**A PESQUISA EM GENÉTICA HUMANA SOB O PRISMA DAS REDES:**

**uma abordagem metodológica sobre campo científico e domínio de conhecimento**

**Lidiane Carvalho**

Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

Laboratório de Informação Científica e Tecnológica em Saúde (Licts/Fiocruz).

Doutora em Ciência da Informação (PPGCI/Ibict-UFRJ)

[lidiane.carvalho@icict.fiocruz.br](mailto:lidiane.carvalho@icict.fiocruz.br)

**Regina Marteleto**

Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict)

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação (PPGCI/Ibict-UFRJ)

Rua Lauro Muller, 455 - 4o andar

22290-160 - Rio de Janeiro, RJ

Doutora em Comunicação e Cultura (Eco/UFRJ)

regina.mar@ibict.br

**Apontamentos:** Este artigo apresenta parte dos resultados da tese de doutoramento “Informação e genética humana: o sequenciamento de uma cultura científica", defendida no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, PPGCI/Ibict-UFRJ.

**Resumo**

O artigo é um recorte metodológico de uma tese de doutorado cujo objeto é o estudo das redes de pesquisadores da área de genética humana. Apoia-se numa fundamentação teórica que aproxima os princípios conceituais e metodológicos da sociologia do conhecimento (Pierre Bourdieu), aos da organização do conhecimento (Birger Hjørland et al). Para operacionalizar esses quadros teóricos no estudo de redes de pesquisa, utiliza-se ~~o~~ método de análise de redes sociais (ARS), focando nos seguintes conceitos: domínio de conhecimento; comunidade discursiva; campo científico; capital social; capital científico. Os procedimentos metodológicos foram realizados a partir da extração dos dados de coautorias entre pesquisadores vinculados a pesquisas com o genoma, optando-se pela abordagem de *ego rede*. O objetivo é analisar os processos de comunicação, autoridade e autoria científica, a fim de estudar este campo científico e domínio de conhecimento por meio da morfologia da rede de pesquisa. Os resultados mostram as seguintes evidências: a natureza da informação compartilhada em coautorias expressa o capital científico do ego e da rede. O capital científico obteve alta convertibilidade em capital social; os objetos de pesquisa, linguagens e classificações se formaram na medida do lançamento de novos editais do projeto genoma, geralmente com chamadas específicas de agências de fomento. Conclui-se que em redes de pesquisa nesse domínio - a genética humana - a conversão do capital científico em capital social funciona como uma espécie de mobilizador de trocas simbólicas e meio de provera energia relacional necessária para firmar acordos, estabelecer elos e parcerias e manter grupos de interesses disciplinares e interdisciplinares interligados.

**Palavras-Chave:** Produção do conhecimento científico. Análise de Redes Sociais (ARS) Analise de Domínio. Genética humana. Campo científico.

**Abstract**

The article is a methodological cut of a doctoral thesis whose object is the study of the networks of researchers of the area of human genetics. It is based on a theoretical foundation that approximates the conceptual and methodological principles of the sociology of knowledge (Pierre Bourdieu) and the organization of knowledge (Birger Hjørland et al.). In order to operationalize these theoretical frameworks in the study of research networks, the method of social networks analysis (SNA) is used, focusing on the following concepts: domain of knowledge; discursive community; scientific field; social capital; scientific capital. The methodological procedures were carried out by extracting data from co-authors between researchers linked to genome research, opting for the ego-network approach. The objective is to analyze the processes of communication, authority and scientific authorship, in order to study this scientific field and knowledge domain through the morphology of the research network. The results show the following evidence: the nature of information shared in co-authoritative expressions expresses the scientific capital of the ego and the network. Scientific capital obtained high convertibility in social capital; research objects, languages, and classifications were formed as the launch of new genome project notices, usually with specific calls from development agencies. It is concluded that in research networks in this field - human genetics - the conversion of scientific capital into social capital functions as a kind of mobilizer of symbolic exchanges and is a means of providing the relational energy needed to enter into agreements, establish links and partnerships and maintain disciplinary and interdisciplinary interest groups.

**Key words**: Scientific knowledge production. Social network analysis. Domain analysis. Human genetics. Scientific field.

Introdução

Este artigo apresenta um estudo da formação de rede científica por meio de coautorias no campo científico da genética humana no Brasil. Utilizou como recurso analítico, uma fundamentação teórica que aproxima os princípios conceituais e metodológicos da sociologia do conhecimento de Pierre Bourdieu *et al*. aos da organização do conhecimento (KO) de Birger Hjørland *et al*. Tal ancoragem teórica, considera a informação científica numa perspectiva relacional, qual seja, do conhecimento produzido entre os cientistas e os efeitos de realidade deste conhecimento em suas dimensões ética, política, cultural e social.

O pressuposto teórico que norteia este estudo sustenta-se no argumento de que as visões de mundo que orientam a ação humana são estruturantes das formas de representar o conhecimento, das novas nomenclaturas, dos sistemas de informação e das respostas à realidade humana experimentada. Fundamentalmente, quando se entende a organização do conhecimento como expressão de um domínio de práticas de conhecimento de uma determinada comunidade discursiva, novas possibilidades de entendimento sobre a natureza da informação compartilhada emergem.

Para operacionalizar os quadros teóricos acima mencionados, o estudo empregou o método de análise de redes sociais (ARS) e como recurso teórico-metodológico para analisar as posições dos atores, os seguintes conceitos: domínio de conhecimento; comunidade discursiva; campo científico; capital social; capital científico. Reconhece-se o conceito de domínios de conhecimento como complementar ao conceito de campo científico, no sentido de que ambos expressam influências epistemológicas, sociais, econômicas e culturais, sendo o primeiro orientado pelas epistemologias e o segundo pela estrutura social.

Os procedimentos metodológicos para a identificação da rede científica estudada partiram da coleta dos dados de coautorias estabelecidas entre pesquisadores vinculados a investigações científicas no campo da genética humana. O campo empírico analisado nesta rede identificou 184 pesquisadores a partir da abordagem da *ego redes*. Esta abordagem se caracteriza por identificar um ator principal como ponto de partida para mapear os demais atores envolvidos numa estrutura social específica. No caso desta investigação, selecionou-se a *ego rede* formada pelo geneticista e professor brasileiro Sérgio Pena e os laços por ele estabelecidos em contatos de coautoria de primeiro e segundo grau.

Os resultados permitiram traçar as seguintes evidências estruturais sobre o comportamento de pesquisa no campo da genética humana no Brasil entre (1973-2013) a) estabeleceu domínios de conhecimento envolvendo as tecnologias de mapeamento, sequenciamento e estudos de polimorfismos do genoma; b) na dimensão econômica, as agencias de fomento e políticas científicas de pesquisa influenciaram a formação das comunidades discursivas em torno dos objetos previstos nos editais; c) os usos sociais da pesquisa genômica no Brasil desdobraram-se em questões éticas e culturais. Os geneticistas passaram a participar de audiências públicas, por exemplo, a discussão sobre uso de células tronco na pesquisa científica e o emprego do sistema de cotas raciais para acesso à universidade pública brasileira.

Em relação ao comportamento da rede de pesquisa, pelo estudo da medição das relações entre os atores, observou-se que os laços fortes foram mantidos com professores doutores formados pelo ego da rede e os elos fracos foram aqueles mediados por um álter (alunos de mestrado e doutorado do ego da rede). Os alunos que se tornaram doutores tiveram alta centralidade de intermediação na estrutura estudada, porque estabeleceram contatos com outros pesquisadores de outras regiões e países, fortalecendo assim o capital científico institucionalizado da rede. Explica-se esta força das relações pelo prisma do capital social. Observa-se que o capital social é uma espécie de mobilizador das trocas simbólicas, sendo a energia necessária para que as comunidades discursivas se formem e domínios de conhecimento se estabeleçam no campo científico.

Esta investigação apresenta ainda um quadro que permite estudar as conversões entre o capital científico e o capital social em uma rede de pesquisa científica, levando à percepção tanto da interdisciplinaridade entre domínios de conhecimentos, quanto da necessária interlocução dos atores acadêmicos com outros atores sociais.

O Contexto da pesquisa: a Genética humana.

O Projeto Genoma Humano constituiu um marco para os estudos com o genoma humano, porque produziu dados que puderam ser acessados e analisados por cientistas do mundo inteiro. O primeiro genoma sequenciado no Brasil foi do fitopatógeno da bactéria Xylella fastidiosa concluído em 2000. O sequenciamento rendeu uma capa na Nature em 13 de julho de 2000. O projeto envolveu cerca de 190 cientistas.

O sequenciamento deste genoma representou importante marco para a ciência nacional, e teve significado cultural e político para o país porque formou um dos primeiros pesquisadores neste campo, com competência para executar técnicas avançadas em biologia molecular. A rede ONSA (Organisation for Nucleotide Sequence and Analysis) juntamente com a FAPESP financiou os primeiros projetos científicos de larga escala na área no Brasil (DIAS NETO, 2000, p.125).

Esta pesquisa demonstrou a capacidade científica brasileira e colocou o país em posição de destaque no panorama científico internacional, ao mesmo tempo em que estimulou o surgimento de grupos de pesquisa distribuídos pelas várias regiões. A difusão da ciência genômica foi fundamental para o surgimento de novos projetos da rede ONSA, entre eles o Projeto Genoma do Câncer Humano Ludwig/FAPESP (HCGP).

No cenário mundial, a pesquisa genômica, de acordo com o National Human Genome Research Institute (2011), até o momento permitiu: a) determinar a ordem ou a sequência de todas as bases de DNA, ou seja, o genoma humano; b) elaborar mapas que mostram a localização dos genes para as seções principais de todos os cromossomos, ou seja, seus mapas de ligações; (c) elaborar versões complexas e de alcance na investigação sobre a hereditariedade e variações genéticas.

Os dados e informações produzidas pelo Projeto Genoma Humano (PGH) foram organizadas e encontram-se acessíveis gratuitamente na Internet. Por outro lado, os usos sociais da pesquisa genômica envolvem questões éticas e culturais que têm mobilizado cientistas a discutir sobre os efeitos de seus produtos de pesquisa. O Projeto Genoma Humano (PGH) organizou o The Ethical, Legal and Social Implications (ELSI) - Research Program, que desenvolve estudos sobre as implicações éticas, jurídicas e sociais das descobertas e aplicações relacionadas ao conhecimento genético e o subsequente desenvolvimento de opções políticas para consideração pública.

Nessa perspectiva, no Brasil o geneticista Sérgio Pena (2005, p. 321; 2006, s.p.), que constitui o *ego* da rede estudada nessa pesquisa, trabalhou no mapeamento da variabilidade genética da população brasileira, contribuindo ativamente na discussão sobre o sistema de cotas das universidades públicas brasileiras. Pena e Birchal (2006, p.11) afirmam que “embora a ciência não seja campo de origem dos mandamentos morais, ela tem um papel importante na instrução da esfera social” ao esclarecer sobre determinados processos relacionados aos modos de composição da vida humana, “a ciência liberta pelo poder de afastar erros e preconceitos. Assim, a ciência demonstrou a inexistência das raças em seu seio e pode catalisar a desconstrução das raças como entidades sociais”.

A Lei nº 12.711, assinada em de 29 de agosto de 2012, trata de reunir diretrizes sobre a distribuição das vagas nas universidades no Brasil, ficando estabelecido no artigo Art. 3o  que cada instituição federal de ensino superior deve destinar 50 % das suas vagas para alunos procedentes de escolas públicas, e por autodeclarados (cor da pele), pretos, pardos e indígenas, em proporção no mínimo igual à de pretos, pardos e indígenas dentre a população da unidade da Federação onde está instalada a instituição, segundo o mais recente censo disponível do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os usos das informações originadas da sequência de um genoma apresentam uma ampla possibilidade de aplicações científicas e técnicas. As medicinas personalizadas, por exemplo, têm base nas disciplinas da Genômica e nos avanços da Farmacogenômica. A terapia genética e a medicina regenerativa são possibilidades emergentes para cura, tratamento e prevenção de doenças.

Campo científico e domínios de conhecimento -uma abordagem social nos estudos da informação

O conceito de “campo” desenvolvido pelo sociólogo Pierre Bourdieu (2004, p.20) foi utilizado para designar um espaço relativamente autônomo, dotado de suas próprias leis, mas que emerge de um macrocosmo. Uma das grandes questões que surgirão nos campos (ou subcampos) científicos, para o autor, será precisamente acerca do grau de autonomia que eles usufruem especialmente em relação às disciplinas que o constitui.

O campo científico, é um lugar de relações de forças, que implica em tendências imanentes e probabilidades objetivas. Ao formular o conceito de campo científico, Bourdieu recorre ao conceito de capital social para tratar do quanto de energia social é liberada pela ação humana neste jogo imanente (BOURDIEU, 1998, 2004, p. 21; 28).

No que diz respeito às formas objetivas e subjetivas de reconhecimento no espaço de lutas, (o campo), o capital científico é uma espécie particular de mobilizações simbólicas aonde cada campo é o lugar de constituição de uma forma específica de capital (sempre fundado sobre atos de conhecimento e reconhecimento) que consiste no reconhecimento (ou no crédito) atribuído pelo conjunto de pares/concorrentes no interior do campo científico. São exemplos de dispositivos amplamente conhecidos no campo científico, por exemplo, a luta pelo número de menções do *Citation index,* medalhas, Prêmio Nobel, traduções entre outros dispositivos emergentes de medição das práticas científicas, como exemplo, a altimetria e auto publicação (BOURDIEU, 2004, p. 24; 26).

O volume do capital social de um ator (individual) depende da extensão da rede de relações que ele consegue mobilizar e do volume do capital (econômico, cultural ou simbólico). O capital social se evidencia, segundo Bourdieu (1998, p.65) no conjunto de recursos, atuais ou potenciais, que estão ligados à posse de uma rede durável de relações mais ou menos institucionalizadas, em outros termos, à vinculação a um grupo, como conjunto de agentes que não somente são dotados de propriedades comuns e unidos por ligações permanentes e úteis.

Associados e reinterpretados à luz dos estudos informacionais, os conceitos de campo científico, capital científico e capital social, as autoras, Nascimento, Marteleto (2008) consideram que a sociologia do conhecimento desenvolvida por Pierre Bourdieu permite refletir sobre as condições sociais de produção tanto dos conhecimentos, quanto dos seus instrumentos de representação, organização e uso e favorecem as análises sobre a dimensão social, cultural e histórica da informação na construção de sistemas, linguagens e dispositivos de classificação e organização do conhecimento.

Nesta mesma linha a análise de domínio proposta por Hjørland (1998, 2002) propôs onze abordagens metodológicas formando um percurso para analisar a estrutura e a organização dos conhecimentos num domínio, dentre elas os estudos de comunicação científica e os métodos bibliométricos. O pressuposto é que os campos e os domínios de conhecimento na ciência envolvem seus participantes num movimento de edição e publicação, uma vez que os orienta a registrar suas práticas e produções por meio da escrita científica (artigos, livros, comunicações).

Nessa perspectiva, tanto as abordagens interpretativas da sociologia do conhecimento quanto as abordagens pragmáticas dos estudos de domínios de conhecimentos orientam suas análises por meio de três distintas e complementares dimensões do conhecimento na ciência: as epistemológicas (a escrita científica); as institucionais (as disciplinas científicas); e sociais (a autoria científica) (MARTELETO, 2012).

Segundo Durant (2005, p. 22-23), a ciência é uma prática social cujo processo de produção do conhecimento envolve, no mínimo, um conjunto de conhecimentos existentes; um cientista que identifica um problema e contribui para esse *corpus* por meio da realização e da descrição de um trabalho orientado por convenções arbitradas pelos pares; o julgamento e a possível rejeição ou modificação do trabalho; a submissão e a publicação; o exame crítico do trabalho publicado e finalmente a possibilidade de entrada do trabalho no *corpus* do conhecimento existente.

Nos termos de Bourdieu (2001, p.86-87) a escrita científica carrega consigo a materialidade das práticas sociais e conforma um *habitus* linguístico próprio do campo, pelo fato de não ser uma simples produção de discursos, mas uma produção de discursos ajustados a uma ‘situação’ ou, de preferência, ajustados a um mercado ou a um campo no qual os atores são orientados para registrar suas práticas utilizando uma linguagem própria do campo, sendo essa uma das condições para se inserir e participar do processo de produção e certificação do conhecimento científico.

Hjørland (1998) assinala a sua concordância com o ‘realismo pragmático’, o qual permitiria um entendimento do conhecimento mais próximo dos paradigmas vigentes nos domínios, associados às potencialidades  informativas dos documentos e deixa clara a intenção técnico-pragmática da análise de domínio quando lembra que ela está orientada para objetivos práticos de indexação e recuperação da informação, e por isso não dependeria apenas de ‘estudos de usuários’, mas principalmente de normas metodológicas e epistemológicas.

No contexto de um campo científico, os documentos e as coautorias nele expressas podem indicar não apenas o movimento comunicacional entre os cientistas/pesquiadores, mas ainda um meio de prover a energia relacional necessária para firmar acordos, estabelecer elos e parcerias e manter grupos de interesses disciplinares e interdisciplinares interligados.

*O habitus* científico é para Bourdieu (1983) conceituado como disposições formam e produzem sentido em uma estrutura social. Desse modo, os processos de conversão do capital científico em capital social indicam o *quantum* de energia social que cada ator libera na rede, possibilitando as trocas, os fluxos informacionais, as alianças para reunir recursos econômicos e humanos e neste cenário estão presentes, a colaboração, a competição na luta pela prioridade da descoberta.

4.Procedimentos metodológicos - materiais e métodos

Em busca de um recorte representativo do campo da genética humana do ponto de vista da metodologia análise de redes sociais (ARS), realizou-se no segundo semestre de 2012, um levantamento dos pesquisadores atuantes que indexaram seus curriculum vitae na Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/MCTI). Nesta etapa, identificaram-se 85 pesquisadores com bolsa de produtividade 1A. Destaca-se que esta classificação é atribuída pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/MCTI) como reconhecimento por mérito científico e de alto desempenho aos pesquisadores brasileiros.

Optou-se pelo recorte de uma *ego-rede* formada por um coletivo de pesquisadores, estudantes, técnicos e outros atores, centrada no médico e geneticista brasileiro Sérgio Danilo Junho Pena (bolsa de produtividade 1A), escolha que ocorreu especialmente porque este pesquisador é reconhecido publicamente pelas pesquisas com a variabilidade genética da população brasileira, com inserção nacional e internacional, estabelecendo elos interdisciplinares e interinstitucionais com diferentes atores e esferas sociais.

Para fins de caracterização desse recorte empírico, destaca-se que o geneticista Sérgio Pena tem participação nos principais organismos internacionais de pesquisa com o genoma humano. No Brasil é membro titular da Academia Brasileira de Ciências (ABC), e sócio fundador do Núcleo de Genética Médica de Minas Gerais (Gene), um dos primeiros laboratórios privados a oferecer teste de paternidade na América Latina, onde atualmente é diretor científico. Dentre variadas atuações públicas, em 2010 participou da Audiência Pública sobre a Constitucionalidade de Políticas de Ação Afirmativa de Acesso ao Ensino Superior.

Após a seleção da amostra, utilizaram-se os seguintes instrumentos e materiais: a) o *software* *Scriptlattes* para a coleta dos artigos publicados e divulgados na Plataforma Lattes/CNPq pelo ator principal (ego) e seus coautores; b) o *software Ucinet* para a análise das medidas relativas às posições e relações entre os atores; c) o *software* *Vosviewer* (ECK E WATMAN, 2009) para a visualização das relações entre palavras-chave e coautorias. A rede de pesquisa mobilizada pelo geneticista é composta por 184 pesquisadores inscritos na Plataforma Lattes/CNPq e localizados em diferentes regiões do país, que publicaram em coautoria no período entre 1979 e 2013.1. Os dados sobre os atores descritos na análise de redes foram complementados com materiais de divulgação científica e material bibliográfico.

Sobre as *ego-redes* salienta-se que os objetivos da análise das relações entre os atores neste tipo de recorte metodológico orientam-se pelos mesmos princípios de análise das redes sociocêntricas ou completas e segundo La Rua (2009, s.p.) podem: a) identificar regularidades; b) analisar a percepção dos atores; c) realizar uma análise mais sistemática de múltiplos pertencimentos dos atores, da variedade de papéis que representam e de diferentes padrões de interação. Em relação às medidas pertinentes à análise de redes sociais e às formas de operacionalização para a medição do capital científico e do capital social, o quadro 3 apresenta as medidas relatadas na literatura e suas correspondências.

Quadro 1: Medidas de Análise de Redes *versu*s Capital Social.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MEDIDA | DEFINIÇÃO |  |
| *Size/Degree*  *(Burt, 1983)* | Energia social mobilizada pelo número de elos estabelecidos. | Positivo. Quanto maior o número de elos estabelecidos, maiores a chance de uma delas ter o recurso que um ator necessita. |
| *Intermediação*  *Betweenness*  *(Freeman, 1979)* | Atores que unem outros *alteres* ao ego. | Positivo: Atores com altos *Betweenness* unem atores que estão isolados criando oportunidades para exploração da informação. |
| *Proximidade*  *(Freeman, 1979)* | Quando maior o valor do laço com o ego, mais forte a colaboração na formação de domínios; mais central ao processo produtivo de domínios; maior a probabilidade da informação compartilhada por este ator ser relevante para a formação de domínios. | Negativo. Quanto maior for a distância para os outros nós,  menor a probabilidade de receber informações de forma oportuna. |
| *Eigenvector*  *(Bonacich 1972)* | Atores bem conectados na rede favorecem a formação de capital social do ego. | Positivo. Quanto mais elevada a pontuação *eigenvector*, maior a conectividade. |

Fonte**:** adaptado de (BORGATTI, 1998, p. 27-34, HANNEMAN, 2005, s.p).

As medidas utilizadas para analisar a rede, foram as medidas estruturais fornecidas pela literatura concernente aos estudos de análise de redes sociais. Para a sua operacionalização empregou-se o software *Ucinet.* Para medir o capital social, empregou-se medidas de análise de redes de centralidade de grau. Estas medidas foram extraídas pelo comando *Centrality and power* no *Ucinet.*

A centralidade de grau é uma medida importante para identificar os atores com maior número de contatos. Quanto maior o número de contatos maior a capacidade de um cientista mobilizar recursos de pesquisa formando comunidades discursivas em torno de um tema ou objeto de pesquisa. Bourdieu (2008) ensina que o capital científico é adquirido de forma lenta e gradual, nesse sentido, pode-se dizer que as comunidades discursivas se formam a partir do movimento social da ciência que segundo Bourdieu (2008, 2011) se estabelece na prática, por meio de orientações de doutorado e publicações científicas, entre outros produtos da ciência.

Em relação aos aspectos éticos envolvidos na pesquisa, destaca-se que a natureza dos dados é pública, por estarem acessíveis na plataforma Lattes/CNPQ. Concomitante a esta fase realizou-se um estudo na literatura científica internacional no campo dos estudos de informação sobre o genética humana e genômica.

Resultados

Observou-se que a mobilização dos pesquisadores ocorreu de forma lenta e gradual. Entre 1988 até 1992 reuniram-se os primeiros doze membros da rede estudada, produzindo teses e artigos resultantes de pesquisas envolvendo Teste de Paternidade; Vigilância Epidemiológica de Anomalia Congênita; Variação Genética; Genética das Populações; Genética Forense. O destaque do período foi o desenvolvimento de metodologia para avanço nos testes de paternidade na tese de doutorado intitulada “Metodologia Não-Isotópica de Estudo de Impressões Digitais de DNA: Aplicação na Identificação, Caracterização e Taxonomia de Trypanosomatídeos”, da pesquisadora Andréa Mara Macedo, defendida em 1991, orientada pelo geneticista Sérgio Pena no Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Imunologia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), o que representou um marco importante para os estudos de testes de paternidade no Brasil.

As pesquisas realizadas entre 1993-1997 mobilizaram cerca de 33 membros e que se uniram em 26 subgrupos diferentes. A natureza da informação compartilhada em subgrupos, no campo científico neste período, esteve relacionada as temáticas de genética das populações, genética forense e do Projeto *Schistosoma mansoni.*

Entre 1998 e 2002, reuniram-se 49 membros em coautorias, que formaram 26 subgrupos diferentes. Nos anos subsequentes, entre 2003 e 2013 a rede passou gradualmente a incorporar atores científicos, totalizando ao final do período 184 pesquisadores. Os domínios de conhecimento identificados foram a Genética das Populações ameríndias*, Shistosoma mansoni*, PCR/metodologias de sequenciamento em *Trypanosoma cruzi,* métodos e técnicas de sequenciamento em *Schistosoma mansoni*, cromossomo Y, cromossomo X, ancestralidade genômica e identidade nacional: implicações biomédicas e forenses”. Desde 2005, a rede de pesquisa está envolvida com a análise do DNA mitocondrial (mtDNA) e estudos sobre genética das populações.

Na análise de redes, a centralidade de grau é baseada na contagem do número de laços estabelecidos (*ties e degree*) e estas são medidas que nos dizem sobre o capital social dos alteres em relação ao ego dentro da rede. Dentre os atores com maior capital social, em relação ao ego, estão os alteres 2, 3, e 7, que foram formados no doutorado pelo geneticista Sérgio Pena, conforme pode ser observado no quadro abaixo:

Quadro 2: Capital Social - Medidas de Centralidade 1973-2013/1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ator | Capital Social  Maior para Menor  (Degree) | Proximidade do ego  (Closeness) | Mediador de conexões  Betweenness | Força do Laço  Eigenvector |
| 1. Sergio D.J. Pena | 97.268 | 97.340 | 62.197 | 49.760 |
| 2. Franco, G. R | 51.913 | 67.528 | 8.901 | 38.148 |
| 3. Macedo, A.M | 38.251 | 61.616 | 3.115 | 24.580 |
| 4. Machado, C. R | 33.880 | 60.000 | 2.182 | 22.400 |
| 5. Oliveira, S. C | 26.230 | 57.367 | 1.177 | 25.914 |
| 6. Azevedo, V | 25.683 | 57.188 | 1.000 | 25.598 |
| 7. Santos, F. R | 25.683 | 57.188 | 1.272 | 23.827 |
| 8. Chiari, E | 23.497 | 56.481 | 0.869 | 16.102 |
| 9. Camargo, A. A | 20.765 | 55.623 | 0.770 | 20.913 |
| 10. Bonatto, S. L | 19.126 | 55.120 | 0.428 | 20.182 |

**Fonte**: Plataforma Lattes MCT/MCTI (2013).

A centralidade de grau (*degree*) para Everett e Borgatti (2005, p. 32) é uma medida empregada tanto em redes sociocêntricas como egocêntricas. O que as diferencia são os métodos de estudo. O capital social pode ser no nível individual (*ego*) ou coletivo (*alteres*). A centralidade de grau informa sobre quanta energia social um ator mobiliza pelo caminho percorrido entre “um nó e outro”. Este caminho envolve pelo menos dois atores (díade), transitando por tríades e avançando para grupos com maior ou menor densidade, formando as comunidades discursivas.

Nos estudos de coautoria da amostra empreendida, podem ser observados na figura 01, onde cada cor representa um *cluster*, uma conexão ligada por um objeto de pesquisa em comum, dando forma há uma comunidade discursiva. As comunidades discursivas podem ser formadas por duas espécies de capital científico (2008, p. 35) cujas leis de acumulação diferentes: (i) o Capital Científico "puro" adquire-se, principalmente, pelas contribuições reconhecidas ao progresso da ciência, as invenções ou as descobertas, por exemplo, as publicações, ii) o Capital Científico institucionalizado, que se adquire por estratégias políticas.

As formas de transmissão entre as duas formas de capital, também são diferenciadas: o capital científico puro, segundo Bourdieu (2008, p. 35) tem sempre alguma coisa de carismático na percepção comum está ligada à pessoa, aos seus ‘dons’ pessoais. Entretanto, estes dons, são expressões formadas e formadoras de uma determinada estrutura social.

A vinculação de um indivíduo/ator a um determinado espaço social, qual campo científico seja, está regulado por um conjunto de fatores sociais, são eles: a identidade, familiaridade com determinada disciplina e a cooperação entre atores, formando o que denominamos de comunidades discursivas. Estes fatores, influenciam a formação de redes em um campo científico e a força/energia de mobilização dos atores ao estabelecer conexões entre si, Pierre Bourdieu denomina de capital social.

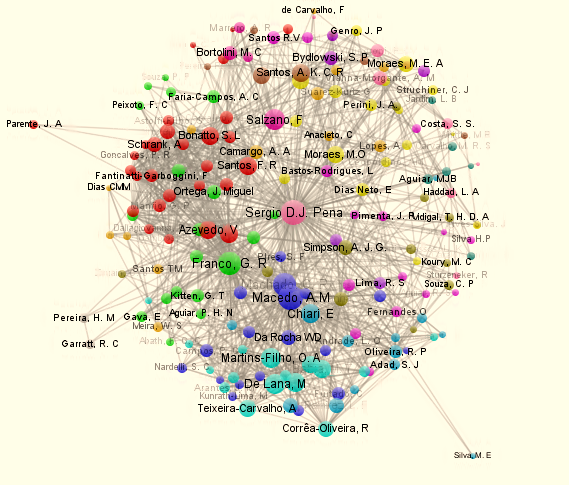
Para Bourdieu (1983, 2001, 2011) a ação humana estaria condicionada à influência das formas de vida e condições de existência do passado, desse modo a energia social não é um atributo dos atores, mas pode ser da cultura, da natureza estrutural, social e psicológica. O capital social, depende do compartilhamento de interesses e valores, e no campo científico, a formação de conhecimento, está diretamente relacionado com estes aspectos de natureza social.

Do ponto de vista do capital social, quanto mais heterogênea for uma rede, maior capital social ela pode agregar; por outro lado, a heterogeneidade se torna negativa quando entra em conflito com a qualidade composicional. Borgatti, (1998. p.34) esclarece que a qualidade composicional, quando investigada na perspectiva do capital social, é relevante quando se necessita analisar um conjunto de alteres com determinadas características para compor a rede e quanto mais conectados um ao outro, maior o capital social.

Em outras palavras, os agentes (indivíduos ou instituição) caracterizados pelo volume de seu capital científico determinam a estrutura do campo em proporção ao seu peso, que depende do peso de todos os outros agentes, isto é, de todo o espaço. Mas, ao contrário, cada agente age sob a pressão da estrutura do espaço que se impõe a ele, especialmente se o seu peso na estrutura for frágil. Portanto, a estrutura é determinada pela distribuição do capital científico e a coautoria pode ser uma forma de medir este capital (BOURDIEU, 2004, p.24).

Ao agregar capital para si, os alteres fortalecem o capital uns dos outros, na medida em que compartilham recursos materiais e humanos, resultando em elos expressos em coautoria. O capital social pode ser medido como explica o quadro 2 e representado no G*rafo*1.

Grafo 1: *Egonetwork* de pesquisadores na genética humana 1973-2013/1.

****

**Fonte dos dados**: Plataforma Lattes CNPq/MCTi (2013).

**Legenda**:

Em vermelho os atores que trabalharam com o projeto genoma brasileiro, em amarelo genômica do câncer, em verde com o sequenciamento do *Schistosoma mansoni* e em azul escuro e azul o *Trypanosoma cruzi* e *Leishmania*. Em rosa os atores que trabalharam com genética humana e dos parasitos.

Sobre a composição estrutural da rede pode-se concluir que: a) a formação de domínios de conhecimento ocorre em torno de projetos genoma; b) os participantes da rede são alunos de mestrado e doutorado e professores que atuam como pesquisadores, mas também desenvolvem atividade em sala de aula; c) os laços fortes são mantidos com professores doutores formados pelo próprio geneticista; d) os laços fracos são aqueles que são mediados por um *alter* com alta centralidade de intermediação, e com contatos exclusivos; e) a colaboração na rede estudada acontece na própria instituição de origem do *ego* (UFMG) e também com pesquisadores de outras instituições e domínios de conhecimento; f) os domínios de conhecimento se formam na medida em que um novo projeto é realizado; g) as sucessões do campo científico estiveram associadas aos investimentos dos orientadores na formação de seus sucessores, envolvendo-os na formação no domínio e em projetos de pesquisa estratégicos; h) em relação ao capital social, os elos estabelecidos com atores dos diversos campos sociais é fundamental, mas são os atores bem posicionados os que obtém acesso à informação inovadora tornando-se um ator com o atributo de “ponte de informação”; i) é fundamental manter o foco na pesquisa básica em uma linha de pesquisa bem definida e inovadora.

Quanto as características gerais da rede de pesquisa, os resultados apontam para as seguintes evidências: a natureza da informação compartilhada em coautorias expressa o capital científico do ego e da rede. O capital científico é produto de projetos de pesquisa realizados pelos grupos que compartilharam recursos, experiências e conhecimentos, nos planos coletivos, quais sejam interdisciplinares e internacionais; o capital científico obteve alta convertibilidade em capital social, ou seja, as pesquisas mobilizaram novos contatos e oportunidades. Os objetos de pesquisa, linguagens e classificações se formaram na medida do lançamento de novos editais de projeto genoma, geralmente com chamadas específicas de agências de fomento.

Os impactos éticos e sociais das pesquisas científicas realizadas pela rede estudada, foram por diversas vezes, publicadas em jornais de grande circulação como Folha de S. Paulo e revista Ciência Hoje. Além disso, houve a participação dos pesquisadores nas audiências públicas, entre elas a discussão sobre cotas raciais nas universidades públicas brasileiras. Os pesquisadores começaram a incorporar esta prática ética e política, sobre os usos sociais da ciência, como parte de sua agenda de práticas científicas.

Os atores que estiveram envolvidos em atividades de divulgação científica de modo expressivo na rede foram Francisco Salzano (UFRGS) (pioneiro nesta atividade na rede), Franklin Rumjanek (UFRJ) e Sérgio Pena (UFMG). Os principais desdobramentos ético políticos trabalhados pelo geneticista Sérgio Pena estiveram associados as pesquisas com variabilidade genética da população brasileira, e da inexistência do conceito de raça humana. Este aspecto é socialmente importante, uma vez que a produção e circulação do conhecimento científico envolvem as relações estabelecidas com a sociedade e a sinergia entre atores econômicos, políticos e sociais como elementos síncronos de determinada estrutura social.

Considerações finais

Os dados foram interpretados empregando conceitos fundamentais da teoria de campo científico de Pierre Bourdieu e domínios de conhecimento de Birger Hjørland. A análise de redes egocêntricas ocorreu pelo estudo dos elos estabelecidos no processo de co-autorias, denominadas no estudo de *ego* e *alter, alter-alte e possibilitou* observar que a natureza da informação compartilhada e da formação lenta e gradual de comunidades discursivas. Estas comunidades formaram subgrupos que expressam a cultura de produção de conhecimento do campo científico da genética humana no Brasil. Observa-se que os produtos de pesquisa foram realizados por estas comunidades que compartilham além de recursos, experiências e conhecimento entre si, formando uma sólida estrutura social.

As estruturas sociais do campo científico podem ser compreendidas pelo prisma da “rede em movimento” e estudá-la envolve considerar aspectos culturais, sociais, políticos e econômicos. Entende-se que a pesquisa básica, encontra no mundo social, elementos para justificar seus investimentos, proporcionando uma análise reflexiva e crítica sobre o impacto social de suas descobertas. O capital científico dos atores sofre desdobramentos no campo social, entre eles, o capital social, responsável por mobilizar outras formas diversas de capital, dando forma aos domínios de conhecimento na estrutura do campo científico. Sendo ele, o capital social, uma espécie de mobilizador de trocas simbólicas, é a energia relacional necessária para manter a dinâmica interdisciplinar, interinstitucional e internacionalizada do campo científico e domínios de conhecimentos relativos à pesquisa em genética humana.

Para estudos futuros quanto ao objeto analisado, sugere-se um olhar sobre o campo da genética humana como expressivo para estudos envolvendo as tecnologias de acesso, uso e compartilhamento de dados e dos usos do genoma humano, além dos desafios éticos- normativos envolvidos. Quanto ao emprego das medidas da metodologia de análise de redes sociais (ars), sugere-se a sua complementação com dados qualitativos, com finalidades de avaliação da ciência e tecnologia (C&T) e pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Futuramente sugere-se também um olhar sobre as estruturas de classificação gênica. A ciência aberta e suas formas de organização podem se inspirar no campo dos estudos genômicos no que se refere às tecnologias de acesso, uso e compartilhamento de dados. Os estudos sobre os usos do genoma humano e os desafios ético normativos que ele representa também pode ser objeto empírico para estudos da sociologia e filosofia da informação. Os efeitos de realidade, quanto ao acesso e ao uso das informações genômicas da população brasileira necessitam ser incorporados à agenda de pesquisa das ciências sociais. Do ponto de vista da gestão da ciência e da tecnologia no Brasil, as políticas de desenvolvimento científico e tecnológico, devem prever editais específicos para o fomento à pesquisa no campo, sugerindo desdobramentos no campo social, de modo que os resultados sejam divulgados numa linguagem acessível ao público não especializado.

Quanto à metodologia empregada, destaca-se que o emprego das medidas de análise de redes sociais (ARS), concatenado aos estudos métricos da informação como a bibliometria. Este arcabouço teórico-metodológico para a análise da produção de conhecimento e da estrutura e organização do conhecimento de um campo científico pode apoiar a identificação de pesquisadores que estão em posição estratégicas para inovar (pontes, corretagem) e outros que concorram pelas mesmas posições no campo, além de ter a potência de identificar os pesquisadores que estabelecem uma discursividade com o campo social, cultural, político e econômico. Esta metodologia, composta por um método quantitativo (ARS) e qualitativos (como a proposta no quadro teórico) poderia apoiar a construção de indicadores também para a avaliação da ciência e tecnologia (C&T) e pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Referências

BORGATTI, Stephen; JONES, Candace, J; EVERETT, Martin G. Network Measures of

Social Capital. *CONNECTIONS* [online], v. 21, n.2: p.27-36, 1998.

BORGATTI, S.P., EVERETT, M.G., FREEMAN, L.C. *Ucinet for Windows:* Software for Social Network Analysis. Harvard, MA: Analytic Technologies. 2002.

BORGATTI, Stephen. Centrality and network flow. *Social Networks*. v. 27, n. 1, p. 55–71, 2005.

BORGATTI, Stephen; JONES, Candace, J; EVERETT, Martin G. Network Measures of

Social Capital*. CONNECTIONS* [online], v. 21, n.2: p.27-36, 1998.

Disponível em:< http://www.analytictech.com/borgatti/borg\_social\_capital\_measures.htm. >

Acesso em: 12.12.2013

BOURDIEU, Pierre. O Campo Científico. In: ORTIZ, Renato (org.). Bourdieu - Sociologia. São Paulo: Ática, 1983. p. 122-155 (Coleção Grandes Cientistas Sociais).

BOURDIEU, Pierre. O Capital Social: notas provisórias. In; NOGUEIRA, Maria Alice &

CATANI, Afrânio. *Escritos de Educação*. Petrópolis, 1998: Vozes. p. 65-70.

BOURDIEU, Pierre. *El oficio de científico Ciência de la ciencia y reflexividad*. Barcelona: Editora Anagrama, 2001.209 p.

BOURDIEU, Pierre. Os usos sociais da ciência: por uma sociologia clínica do campo

científico. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

BOURDIEU, Pierre. *Homo academicus.* Siglo XXI Editores: Argentina, 2008. 320 p. (versão em espanhol).

BOURDIEU, Pierre. *Homo academicus*. Editora da UFSC: Florianópolis, 2011. 314p.

BRASIL. Lei nº 12.711, de 29 de agosto de 2012. Dispõe sobre o ingresso nas universidades federais e nas instituições federais de ensino técnico de nível médio e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 ago. 2012.

CARVALHO, Lidiane S. Informação e Genética Humana: O sequenciamento de uma cultura científica. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Escola de Comunicação, 2014. 234f.

COUZINET, Viviane. Complexidade e documento: a hibridação das mediações nas áreas em ruptura. *RECIIS – R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde*. Rio de Janeiro, v.3, n.3, p.10-16, set. 2009.

DIAS NETO, Emmanuel. O projeto genoma do Câncer Humano. Rio de janeiro:

*Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, n.12, p.124-129, 2000 (Encarte Especial).

ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 84, n. 2, p. 523-538, 31 dez. 2009.

DURANT, John. O que é alfabetização científica? In: MASSARANI, LUISA; TURNEY, JOHN; MOREIRA, Ildeu de C.. *Terra incógnita*: a interface entre ciência e público. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, UFRJ/ Casa da Ciência, UFRJ/ Museu da Vida, 2005, p. 13-26.

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

HANNEMAN, Robert; RIDLE, Mark*. Introduction to social network methods,* Riverside,

CA: University of Califórnia, 2005. Disponível em

<http://faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/> Acesso em 11.11.11.

HJØRLAND, Birger. Theory and metatheory of information Science: a new interpretation. *Journal of Documentation*, v.54, n.5, p.606 - 621, 1998.

HJØRLAND, B. Domain analysis in information science: eleven approaches – traditional as well as innovative. *Journal of Documentation*, v.58, p. 422-462, 2002.

HJØRLAND, B. Towards a theory of aboutness, subject, topicality, theme, domain, field, content and relevance. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 52, n. 9, p. 774 -778, 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. Ministério da Saúde. *Rede Nacional de Câncer Familia*l. Manual Operacional. Rio de Janeiro: INCA, 2009. 229p.

NASCIMENTO, Denise Morado; MARTELETO, Regina. Social field, domains of knowledge and informational practice. *Journal of Documentation*, v. 64, n. 3, p. 397-412, 2008.

NATIONAL HUMAN GENOME RESEARCH INSTITUTE (NHGRI). What was the Human Genome Project? EUA: NIH, 2011b. Disponível em: <http://www.genome.gov/12011238. > Acesso em 12.06. 2018.

NATURE. Genome sequencing for all. **Nature**, v. 406, p. 109, 13 jul. 2000.

MARTELETO, Regina. 2011. “Les modeles de publication dans le champs de la santé publique au Brésil: entre interdisciplinarité et internationalisation. *Communication & Langage*s, n. 168, p. 5-16.

MARTELETO, Regina. Escrita, disciplina e autoria: dimensões epistemológicas, institucionais e sociais dos processos de produção, divulgação e apropriação do conhecimento. In: REGIS, Fátima et al. *Tecnologias de comunicação e cognição.* Porto Alegre: Ed. Sulina, 2012, p. 283-304.

PENA, Sérgio D.J.; Bortolini, Maria C. Pode a genética definir quem deve se beneficiar das

cotas universitárias e demais ações afirmativas? *Estudos Avançados*, Brasil, v. 18, p. 31-50,

2004.

PENA, Sérgio. D. J.: Razões para banir o conceito de raça da medicina brasileira. *História,*

*Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 12, n. 1, p. 321-346, maio-ago. 2005.

PLATAFORMA LATTES. Sobre a Plataforma. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/>.

Acesso em: 21.02.2013.

PLATAFORMA LATTES. Sérgio Danilo Junho Pena. Disponível em:

<http://lattes.cnpq.br/5969241975196292 >. Acesso em: 12.12.2013.

PLATAFORMA LATTES. Andréa Mara Macedo. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/>.

Acesso em: 12.12.2013.

PLATAFORMA LATTES. Carlos Renato Machado. Disponível em:

<http://lattes.cnpq.br/6306925202374274>. Acesso em: 12.12.2013.

PLATAFORMA LATTES. Francisco Salzano. Disponível em:

http://lattes.cnpq.br/1820725602041611. Acesso em: 12.12.2013. Acesso em: 12.12.2013.

PLATAFORMA LATTES. Glória Regina Franco. Disponível em: http://lattes.cnpq.br/7543542253155919. Acesso em: 12.12.2013. Acesso em: 12.12.2013.