



Colaboração acadêmica em informática em saúde baseada em análise de redes sociais

Academic collaboration in health informatics based on social network analysis

Colaboración académica en informática en salud basada en análisis de redes sociales

Roberto Silva Baptista, Thiago Delevidove de Lima Verde Brito, Leonardo Luiz Braun, Josceli Maria Tenório, Ivan Torres Pisa

RESUMO

Descritores: Informática em Saúde; Análise de Redes Sociais

Objetivo: Apresentar a rede de colaboração em IS no Brasil oriunda dos currículos da Plataforma Lattes. **Métodos:** Foram aplicadas técnicas e métricas de análise de redes sociais (ARS) para criação das redes dos pesquisadores, das grandes áreas do conhecimento e das áreas. **Resultados:** A rede de pesquisadores possui 889 pesquisadores e 1.014 ligações, densidade de 0,003, caminho médio de 5,76 e grau médio de 2,28. A rede de grandes áreas possui 10 grandes áreas e 30 ligações entre as mesmas, densidade de 0,667, caminho médio de 1,16 e grau médio de 6. A rede de áreas possui 74 áreas e 344 ligações entre as mesmas, densidade de 0,127, caminho médio de 2,18 e grau médio de 9,297. **Conclusão:** O par de grandes áreas mais encontrado é ciências exatas e da terra e engenharias (n=350) e o par de áreas mais encontrado é ciência da computação e medicina (n=156).

ABSTRACT

Keywords: Health Informatics; Social Network Analysis

Objective: To present the IS collaboration network in Brazil from the Lattes Platform curriculae. **Methods:** Social network analysis techniques and metrics (ARS) were used to create networks of researchers, large areas of knowledge and areas. **Results:** The researchers network has 889 researchers and 1,014 links, density of 0.003, average path of 5.76 and average degree of 2.28. The network of large areas has 10 large areas and 30 connections between them, density 0.667, average path of 1.16 and average degree of 6. The network of areas has 74 areas and 344 connections between them, density of 0.127, average path of 2.18 and average degree of 9,297. **Conclusion:** The pair of large areas most found is exact sciences and earth plus engineering (n = 350) and the pair of areas most encountered is computer science plus medicine (n = 156).

RESUMEN

Descriptores: Informática en Salud; Análisis de redes sociales

Objetivo: Presentar la red de colaboración en IS en Brasil oriunda de los currículos de la Plataforma Lattes. **Métodos:** Se aplicaron técnicas y métricas de análisis de redes sociales (ARS) para la creación de las redes de los investigadores, de las grandes áreas del conocimiento y de las áreas. **Resultados:** La red de investigadores posee 889 investigadores y 1.014 conexiones, densidad de 0,003, camino medio de 5,76 y grado medio de 2,28. La red de grandes áreas posee 10 grandes áreas y 30 conexiones entre las mismas, densidad de 0,667, camino medio de 1,16 y grado medio de 6. La red de áreas posee 74 áreas y 344 conexiones entre las mismas, densidad de 0,127, el camino medio de 2,18 y el grado medio de 9,297. **Conclusión:** El par de grandes áreas más encontradas es ciencias exactas y de la tierra e ingenierías (n = 350) y el par de áreas más encontradas es ciencia de la computación y medicina (n = 156).

¹ Doutorando em Ciências; Programa de Pós-graduação em Gestão e Informática em Saúde, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo (SP), Brasil.

² Mestre em Ciências; Rede Universitária de Telemedicina (RUTE), Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

³ Mestrando; Programa de Pós-graduação em Gestão e Informática em Saúde, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo (SP), Brasil.

⁴ Doutoranda; Programa de Pós-graduação em Gestão e Informática em Saúde, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo (SP), Brasil.

⁵ Livre Docente; Departamento de Informática em Saúde, Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, São Paulo (SP), Brasil.

INTRODUÇÃO

Informática em saúde (IS) é uma tecnociência interdisciplinar que se ocupa da solução de problemas de um amplo leque de domínios e fatos das ciências da vida, das ciências da saúde e da prática do cuidado em saúde, por meio da pesquisa científica proveniente de outras áreas do conhecimento e do desenvolvimento de suas próprias tecnologias para uso na sociedade⁽¹⁾. A quantidade de publicações em IS vem crescendo nos últimos anos e os eventos vêm atraindo cada vez mais pesquisadores tornando-a uma área de rápido crescimento⁽²⁾ e que depende da ativa colaboração entre diferentes disciplinas e profissões. No entanto, pouco se sabe sobre a colaboração de cada área disciplinar para o crescimento da IS no Brasil.

Uma das abordagens de estudos sobre colaboração acadêmica é baseada na aplicação de técnicas de análise de redes sociais (*social network analysis SNA*)⁽³⁻⁶⁾. Por exemplo, dois pesquisadores possuem uma ligação se ambos são coautores de um mesmo artigo científico⁽⁴⁾. Um artigo científico com dois ou mais autores indica que estes se conhecem e colaboraram entre si. A aplicação de técnicas de SNA em coautorias de artigos científicos contribui para descrever a estrutura e natureza de relacionamentos numa comunidade científica, seja para atingir um objetivo comum ou complementar⁽⁷⁾.

Redes de colaboração acadêmica baseadas em coautoria de artigos científicos vêm sendo cada vez mais estudadas em diversas áreas do conhecimento como medicina, ciência da computação e biologia⁽⁷⁻⁹⁾. Nesse contexto, a Plataforma Lattes CNPq, que contém mais de dois milhões de currículos⁽¹⁰⁾, vem se tornando um padrão para avaliação acadêmica no país, possibilitando a realização de estudos sobre colaboração acadêmica em diferentes áreas do conhecimento⁽¹¹⁻¹⁴⁾. Nos currículos da Plataforma Lattes o pesquisador indica sua produção científica, incluindo suas coautorias, possibilitando assim representar os pesquisadores e suas relações acadêmicas como uma rede social acadêmica. Em 2008 no Congresso Brasileiro de Informática em Saúde foi apresentada uma metodologia de cálculo de proximidade entre pesquisadores de informática em saúde baseada nas informações de coautorias extraídas dos currículos Lattes⁽¹⁵⁾. Em 2014 um outro estudo apresentou uma estrutura com respectiva dinâmica das redes de coautoria entre pesquisadores nas oito grandes áreas de conhecimento encontradas na plataforma Lattes⁽¹⁰⁾.

O objetivo deste trabalho é apresentar a rede de colaboração entre pesquisadores em informática em saúde no Brasil oriunda da extração da produção científica informada nos currículos da Plataforma Lattes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo exploratório inicialmente foi elaborada uma lista com os nomes dos participantes das edições dos eventos da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS) dos anos 2006-2013. Foram incluídos os nomes dos sócios da SBIS e outros nomes também foram

incluídos arbitrariamente em função de sua experiência e conhecimento na área de informática em saúde. No entanto, não é possível afirmar que a lista confeccionada representa com precisão todos os pesquisadores que atuam na área da informática em saúde no país. Foram excluídos da lista os nomes que não possuíam currículos na plataforma Lattes.

Este estudo seguiu as seguintes etapas: extração de dados; modelagem da rede de colaboração entre pesquisadores, entre grandes áreas e entre áreas e cálculo de métricas de análise de redes sociais.

Extração de dados

Para extração dos currículos da Plataforma Lattes foi utilizado o software livre ScriptLattes⁽¹⁶⁾ (scriptlattes.sourceforge.net) que faz a extração dos currículos de uma lista previamente informada e retorna os dados de cada pesquisador e um compilado de sua produção científica. Cabe salientar que o ScriptLattes também possui um algoritmo que identifica e elimina as produções duplicadas, gera relatórios, grafos e arquivos de apoio a partir da base extraída.

Neste estudo foi utilizado como base um arquivo de grafo gerado pelo ScriptLattes no formato graphml⁽¹⁷⁾, que é composto de uma sublinguagem da XML para representação de grafos e utilizado pela maioria dos aplicativos de análise de redes. No grafo obtido os pesquisadores foram representados como vértices e as coautorias entre pesquisadores como arestas. Para cada aresta entre dois pesquisadores também está informado o peso da aresta, que neste caso representa a quantidade de coautorias entre dois pesquisadores.

Modelagem da rede de colaboração

O grafo obtido foi importado para o software Gephi⁽¹⁸⁾. Então a lista de vértices (pesquisadores) e a lista de arestas (coautorias) foram exportadas para arquivos no formato csv. Em seguida, as listas foram importadas para o software R (r-project.org). Com a utilização das bibliotecas iGraph (igraph.org) e reshape (cran.r-project.org/web/packages/reshape) foram modeladas outras duas redes de atuação dos pesquisadores a partir dos dados importados: entre grandes áreas e entre áreas. As grandes áreas e áreas são respectivamente o primeiro e segundo níveis hierárquicos da tabela de áreas do conhecimento/avaliação da Capes⁽¹⁹⁾. Os níveis seguintes, subárea e especialidade, são de preenchimento livre pelo proprietário do currículo Lattes. No currículo Lattes o proprietário do currículo pode preencher até cinco áreas de atuação, cada uma composta pela estrutura grande área / área / subárea / especialidade. Nessas redes a intenção é fornecer uma visão da relação entre as grandes áreas e áreas informadas pelos pesquisadores em seus currículos. As grandes áreas e áreas foram representadas por vértices e arestas em duas redes distintas que indicam um ou mais pesquisadores que às possuem cadastradas em seus currículos.

Cálculo de métricas de análise de redes sociais

Para cada rede obtida foram calculadas métricas

globais, as quais buscam caracterizar cada rede em estudo⁽²⁰⁻²¹⁾. Foram calculados o tamanho da rede, o número de arestas e seus pesos, o grau médio, o grau ponderado médio, diâmetro, densidade e caminho médio. O tamanho da rede é expresso pelo número de vértices, nesse caso a quantidade de pesquisadores, grandes áreas e áreas. O número de arestas representa a quantidade de ligações entre dois vértices. A soma dos pesos das arestas representa a quantidade de colaborações. O grau médio representa a quantidade média de pesquisadores com quem um pesquisador colaborou. Já o grau ponderado médio representa a média da soma dos pesos destas ligações. O diâmetro de uma rede representa o maior caminho entre todos os caminhos mais curtos (distância) entre dois pesquisadores numa rede. A densidade representa a razão entre a quantidade de arestas da rede em estudo e a quantidade máxima possível de arestas dado a quantidade de vértices. Quanto mais próximo de zero for a densidade, mais esparsa é a rede. Quanto mais próxima de um, mais densa é a rede. Os componentes da rede representam partes da rede que se encontram isoladas de todas as demais.

RESULTADOS

Extração de dados

Considerando os critérios de inclusão e exclusão a lista de pesquisadores resultou em 889 nomes. Após execução do software ScriptLattes foram extraídas informações dos currículos Lattes para os nomes da lista. No campo destinado a área de atuação foram encontradas 73 áreas cujo preenchimento é padronizado pela Plataforma Lattes distribuídas em 9 grandes áreas. Cabe salientar que 106 currículos não tinham dados de grande área de atuação preenchidos; para estes a grande área foi rotulada como não preenchido. As subáreas são de preenchimento livre pelo proprietário do currículo e resultou em 578 subáreas distintas após avaliação de ambiguidade. Por fim, o proprietário do currículo pode preencher um quarto nível, denominado especialidade, também de preenchimento livre, que resultou numa lista de 572 especialidades distintas.

Modelagem da rede de colaboração

A rede de pesquisadores em IS obtida pela execução do ScriptLattes foi importada no software Gephi e revelou uma rede não direcionada com 889 pesquisadores

e 1.014 ligações entre pesquisadores. Cabe salientar que não foram encontradas ligações com outros pesquisadores da rede para 361 currículos (vértices isolados).

As métricas globais obtidas para a rede de colaboração entre pesquisadores de Informática em Saúde podem ser observadas na Tabela 1.

A rede obtida é esparsa como pode ser observado pela densidade de 0,003. O caminho médio de 5,76 indica que na média um pesquisador está a menos de seis passos de todos os outros pesquisadores na rede. Já o grau médio obtido indica que na média um pesquisador colaborou com outros 2,28 pesquisadores da rede em estudo e com a média de 9,98 colaborações por pesquisador (grau ponderado médio).

Foi observado também que a rede segue uma distribuição de graus baseada em uma lei de potência (*power law*)⁽²²⁾ em que poucos vértices possuem muitas ligações e muitos vértices possuem poucas ligações. Tal fenômeno pode ser observado pelo gráfico na Figura 1(a). Como exemplo podemos observar que mais de 350 pesquisadores não possuem ligações (grau=0) e apenas um pesquisador possui 41 ligações com outros pesquisadores (grau=41). O grande número de componentes se deve ao alto número de vértices isolados porque cada vértice isolado é considerado um componente. Também foi observada uma característica típica de uma rede social que é a presença do componente gigante que nesta rede possui 446 vértices (Figura 1b). Vale ressaltar que na Figura 1(a), que apresenta uma distribuição por grau, o eixo X representa a quantidade de ligações (grau) e o eixo Y a quantidade de vértices. na Figura 1(b), com uma distribuição por componentes, o eixo X representa o tamanho do componente e o eixo Y representa a quantidade de componentes.

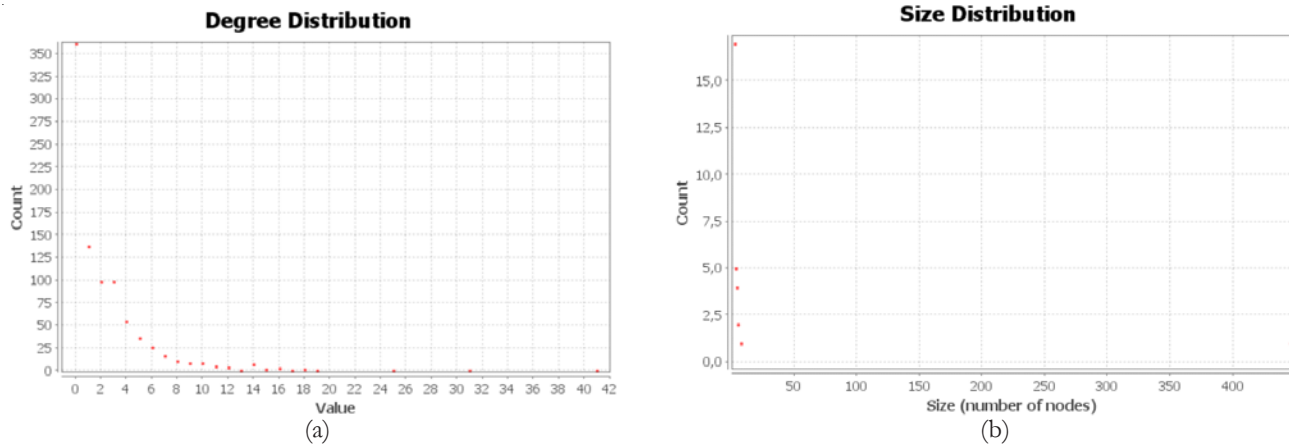
A rede de grandes áreas de atuação informadas pelos pesquisadores em IS resultou numa rede não direcionada com 10 vértices (nove grandes áreas e o vértice isolado “não informado”) e 30 arestas. As arestas representam a coocorrência de duas grandes áreas informadas em um mesmo currículo (Figura 2(a)). Já a rede de áreas de atuação informadas pelos pesquisadores em informática em saúde resultou numa rede não direcionada com 74 vértices (áreas) e 344 arestas (coocorrência entre áreas) (Figura 2(b)).

Também na Tabela 1 são apresentadas as métricas globais para as redes de atuação informadas pelos pesquisadores entre grandes áreas e áreas.

Tabela 1 - Métricas globais obtidas para a rede entre pesquisadores.

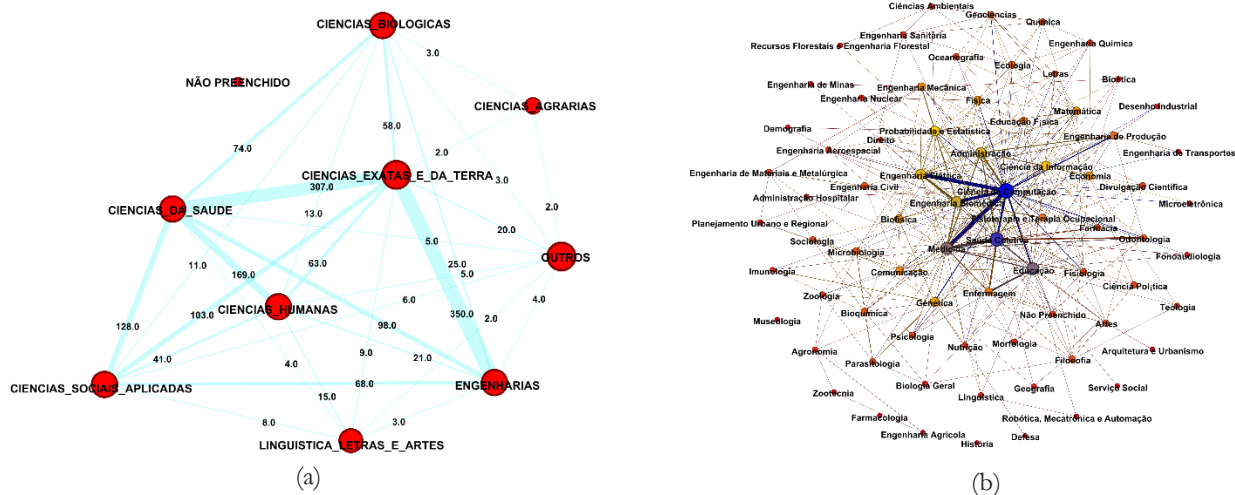
Métrica	Pesquisadores	Grandes áreas	Áreas
Tamanho (vértices)	889	10	74
Arestas	1.014	30	344
Colaborações	8.872	NA	NA
Vértices isolados	361	1	4
Grau médio	2,28	6	9,297
Grau ponderado médio	9,98	NA	NA
Diâmetro	15	2	5
Densidade	0,003	0,667	0,127
Caminho médio	5,76	1,16	2,18
Componentes	391	NA	NA

Fonte: Elaborada pelos autores



Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 1 – Distribuições por grau (a) e por componentes (b)



Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 2 – Rede das Grandes Áreas (a) e Rede das Áreas (b)

Tabela 2 - Distribuição dos currículos pela presença das grandes áreas informadas.

Grandes áreas (GA)	nº de currículos com a presença da GA	nº de currículos com apenas a GA informada	GA mais informada em conjunto com a primeira GA
Ciências exatas e da terra	395	185	Ciências da saúde
Ciências da saúde	367	190	Ciências exatas e da terra
Engenharias	165	41	Engenharias
Ciências humanas	92	12	Ciências da saúde
Ciências sociais aplicadas	92	15	Ciências da saúde
Ciências biológicas	66	20	Ciências da saúde
Outros	13	1	Ciências exatas e da terra
Linguística, letras e artes	14	2	Ciências exatas e da terra
Ciências agrárias	3	1	Ciências biológicas
Não preenchido	106	106	Não se aplica

Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 3 - Dez áreas mais informadas nos currículos.

Área	nº de currículos com a presença da área	nº de currículos com apenas 1 área informada	Área mais informada em conjunto com a primeira
Ciência da computação	362	173	Medicina
Medicina	191	70	Ciência da computação
Saúde coletiva	123	14	Medicina
Engenharia biomédica	86	7	Ciência da computação
Engenharia elétrica	81	7	Ciência da computação
Educação	74	7	Enfermagem
Enfermagem	63	30	Educação
Administração	55	5	Ciência da computação
Fisioterapia e ter. Ocup.	29	15	Engenharia biomédica
Odontologia	27	8	Saúde coletiva

Fonte: Elaborada pelos autores

Na rede entre grandes áreas apenas um vértice isolado foi obtido, que se refere ao vértice “não preenchido”. Já na rede entre áreas, quatro vértices isolados foram encontrados, são eles: não preenchido, farmacologia, história e museologia.

Na Tabela 2 é apresentada a distribuição dos currículos pela presença das grandes áreas informadas e quando somente uma grande área é informada. Cabe salientar que a mesma grande área pode ser informada mais de uma vez em cada currículo. Também é apresentada a grande área mais informada em conjunto com a primeira.

Na Tabela 3 são apresentadas as 10 áreas mais informadas nos currículos e quando somente uma área foi informada. Também é apresentada a área mais informada em conjunto com a primeira.

DISCUSSÃO

Pode-se considerar a lista de pesquisadores usada nesse estudo como necessária e satisfatória mas não é possível afirmar que a lista obtida neste estudo representa completamente os pesquisadores que atuam na área da informática em saúde no Brasil. Possivelmente nomes ficaram de fora. Há na literatura exemplo no qual ao se realizar um estudo sobre a colaboração científica em ciência da informação também elaborou-se uma lista de pesquisadores para posterior coleta de currículos, porém apenas docentes de programas de pós-graduação em ciência da informação foram considerados. Este estudo se diferencia na natureza da elaboração da lista uma vez que foram considerados os participantes das últimas quatro edições do principal evento sobre informática em saúde no Brasil (CBIS) assim como membros da SBIS⁽¹⁴⁾.

As coautorias das produções bibliográficas obtidas dos currículos Lattes representam apenas um aspecto significativo, mas não único, das colaborações entre pesquisadores. O fato de um pesquisador possuir um alto número de ligações com outros pesquisadores nesta análise não garante que suas colaborações geram impacto positivo na área da informática em saúde, nem a ausência de ligação demonstra falta de qualidade no que é produzido e relatado nos currículos.

Como neste estudo foram avaliadas ligações somente entre pesquisadores de uma lista pré-definida, fechada, os números de colaborações aqui apresentados não refletem a totalidade das coautorias destes pesquisadores. A produção científica exclusiva de um pesquisador da lista com pesquisadores de fora da lista não foi

considerada. Assim, a grande quantidade de pesquisadores sem ligação pode representar dois possíveis aspectos. O primeiro é que uma parte dos pesquisadores somente colaboraram com pesquisadores de fora da lista utilizada para este estudo, porém a participação em uma ou mais edições do CBIS indica interesse dos portadores destes currículos pela área de informática em saúde. Outro aspecto é que uma parte destes currículos são de alunos de graduação e pós-graduação que ainda não possuem produção científica informada em seus currículos.

As medidas globais calculadas indicam que a rede de pesquisadores em informática em saúde obtida neste estudo possui características típicas de uma rede de colaboração científica e do tipo *small-world*⁽²³⁾ em que na média uma pessoa está separada em até seis passos das demais pessoas da rede. Essa característica é evidenciada pelo pequeno diâmetro, o alto coeficiente de agrupamento e o caminho médio menor que seis^(4,6).

Avaliar as áreas de atuação informadas pelos próprios pesquisadores pode contribuir para uma representação alternativa da interdisciplinaridade da área de informática em saúde no Brasil. Um trabalho futuro pode avaliar se pares de áreas mais informadas em conjunto tem relação aos temas da produção científica dos pesquisadores na rede. Esta relação pode trazer a luz possíveis padrões de colaboração interdisciplinar e ações de fomento para colaborações científicas, por exemplo.

CONCLUSÃO

Esse estudo explorou a colaboração científica por meio das informações da plataforma Lattes de uma lista de 889 pesquisadores em informática em saúde no Brasil. Foi observado que todas as grandes áreas do conhecimento foram encontradas nos currículos avaliados indicando uma significativa abrangência disciplinar da área. O par de grandes áreas mais encontrados nos currículos foi ciências exatas e da terra e engenharias (n=350) seguido por ciências da saúde e ciências exatas e da terra (n=307). Já o par de áreas do conhecimento mais encontrado foi ciência da computação e medicina (n=156) seguido por ciência da computação e engenharia elétrica (n=138). Os resultados podem auxiliar na criação de novas estratégias de ampliação de participantes nos congressos da SBIS assim como colaborar em métodos e sistemas de recomendação entre pesquisadores com objetivos interdisciplinares na área de informática em saúde no país.

REFERÊNCIAS

1. Pisa IT. Estudos em descoberta de conhecimento e mineração de dados em saúde [tese livre-docência]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina; 2013.
2. Demiris G. Interdisciplinary innovations in biomedical and health informatics graduate education. *Methods Inf Med.* 2007; 46(1):63-6.
3. Otte E, Rousseau R. Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. *J Inf Sci.* 2002 Dec; 28(6):441-53.
4. Newman MEJ. The structure of scientific collaboration networks. *Proc Natl Acad Sci.* 2001 Jan; 98(2):404-9.
5. Newman MEJ. Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proc Natl Acad Sci.* 2004 Apr; 101(suppl 1):5200-5.
6. Guimarães CMM, Galvão V. Análise da rede de colaboração científica sobre biogás. *Pers Cienc Inf.* 2015 Jun; 20(2):120-33.
7. Catalá-López F, Alonso-Arroyo A, Hutton B, Alexandre-Benavent R, Moher D. Global collaborative networks on meta-analyses of randomized trials published in high impact factor medical journals: a social network analysis. *BMC Med.* 2014 Jan; 12(1):15.
8. Girvan M, Newman MEJ. Community structure in social and

- biological networks. *Proc Natl Acad Sci*. 2002 Jun; 99(12):7821-6.
9. Freire VPM, Figueiredo DR. Ranking in Collaboration networks using a relationship intensity metric. *Proceedings of the Brazilian Symposium of Collaborative Systems*. 2010 Oct 5-8. Belo Horizonte, MG: IEEE; 2010.
 10. Mena-Chalco JP, Digiampietri LA, Lopes FM, Cesar Junior RM. Brazilian bibliometric coauthorship networks. *J Assoc Inform Sci Technol*. 2014 Jul; 65(7):1424-45.
 11. Silva HAS, Reina DRM, Ensslin SR, et al. Programas de pós-graduação em contabilidade: análise da produção científica e redes de colaboração. *Rev Cont Organ*. 2012 Jun; 6(14):145-62.
 12. Kern VM, Pacheco R, Balancieri R, Barcia R. A análise de redes de colaboração científica sob as novas tecnologias de informação e comunicação: um estudo na Plataforma Lattes. *Ciê Inform*. 2005 Jan; 34(1):64-77.
 13. Hayashi CRM, Haya PIMC, Marcelo JF, Bello SF. Análise de redes de colaboração científica entre educação especial e fonoaudiologia. *Rev Interam Bibliot*. 2012 Jul; 35(3):285-97.
 14. Bufrem LS, Gabriel Junior RF, Gonçalves V. Práticas de co-autoria no processo de comunicação científica na pós-graduação em ciência da informação no Brasil. *Inf Inf*. 2010 Dez; 15 (Spec):111-30.
 15. Costa TM. LattesRank do CBIS 2008: ranking dos participantes do Congresso Brasileiro de Informática em Saúde 2006 baseado no grau de conexão via currículo Lattes. *Anais do Congresso Brasileiro de Informática em Saúde 2008*. 2008 Nov 29-Dez 3; Campos de Jordão; 2008.
 16. Mena-Chalco JP, Junior RMC. ScriptLattes: an open-source knowledge extraction system from the Lattes platform. *J Braz Comput Soc*. 2009 Dec; 15(4):31-9.
 17. Brandes U, Eiglsperger M, Herman I, Himsolt M, Marshall MS. GraphML progress report structural layer proposal. In: Mutzel P, Jünger M, Leipert S (eds). *Graph Drawing. Lecture Notes in Computer Science*. Springer: Berlin, Heidelberg; 2002. p.501-12.
 18. Bastian M, Heymann S, Jacomy M. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *Proceeding of the Third International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*. 2009 May 17-20. San Jose, California: The AAAI Press; 2009.
 19. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. Tabela de Áreas de Conhecimento/Avaliação. 2014 Abr [acesso em 04 out 2019]. Disponível em: <http://www.capes.gov.br/avaliacao/instrumentos-de-apoio/tabela-de-areas-do-conhecimento-avaliacao>
 20. Newman MEJ. A measure of betweenness centrality based on random walks. *Soc Networks*. 2005 Jan; 27(1):39-54.
 21. Newman MEJ. Scientific collaboration networks. II. Shortest paths, weighted networks, and centrality. *Physical Review E*. 2001 Jun; 64(1):016132.
 22. Barabási AL, Albert R. Emergence of scaling in random networks. *Sci*. 1999 Oct; 286(5439):509-12.
 23. Travers J, Milgram S. An experimental study of the small world problem. *Sociometry*. 1969:425-43.