, evoluindo a pesquisa descritiva. Considera-se exploratória por ser

realizada uma investigação sobre a colaboração em comunidades científicas, um assunto com um vasto campo a ser explorado. Com relação ao aspecto descritivo, este associa-se às questões de expor características de determinada população (e.g. pesquisadores e docentes) estabelecendo relações entre redes de colaboração científica e a difusão do conhecimento.

Para realizar a pesquisa proposta, foram usados os cadernos de indicadores de projetos de pesquisa. Especificamente analisamos os pesquisadores e sua participação nos projetos. Esses cadernos são preparados com base nos dados que os PPGs informam todos os anos e são publicados pela CAPES.

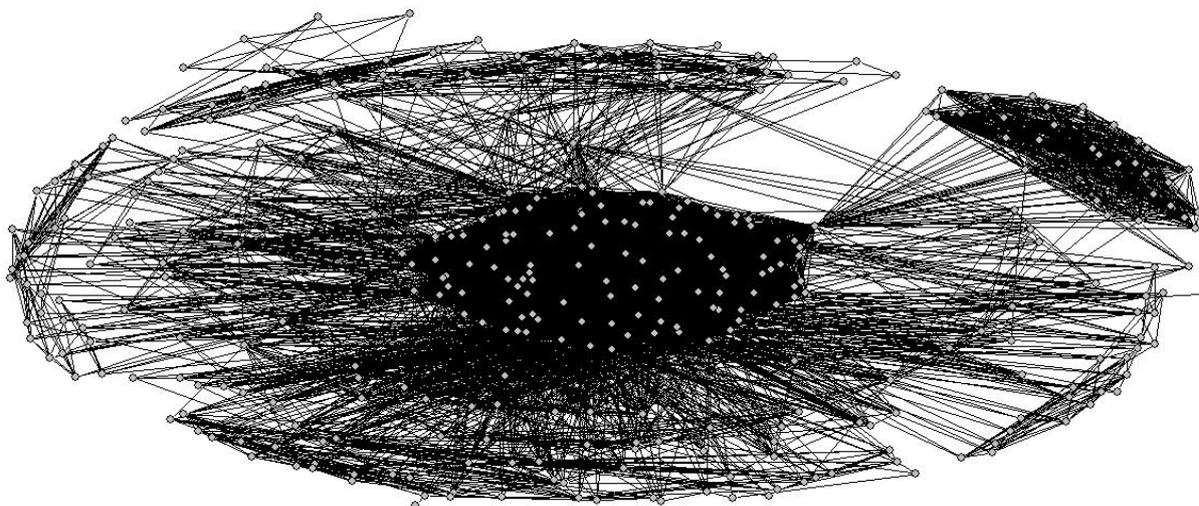
O *locus* da pesquisa é o PPG selecionado e os sujeitos da pesquisa são os pesquisadores que participaram como colaboradores nos projetos de pesquisa (i.e. docentes, discentes e participantes externos) deste programa, considerando o período das avaliações trienais e relatórios da Coleta CAPES disponíveis. Cabe observar que o período escolhido para análise foi delimitado a partir do início das atividades do Comitê Interdisciplinar da CAPES, neste caso, de 2001 até 2009.

Os cadernos de indicadores foram obtidos no formato PDF. Os dados foram coletados e preparados para a construção das redes. Em seguida, com o auxílio de um software (*Ucinet*) para análise de redes geramos as redes no formato .net. A partir deste ponto, calculamos os índices e parâmetros das redes complexas e sociais com o auxílio dos softwares *Pajek* e *Origin*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresentamos o estudo dos cadernos de indicadores de Projetos de Pesquisa do PPG selecionado onde estudamos os dados referentes aos projetos de pesquisa e seus participantes.

Foram analisados 395 projetos de pesquisa, sendo 124 financiados e 271 não financiados por agências de fomento. Na Figura 1, apresentamos a rede de projetos de pesquisa, onde observamos que é uma rede conectada, ou seja, todos os pesquisadores estão conectados formando um único componente.

Figura 1 - Rede de projetos de pesquisa do PPG – período 2001 a 2009.

Índices da teoria das redes complexas

Os índices da teoria das redes complexas mais importantes para caracterizar as redes de colaboração estudadas são: caminho mínimo médio (L), coeficiente de aglomeração (C_{ws}) e a distribuição de graus, $P(k)$. Com estes índices, é possível caracterizar uma rede como "aleatória", "livre de escala" ou "small world", que são os modelos mais difundidos. O coeficiente de aglomeração médio usado é o de Watts e Strogatz (1998), que descreve até que ponto os vizinhos de

um vértice em uma rede são vizinhos entre si. Uma rede apresenta o comportamento *small world* se seu coeficiente de aglomeração médio (C_{ws}) for muito maior que o coeficiente de aglomeração de uma rede aleatória (C_r) e se seu caminho mínimo médio (L) for comparável com o caminho mínimo médio da rede aleatória (L_r) correspondente. A Tabela 1 mostra os resultados dos cálculos para os índices da análise de redes complexas dos projetos de pesquisa.

Tabela 1 - Índices da análise de redes complexas para projetos de pesquisa

Índices	2001 a 2009
Número de vértices (n)	356
Número de componentes	1
Densidade	0,1363
Diâmetro (d)	5
Coeficiente de aglomeração médio C_{ws}	0,9070
Coeficiente de aglomeração médio - rede aleatória C_r	0,1364
Caminho mínimo médio (L)	2,25086
Caminho mínimo médio - rede aleatória (L_r)	1,83960
Grau médio (z)	48,4213

Os resultados indicam que a rede estudada caracteriza-se como *small-world* (maior articulação). O coeficiente de aglomeração alto retrata uma situação onde existe uma forte interlocução entre os pesquisadores; o caminho mínimo baixo sugere que o grupo de pesquisadores é ágil em relação ao acesso e ao contato entre os pesquisadores.

Uma importante característica das redes complexas, que revela a topologia da rede, é a sua distribuição de graus. Uma rede cuja distribuição de graus se aproxima de uma lei de potência é conhecida como rede livre de escala.

Uma característica importante das redes com distribuição livre de escala é que elas são mais robustas em relação à remoção aleatória de vértices e menos robustas na remoção de um vértice específico com grau alto (NEWMAN; BARABÁSI; WATTS, 2006). Isso pode significar que a remoção planejada de um vértice com grau alto pode desconectar a rede, interrompendo processos de difusão do conhecimento. Por exemplo, se um pesquisador que é um *hub* sair do programa porque se aposentou ("ataque" planejado), essa situação pode conduzir a uma desconexão da rede e a colaboração ficar momentaneamente prejudicada.

Na dinâmica de redes, o comportamento da distribuição de graus segundo uma lei de potência mostra que novos vértices introduzidos na rede tendem a se ligar a vértices com alto grau.

Para a rede estudada nesta pesquisa, observamos que não há uma distribuição de graus específica, que se aproxima de uma distribuição de graus, conforme Barabási e Albert (1999), onde $2 < \gamma < 3$.

O γ é o coeficiente angular da reta e, para as redes desta pesquisa, indica que a probabilidade de muitos pesquisadores terem grau alto é baixa. Do mesmo modo, a probabilidade de haver muitos pesquisadores com grau baixo é alta, ou seja, há poucos pesquisadores (grau alto) conectados a muitos pesquisadores e muitos pesquisadores (grau baixo) conectados a poucos pesquisadores. Assim, supõe-se que pesquisadores com grau alto têm grande número de colaboradores, trabalham em grupos e a difusão do conhecimento ocorre com facilidade. Já os que possuem grau baixo, conectados a poucos, podem trabalhar isolados ou em grupos pequenos podendo interromper processos de

difusão do conhecimento ou torná-los mais lentos.

ÍNDICES DA ANÁLISE DE REDES SOCIAIS

Para as redes sociais, foram estudados os índices de centralidade (centralidade de grau, centralidade de proximidade e centralidade de intermediação).

A centralidade de grau foca a importância de um ator nas simples conexões que este estabelece com os atores vizinhos e é quantificada pelo grau do vértice. Assim, um vértice na rede é mais importante que outro se estabelece um maior número de vínculos com os vértices vizinhos. A centralidade de grau é definida pelo número de laços adjacentes que um vértice possui com outros em uma rede (WASSERMAN; FAUST, 1997).

A centralidade de proximidade, medida pelo grau de proximidade de um ator, quantifica o quanto o vértice que representa o ator está próximo de todos os demais vértices da rede. A centralidade de proximidade é função da maior ou menor distância de um vértice em relação a todos outros em uma rede. A ideia é que um vértice central é aquele que possui maiores condições de interagir rapidamente com todos os outros (WASSERMAN; FAUST, 1997; SCOTT, 2002; HANNEMAN; RIDDLE, 2005).

A centralidade de intermediação está relacionada com o fluxo de informações na rede. Ela avalia a dependência de vértices não adjacentes de outros que atuam como uma espécie de ponte para a efetivação da interação entre eles (FREEMAN, 1979). O vértice intermediário é aquele que faz a conexão entre outros vértices que não possuem relações diretas entre si (WASSERMAN; FAUST, 1997; HANNEMAN; RIDDLE, 2005). Nesse caso, quanto maior o grau de centralidade, maior o controle potencial de um vértice sobre outros que dele dependem para executar a interação.

As melhores posições na rede podem representar também maior capacidade de construção do conhecimento científico no campo (ROSSONI; GUARIDO FILHO, 2007). Desse modo, pareceu-nos pertinente relacionar os dez (10) pesquisadores que aparecem em destaque nas centralidades (Tabela 2). As medidas de centralidade foram feitas em âmbito local (ator).

Tabela 2 - Índices da análise de redes sociais para projetos de pesquisa

Vértice	Centralidade Grau	Vértice	Centralidade Proximidade	Vértice	Centralidade Intermediação
156	163	156	64,312	021	16,844
001	159	001	63,849	050	9,914
211	157	211	63,620	176	8,519
176	150	176	62,943	001	6,546
021	149	246	62,610	211	5,922
305	148	305	62,610	310	5,346
246	148	021	62,610	156	5,019
199	148	199	62,610	149	3,587
311	146	311	62,390	143	2,788
326	144	326	62,172	039	2,612

Na Tabela 2, todos os pesquisadores com as maiores centralidades são docentes do programa. Percebemos que os docentes estão à frente dos processos de pesquisa e formam redes de colaboração e difusão do conhecimento. Alguns vértices, entre os quais, o vértice 165, 001, 211 e o 176 se destacam em todas as centralidades.

Infere-se que, nos primeiros lugares da tabela de centralidades (Tabela 2), estão os pesquisadores considerados relevantes em termos de colaboração: quanto maior a centralidade de grau, mais relevante é o pesquisador. Supõe-se que esses pesquisadores com maior interação, trabalham com grupos de pesquisas e têm grande número de colaboradores.

Assim, identificamos a estrutura topológica da rede associada a esta comunidade, revelando vértices centrais, que podem estar em contato direto e adjacente com muitos outros vértices, sendo reconhecido pelos outros como um canal de informações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados preliminares obtidos dos índices da teoria das redes complexas mostram que a rede de projetos de pesquisa estudada caracteriza-se topologicamente como rede *small-world*. Nessas redes, supõem-se existir maior articulação e forte interlocução entre os pesquisadores. Infere-se que o grupo de pesquisadores é ágil em relação ao acesso e contato entre si.

Os índices de centralidade indicam a presença de pesquisadores importantes nas redes, que exercem controle sobre os demais e interagem rapidamente com outros pesquisadores. Esses índices indicam que alguns pesquisadores possuem mais poder no sentido de que podem, de certo modo, exercer algum grau de controle sobre as informações e ideias disseminadas entre os pesquisadores que estão conectados por intermédio dele. As melhores posições nas redes podem representar também maior capacidade de construção do conhecimento científico no campo.

Supõe-se que esses pesquisadores com maior interação, trabalham com grupos de pesquisas e têm grande número de colaboradores, conseguindo, assim, manter seu nível de produção científica de um período para o outro.

REFERÊNCIAS

BARABASI, A. L. **Linked: How everything is connected to everything else and what it means for business, science and everyday life.** [S.l.]: Plume, 2003.

FREEMAN, L. C. **Centrality in social networks: I conceptual clarification.** *Social Networks*, v. 1, p. 215-239, 1979.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa.** Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

HANNEMAN, R. A.; RIDDLE, M. **Introducion to Social Network Methods**. [S.l.: s.n.], 2005. Disponível em <http://www.faculty.ucr.edu/hanneman/>.

KATZ, J. S.; MARTIN, B. R. **What is research collaboration?** *Research Policy*, Amsterdam, n. 26, p. 1–18, 1997.

NEWMAN, M. E. J. **The structure and function of complex networks**. *SIAM Review*, v. 45, n. 2, p. 167–256, 2003.

NEWMAN, M. E. J.; BARABASI, A. L.; **WATTS, D. J. The Structure and Dynamics of Networks**. Princeton: Princeton University Press, 2006.

ROSSONI, L.; **GUARIDO-FILHO, E. R. Cooperação Interinstitucional no Campo da Pesquisa em Estratégia**. *RAE VOL. 47 No4*, p. 74–88, 2007.

SCOTT, J. **Social network analysis**. Sage, 2002.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis: methods and applications**. [reprinted with corrections]. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

WATTS, D. J. **Six Degrees: The Science of a Connected Age**. New York: W. W. Norton e Company, 2003.

WATTS, D. J.; STROGATZ, S. H. **Collective dynamics of small-worl networks**. *Nature*, v. 393, n. 6684, p. 440–442, 1998.