



As Contribuições da Análise de Redes Sociais nas Pesquisas do Ensino de Ciências no Brasil

The contributions of Social Network analysis to Science Teaching research in Brazil

Márcia Bengio de Albuquerque

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ
marciabengio@gmail.com

Thiago Brañas de Melo

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ
Instituto Federal do Rio de Janeiro – IFRJ
thiago.branas@ifrrj.edu.br

Marco Aurélio Ferreira Brasil da Silva

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ
marcobrasil2508@gmail.com

Alvaro Chrispino

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ
alvaro.chrispino@gmail.com

Resumo:

O presente artigo tem por objetivo mostrar como os resultados, obtidos por meio da Análise de Redes Sociais, podem auxiliar na gestão do conhecimento da área de Ensino de Ciências no Brasil sob o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade. Quando vista como ferramenta estratégica, os gestores podem utilizá-la para visualizar, compreender, planejar e priorizar as mudanças e intervenções para melhorar as conexões sociais e os fluxos de conhecimento, ou seja, identificar e corrigir as possíveis falhas nos processos de construção do conhecimento da área de Ensino de Ciências no Brasil com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade, fortalecendo e aumentando as relações inter-organizacionais para uma melhor partilha de conhecimento.

Palavras-chave: Análise de Rede Social; Ensino de Ciências no Brasil e Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Abstract:

This article aims to demonstrate how results obtained through a Social Network Analysis may assist the management of knowledge in the Science Education field in Brazil, focusing on Science, Technology and Society. When perceived as a strategic tool, managers can use it to recognise, understand, plan and prioritize changes and interventions to improve social connections and the flow of knowledge. This is to say, that it may contribute to identify and correct possible shortcomings in the knowledge construction process of the Science Education field, in Brazil, focusing on STS, and thus strengthening and increasing inter-organizational relationships to improve knowledge sharing.

Keywords: Social Network Analysis; Science Education in Brazil and Science, Technology and Society



Resumen:

Este artículo pretende mostrar cómo los resultados obtenidos a través del Análisis de Redes Sociales pueden ayudar en la gestión de los conocimientos del área de la Enseñanza de la Ciencia en Brasil con enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Vista como una herramienta estratégica, los administradores pueden usarla para visualizar, comprender, planificar y priorizar los cambios y las intervenciones para mejorar las relaciones sociales y los flujos de conocimiento, es decir, identificar y corregir los posibles fallos en el proceso de construcción del conocimiento de la área de Enseñanza de las Ciencias en Brasil con enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad, fortaleciendo e incrementando las relaciones interorganizacionales para un mejor intercambio de conocimientos.

Palabras clave: Análisis de Redes Sociales; Enseñanza de las Ciencias en Brasil y Ciencia, Tecnología y Sociedad.

Introdução

A Análise de Redes Sociais pode ser vista como uma ferramenta de gestão que mapeia e mede os relacionamentos e fluxos entre pessoas, grupos, organizações etc., fornecendo uma análise matemática das relações humanas. Esta ferramenta fornece um conjunto de métodos e medidas para identificar, visualizar e analisar os padrões estruturais de relações sociais, ou seja, fornece um método sistemático para identificar, analisar os processos de suporte e de partilha de conhecimentos entre os atores sociais. Nooy (2010, p. 377), afirma que

Análise de redes sociais (SNA) centra-se na estrutura de ligações dentro de um conjunto de atores sociais, por exemplo, de pessoas, grupos, organizações e nações, ou os produtos da atividade humana ou de conhecimento, [...]. Ela está ligada ao estruturalismo em sociologia enfatizando a importância das relações entre os atores sociais ao seu comportamento, opiniões e atitudes. A análise de redes sociais é considerada adequada para analisar a coesão social, a corretagem e troca, bem como a classificação social dentro e entre os grupos sociais. [tradução nossa].

A modelagem de uma rede social é feita por meio da estrutura lógica de um grafo, onde os vértices da rede são pessoas ou grupos, enquanto que as ligações são as relações ou os fluxos entre os vértices. Para compreender as redes e os seus participantes, utilizam-se as medidas de centralidade que nos ajudam a conhecer os vários papéis dos atores e de grupos em uma rede, que podem ser conectores, líderes, pontes, isolados, o que está no núcleo da rede ou até mesmo o que está na periferia. A centralidade, de acordo com Curran & Curran (2014, p. 373, tradução nossa), "dá uma indicação aproximada do poder social de um nó baseado no quão bem eles "conectam" a rede".

A Análise de Rede Social é um campo interdisciplinar que combina métodos da Matemática, da Sociologia, da Ciência da Computação etc., que "emergiu como uma técnica chave na Sociologia Moderna, e também ganhou seguidores em Antropologia, Biologia, Estudos de Comunicação, Economia, Geografia, Ciência da Informação, Estudos Organizacionais, Psicologia Social, e Sociolinguística" (Curran & Curran, 2014, p. 370, tradução nossa). Dessa forma, a Análise de Redes Sociais pode ser usada em diversos estudos como, por exemplo, citações da ciência, contatos entre membros de grupos, o poder corporativo, a estrutura de classe e muitas outras áreas.

O Grupo CTS e Educação, criado em 2010, tem utilizado essa ferramenta com o objetivo de



entender como o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade, na área de Ensino de Ciências, vem sendo construído no Brasil. Nas últimas décadas, tem se percebido a consolidação do CTS brasileiro por meio do crescente número de produções em periódicos internacionais, nacionais, em atas de eventos acadêmicos, em teses e dissertações (Freitas & Ghedin, 2015, p.4), assim como, o aumento de grupos de pesquisa em CTS, que em 2015, totalizavam 85 grupos registrados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)¹. Como afirma Freitas e Ghedin (2015),

Devido a essa rápida expansão do campo CTS torna-se cada vez mais necessário conhecer a produção acadêmica nacional, implicada em revisão periódica de tal produção, identificando seus pressupostos teórico-metodológicos, tendências, objetivos e temáticas de pesquisa, principais resultados e possíveis contribuições para a melhoria do ensino e da formação, bem como o desenvolvimento de novos campos de investigação. (Freitas & Ghedin, 2015, p. 4)

Diante desse crescimento, diversos pesquisadores têm buscado realizar pesquisas que identifiquem sucessos e possíveis lacunas no processo de construção da área de Ensino de Ciências no Brasil com enfoque CTS com o intuito de melhorar os processos de tomada de decisão, fortalecendo e aumentando as relações inter-organizacionais para uma melhor partilha de conhecimento.

Contextualização teórica

Com a Segunda Guerra Mundial, a sociedade obteve várias demonstrações práticas que a levaram a considerar os impactos da ciência e da tecnologia. “Os pontos de vista sobre a relação entre ciência, tecnologia e sociedade tomaram uma nova forma, refletindo em grande parte a necessidade percebida de uma compreensão mais ampla do contexto social da ciência e da tecnologia” (Cutcliffe, 2003, p. 7, tradução nossa). O caráter benéfico da ciência e da tecnologia, mantido durante anos, passou a ser questionado e a concepção clássica das relações entre a ciência e a tecnologia com a sociedade, traduzida através do chamado “modelo linear de desenvolvimento”, onde +ciência = +tecnologia = +riqueza = +bem estar social (García Palacios et al., 2001, p. 120, tradução nossa) já não se sustentava.

Os estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia ou estudos CTS surgiram no final dos anos sessenta e início dos anos setenta na Europa e nos Estados Unidos, buscando “compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia tanto do ponto de vista de seus antecedentes sociais como de suas consequências sociais e ambientais” (García Palacios et al., 2001 p. 125, tradução nossa). Como afirma Aibar e Quintanilla (2012), em termos mais concretos, os estudos CTS têm focado em dois aspectos básicos:

Por um lado, exploram os impactos ou efeitos da ciência e da tecnologia na estrutura social, na indústria e economia, na política, no meio ambiente, no pensamento e, em geral, na cultura. Por outro, de forma paralela, os estudos CTS tentam determinar em que medida e de que forma diferentes fatores (valores de diferentes ordens, forças econômicas e políticas, culturas profissionais ou empresariais, grupos de pressão, movimentos sociais, etc.) configuram ou influenciam no desenvolvimento científico e tecnológico. (Aibar & Quintanilla, 2012, p.12, tradução nossa)

¹ É uma agência governamental, que tem como finalidade o fomento da pesquisa científica e tecnológica, e o incentivo a formação de pesquisadores no Brasil.



A tradição europeia “dá ênfase especial à dimensão social antecedente dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos, centrando-se principalmente no estudo das origens das teorias científicas e, portanto, na ciência mais como processo” (Bazzo, 2010, p.188). A escola europeia é fortemente consolidada na tradição acadêmica, onde concede mais atenção à ciência e ao seu desenvolvimento para posteriormente preocupar-se com a questão da tecnologia. Ao contrário da tradição europeia, a tradição americana concede ênfase “as consequências sociais das inovações tecnológicas, sua influência sobre nossa forma de vida e nossas instituições” (Bazzo, 2010, p.188), ou seja, a tecnologia é vista mais como produto capaz de influenciar a sociedade. A tradição americana, caracterizada como social, prioriza as consequências causadas à sociedade e ao meio ambiente pelo desenvolvimento científico e tecnológico, defendendo a participação do cidadão nas decisões que envolvem a ciência e a tecnologia. Apesar de distintas, o objetivo comum às duas tradições era fazer críticas à ciência e à tecnologia e suas implicações.

A partir da década de oitenta, os estudos CTS são considerados como uma abordagem interdisciplinar, necessitando de pesquisas de História, Filosofia, Sociologia e outras Ciências Sociais que contribuam para o estudo da interação dinâmica da tecnociência e da sociedade. Como afirma Cutcliffe (2003),

Em meados dos anos oitenta, CTS se formalizou como um campo de estudo interdisciplinar junto com os instrumentos usuais da profissão acadêmica – departamentos e programas formalizados, sociedades de profissionais e publicações especializadas. Atualmente, toda essa infraestrutura constitui um dos laços interdisciplinares mais emocionantes para o estudo essencial das relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. (Cutcliffe, 2003, p. 21, tradução nossa).

E, ainda, García Palacios et al. (2001)

Os estudos CTS definem hoje um campo de trabalho recente e heterogêneo, ainda que bem consolidado, de caráter crítico com respeito à tradicional imagem essencialista da ciência e da tecnologia, e de caráter interdisciplinar por concorrer em disciplinas como a filosofia e a história da ciência e da tecnologia, a sociologia do conhecimento científico, a teoria da educação e a economia da mudança técnica. (García Palacios et al., 2001, p. 125, tradução nossa).

Ser interdisciplinar significa o envolvimento de disciplinas acadêmicas independentes, de forma que se exige delas atravessar as fronteiras disciplinares para criar novos conhecimentos e teorias em busca de um objetivo de investigação comum. Mas o que é CTS? Definir o que é CTS ou o que deveria ser, não seria uma tarefa tão fácil quanto possa parecer, uma vez que “CTS significa coisas diferentes para pessoas diferentes” (Solomon, 1993, p.12). Por se tratar de um campo interdisciplinar, um requisito essencial é o reconhecimento de que cada disciplina tem um papel adequado e necessário, complementar e não superior ou inferior ao de outra, como afirma Bauer (1990)

Disciplinas não diferem simplesmente por seu conhecimento sobre diferentes assuntos, nem só porque elas usam diferentes métodos para obter conhecimento. Disciplinas diferem em epistemologia, no que é visto como conhecimento e na opinião sobre que tipo de conhecimento é possível. Elas diferem sobre o que é interessante e o que é valioso. E os praticantes têm diferentes atitudes, hábitos e práticas. Verdade significa coisas diferentes em diferentes disciplinas. (Bauer, 1990, p. 107, tradução nossa).



Portanto, diversos conceitos sobre CTS podem ser encontrados na literatura. Dentre eles temos:

1. Hofestein, Aikenhead e Riquarts (1988, p. 358, tradução nossa) definem CTS como "conteúdo de ensino de ciências no contexto autêntico do seu ambiente tecnológico e social".
2. Para Yager (1990, p. 53, tradução nossa), CTS pode ser definido como "uma abordagem integrada para o ensino de ciências".
3. Wraga e Hlebowitsh (1991, p.54, tradução nossa) definiram CTS como "um currículo tópico que aborda uma ampla gama de problemas ambientais, industriais, tecnológicos, sociais e políticos".
4. A Associação Nacional de Professores de Ciências (NSTA) define CTS como "o ensino e aprendizagem da ciência no contexto da experiência humana" (Yager, 1992, p. 2, tradução nossa).
5. Heath (1992, p. 52, tradução nossa) afirma que CTS "pode geralmente ser referido como uma abordagem de ensino que incorpora apropriados conhecimentos de CTS, habilidades, atitudes e valores."
6. García Palacios et al. (2001) afirmam que

os estudos sobre ciência, tecnologia e sociedade (habitualmente identificados pelo acrônimo CTS) se apresentam como uma análise crítica e interdisciplinar" (p. 9) da ciência e da tecnologia no contexto social, com o objetivo de entender os aspectos gerais do fenômeno científico-tecnológico" (p. 71, tradução nossa).

7. Mansour (2009, p. 287) afirma que

Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) é um campo interdisciplinar de estudo que visa explorar e compreender as muitas maneiras que a ciência moderna e a tecnologia formam a cultura moderna, valores e instituições, por um lado, e como valores modernos formam a ciência e a tecnologia, por outro. [tradução nossa]

8. Ratcliffe (2001, p. 86, tradução nossa) afirma que "uma característica essencial da educação CTS é a integração da tecnologia e da ciência com a sociedade na educação para a ação democrática."
9. Ziman identifica CTS como "um tipo de abordagem curricular concebida para tornar os conceitos e processos tradicionais encontrados em programas típicos de ciência e estudos sociais mais apropriados e relevantes para a vida dos estudantes" (Yager, 1996, p. 5, tradução nossa).

Diante da diversidade de conceitos, fica claro que não há um consenso sobre o significado preciso de CTS, pois como afirma Aikenhead (2005, p.117, tradução nossa), o lema CTS vem de fontes procedentes de diferentes pessoas influenciadas por diferentes circunstâncias e que foi adotado por diferentes propósitos. Desta forma,

Um projeto particularmente CTS, desenvolvidos em um país pode definir o que é ciência CTS para



educadores desse grupo ou país. A crítica sobre CTS nesse país podem na realidade resultar ser a crítica de um tipo particular de projeto CTS; mesmo que outros educadores CTS possam achar inadequado também. (Aikenhead, 2005, p.119, tradução nossa)

Buscando identificar qual o perfil do Enfoque CTS que vem sendo desenvolvido no Brasil, o Grupo CTS e Educação tem utilizado, como ferramenta, a Análise de Rede Social com o objetivo de identificar, estudar e descrever às relações existentes entre os autores das principais obras que servem de base para a produção CTS no Brasil, permitindo compreender como foi construída essa base, ou seja, buscando estabelecer quais autores e obras serviram de base e influenciaram a produção de dissertações de mestrado, teses de doutorado e publicações em periódicos, não tendo ainda ampliado seus trabalhos para as comunicações em anais de congressos e de seminários.

Metodologia

A primeira pesquisa publicada pelo Grupo CTS e Educação, utilizando-se da ferramenta de Análise de Rede Social, buscou identificar os trabalhos mais citados como fontes de consulta ou referência nos artigos que continham as palavras-chave ciência, tecnologia e sociedade, juntas ou separadas. O estudo pesquisou publicações brasileiras no período de 1996 a 2010 e identificou 88 artigos que atendiam os requisitos da pesquisa, publicados em 22 periódicos nacionais. Para este trabalho, não foram considerados como fontes de pesquisa as dissertações, as teses e os trabalhos publicados em eventos científicos da área, apesar do expressivo número encontrado.

Os 88 artigos encontrados foram catalogados no banco de dados e forneceram 394 fontes bibliográficas, que foram modeladas como uma rede de citações com o auxílio do *software PAJEK*². Uma rede de citação "é um meio social tradicional para a troca de ideias e conhecimentos" (Shi, Tseng, & Adamic, 2009, *on-line*, tradução nossa) na qual é analisada as correlações entre várias citações e o subsequente impacto dos artigos. Desta forma, cada vértice corresponde a uma fonte bibliográfica, e os arcos representam as inter-relações entre as fontes bibliográficas. Assim, se uma fonte bibliográfica *f1* cita a fonte bibliográfica *f2*, então há um arco conectando os vértices *f1* e *f2* no sentido *f1* → *f2* na rede. A partir dessa modelagem, foi possível obter com o auxílio do PAJEK uma rede direcionada com 394 vértices e 595 arcos.

Com o objetivo de obter os trabalhos mais citados no CTS brasileiro, utilizou-se a medida de centralidade do grau de entrada, que "é a contagem de quantas conexões sociais o nó (vértice) possui" (Golbeck, 2015, p. 226, tradução nossa). Dessa forma, obteve-se os 13 trabalhos mais citados, que estão destacados na Figura 1. Note que a Figura 1 apresenta os vértices particionados por cores, onde cada cor representa um grau de entrada e, portanto, vértices de cores iguais possuem a mesma centralidade.

² PAJEK é um programa livre para Windows, voltado à análise e visualização de grandes redes com alguns milhares ou, mesmo, milhões de vértices. Disponível em: <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/>

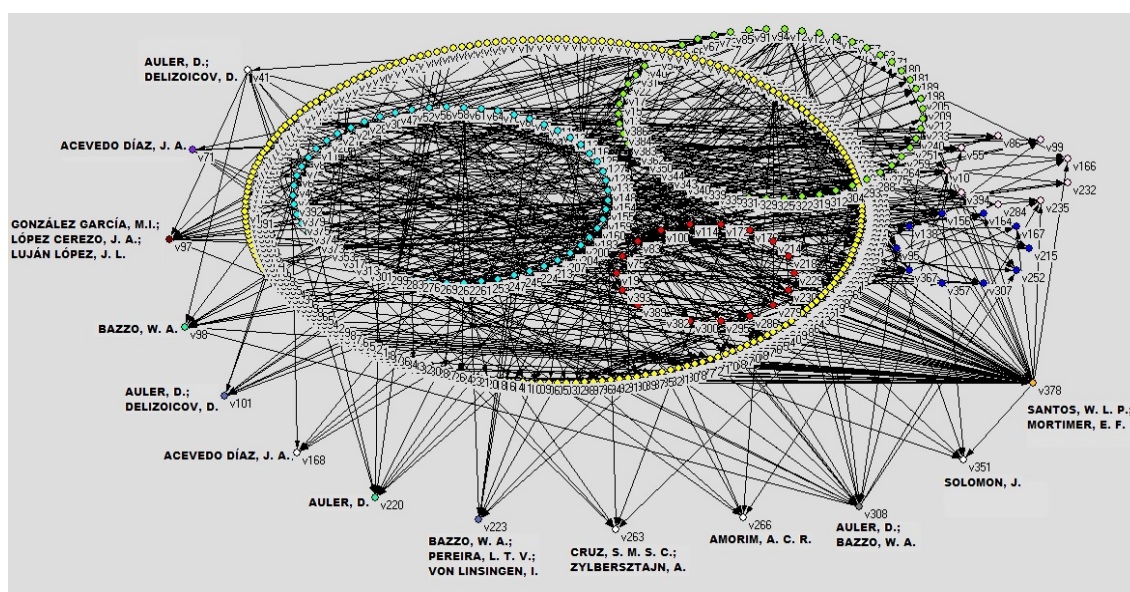


Figura 1. Os 13 trabalhos mais citados no CTS brasileiro.
Fonte: Chrispino, Lima, Albuquerque, Freitas & Silva (2013b, p.464).

Os vértices, em destaque na Figura 1, correspondem aos trabalhos listados abaixo, ordenados do mais citado para o menos citado entre os 13. São eles:

1. SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio: pesquisa em educação em ciências, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 105-115, 2002.
2. GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; LÓPEZ CERREZO, J. A.; LUJÁN LÓPEZ, J. L. Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: Tecnos, 1996.
3. AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. Ciência & Educação, Bauru, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.
4. AULER, D. Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências. 2002. 248 f. Tese. (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
5. BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.
6. BAZZO, W. A.; VON LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. (Ed.). Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade). Madrid: Organização dos Estados Iberoamericanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2003. (Cadernos de iberoamerica).
7. AULER, D.; DELIZOICOV, D. Ciência-tecnologia-sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vigo, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.



8. ACEVEDO DÍAZ, J. A. Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. Borrador, Huelva, v.13, p. 26-30, 1996.
9. AMORIM, A. C. R. O ensino de biologia e as relações entre ciência / tecnologia / sociedade: o que dizem os professores e o currículo do ensino médio? In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 6., 1997, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 1997. p. 74-77.
10. CRUZ, S. M. S. C.; ZYLBERSZTAJN, A. O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos. In: PIETROCOLA, M. (Org.). Ensino de física: conteúdo e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p.171-196.
11. SOLOMON, J. Teaching science, technology and society. Buckingham: Open University Press, 1993.
12. ACEVEDO DÍAZ, J. A. Educación tecnológica desde una perspectiva CTS: una breve revisión del tema. Alambique: didáctica de las ciencias experimentales, Barcelona, v. 2, n. 3, p. 75-84, 1995.
13. AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? Ensaio: pesquisa em educação em ciências, Belo Horizonte, v.3, n.1, p.105-115, 2001."

De acordo com Chrispino et al. (2013b), a partir dos resultados obtidos através da Análise de Rede Social é possível inferir que:

Os 13 trabalhos mais citados podem ser encarados como leitura obrigatória para entendimento do que seja e o que produz a área. É o ponto comum, é o consenso, se não construído intencionalmente, certamente estabelecido pela tradição. (Chrispino et al., 2013b, p. 467)

Contudo, os autores destacam a importância de se conhecer as fontes primárias do CTS brasileiro com vistas a identificar os fundamentos e as lacunas estruturais existentes em sua base.

Por tal, torna-se necessário – além de conhecer os trabalhos mais citados da área, cujo estudo por si só já representaria uma boa formação em CTS, considerando serem estes importantes fontes para a produção brasileira –, conhecer onde os autores destes principais trabalhos buscaram inspiração e fundamentos e, a partir disso, desenhar que áreas estão – ou não – representadas no CTS brasileiro. Em outras palavras, onde reside nosso fundamento e que lacunas estruturais existem na base do conhecimento que edifica a área CTS no ensino de ciência e tecnologia do Brasil. (Chrispino et al., 2013b, p.471)

Os resultados ainda permitem inferir que há predominância de autores nacionais como fonte de pesquisa dos trabalhos publicados nos principais periódicos e que não estão presentes autores tidos como fundadores da área, de acordo com alguns trabalhos que se dedicam a apresentar a história CTS (Chrispino et al., 2013b, p.470). Chrispino et al. (2013b) afirmam também que não é possível perceber a interdisciplinaridade e a contextualização características da área de Ciência, Tecnologia e Sociedade.

É necessário também considerar-se que o resultado da pesquisa parece enfatizar a endogenia na área de ensino de ciência e tecnologia, por mais que se defenda a ideia de que a área CTS é interdisciplinar, necessitando, por princípio fundante, de conhecimentos advindos da filosofia, da sociologia, da história, da economia, da política, da cultura, entre outros. (Chrispino et al., 2013b,



p.470)

Dessa forma, os autores concluem que

Os treze trabalhos representam o conhecimento acumulado na área de CTS no ensino de ciências, e isso é confirmado pelo fato de os trabalhos e/ou seus autores serem citados em outras pesquisas com metodologias ou recortes diferentes. Portanto, um curso de CTS no ensino de ciências no Brasil não deve prescindir destas fontes e/ou destes autores, para ficar na média do interesse e possibilidades da área. (Chispino et al., 2013b, p.471)

Mediante o exposto, torna-se necessário conhecer quais as fontes de que se utilizam os autores dos principais trabalhos que servem de base para a produção de Ciência, Tecnologia e Sociedade no Brasil. Esta etapa, que já está em andamento, faz parte da segunda fase da pesquisa aqui apresentada, realizada pelo Grupo CTS e Educação.

A partir deste mesmo banco de dados, cujas informações são atualizadas periodicamente, um outro trabalho foi publicado pelo Grupo CTS e Educação com o objetivo de identificar os trabalhos mais relevantes de acordo com a medida de centralidade de proximidade. A medida de centralidade de proximidade mede o quão perto um indivíduo está para todos os outros indivíduos numa rede, diretamente ou indiretamente (Jain, Behera, Mandal, & Mohapatra, 2014, p.187, tradução nossa), ou seja, descreve a extensão da influência de um indivíduo (vértice) sobre a rede. Nesta pesquisa, Chispino, Lima, e Albuquerque (2013a, p.921) apresentam, com o auxílio do *software PAJEK*, os 14 trabalhos mais produtivos no compartilhamento de informações no período de 1996 a 2010. São eles:

1. BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade E o contexto da educação tecnológica. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.
2. GONZÁLEZ GARCÍA, M.I.; LÓPEZ CERREZO, J.A.; LUJÁN LÓPEZ, J. L. Ciencia, tecnología e sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: Editorial Tecnos, 1996.
3. SANTOS, W. L. P; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, nº. 2, pp. 105-115, 2002.
4. ACEVEDO DÍAZ, J. A. La Tecnología em las Relaciones CTS. Una Aproximación al Tema. Enseñanza de las Ciencias. Barcelona, v.14, n.1, p. 35-44, 1996.
5. SOLOMON, J. Teaching science, technology and society. Buckingham: Open University Press, 1993.
6. WAKS, L. J. Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales. In: MEDINA, M., SANMARTÍN, J. (Eds.). Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión política y social. Barcelona, Anthropos, Leioa: Universidad del País Vasco, 1990.
7. RUBBA, P. Integration STS into school science and teacher education: beyond awareness. Theory into Practice, 30(4), 303-315, 1991.
8. RUBBA, P. A.; WIESENMYER, R. L. Goals and competencies for precollege STS education: recommendations based upon recent literature in environmental education. Journal of environmental Education, v.19, n.4, p.38-44, 1988.



9. LÓPEZ, J. L. L.; CERESO, J. A. L. Educación CTS en acción: enseñanza secundaria y universidad. In: GARCIA, M. I. G.; CERESO, J. A. L.; LOPEZ, J. L. (Orgs.). Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: Editorial Tecnos, 1996. p. 225-252.
10. AIKENHEAD, G. What is STS Science Teaching? In: SOLOMON J. & AIKENHEAD G. STS Education: International Perspectives on Reform, Teachers College Press, New York, 1994.
11. AULER, D. Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências. Florianópolis: CED/UFSC, 2002. Tese. (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica), Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
12. MEMBIELA, P. Ciencia-tecnología-sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales. Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales, n. 3, p. 7-11, 1995.
13. SANTOS, W. L. P. dos. Educação em química: compromisso com a cidadania. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1997.
14. AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. Ciência & Educação, Bauru, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

Os resultados obtidos permitem inferir que os cinco primeiros artigos: Bazzo (1998), Gonzalez García, Lopez Cerezo, e Luján López (1996), Santos e Mortimer (2002), Acevedo-Díaz (1996) e Solomon (1993) desempenham uma considerável importância para o desenvolvimento das pesquisas no tema CTS no Brasil uma vez que estes autores conseguem ser citados por grupos distintos da grande rede (Chispino et al., 2013a, p. 922).

Ao comparar os resultados desta pesquisa, onde utilizou-se a medida de centralidade de proximidade, com os resultados obtidos com a utilização da medida de centralidade do grau de entrada, verifica-se que os trabalhos de Bazzo (1998), Gonzalez García, Lopez Cerezo, e Luján López (1996), Santos e Mortimer (2002) e Solomon (1993) aparecem bem posicionados nas duas centralidades e, portanto, Chispino et al. (2013a, p. 922) recomendam que os iniciantes no tema Ciência, Tecnologia e Sociedade estudem esses trabalhos.

Nesta pesquisa, observou-se ainda que os autores nacionais não são predominantemente os mais prestigiados como fonte de pesquisa.

A comparação entre os dois trabalhos permitiu também identificar uma interessante diferença entre os dois grupos: se, no anterior, havia predominância de artigos brasileiros entre os mais citados, 9 entre 13, aqui, entre os de centralidade de proximidade, há apenas 5 nacionais entre os 14. (Chispino et al., 2013a, p. 922)

Além das redes de citação, o Grupo CTS e Educação desenvolveu uma metodologia denominada de *Orbital*, que consiste em identificar quais os temas de pesquisa apresentam uma aproximação à Ciência, Tecnologia e Sociedade, ou seja, os temas de pesquisa que orbitam o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade na produção acadêmica brasileira da área de Ensino de Ciências. Esta pesquisa desenvolvida em 2015, utilizou o mesmo banco de dados que continha agora 144 artigos catalogados, obtidos a partir da publicação em 26 periódicos no período de 1996 a 2014. Desse artigos, apenas 7 não continham palavras-chave. As palavras-chave extraídas dos 137 artigos foram catalogadas e analisada. Após análise, percebeu-se que algumas palavras-chave eram equivalentes, como por exemplo, "abordagem CTS" e "CTS", ou ainda, "livro didático" e "material



didático" e, portanto, essas palavras-chave foram unificadas tornando-se um único vértice. Dessa forma, obteve-se 199 palavras-chave que, ao serem inseridas no *software* PAJEK, geraram uma rede com 651 arestas (conexões). As arestas do Orbital foram estabelecidas considerando-se que palavras-chave contidas num mesmo artigo devem estar conectadas entre si. Para elucidar, Melo, Chrispino, Pontes, Albuquerque, e Silva (no prelo) apresentam palavras-chave de três artigos, são eles: formação de professores, abordagem CTS, PIBID e qualidade da água (Silva & Mortimer, 2012, p. 240); casos simulados, CTS e formação de Professores (Xavier, Flor, & Rezende, 2013, p. 37); CTS, currículo e efeito estufa (Tommasiello, 2012, p. 231). Assim, a sub-rede formada ficou como a representada pela Figura 2, onde cada artigo é representado por uma clique³, cujos vértices pode ser comuns ou não a outras cliques.

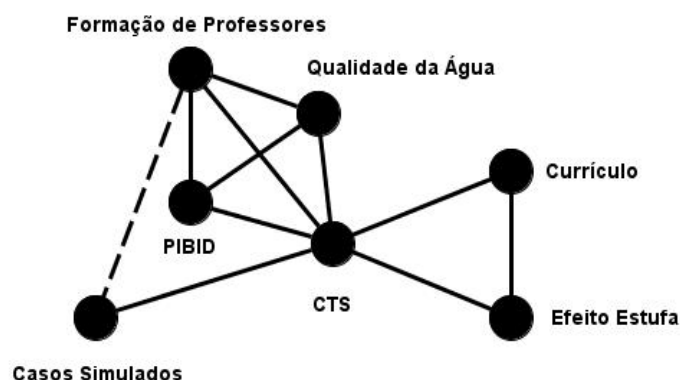


Figura 2. Um exemplo de sub-rede formada pelas palavras-chave.

Da mesma forma que havia artigos que não possuíam palavras-chave, também foi possível encontrar artigos que tratavam do tema CTS, mas que não continham as palavras ciência, tecnologia e sociedade nas palavras-chave, ou ainda, artigos que não continham palavras-chave comuns a nenhum outro artigo. Isso possibilitou a existência de cliques não conectadas a maior componente conexa, que continha como núcleo a tríade CTS. Com o objetivo de conhecer quais temas orbitam o enfoque CTS, selecionou-se a maior componente conexa que continha 174 vértices e 623 arestas.

As medidas de centralidades aplicadas a essa rede foram: a centralidade de proximidade⁴, a centralidade de intermediação e a centralidade do autovetor. A centralidade de intermediação é uma medida que identifica a frequência com que o vértice está localizado no caminho mais curto entre outros dois vértices da rede. Vértices com uma centralidade de intermediação alta agem como pontos de controle da comunicação entre os vértices, ou seja, a intermediação é uma medida relacional (Leydesdorff, 2007, p. 1304, tradução nossa).

Já a medida de centralidade do autovetor considera o peso que o vértice tem na rede, mas também considera a força que seus vizinhos têm sobre a ela. Resumindo, há situações que o poder

³ Uma clique é um conjunto de vértices (com no mínimo três vértices) em que cada vértice está diretamente conectado a todos os outros vértices (Nooy, Mrvar, & Batagelj, 2005, p. 73).

⁴ Já definida anteriormente.



de um vértice é aumentado por eles estarem associados a outros poderosos, e, em outras situações, seu poder é diminuído por suas associações (Bonacich, 1987, p. 1172, tradução nossa).

Ao aplicar as medidas de centralidade, Melo et al. (no prelo) elencaram os 30 maiores valores obtidos, assim como, as posições no *rank*, do maior para o menor, das palavras-chave em cada uma das centralidades. A partir daí, os autores selecionaram as palavras-chave comuns nas três centralidades e identificaram os temas com ligações mais forte com Ciência, Tecnologia e Sociedade, são eles: abordagem temática; alfabetização científica e tecnológica; ambiente; cidadania; contextualização; controvérsia; currículo; educação; educação científica e tecnológica; educação profissional; ensino de ciências; ensino de física; ensino de química; formação de professores; material didático; Paulo Freire; prática pedagógica; revista científica; tecnologia; e temas sociocientíficos.

Na Figura 3, Melo et al. (no prelo) apresentam o grafo da rede de palavras-chave que corresponde ao *Orbital*, particionado de acordo com a posição que cada tema ocupa na rede cujo núcleo é CTS.

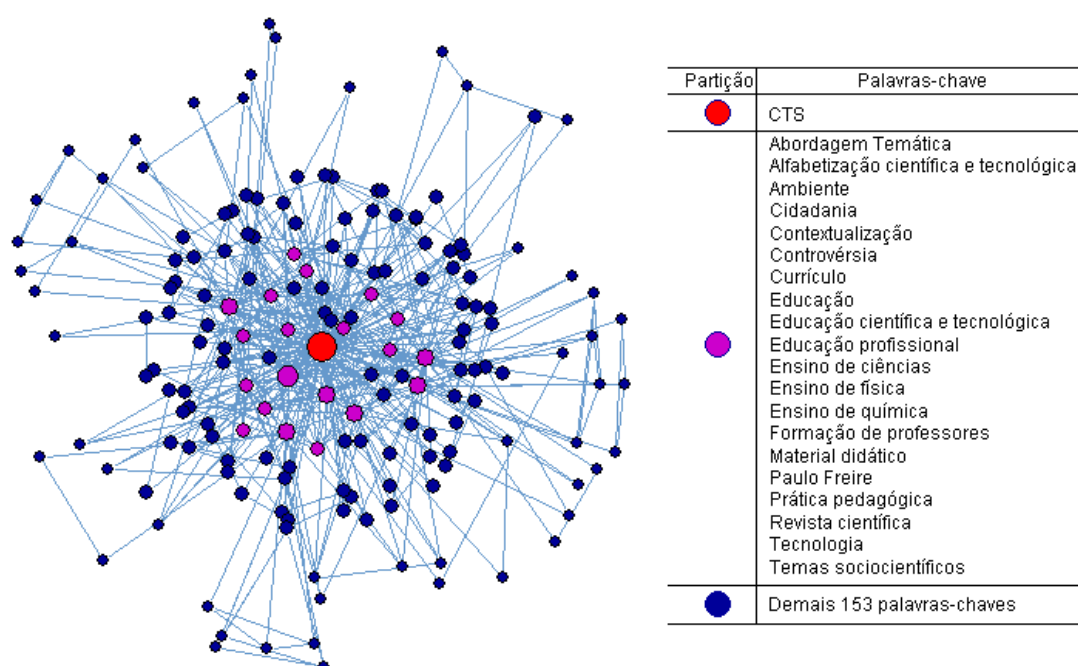


Figura 3. Rede de palavras-chave ligadas à CTS.

Melo et al. (no prelo) afirmam que a análise qualitativa dessas ligações, baseada na produção acadêmica brasileira da área de ensino, acabou gerando uma revisão do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade na educação. E concluem



Uma inferência que fazemos, ao perceber a riqueza do orbital analisado, é que CTS representa mais do que um conjunto de técnicas ou um tema de propriedade de um grupo de pesquisadores, representa um meio cultural capaz de interpretar o conhecimento científico e tecnológico como um processo social.

Os passos e as aplicações descritas fornecem sugestões de intervenções, de relacionamentos, e de estrutura de rede para melhor entender os processos de construção da área de Ensino de Ciências no Brasil, principalmente no que diz respeito a partilha de conhecimentos entre indivíduos ou grupos que investigam sobre o tema Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Conclusões

A Análise de Redes Sociais é o mapeamento e medição de relações e fluxos entre pessoas, grupos, organizações, computadores ou outras entidades de processamento de informação/conhecimento (Whelan, Donnellan, & Costello, 2007, p. 359, tradução nossa). Ela reconhece que pessoas, grupos, organizações etc. estão interligados e que essas conexões têm consequências reais para o desempenho e satisfação, que podem ser estruturadas para otimizar os resultados organizacionais, individuais ou de grupos. Por meio desta ferramenta, é possível visualizar as relações dentro e fora da organização; facilitar a identificação de indivíduos ou grupos que desempenham papéis centrais, assim como, identificar grupos ou indivíduos isolados e dessa forma trabalhar estrategicamente para melhorar os fluxos de conhecimento.

O Grupo CTS e Educação, com vistas a uma melhor gestão do conhecimento, tem utilizado a Análise de Redes Sociais a fim de identificar os fluxos de conhecimentos no Enfoque CTS na área de Ensino de Ciências no Brasil buscando responder a questões como: Quais as fontes mais citadas no CTS brasileiro? Quais são as fontes de que se utilizam os autores das obras mais citadas no CTS brasileiro? Dos autores mais citados, quem conhece quem e com quem eles partilham informação e conhecimento? A quais grupos de pesquisa e instituições eles pertencem? Qual a sua formação? Os principais grupos de pesquisa, identificados através da rede CTS brasileira, estão compartilhando o que sabem e em que medida? Como o conhecimento sobre CTS flui dentro ou entre instituições? As respostas a essas e outras perguntas permitirão aos gestores visualizar e compreender os muitos relacionamentos que podem facilitar, dificultar ou impedir a partilha e geração de conhecimentos sobre CTS, ou seja, através das descobertas da Análise de Rede Social, as intervenções podem ser derivadas para melhorar os processos de tomada de decisão com vistas a perceber e a corrigir possíveis falhas nos processos de construção do conhecimento no Enfoque CTS na área de Ensino de Ciências no Brasil. Por conseguinte, a Análise de Rede Social deve ser vista como uma ferramenta estratégica que visa melhorar e apoiar as pesquisas de Ensino de Ciências no Brasil, fortalecendo e aumentando as relações inter-organizacionais para uma melhor partilha de conhecimento.

Referências

- Aibar, E., & Quintanilla, M. A. (2012). *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Madrid, Editorial Trotta, S.A.
- Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como se quiera que se llame. *Educación Química*, 16(2), 114-124.



- Bauer, H. H. (1990). Barriers Against Interdisciplinarity: Implications for Studies of Science, Technology, and Society (STS). *Science, Technology & Human Values*, 15(1), 105-119.
- Bazzo, W. A. (2010). *Ciência tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica* (2.ª ed. revista e atualizada). Florianópolis, SC: Editora da UFSC.
- Bonacich, P. (1987). Power and centrality: A family of measures. *American journal of sociology*, 92(5), 1170-1182.
- Chripino, A., Lima, L. S. de, & Albuquerque, M. B. de. (2013a). Vendo CTS como Rede: as publicações mais prestigiadas no Brasil. *Atas do IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Girona, 9-12 de septiembre.
- Chripino, A., Lima, L. S. de, Albuquerque, M. B. de, Freitas, A. C. C. de, & Silva, M. A. F. B. da. (2013b). A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos?. *Ciência & Educação*, 19(2), 455-479.
- Curran, K., & Curran, N. (2014). Social Networking Analysis. In N. Bessis, & C. Dobre (Eds.), *Big Data and Internet of Things: A Roadmap for Smart Environments* (pp. 367-378). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Cutcliffe, S. H. (2003). *Ideas, máquinas y valores. Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad*. Barcelona: Editorial Anthropos.
- Freitas, L. M., & Ghedin, E. (2015). Pesquisas sobre estado da arte em CTS: análise comparativa com a produção em periódicos nacionais. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 8(3), 3-25.
- García Palacios, E. M., González Galbarte, J. C., López Cerezo, J. A., Luis Luján, J., Martín Gordillo, M., Osorio, C., & Valdés, C. (2001). *Ciencia, tecnología y sociedad: una aproximación conceptual*. Madrid: OEI.
- Golbeck J. (2015). *Introduction to Social Media Investigation: A Hands-on Approach*. Massachusetts: Elsevier.
- Heath, P. A. (1992). Organizing for STS teaching and learning: The doing of STS. *Theory Into Practice*, 31(1), 52-58.
- Hofestein, A., Aikenhead, G. S., & Riquarts, K. (1988). Discussions over STS at the Fourth IOSTE Symposium. *International Journal of Science Education*, 10(4), 357-366.
- Jain, L. C., Behera, H. S., Mandal, J. K., & Mohapatra, D. P. (2014). Computational Intelligence in Data Mining - Volume 3. *Proceedings of the International Conference on CIDM, 20-21 December 2014*. Vol. 33. Springer.
- Leydesdorff, L. (2007). Betweenness Centrality as an Indicator of the Interdisciplinarity of Scientific Journals. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(9), 1303-1309.
- Mansour, N. (2009). Science-Technology- Society (STS): A new paradigm in Science Education. *Bulletin of science, technology and society*. 29(4), 287-297.



- Melo, T. B. de, Chrispino, A., Pontes, F. C. da C. de, Albuquerque, M. B. de, & Silva, M. A. F. B. da. (no prelo). Os temas de pesquisa que orbitam o enfoque CTS: uma Análise de Rede sobre a produção acadêmica brasileira em Ensino. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*.
- Nooy, W. de. (2010). Social Network Analysis. In C. Crothers (Ed.), *Historical Developments and Theoretical Approaches in Sociology* (Vol. 1, pp. 377-401). Oxford, United Kingdom: EOLSS Publishers Co. Ltd.
- Nooy, W. de, Mrvar, A., & Batagelj, V. (2005). *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ratcliffe, M. (2001). Science, Technology and Society in school science education. *School Science Review*, 82(300), 83-92.
- Shi, X., Tseng, B., & Adamic, L. (2009). Information diffusion in computer science citation networks. *Proceedings of the International Conference on Weblogs and Social Media (ICWSM 2009)*.
- Silva, P. S., & Mortimer, E. F. (2012). O projeto água em foco como uma proposta de formação no PIBID. *Química Nova na Escola*, 34(4), 240-247.
- Solomon, J. (1993). *Teaching science, technology and society*. Bokingham: Open University Press.
- Tommasiello, M. G. C. (2012). CTS no Currículo de Cursos de Licenciatura: Ideias dos Alunos sobre Efeito Estufa. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 3(3), 231-242.
- Whelan, E., Donnellan, B., & Costello, G. (2007). Examining the Antecedents to Innovation in Electronic Networks of Practice. In L. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, & C. Analide (Eds.), *IFPI International Federation for Information Processing. Establishing the Foundation of Collaborative Networks* (Vol. 243, pp. 243-252). Boston: Springer.
- Wraga, W. G., & Hlebowitsh, P. S. (1991). STS education and the curriculum field. *School Science and Mathematics*, 91(2), 54-59.
- Yager, R. E. (1990). STS: Thinking over the years. *The Science Teacher*, 57(3), 52-55.
- Yager, R. E. (1992). *The Status of STS: Reform Efforts around the World*, ICASE 1992 (Yearbook). Knapp Hill, South Harting, Petersfield: International Council of Associations for Science Education.
- Yager, R.E. (Ed.). (1996). *Science / Technology / Society as reform in Science Education*. Albany, NY: States University of New York Press.
- Xavier, P. M. A., Flor, C. C., & Rezende, T. R. M. (2013). Concepções de Licenciandos em Química sobre a Utilização de Casos Simulados Dentro da Perspectiva CTS. *Revista Experiências em Ensino de Ciências*, 8(2), 3-50.