

Perfil das Colaborações na Educação CTS Brasileira: Um Estudo a partir das Redes de Coautoria

Profile of Collaborations in Brazilian STS Education: A Study Based on Co-authorship Networks

Perfil de Colaboraciones en la Educación CTS Brasileña: Un Estudio Basado en Redes de Coautoría

Bianca Joaquim Albuquerque de Melo,^{id} Alvaro Chrispino,^{id} e Thiago Brañas de Melo^{id}

Resumo

Esta pesquisa tem o objetivo de caracterizar o perfil das colaborações na Educação CTS brasileira a partir das relações de coautoria obtidas de 697 artigos publicados entre 1998 e 2024 em 42 revistas das áreas de Educação e Ensino. Para isso, utilizamos a abordagem da Análise de Redes Sociais (ARS). Nossa pesquisa mostrou que as publicações da área tendem a ter dois ou três autores e que a maior parte das colaborações ocorre dentro da mesma instituição. No que diz respeito às colaborações extramuros, elas envolvem até quatro instituições e não apresentam um perfil distinto, ocorrendo entre diferentes estados e regiões. As colaborações internacionais ainda são pouco frequentes. Outro resultado notável é que a rede de coautoria da Educação CTS é bastante fragmentada, contendo 232 subconjuntos distintos. Apesar dessa fragmentação, cerca de 25% dos artigos no banco de dados utilizado nesta pesquisa foram produzidos pelos autores que integram a componente gigante, que é o maior subconjunto da rede de coautoria. A componente gigante é o subconjunto que concentra a maior quantidade de autores e é responsável por uma quantidade significativa da produção de conhecimento da área. Também identificamos, por meio das medidas de ARS, que os principais pesquisadores da componente gigante estão localizados, em sua maioria, na região Sul do país.

Palavras-chave: coautoria, educação CTS, análise de redes sociais

Abstract

This research aims to characterize collaborations in Brazilian STS Education based on co-authorship relationships derived from 697 articles published between 1998 and 2024 across 42 journals in the areas of Education and Teaching. To this end, we used the Social Network Analysis (SNA) approach. Our research showed that publications in STS Education tend to have two or three authors and that most collaborations occur within the same institution. Regarding extramural collaborations, they involve up to four institutions, do not exhibit distinct characteristics, and occur across different states and regions. International collaborations are still infrequent. Another notable result is that the STS Education co-authorship network is quite fragmented, containing 232 distinct subsets. Despite this fragmentation, approximately 25% of the articles in the database used in this research were authored by authors within the giant component, the largest subset of the co-authorship network. The giant component is the subset that concentrates the largest number of authors and is responsible for a significant amount of knowledge production in the area. We also identified, through SNA metrics, that the main researchers in the giant component are mostly located in the southern region of the country.

Keywords: co-authorship, STS education, social network analysis

Resumen

Esta investigación busca caracterizar el perfil de las colaboraciones en la Educación CTS brasileña, basándose en las relaciones de coautoría obtenidas de 697 artículos publicados entre 1998 y 2024 en 42 revistas de las áreas de Educación y Docencia. Para ello, se utilizó el enfoque del Análisis de Redes Sociales (ARS). Nuestra investigación mostró que las publicaciones en este campo tienden a tener dos o tres autores y que la mayoría de las colaboraciones ocurren dentro de la misma institución. En cuanto a las colaboraciones extramuros, involucran hasta cuatro instituciones y no presentan un perfil definido, ocurriendo entre diferentes estados y regiones. Las colaboraciones internacionales siguen siendo poco frecuentes. Otro hallazgo destacable es que la red de coautoría en Educación CTS está bastante fragmentada, con 232 subconjuntos distintos. A pesar de esta fragmentación, aproximadamente el 25% de los artículos en la base de datos utilizada en esta investigación fueron producidos por autores que forman parte del componente gigante, que es el subconjunto más grande de la red de coautoría. El componente gigante es el subconjunto que concentra el mayor número de autores y es responsable de una cantidad significativa de producción de conocimiento en el campo. También identificamos, mediante mediciones ARS, que los principales investigadores del componente gigante se ubican principalmente en el sur del país.

Palabras clave: coautoría, educación CTS, análisis de redes sociales

Introdução

As transformações científicas e tecnológicas ocorridas nas décadas de 1950 e 1960 e suas consequências evidenciaram a complexidade e a não linearidade das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Neste contexto, surge o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), que põe em questão o discurso que associa um maior desenvolvimento científico e tecnológico a mais bem-estar social, como preconizado pelo modelo desenvolvimentista (Andrade & Teixeira, 2025). CTS, enquanto área, mobiliza-se em compreender a ciência e a tecnologia como construções sociais (Cutcliffe, 2003), situando a ciência em contextos políticos, éticos, tecnológicos, culturais e sociais (Pedretti & Nazir, 2011).

Por volta da década de 1970, as ideias do movimento CTS passaram a ser adotadas na área de educação. Isso ocorreu devido à necessidade de um modelo educacional mais voltado para a formação de pessoas capazes de compreender as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade. O intuito era tornar o ensino de ciências mais adequado às diferentes realidades sociais, de modo que fosse possível a utilização dos conhecimentos científicos para adaptação cultural e progresso social (Gallagher, 1971; Hurd, 1975; Teixeira, 2003).

No Brasil, tais ideias ganharam força a partir da década de 1990 e se disseminaram mais rapidamente a partir de meados dos anos 2000. O rápido crescimento da área de Educação CTS é notado em pesquisas de mapeamento da produção bibliográfica da área, como artigos, teses e dissertações, além da inclusão de CTS como linha temática em eventos acadêmicos da área de Ensino de Ciências (Andrade & Teixeira, 2025; Chrispino, 2023; Oliveira et al., 2021; Teixeira, 2024).

O desenvolvimento da Educação CTS no Brasil acompanha o processo de expansão e institucionalização da área de Ensino de Ciências e Matemática, que ganhou força inicialmente nas regiões Sul e Sudeste do país e, posteriormente, se ampliou para as demais regiões. A evolução da área foi impulsionada pela ampliação dos programas de pós-graduação (PPGs) em Ensino de Ciências, a partir da criação da área 46 pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), em 2000, assim como pelas relações de colaboração acadêmica, ou seja, pesquisas e outras produções realizadas em conjunto com pesquisadores de diferentes instituições que contribuíram para a disseminação das ideias CTS pelo Brasil (Chripino, 2023; Megid Neto, 2014). No contexto brasileiro, a Educação CTS ganhou contornos próprios ao estabelecer articulações com o Pensamento Latino-Americano em CTS (PLACTS) e as ideias de Paulo Freire (Amorim & Melo, 2024; Auler & Delizoicov, 2015). Além disso, trata-se aqui da Educação CTS como um subcampo das pesquisas em ensino de ciências e matemática que foi diretamente influenciado pelas perspectivas construídas pelo campo CTS (Ribeiro & Genovese, 2025).

A área de Educação CTS é constituída pelo que Teixeira (2024) chama de base institucional, com pesquisadores, educadores e estudantes de pós-graduação que colaboram para o desenvolvimento da área. Isto é, a colaboração entre pesquisadores contribui para a constituição da Educação CTS enquanto área. No entanto, a colaboração entre pesquisadores é essencial para a produção do conhecimento científico e para a prática de pesquisa, que é indispensável na formação dos pesquisadores (Martinez-Garrido & Murillo, 2024).

Os estudos que investigam a colaboração concentram seus esforços no estudo das relações de coautoria, pois esta é uma das principais formas de colaboração amplamente documentadas, o que possibilita observar diferentes padrões de colaboração na comunidade acadêmica (Newman, 2004). As relações de coautoria foram objeto de diversas pesquisas (Leahey, 2016; Martinez-Garrido & Murillo, 2024; Newman, 2004), incluindo no Ensino de Ciências no Brasil (Fontes & Rodrigues, 2024). Buscamos, na presente pesquisa, descrever o perfil da colaboração nas pesquisas brasileiras em Educação CTS por meio do estudo das relações de coautoria.

Educação CTS

A apropriação das ideias CTS pela área de educação tomou forma a partir da década de 1970, quando Gallagher (1971) defendeu que, em uma sociedade cada vez mais dependente de ciência e tecnologia, a compreensão das inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade teria o mesmo nível de importância que a compreensão das dimensões conceituais e processuais da ciência (Aikenhead, 2004). Nessa mesma linha, entende-se CTS como um conjunto de abordagens voltadas para desenvolver nos estudantes a compreensão da ciência e da tecnologia como fenômenos sociais, trabalhando as dimensões valorativas e sociais da ciência e da tecnologia (Acevedo et al., 2002; Chripino, 2017).

Para Teixeira (2024), o modelo formativo tradicional, de caráter conteudista, não dá conta de oferecer uma formação voltada para a participação social nos processos de tomada de decisão que envolvem problemas sociocientíficos. Nessa perspectiva, a Educação CTS tem o objetivo de facilitar a compreensão das experiências cotidianas dos estudantes, relacionando os conceitos científicos à realidade social e tecnológica dos estudantes, contribuindo para formar cidadãos capazes de opinar de forma fundamentada e responsável sobre problemas e questões contemporâneas (Acevedo et al., 2002).

A Educação CTS não possui uma caracterização única, não é uma metodologia e não possui etapas estritas (Chrispino, 2017; Pedretti & Nazir, 2011), podendo ser vista, entre outras coisas, como um ponto de partida para a introdução de questões reais que sejam da vivência da comunidade escolar, abordadas por um enfoque interdisciplinar, envolvendo não apenas as ciências exatas e da natureza, mas também as ciências humanas e sociais, visando uma compreensão crítica da própria vivência (Hunsche et al., 2009).

Assim sendo, podemos caracterizar Educação CTS como um posicionamento que deve ser continuamente tomado diante do currículo escolar, visando trabalhar colaborativamente as relações entre as dimensões conceituais, valorativas e atitudinais da ciência e da tecnologia, partindo do entendimento de que a ciência e a tecnologia são construções e que não estão simplesmente postas (Chrispino, 2017; Rosa & Strieder, 2021).

Coautoria como Cedida de Colaboração

Colaboração é um conceito plural e de difícil definição, tendo em vista que varia conforme as convenções adotadas por cada grupo de pesquisadores. Por exemplo, para Kumar (2015), colaboração é a combinação de diferentes habilidades voltadas para a produção de uma pesquisa. Já Katz e Martin (1997) definem colaboração em pesquisas como um esforço conjunto feito por pesquisadores que compartilham entre si o objetivo de produzir novos conhecimentos científicos.

Além disso, a colaboração pode assumir diferentes formas e níveis de intensidade, desde contribuições pontuais até participações mais ativas em partes da pesquisa. E, por ser uma relação dinâmica que se modifica durante o desenvolvimento da pesquisa, nem todos os aspectos da colaboração podem ser quantificados, pois muitos são intangíveis. A colaboração pode ocorrer entre indivíduos, grupos, departamentos, instituições, setores e países. Mesmo assim, pode ser difícil definir qual é o tipo de colaboração ao levar em conta apenas os vínculos dos pesquisadores (Katz & Martin, 1997).

Martinez-Garrido e Murillo (2024) classificam a colaboração em 2 tipos: intramuros e extramuros. A colaboração intramuros ocorre entre pesquisadores de um mesmo departamento, instituição ou grupo de pesquisa, enquanto a extramuros se dá entre pesquisadores de diferentes instituições ou setores, podendo ser nacionais ou internacionais. Segundo Katz e Martin (1997), a colaboração extramuros é mais comum entre instituições fisicamente próximas.

Algumas das vantagens da colaboração são o compartilhamento de habilidades e conhecimentos, a expansão das redes de contatos dos pesquisadores, além de trazer mais visibilidade para o trabalho produzido. No entanto, a maior parte de seus benefícios é intangível. Embora os custos da colaboração sejam mencionados menos frequentemente, os principais envolvem o tempo necessário para engajar-se nas atividades colaborativas, assim como o custo de gerenciamento de pessoas e conhecimento (Katz & Martin, 1997; Leahey, 2016).

Katz e Martin (1997) entendem como colaboradores aqueles que fazem contribuições frequentes e substanciais para o desenvolvimento da pesquisa como um todo ou, alternativamente, pesquisadores responsáveis por uma ou mais de suas etapas principais. Nessa perspectiva, contribuições ocasionais não são reconhecidas como colaboração. Entretanto, tais critérios não são bem estabelecidos, são pouco quantificáveis e não levam em consideração todas as nuances existentes no desenvolvimento de uma pesquisa e na produção de um artigo.

Essa dificuldade de definição torna-se mais complexa na prática científica com o aumento no número de coautores por publicação. Uma preocupação crescente nesse contexto são os chamados coautores honorários, que recebem crédito em publicações sem efetiva participação na pesquisa. Para Rennie et al. (1997), a coautoria não é apenas uma questão de receber crédito sobre a publicação, mas implica também assumir a responsabilidade sobre a pesquisa e seus resultados. Embora não se saiba ao certo a frequência desses casos, muitas revistas têm solicitado aos pesquisadores um detalhamento da contribuição de cada um para o desenvolvimento da pesquisa (Leahey, 2016). Para esse fim, a taxonomia de papéis do contribuidor, elaborada por Brand et al. (2015), tem sido amplamente adotada em periódicos e em eventos científicos.

Diante disso, apesar de a coautoria ser amplamente disponível e frequentemente utilizada como medida de colaboração desde a década de 1960 (Kumar, 2015), é considerada um indicador imperfeito, por não representar todas as nuances que fazem parte de um processo colaborativo. Isso se dá porque nem toda colaboração resulta em coautoria, da mesma forma que pode ocorrer coautoria sem colaboração, como no caso dos colaboradores honorários. Assim sendo, a autoria é compreendida como uma forma de colaboração (Fontes & Rodrigues, 2024), mas Leahey (2016) a entende como uma modalidade mais estrita, por não refletir processos informais.

Para Newman (2004), a coautoria é um registro documentado das relações entre pesquisadores e pode contribuir para o estudo de padrões de colaboração na pesquisa acadêmica. No contexto desta pesquisa, utilizamos a coautoria como medida de colaboração e adotamos os termos como sinônimos.

Procedimentos Metodológicos

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica mista (Leite et al., 2021), baseada na Análise de Redes Sociais (ARS) como abordagem. Para Kumar (2015), a ARS é uma abordagem que possibilita a visualização de diferentes atributos, sempre no contexto dos relacionamentos entre os atores que integram a rede em questão.

A pesquisa foi feita a partir de um banco de dados que contém informações sobre 697 artigos sobre abordagens CTS na educação ou no ensino publicados entre 1998 e 2024 em 42 revistas qualificadas nas áreas de educação e ensino, sendo elas: *Acta Scientiae*; *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*; *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*; *Areté*; *Bolema: Boletim de Educação Matemática*; *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*; *Ciência & Educação*; *Ciência & Ensino*; *Ciência em Tela*; *Ciências & Cognição*; *Debates em Educação Científica e Tecnológica*; *Educação e Pesquisa*; *Educação em Revista*; *Educar em Revista*; *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*; *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*; *Ensino, Saúde e Ambiente*; *Experiências em Ensino de Ciências*; *Investigações em Ensino de Ciências*; *Pesquisa em Educação Ambiental*; *Pro-Posições*; *Química Nova*; *Química Nova na Escola*; *Revista Biodiversidade*; *Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade*; *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*; *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*; *Revista Brasileira de Ensino de Física*; *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*; *Revista Ciência e Educação*; *Revista Ciências & Ideias*; *Revista da Avaliação da Educação Superior*; *Revista de Ensino de Ciências e Engenharia*; *Revista de Ensino de Ciências e Matemática - Rencima*; *Revista de Ensino de Engenharia*; *Revista Debates em Educação Científica e Tecnológica*; *Revista Educação Matemática Pesquisa*; *Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica*; *Revista Insignare Scientia*; *Revista Tecnologia e Sociedade*; e *Scientia Plena*.

A seleção dos periódicos que compõem a base de dados ocorreu de forma incremental, iniciando com as revistas que pertenciam, em 2011, aos estratos A1 e A2 do Qualis 2010–2012, como informado em Chrispino et al. (2013). Desde então, foram incorporadas publicações em periódicos que obtiveram classificação A nas avaliações Qualis subsequentes, assim como revistas de alto impacto na área, segundo o índice H5 do Google Acadêmico.

Para compor o banco de dados, foram selecionados os artigos que continham em seus títulos, palavras-chave ou resumos o termo CTS ou ciência-tecnologia-sociedade e suas variações. As informações catalogadas sobre cada artigo são: título, ano de publicação, nome da revista, nome dos autores e suas respectivas instituições de vínculo, palavras-chave e referências de cada artigo. Interações prévias deste banco de dados já foram utilizadas em outras pesquisas, algumas delas detalhadas em Chrispino (2023), que resultaram em teses (Albuquerque, 2018; Toledo, 2017; Melo, 2017, dentre outros), dissertações (Aquino, 2021; Pinto, 2021; Amorim, 2024, dentre outros) e artigos (Chrispino et al., 2013; Melo et al., 2016; Melo et al., 2021, dentre outros).

Tendo em vista que o foco desta pesquisa são as redes de coautoria, nosso trabalho se debruça sobre os autores dos artigos, utilizando uma abordagem de redes para trabalhar com esses dados. Para estabelecer o que chamaremos aqui de relação de coautoria, são necessários os seguintes passos: dado um artigo Ar_1 , com dois autores Au_1 e Au_2 , os autores se tornam os vértices, ligados por uma aresta que representa o artigo.

Desse modo, é possível tratar os autores por uma perspectiva relacional, ou seja, a partir dos relacionamentos de coautoria. Para isso, utilizamos o NodeXL, uma extensão gratuita do Microsoft Excel, para gerar as redes e calcular as medidas que apoiarão o processo de análise. Como cada autor é representado por um vértice na rede, foi necessário realizar um processo de normalização, em que adotamos uma grafia unificada para um mesmo autor. Isso assegura uma identificação única para cada pesquisador na rede.

Conceitualmente, arestas são as conexões entre os vértices de uma rede e podem representar diferentes tipos de relacionamentos, incluindo colaborações, como é o caso desta pesquisa. Isto é, uma aresta conecta dois vértices quando existe um relacionamento entre eles. As arestas podem ser simples ou ponderadas. Arestas simples são também chamadas de binárias, pois representam se um relacionamento existe ou não. Já as arestas ponderadas, além de representarem a existência de um relacionamento, possuem também um valor associado a elas, que indica o peso ou a frequência de uma aresta (Hansen et al., 2011).

Nesta pesquisa, utilizamos arestas ponderadas para indicar as relações de coautoria recorrentes, identificando coautores que trabalharam juntos em mais de uma publicação. Para trabalhar com arestas ponderadas, foi necessário identificar e fundir as arestas duplicadas no NodeXL¹. O tratamento da duplicidade de arestas se faz necessário porque a existência de arestas duplicadas é uma consequência das relações recorrentes de coautoria. O processo de fusão gera o atributo *Edge Weight*, que contém um valor numérico correspondente ao peso da aresta. Com esse valor, é possível configurar a espessura de cada aresta conforme o seu peso. Assim sendo, as arestas ponderadas são representadas por linhas de diferentes espessuras, de modo que, quanto mais espessa a linha, maior o peso da aresta (Hansen et al., 2011).

A partir das redes de coautoria, traçamos inicialmente um caminho metodológico semelhante ao feito em Martínez-Garrido e Murillo (2024), em que utilizamos as informações de coautoria para caracterizar o perfil de colaboração na Educação CTS brasileira em relação à quantidade de publicações com coautoria e à quantidade de publicações em coautoria na mesma instituição. Após tal caracterização, identificamos os cinco maiores subconjuntos pertencentes à rede de coautoria, tendo em vista que ela é uma rede desconexa, segundo a caracterização de Prell (2011), e utilizamos algumas medidas de grafo, como diâmetro e densidade, para comparar esses subconjuntos. Posteriormente, concentramos a análise no maior subconjunto, também chamado de componente gigante em ARS.

Resultados e Análise

Dos 697 artigos que compõem o banco de dados, 632 foram produzidos em coautoria, ou seja, com no mínimo dois autores. Os artigos com apenas um autor correspondem a aproximadamente 9% das publicações do banco de dados, o que indica que, de modo geral, a área é constituída por muitas relações colaborativas. Este dado

1 Comando: NodeXL Basic > Data > Prepare Data > Count and Merge Duplicate Edges

confirma uma tendência apontada por Leahey (2016) no aumento das colaborações na produção científica. Além disso, algumas das publicações que fazem parte do banco de dados e que figuram entre as mais citadas nos subgrupos de artigos, dissertações e teses da área foram produzidas em coautoria (Chrispino, 2023).

A maior parte (45%) das publicações em coautoria possui dois autores. As publicações com três autores correspondem a aproximadamente 29% do total. Ou seja, aproximadamente 74% das publicações do banco de dados possuem dois ou três autores. Os artigos com quatro autores correspondem a aproximadamente 12% das publicações, e artigos com cinco ou mais autores são menos comuns dentro do banco de dados pesquisado, correspondendo a aproximadamente 5% do total de publicações. Estes dados nos mostram que a frequência de publicações reduz conforme a quantidade de autores aumenta, o que pode ser explicado pelos altos custos de gerenciamento de tempo ao se trabalhar com mais coautores (Katz & Martin, 1997; Leahey, 2016).

Por se tratar de uma quantidade expressiva de publicações em 42 revistas reconhecidas na área ao longo de 27 anos, pode-se concluir que as publicações da área de Educação CTS tendem a ser produzidas coletivamente, geralmente em grupos de dois ou três autores.

Colaborações Recorrentes

Uma colaboração recorrente significa uma relação de coautoria que ocorre mais de uma vez dentro do conjunto de dados. Para identificar as colaborações recorrentes, utilizamos arestas ponderadas, que contabilizam a frequência com que aquela aresta se repete na rede por meio do atributo *Edge Weight*. Averiguar as frequências de colaboração possibilita identificar colaboradores recorrentes na área, isto é, pesquisadores que trabalham juntos frequentemente. Mais adiante, no detalhamento das principais componentes conexas da rede de coautoria, mostraremos algumas das colaborações recorrentes. Elas serão representadas por arestas de maior espessura, como mostra a Figura 1:

Figura 1

Exemplo de como as colaborações recorrentes aparecem na rede de coautoria



A Figura 1 traz, a título de ilustração, como as colaborações recorrentes serão representadas mais adiante. No exemplo, nota-se que há colaborações recorrentes entre Autor 1 e Autor 2, e entre Autor 3 e Autor 4, sendo que há mais recorrência nas colaborações entre Autor 3 e Autor 4, pois a aresta que os conecta é mais espessa. Já a colaboração entre Autor 1 e Autor 3 não é recorrente, isto é, aconteceu apenas uma vez.

Na amostra, identificamos 142 colaborações recorrentes, o que corresponde a menos de 8% das relações de coautoria na rede. Dentre as colaborações recorrentes, 76 ocorreram entre pessoas vinculadas a uma mesma instituição (como Irlan Von Linsingen e Suzani Cassiani) e 66 entre pessoas vinculadas a instituições diferentes (como Giselle Watanabe e Roseline Strieder). Dessas 66 colaborações recorrentes entre pessoas de diferentes instituições, 42 são entre orientadores e seus orientandos (por exemplo: Wildson Santos e Eduardo Mortimer; Décio Auler e Demétrio Delizoicov), e 23 são entre pessoas que frequentaram a mesma instituição em um mesmo período, seja trabalhando ou em cursos de pós-graduação.

Apenas um par de colaboradores não possui qualquer vínculo institucional em comum e não teve origem em uma relação de orientação: Rita de Cássia Frenedo (UNICSUL) e Teresa Cristina Melo Garcia (Prefeitura de Belo Horizonte). As duas publicações produzidas em coautoria por estas pesquisadoras foram intermediadas por outras pesquisadoras vinculadas ao CEFET/MG, onde Teresa Garcia trabalhou entre 2009 e 2010, e à UNICSUL, onde Rita Frenedo atua. Este resultado reforça o que Katz e Martin (1997) apontaram sobre a redução da frequência de coautoria conforme o aumento da distância entre os autores envolvidos. Segundo os autores, uma possível explicação é que, quanto mais frequentes forem as interações informais, maiores serão as chances de colaboração. Outra possível explicação é o que Kumar (2015) chama de mistura seletiva, na qual os vértices se conectam a vértices que compartilham características semelhantes, neste caso, o vínculo institucional.

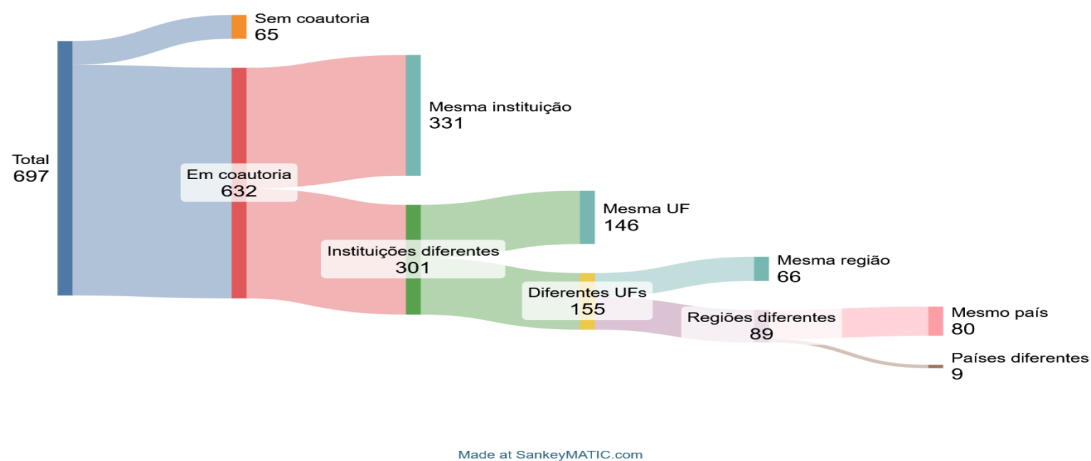
Sobre as altas frequências de colaborações entre orientadores e seus orientandos, Katz e Martin (1997) entendem que esta é uma relação que pode se estender para além dos anos em que ocorreu a efetiva orientação, e que esse contato prolongado pode resultar na continuidade do desenvolvimento das pesquisas mesmo após o término da orientação, como Alvaro Chrispino e Thiago Brañas de Melo, ou com o aumento da distância institucional.

Coautoria entre Diferentes Instituições

A maior parte das colaborações ocorre dentro da mesma instituição, ou seja, intramuros. Entre as colaborações extramuros, observamos, a partir do diagrama da Figura 2, que não há um perfil distinto. As relações de coautoria podem ocorrer dentro do mesmo estado ou não, e a maior parte das colaborações extramuros da base de dados ocorre entre estados em diferentes regiões do país.

Figura 2

Diagrama de Sankey que representa o perfil de colaboração nas produções em Educação CTS, no que tange às colaborações intramuros e extramuros



A Figura 2 também nos mostra que colaborações internacionais ainda são pouco frequentes, e uma possível explicação para isso é que, ao longo de seu processo de se estabelecer enquanto área, a Educação CTS brasileira assumiu contornos próprios, o que a diferenciou em relação aos outros países (Teixeira, 2024). Solomon (1993) ressaltou o caráter local da Educação CTS, afirmando que ele é dependente do contexto em que as interações ocorrem e que pode assumir significados diferentes para diferentes grupos sociais. Entre as colaborações internacionais, Portugal é o país mais frequente.

Estes resultados também mostram que, apesar da colaboração diminuir conforme a distância geográfica aumenta, ela ainda é frequente. Isso pode ser explicado pelas facilidades trazidas pelo desenvolvimento tecnológico, que ampliou as possibilidades de comunicação entre pessoas geograficamente distantes, reduzindo significativamente os custos previamente envolvidos na comunicação (Katz & Martin, 1997).

Quanto à quantidade de instituições envolvidas, a colaboração entre duas instituições também é bem frequente (243 artigos), mas a frequência de colaboração entre autores de instituições diferentes cai consideravelmente a partir de três instituições (47 artigos), e há apenas 11 artigos com quatro instituições envolvidas. Até o ano de 2024, não há registro de colaborações envolvendo mais de quatro instituições, o que pode ser explicado pelo fato de alguns periódicos qualificados restringirem a quantidade de coautores nos trabalhos publicados.

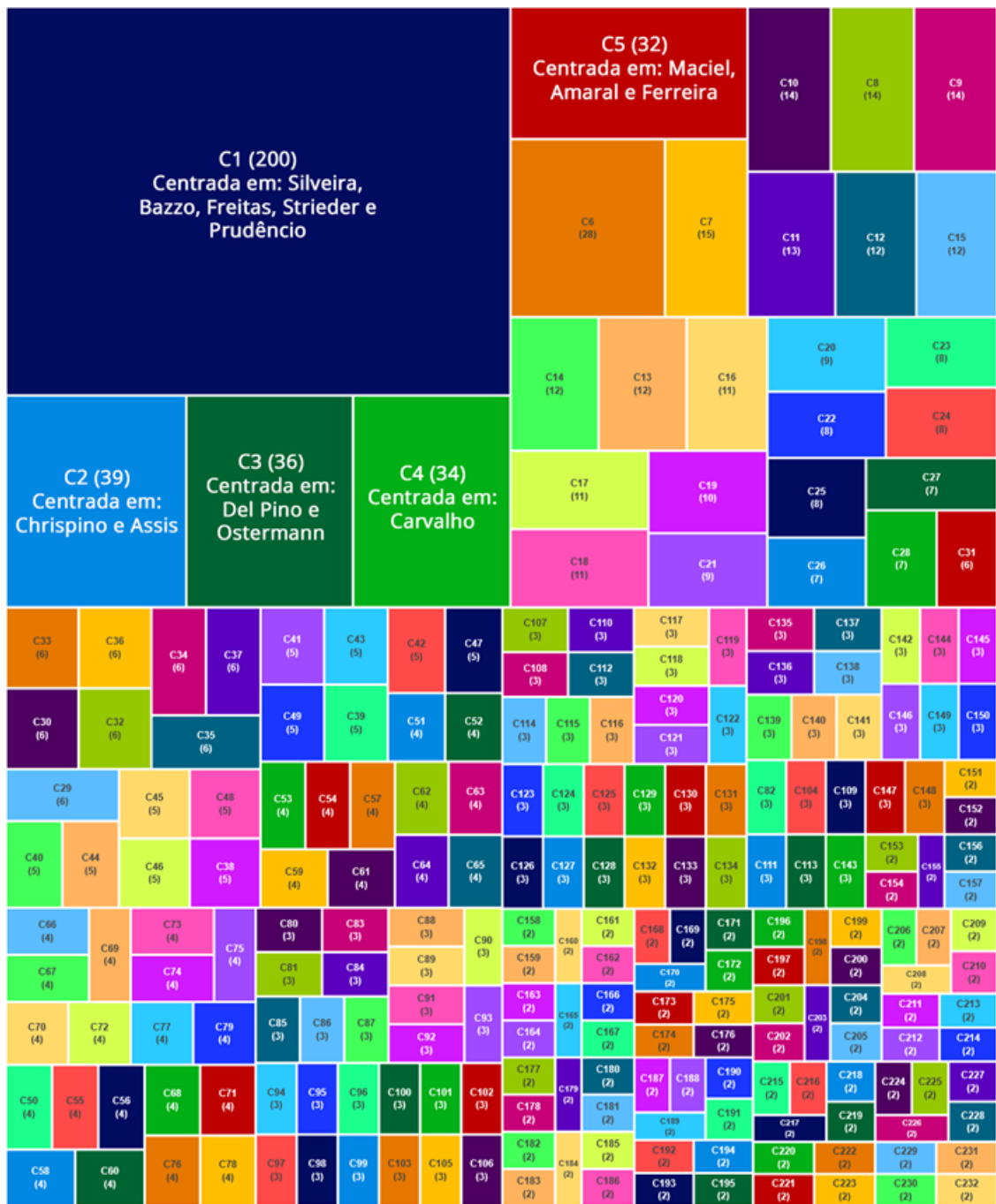
Redes de Coautoria

Os 697 artigos do banco de dados, ao serem organizados em uma rede de coautoria, formaram um grafo com 1212 vértices, 1814 arestas únicas e 232 componentes conexas. As componentes conexas são subconjuntos do grafo em que há caminho entre quaisquer dois vértices que a ele pertençam. A presença de diferentes subconjuntos

em uma rede indica que há grupos desconectados entre si (Prell, 2011). A Figura 3 mostra a distribuição dos 1212 vértices para cada uma das 232 componentes conexas da rede de coautoria, destacando também os principais pesquisadores das cinco maiores componentes.

Figura 3

Mapa de distribuição dos vértices em cada componente conexa identificada na rede de coautoria



Nota. A identificação de cada componente é composta pela letra C e seu número. Entre parênteses, há a quantidade de pesquisadores que pertencem a cada componente. Para os cinco maiores grupos (C1 até C5), constam os nomes dos pesquisadores de maior destaque.

Além disso, o fato de existir mais de uma componente reforça a caracterização da área de Educação CTS como heterogênea e difusa (Teixeira, 2024), pois significa que há partes da rede de coautoria em que não há caminho, ou seja, não há colaboração direta ou indireta por meio das coautorias. Das 232 componentes conexas, 195 são compostas por cinco pesquisadores ou menos, isto é, parte significativa da produção da área tem origem em grupos pequenos e desconexos entre si. Todavia, a existência de componentes conexas com uma quantidade significativa de autores, como mostra a Figura 3, indica núcleos que produzem sistematicamente na área. Kumar (2015) aponta que a existência de diferentes componentes conexas em uma rede de coautoria pode indicar a produção de pesquisas mais especializadas.

A maior componente conexa em uma rede é chamada de componente gigante, que pode nos indicar o núcleo de uma área, assim como se a rede é coesa ou fragmentada (Kumar, 2015). Acreditamos que classificar uma rede quanto à sua coesão deve ser feito em comparação com outra rede, e, até o presente momento, não é algo viável de fazer com outras áreas que não sejam a Educação CTS, devido ao processo de coleta dos dados utilizado na presente pesquisa. No entanto, um caminho possível é concentrar a análise nas maiores componentes conexas, comparando-as entre si e buscando inferências para a caracterização da área. A Tabela 1 apresenta as 5 maiores componentes conexas da rede de coautoria e algumas das medidas associadas a elas.

Tabela 1

Medidas das cinco maiores componentes conexas da rede de coautoria

Componentes conexas	Vértices	Arestas únicas	Diâmetro	Distância média	Densidade
C1 (gigante)	200	315	14	6,2193	0,0158291
C2	39	96	4	2,1551	0,1295546
C3	36	66	7	3,3287	0,1047619
C4	34	60	5	3,1349	0,1069518
C5	32	67	5	2,3789	0,1350806

Na rede de coautoria, as medidas apresentadas na Tabela 1 significam o seguinte: a quantidade de vértices representa a quantidade de autores que fazem parte de cada componente conexa. As arestas únicas mostram a quantidade de conexões entre diferentes pares, isto é, sem considerar as colaborações recorrentes representadas pelas arestas ponderadas. O NodeXL, ferramenta utilizada para a criação das redes e o cálculo das medidas, não considera arestas duplicadas para o cálculo das medidas das redes (Hansen et al., 2011). O diâmetro corresponde à maior distância entre dois vértices, levando em consideração os caminhos mais curtos, enquanto a distância média indica o valor médio de vértices que separam quaisquer vértices em uma componente conexa. Já a densidade é a proporção entre a quantidade de conexões existentes e a quantidade de

conexões possíveis (Prell, 2011).

Uma das principais informações que podemos obter sobre uma rede, ou sobre o subconjunto de uma rede, ao levar em consideração suas medidas, é a coesão entre os vértices (Prell, 2011). Observa-se pelas medidas mostradas na Tabela 1 que o diâmetro da componente gigante é entre 2 e 3 vezes maior que o diâmetro das componentes subsequentes, o que significa que há menos coesão na componente gigante em comparação às demais, pois há vértices que estão muito separados uns dos outros. Observa-se também que a componente gigante é consideravelmente menos densa que as demais, já que a quantidade de arestas únicas corresponde a aproximadamente 1,58% das conexões possíveis. Ao comparar as densidades, o diâmetro e a distância média nas cinco maiores componentes conexas da rede, notamos que a componente gigante é menos coesa que as demais. Assim sendo, é possível que a difusão apontada por Teixeira (2024) não esteja relacionada apenas à presença de diversas componentes, mas também à pouca coesão dentro do principal subconjunto de autores que produzem na área.

A componente gigante da rede de coautoria sobre Educação CTS possui 200 vértices, o que corresponde a aproximadamente 16% dos pesquisadores que compõem o banco de dados utilizado nesta pesquisa. A componente gigante representa as relações colaborativas de 176 artigos publicados em 31 periódicos diferentes, como mostra a Tabela 2. Tal produção corresponde a aproximadamente 25% do total de artigos da base de dados. Na Tabela 2, apresentamos outros dados que reforçam a dimensão do alcance da componente gigante na produção da área, principalmente quando a comparamos às outras quatro maiores componentes. A componente C1 será detalhada em momento próprio deste trabalho.

Tabela 2

Dados sobre a produção e o alcance das 5 maiores componentes conexas da rede de coautoria

Componentes conexas	Artigos	Revistas	Instituições	Estados	Regiões	Países
C1 (gigante)	176	31	65	14	5	2
C2	20	15	13	4	2	1
C3	26	15	18	7	4	2
C4	22	9	15	5	3	1
C5	26	8	8	3	2	1

A Tabela 2 mostra que a componente gigante envolve 65 instituições diferentes, se estende por 14 estados nas cinco regiões do país e mais um país além do Brasil (Portugal). Esta componente, que podemos considerar como de amplo alcance nacional, começou a se formar em 2001, isto é, tem se desenvolvido e expandido há mais de 20 anos. Considerando a quantidade de instituições e de regiões envolvidas apenas na componente gigante, é possível compreender por que esta rede é menos coesa que as

demais, pois fatores como a distância geográfica entre os pesquisadores impactam a colaboração.

Um processo semelhante ocorre com a componente C3, que possui a segunda menor densidade (ranqueada em 4º lugar em um conjunto de 5 redes) entre as componentes aqui analisadas. A Tabela 2 mostra que esta componente também possui algum alcance internacional, tendo colaborado com pesquisadores de instituições portuguesas, e que as instituições participantes estão em quatro regiões do Brasil. Assim sendo, observamos aqui que a distância física entre as instituições, ainda que em menor escala, afeta as medidas das componentes conexas quando consideramos as relações de coautoria. Nota-se, no entanto, que o padrão das colaborações internacionais diverge da tendência de proximidade física apontada por Katz e Martin (1997), tendo em vista que colaborações com instituições portuguesas são mais frequentes do que com países da América Latina. Aqui, a mistura seletiva (Kumar, 2015) surge como uma possível explicação, uma vez que Brasil e Portugal compartilham o mesmo idioma.

Pesquisadores de Destaque na Componente Conexa Gigante

Identificar os pesquisadores que mais se destacam na componente conexa gigante é uma forma de obter mais informações sobre este subconjunto da rede de coautoria. Tal processo seguiu os seguintes passos metodológicos: após o cálculo das medidas dos vértices no NodeXL, separamos os vértices por componentes conexas e elaboramos um ranking das seguintes medidas: grau, centralidade de intermediação e PageRank. Os três rankings funcionam de forma decrescente, isto é, os vértices com maiores valores nessas medidas ficam mais bem posicionados. Como a componente gigante possui 200 vértices, selecionamos apenas os vértices que ficaram entre as 10 primeiras posições nas três medidas.

A Tabela 3 mostra os pesquisadores que atenderam tais critérios. Essas três medidas foram escolhidas por proporcionar diferentes informações sobre cada vértice no contexto da componente: o grau do vértice indica a quantidade de conexões estabelecidas na rede, isto é, a quantos outros vértices um dado vértice está conectado. No contexto da rede de coautoria, o grau de um vértice indica a quantidade de coautores que um pesquisador possui. Já os vértices com alta centralidade de intermediação atuam como pontes dentro de uma componente conexa, participam em seus principais caminhos e são importantes para o fluxo de informações (Lemieux & Ouimet, 2012). O PageRank é uma medida apresentada por Brin e Page (1998), que representa a importância de um

vértice, calculada a partir da importância dos vértices adjacentes a ele, ou seja, agrega ao pesquisador o peso ou valor de suas conexões na rede.

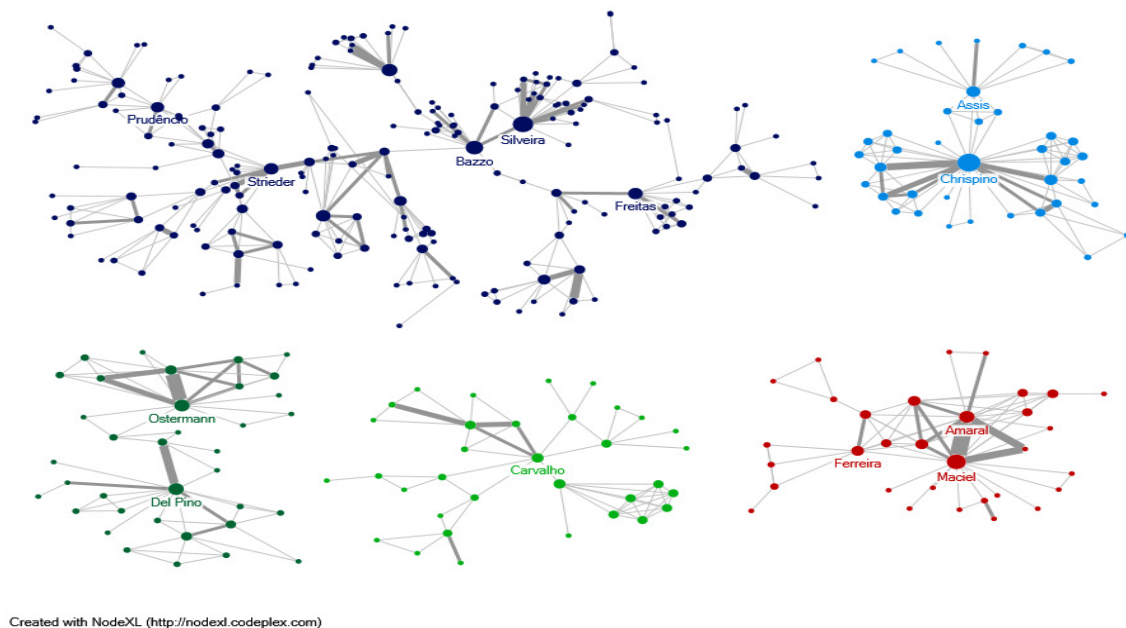
Tabela 3

Principais pesquisadores na componente conexa gigante, com suas respectivas medidas de vértice e seus rankings dentro da rede

Vértice	Grau	Ranking grau	Centralidade de intermediação (CI)	Ranking CI	Page Rank (PR)	Ranking PR
Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira (UTFPR)	23	1º	5044	7º	7,375135	1º
Walter Antonio Bazzo (UFSC)	17	2º	13453	1º	5,604527	2º
Nádia Magalhães da Silva Freitas (UFPA)	12	4º	3881	9º	3,205572	4º
Roseline Beatriz Strieder (UFSC)	12	4º	9930,333	3º	3,103038	6º
Christiana Andréa Vianna Prudêncio (UESC)	10	5º	2879	10º	2,657534	8º

Os sobrenomes sublinhados na Tabela 3 são os que identificam os vértices na Figura 4, e as siglas entre parênteses representam suas respectivas instituições de vínculo. Dos cinco pesquisadores, três atuam em universidades na região Sul do país, uma na região Norte e uma na região Nordeste². É de amplo conhecimento que a área de Educação CTS se desenvolveu inicialmente nas regiões Sul e Sudeste (Chrispino, 2023), estabelecendo-se pelas demais regiões do país com o passar do tempo, um movimento que acompanhou o processo de institucionalização do Ensino de Ciências no Brasil (Megid Neto, 2014).

² Destacamos que Roseline Strieder atuou na Universidade de Brasília (UnB) de 2012 até 2022, quando se tornou professora na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e a maior parte das suas publicações no banco de dados utilizado nesta pesquisa ocorreu durante seu período no Centro-Oeste.

Figura 4*Componente gigante da rede de coautoria*

Os cinco pesquisadores de destaque na componente gigante da Figura 4 são docentes com atuação em programas de pós-graduação na área de Ensino de Ciências e Matemática: Walter Bazzo é professor do PPG em Educação Científica e Tecnológica da UFSC, tendo sido orientador de doutorado de Rosemari Silveira. Roseline Strieder também é docente do mesmo PPG na UFSC, e atuava no PPG em Educação em Ciências da UnB. Strieder é uma das pesquisadoras que se destaca nas articulações entre Educação CTS e os pressupostos freireanos (Amorim & Melo, 2024). Atualmente, Silveira é professora do PPG em Ensino de Ciência e Tecnologia na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Christiana Prudêncio é professora no PPG em Educação em Ciências e Matemática na Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), na Bahia. E Nádia Freitas leciona no PPG em Docência em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Além da produção na área, esses pesquisadores são doutores e orientam alunos nesses programas de pós-graduação, ou seja, contribuem também para a disseminação do conhecimento na área, assim como para a formação de mestres e doutores que poderão se tornar pesquisadores em outras instituições com o passar do tempo (Megid Neto, 2014), o que ressalta a importância dos programas de pós-graduação para o desenvolvimento da área.

Pesquisadores em Destaque nas Demais Componentes

A título de ilustração, trazemos aqui os pesquisadores centrais nas demais componentes conexas. O processo de identificação desses pesquisadores se deu de forma semelhante ao feito na componente gigante, com a diferença de que selecionamos

apenas os vértices cujas três medidas consideradas (grau, centralidade de intermediação e PageRank) ficaram entre as três primeiras posições. Tal escolha se justifica pela diferença de tamanho entre as componentes, em comparação à componente gigante, que é aproximadamente cinco vezes maior que a segunda maior componente (C2).

As Tabelas 4 e 5 mostram os principais pesquisadores das componentes C2 e C3. Destacamos aqui que os rankings são feitos dentro de cada rede, o que é importante principalmente em medidas como a centralidade de intermediação e o PageRank.

Tabela 4

Principais pesquisadores na componente conexa C2, com suas respectivas medidas de vértice e seus rankings dentro da rede

Vértice	Grau	Ranking grau	Centralidade de intermediação (CI)	Ranking CI	Page Rank (PR)	Ranking PR
Alvaro Chrispino (CEFET/RJ)	29	1º	565,6667	1º	5,241274	1º
Alice Assis (UNESP)	11	2º	234	2º	2,728777	2º

A Tabela 4 mostra que os pesquisadores centrais da C2 são Alvaro Chrispino (CEFET/RJ) e Alice Assis (UNESP), sendo o CEFET/RJ a instituição de maior predominância nesta rede. As instituições que compõem a C2 estão concentradas na região Sudeste. Já a C3, representada na Tabela 5, possui como autores principais José Claudio Del Pino (UNIVATES) e Fernanda Ostermann (UFRGS), sendo a UFRGS a principal instituição nesta componente.

Tabela 5

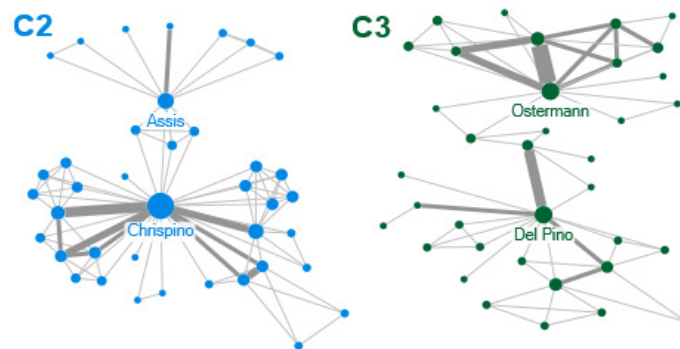
Principais pesquisadores na componente conexa C3, com suas respectivas medidas de vértice e seus rankings dentro da rede

Vértice	Grau	Ranking grau	Centralidade de intermediação (CI)	Ranking CI	Page Rank (PR)	Ranking PR
José Claudio Del Pino (UNIVATES)	13	1º	389	1º	3,595455	1º
Fernanda Ostermann (UFRGS)	13	1º	314,5	3º	3,076722	2º

A Figura 5 mostra as componentes C2 e C3, destacando os principais pesquisadores em cada uma. A representação visual das redes também nos ajuda a entender as posições que os pesquisadores de destaque ocupam internamente, a partir da visualização das relações de coautoria. No caso da componente C3, observa-se que os principais pesquisadores não são diretamente conectados entre si e que é uma rede mais difusa do que a C2.

Figura 5

Componentes C2 e C3 da rede de coautoria



A Tabela 6 mostra o pesquisador central na componente C4, que é Washington Luiz Pacheco de Carvalho (UNESP). Esta rede, assim como a C2, é composta predominantemente por instituições localizadas na região Sudeste, com destaque para a UFSCar. Esta componente possui algumas características diferenciadas das demais, uma delas sendo que toda a rede se constitui ao redor do pesquisador central. Outro ponto é que, apesar de o pesquisador central ser vinculado à UNESP, a instituição de maior recorrência nesta componente é a UFSCar. Nas demais componentes apresentadas nesta pesquisa, as instituições às quais os principais pesquisadores estão vinculados tendem a surgir com mais frequência dentro das redes, comportamento que pode ser explicado pelo fenômeno da mistura seletiva.

Tabela 6

Principal pesquisador na componente conexa C4, com suas respectivas medidas de vértice e seus rankings dentro da rede

Vértice	Grau	Ranking grau	Centralidade de intermediação (CI)	Ranking CI	Page Rank (PR)	Ranking PR
Washington Luiz Pacheco de Carvalho (UNESP)	8	1º	406	1º	2,20489	1º

Já a Tabela 7 traz os pesquisadores mais centrais na componente C5, que são Maria Delourdes Maciel, Carmem Lúcia Costa Amaral e Orlando Rodrigues Ferreira, todos vinculados à Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL), que também é a instituição predominante nesta componente.

Tabela 7

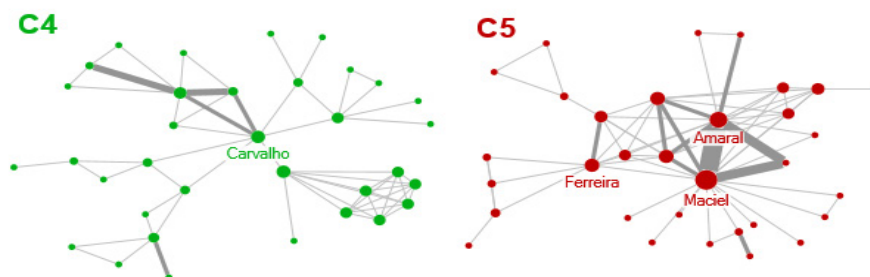
Principais pesquisadores na componente conexa C5, com suas respectivas medidas de vértice e seus rankings dentro da rede

Vértice	Grau	Ranking grau	Centralidade de intermediação (CI)	Ranking CI	Page Rank (PR)	Ranking PR
Maria Delourdes Maciel (UNICSUL)	20	1º	277,5	1º	4,6642	1º
Carmem Lúcia Costa Amaral (UNICSUL)	13	2º	84,5	3º	2,629397	2º
Orlando Rodrigues Ferreira (UNICSUL)	9	3º	108	2º	1,86581	3º

A Figura 6 traz as representações visuais das redes formadas pelas componentes conexas C4 e C5. A componente C5 é a que concentra a menor quantidade de instituições entre as redes apresentadas nesta pesquisa, sendo também a rede com maior densidade.

Figura 6

Componentes C4 e C5 da rede de coautoria



Além disso, é possível observar que as colaborações recorrentes são mais comuns na componente C5 do que na C4. Destacamos também que Maria Delourdes Maciel e Carmem Lúcia Costa Amaral são as coautoras com maior recorrência em toda a rede de coautoria, tendo colaborado em sete artigos na base de dados desta pesquisa.

Considerações Finais e Implicações

A presente pesquisa caracterizou o perfil das colaborações na Educação CTS brasileira a partir das relações de coautoria obtidas de 697 artigos publicados entre 1998 e 2024 em 42 revistas das áreas de Educação e Ensino. Observamos que as publicações da área tendem a ser produzidas coletivamente, tipicamente em grupos de dois ou três autores. Além disso, notamos que as colaborações recorrentes correspondem a menos de 8% do total de colaborações.

Quanto à caracterização dessas colaborações, a maior parte delas é intramuros, isto é, ocorre dentro da mesma instituição. Não há um perfil ou tendência distinta nas colaborações extramuros; elas ocorrem de maneira diversificada, inclusive entre estados e regiões diferentes. As colaborações extramuros envolvem até quatro instituições, e o tipo menos frequente é o de colaborações entre instituições pertencentes a países diferentes. Quanto às colaborações internacionais, Portugal é o país que surge com maior frequência, mesmo não sendo o mais fisicamente próximo ao Brasil em comparação com os países da América Latina. Uma possível explicação é a proximidade linguística, apesar da distância física, mas isso ainda não foi investigado.

A análise das redes de coautoria também apresentou resultados relevantes, como o fato de que essa rede é constituída por 232 subconjuntos desconexos. Essa elevada quantidade de componentes conexas mostra o quanto a área é difusa. Ao concentrar nossa análise na componente gigante (C1), notamos que contém cerca de 25% das publicações que compõem nosso banco de dados. Isto é, a componente gigante representa uma contribuição significativa para o conhecimento produzido na Educação CTS brasileira, além de ser uma rede de amplo alcance nacional, estendendo-se por dezenas de instituições em todas as regiões do país. As medidas da componente gigante indicam também que ela é menos coesa em relação às demais componentes apresentadas nesta investigação.

Nossa pesquisa também identificou os principais pesquisadores na componente gigante da rede de coautoria: Silveira, Bazzo, Freitas, Strieder e Prudêncio. No contexto desta pesquisa, foram destacados os pesquisadores com uma quantidade significativa de coautores (centralidade de grau), que ocupam uma posição relevante na rede no que tange à intermediação e que se relacionam diretamente com pesquisadores com alto grau de importância na rede (PageRank). Esses pesquisadores estão, em sua maioria, localizados na região Sul do país (UTFPR e UFSC), e são professores e pesquisadores atuantes em PPGs em Ensino de Ciências e Matemática, orientando mestres e doutores e contribuindo com o desenvolvimento da área de Educação CTS.

Este primeiro exercício de conhecer o perfil da produção em coautoria da área de Educação CTS no Brasil permite inferir que a área efetivamente vem crescendo em produção e que essa produção é realizada de forma colaborativa. Foi possível identificar os pesquisadores, suas instituições e os programas de pós-graduação a que estão vinculados, bem como os periódicos aos quais direcionam suas produções acadêmicas. A presente pesquisa expande os mapeamentos anteriores ao caracterizar de forma sistemática o perfil colaborativo da produção em Educação CTS no Brasil, identificando os principais pesquisadores que contribuem para a expansão da área nesse sentido. Além disso, este estudo aponta para a necessidade de fortalecimento das colaborações extramuros e internacionais, principalmente com outros países da América Latina.

Pretende-se, em trabalhos futuros, investigar a colaboração entre os grupos de pesquisa em Educação CTS a partir da rede de coautoria, associar os tipos de trabalhos à quantidade de coautores e analisar as demais componentes conexas para identificar pesquisas especializadas. Os resultados aqui expostos também abrem caminho para investigar a disseminação de ideias dentro da área, relacionando as redes de coautoria com a utilização de referenciais teóricos específicos.

Contribuições dos Autores

Administração do projeto: Melo, B. J. A., Chrispino, A., Melo, T. B.; **Análise formal:** Melo, B. J. A.; **Conceituação:** Melo, B. J. A.; **Gerenciamento de dados:** Melo, B. J. A., Chrispino, A., Melo, T. B.; **Escrita — Primeira versão:** Melo, B. J. A.; **Escrita — Revisão e edição:** Melo, B. J. A., Chrispino, A., Melo, T. B.; **Investigação:** Melo, B. J. A.; **Metodologia:** Melo, B. J. A., Chrispino, A., Melo, T. B.; **Recursos:** Melo, B. J. A., Chrispino, A., Melo, T. B.; **Software:** Melo, B. J. A.; **Supervisão:** Chrispino, A., Melo, T. B.; **Validação:** Melo, B. J. A.; **Visualização:** Melo, B. J. A.

Disponibilidade de Dados de Pesquisa

Os dados da pesquisa não podem ser disponibilizados publicamente, pois estão em um banco de dados cujo padrão de catalogação é propriedade intelectual do grupo CTS e Educação, do CEFET/RJ. Além disso, os dados são utilizados por diversas pesquisas em andamento.

Referências

- Acevedo, J. A., Vázquez, A., & Manassero, M. A. (2002). *El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias*. Sala de Lecturas CTS+ I de la OEI.
- Aikenhead, G. (2004). STS education: A rose by any other name. In R. Cross (Ed.), *A vision for science education* (pp. 59–75). Routledge.
- Albuquerque, M. B. de. (2018). *O perfil dos estudos brasileiros sobre ciência, tecnologia e sociedade baseado nas publicações da área de ensino de ciências* [Tese de Doutorado]. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.
- Amorim, C. de O. (2024). *CTS e Freire: uma análise de redes a partir das citações* [Dissertação de Mestrado]. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.
- Amorim, C. de O., & Melo, T. B. (2024). Analisando o impacto de Paulo Freire no ensino brasileiro de Ciência, Tecnologia e Sociedade por meio de citações. *Indagatio Didactica*, 16(3), 113–132. <https://doi.org/10.34624/id.v16i3.38436>
- Andrade, I. S., & Teixeira, P. M. M. (2025) Educação CTS e Educação STEM: Uma Análise Comparativa. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 25, e54379, 1–29. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2025u103131>

Aquino, D. F. de. (2021). *O ensino de biologia nas pesquisas em ensino da área CTS* [Dissertação de Mestrado]. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

Auler, D., & Delizoicov, D. (2015). Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. *Linhas Críticas*, 21(45), 275–296. <https://doi.org/10.26512/lc.v21i45.4525>

Brand, A., Allen, L., Altman, M., Hlava, M., & Scott, J. (2015). Beyond authorship: Attribution, contribution, collaboration, and credit. *Learned Publishing*, 28(2), 151–155. <https://doi.org/10.1087/20150211>

Brin, S., & Page, L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1–7), 107–117. [https://doi.org/10.1016/S0169-7552\(98\)00110-X](https://doi.org/10.1016/S0169-7552(98)00110-X)

Chrispino, A. (2017). *Introdução aos enfoques CTS — ciência, tecnologia e sociedade — na educação e no ensino*. Organização dos Estados Ibero-americanos (OEI)/Iberciencia.

Chrispino, A. (2023). Um perfil do ensino CTS no Brasil: alguns resultados das pesquisas em teses, dissertações e artigos. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 14 (5), 1–23. <https://doi.org/10.26843/rencima.v14n5a17>

Chrispino, A., Lima, L. S. de., Albuquerque, M. B. de., Freitas, A. C. C. de., & Silva, M. A. F. B. da. (2013). A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos? *Ciência & Educação (Bauru)*, 19(2), 455–479. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000200015>

Cutcliffe, S. H. (2003). *Ideas, máquinas y valores: Los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Anthropos/UNAM.

Fontes, D. T. M., & Rodrigues, A. M. (2024). Análise local, pensamento global: Estrutura e dinâmica de relações colaborativas na pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 29(1), 427–455. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2024v29n1p427>

Gallagher, J. J. (1971). A broader base for science teaching. *Science Education*, 55(3), 329–338. <https://doi.org/10.1002/sce.3730550312>

Hansen, D., Shneiderman, B., & Smith, M. A. (2011). *Analyzing social media networks with NodeXL: Insights from a connected world*. Morgan Kaufmann.

Hunsche, S., Dalmolin, A., Roso, C. C., Santos, R. D., & Auler, D. (08–13 de novembro, 2009). *O enfoque CTS no contexto brasileiro: Caracterização segundo periódicos da área de educação em ciências*. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Florianópolis, Santa Catarina.

Hurd, P. D. (1975). Science, technology, and society: New goals for interdisciplinary science teaching. *Science Teacher*, 42(2), 27–30.

Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997). What is research collaboration? *Research Policy*, 26(1),

1–18. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(96\)00917-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00917-1)

Kumar, S. (2015). Co-authorship networks: A review of the literature. *Aslib Journal of Information Management*, 67(1), 55–73. <https://doi.org/10.1108/AJIM-09-2014-0116>

Leahey, E. (2016). From sole investigator to team scientist: Trends in the practice and study of research collaboration. *Annual Review of Sociology*, 42(1), 81–100. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-081715-074219>

Leite, L. R., Verde, A. P. D. S. R., Oliveira, F. D. C. R. D., & Nunes, J. B. C. (2021). Abordagem mista em teses de um programa de pós-graduação em educação: Análise à luz de Creswell. *Educação e Pesquisa*, 47, e243789. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202147243789>

Lemieux, V., & Ouimet, M. (2012). *Análise estrutural das redes sociais*. Instituto Piaget.

Martínez-Garrido, C., & Murillo, F. J. (2024). La colaboración en grupos de investigación a través del análisis de redes sociales. *Revista Colombiana de Educación*, (90), 80–101. <https://doi.org/10.17227/rce.num90-14492>

Megid Neto, J. (2014). Origens e desenvolvimento do campo de pesquisa em educação em ciências no Brasil. In *A pós-graduação em ensino de ciências e matemática no Brasil: Memórias, programas e consolidação da pesquisa na área* (pp. 98–139). ELF.

Melo, T. B. de. (2017). *CTS na Ibero-América e Ensino CTS no Brasil: Convergências e divergências numa análise da produção científica* [Tese de Doutorado]. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

Melo, T. B. de, Pontes, F. C. C., Albuquerque, M. B., Silva, M. A. F. B., & Chrispino, A. (2016). 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*, 16(3), 587–606. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4382>

Melo, T. B. de, Aquino, D. F., Dionysio, L. G. M., Lima, N. L. A., Vidal, C. S., & Chrispino, A. (2021). Um olhar sobre controvérsias nas publicações nacionais de ensino CTS pela análise de redes sociais. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 14(2), 357–381. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2021.e76883>

Newman, M. E. J. (2004). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(suppl_1), 5200–5205. <https://doi.org/10.1073/pnas.0307545100>

Oliveira, R. S., Cedran, J. C., Cortez, J. M., & Kiouranis, N. M. M. (2021). Mapeando a pesquisa em ensino de ciências: Um olhar para as linhas de investigação no ENPEC na década de 2010. *Revista Insignare Scientia*, 4(3), 563–581. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i3.12147>

Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 95(4), 601–626. <https://doi.org/10.1002/sce.20435>

- Pinto, R. B. M. (2021). *A representatividade do ensino de química no ensino CTS brasileiro* [Dissertação de Mestrado]. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.
- Prell, C. (2011). *Social network analysis: History, theory and methodology*. SAGE.
- Rennie, D., Yank, V., & Emanuel, L. (1997). When authorship fails: a proposal to make contributors accountable. *Jama*, 278(7), 579–585. <https://doi.org/10.1001/jama.278.7.579>
- Ribeiro, T. V., & Genovese, L. G. R. (2025). A fase crítica da emergência do Subcampo Brasileiro de Pesquisa em Educação CTS: as gêneses da pesquisa em Educação CTS no Brasil. *Investigações em Ensino de Ciências*, 30(2), 374–410. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci/2025v30n2p374>
- Rosa, S. E., & Strieder, R. B. (2021). Perspectivas para a constituição de uma cultura de participação em temas sociais de ciência-tecnologia. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 21(Dossiê Centenário de Paulo Freire), e29619, 1–27. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u831857>
- Solomon, J. (1993). *Teaching science, technology and society*. Taylor and Francis.
- Teixeira, P. M. M. (2003). Educação científica e Movimento CTS no quadro das tendências pedagógicas no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(1), 88–102. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4114>
- Teixeira, P. M. M. (2024). Movimento CTS como um programa de pesquisa dentro da área de educação em ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 17(1), 9. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2024.e93821>
- Toledo, C. E. R. de. (2017). *Perfil de estudos CTS no Brasil a partir das teses publicadas nas áreas de ensino e educação* [Tese de Doutorado]. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

 **Bianca Joaquim Albuquerque de Melo**

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca/Colégio Pedro II
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
bjam.prof@gmail.com

 **Alvaro Chrispino**

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
alvaro.chrispino@gmail.com

 **Thiago Brañas de Melo**

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
thiago.melo@cefet-rj.br

 **Editora Responsável: Suzani Cassiani**

Revisado por: Ana Cristina Vieira Lopes Romeiro,

Periódico financiado pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências — ABRAPEC



Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e Isenção de Interesse e de Responsabilidade

Os autores declaram ser responsáveis pelo zelo aos procedimentos éticos previstos em lei, não haver qualquer interesse concorrente ou pessoais que possam influenciar o trabalho relatado no texto e assumem a responsabilidade pelo conteúdo e originalidade integral ou parcial.

Copyright (c) 2025 Bianca Joaquim Albuquerque de Melo, Alvaro Chrispino, Thiago Brañas de Melo



Este texto é licenciado pela **Creative Commons CC BY 4.0 License**

Você tem o direito de Compartilhar (copiar e redistribuir o material em qualquer suporte ou formato para qualquer fim, mesmo que comercial) e Adaptar (remixar, transformar, e criar a partir do material para qualquer fim, mesmo que comercial). De acordo com os termos seguintes:

Atribuição: Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso.

Sem restrições adicionais: Você não pode aplicar termos jurídicos ou medidas de caráter tecnológico que restrinjam legalmente outros de fazerem algo que a licença permita.
