

# Uma análise de rede para as pesquisas do tipo mapeamento em Ensino de Física

## RESUMO

**Daniel Trugillo Martins Fontes**

[daniel.fontes@usp.br](mailto:daniel.fontes@usp.br)

[orcid.org/0000-0002-4741-2067](https://orcid.org/0000-0002-4741-2067)

Universidade de São Paulo (USP),  
Programa de Pós-Graduação  
Interunidades em Ensino de  
Ciências da USP, São Paulo, São  
Paulo, Brasil.

**André Machado Rodrigues**

[rodrigues.am@usp.br](mailto:rodrigues.am@usp.br)

[orcid.org/0000-0001-7109-5295](https://orcid.org/0000-0001-7109-5295)

Universidade de São Paulo (USP),  
Instituto de Física, São Paulo, São  
Paulo, Brasil.

A pesquisa em Educação em Ciências é uma atividade relativamente recente se comparada a outras áreas do conhecimento. Contudo, há um movimento constante e dezenas de trabalhos que se propuseram a mapear, articular e sistematizar os resultados das pesquisas em perspectivas integrativas ao longo dos anos. Diante desse contexto, o presente artigo analisou as características da rede de pesquisadores que se dedicaram a traçar panoramas na área do Ensino de Física entre 2000 e 2020. Esta é uma pesquisa empírica na qual analisa dados das autorias de 31 artigos do tipo mapeamento publicado em periódicos ibero-americanos. A análise revelou que a pesquisa do tipo mapeamento acompanha tendências mais gerais da pesquisa acadêmica em aspectos bibliométricos, como o número de autores por artigo e a proporção de artigos coautorados. Constatou-se que o coletivo de pesquisadores analisados não forma uma comunidade, pois trabalham em pequenos grupos isolados dos outros atores da rede. Não há colaboração internacional entre instituições de ensino superior. Além disso, também foi observada a presença de alunos em todas as coautorias de artigos nacionais. Por fim, a discussão realizada indica múltiplos caminhos para pesquisas futuras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação em Ciências. Colaboração científica. Coautoria. Redes sociais.

## INTRODUÇÃO

A pesquisa institucionalizada em Educação em Ciências é uma atividade relativamente recente no Brasil (NARDI, 2005). Nas décadas de 1970 e 1980 periódicos especializados em Educação em Ciências começaram a ser editados para além dos Estados Unidos, em países como Argentina e Brasil (GIL-PÉREZ, 1996). No fim dos anos 1980, o Brasil contava com poucos Programas de Pós-graduação em Educação em Ciências (COUTINHO *et al.*, 2012). Contudo, com o passar dos anos, o número de tais Programas cresceu consideravelmente, ao mesmo tempo em que também surgiram e se consolidaram eventos científicos próprios e associações científicas na área (NASCIMENTO; AGOSTINI, MASSI, 2022).

Uma característica marcante do processo de amadurecimento da área de pesquisa em Educação em Ciências é a contínua realização de estudos do tipo estado da arte e revisões da literatura. O esforço de mapeamento da pesquisa permeia diferentes níveis de pesquisa, desde trabalhos apresentados em eventos científicos (GEHLEN; SCHROEDER, DELIZOICOV, 2007); publicados em periódicos (FONTES; RODRIGUES, 2021); dissertações de mestrados (JESUS, 2014) e teses de doutorado (MEGID NETO, 1999).

Mais recentemente alguns trabalhos têm se voltado para a análise do conjunto das pesquisas de revisões da literatura em suas específicas áreas da Educação em Ciências. Por exemplo, Alexandrino e Queiroz (2020) apresentam um levantamento de pesquisas do tipo estado da arte sobre o Ensino de Química, enquanto Fontes e Rodrigues (2022) apresentam o mesmo tipo de pesquisa, mas para o Ensino de Física. Este é um movimento importante visto que as pesquisas do tipo mapeamento compõem ferramentas valiosas que oferecem tanto um diagnóstico quanto um panorama para compreender lacunas, consensos, e tendências de uma área de pesquisa.

É diante deste contexto de contínuo movimento de sistematização que este trabalho se insere. Mais especificamente, nossa pergunta de pesquisa é: quais as características da rede de pesquisadores que se dedicam a traçar panoramas da área do Ensino de Física? Para atingir o objetivo proposto, foram utilizados os dados apresentados em pesquisa realizada por Fontes e Rodrigues (2022).

Portanto, este trabalho propõe aprofundar o levantamento de Fontes e Rodrigues (2022), além de fomentar estudos que visam produzir uma reflexão sobre as características e a organização da rede de pesquisadores na área do Ensino de Física. Note que este trabalho não constitui uma revisão da literatura *stricto sensu*, embora ele compartilhe do objetivo de compreender uma das muitas maneiras de revelar formas de estruturação de uma área de pesquisa.

## ANÁLISE DE REDES ENQUANTO MÉTODO EMERGENTE EM MAPEAMENTOS DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

O presente trabalho adotou análise de redes sociais como método. A análise de redes foi um dos métodos com o maior crescimento no campo das Ciências Sociais nas décadas de 1970 e 1980 (MIZRUCHI, 1994) e, desde então, se constitui uma prática comum na pesquisa acadêmica, angariando interesses de diversos pesquisadores em diferentes áreas do conhecimento (BUKVOVA, 2010). Entende-se por rede social uma coleção de pessoas, cada uma da qual conectada com algum subconjunto das outras.

Até recentemente, a abordagem de análise de redes para a realização de mapeamentos na área de Educação em Ciências não pareceu se constituir como a escolha preferida pelos pesquisadores, dado que nenhum dos 46 artigos de revisões da literatura considerados por Alexandrino e Queiroz (2020) e Fontes e Rodrigues (2022) adotam da análise de redes como um método de análise dos seus respectivos dados.

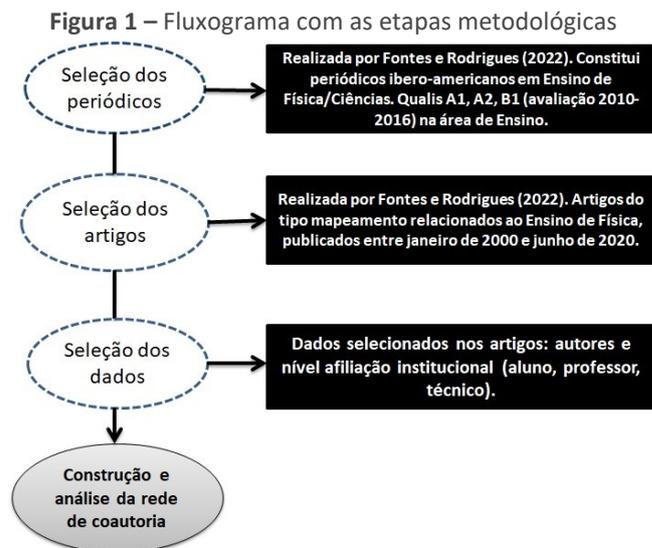
Contudo, esse cenário vem mudando. Novos mapeamentos realizados em Educação em Ciências no Brasil têm adotado análise de redes em seus métodos (ver exemplos em SIMÕES *et al.*, 2020, CARVALHO *et al.*, 2021, MELO *et al.*, 2021). É possível que essa tendência de adoção de análise de redes em panoramas da área seja uma consequência de um movimento internacional mais amplo. Diversas pesquisas internacionais de mapeamento da Educação em Ciências têm sugerido que futuros trabalhos possam adotar a análise de redes devido à sua capacidade analítica para construção e interpretação dos dados (CHANG; CHANG; TSENG, 2010; LIN *et al.*, 2019). Desse modo, é seguro reconhecer que o conhecimento sobre a área da Educação em Ciências no Brasil tem sido construído a partir de muitos pesquisadores, que utilizam diversas metodologias de análise: categorial, bibliométrica, cienciométrica e de rede social, a depender dos objetivos. No fim, o conjunto das diferentes metodologias contribui para múltiplas ópticas acerca do objeto que constitui a área de Educação em Ciências.

Diversas formas organizacionais podem constituir uma rede social. Neste trabalho focamos em uma forma específica: a colaboração científica, por meio da coautoria. A coautoria constitui uma relação de vínculo formal entre dois ou mais pesquisadores que compartilham uma publicação científica. Em geral a colaboração científica é considerada um aspecto positivo da pesquisa, e pesquisadores colaboram por diversos motivos. Por exemplo, para combinação de diferentes expertises de diferentes áreas de conhecimento, resolução de problemas complexos, conseguir financiamento das agências de fomento, entre outros (GREENE, 2007; BUKVOVA, 2012). No fim, a rede de coautoria é uma forma de representar uma rede de conhecimento, visto que conhecimento é produzido e disseminado em atividades sociais de relação entre indivíduos.

## ETAPAS METODOLÓGICAS

Os dados deste trabalho foram obtidos por meio do estudo realizado por Fontes e Rodrigues (2022). Naquela oportunidade, os autores consultaram os periódicos ibero-americanos de Ensino de Física e/ou Ciências, avaliados A1, A2 ou B1, no Qualis CAPES, área de Ensino, considerando tanto as classificações 2010-2012 quanto 2013-2016. Em posse da lista de 33 periódicos, Fontes e Rodrigues (2022) buscaram por artigos do tipo mapeamento da área (revisões sistemáticas da literatura, estado da arte, levantamentos) em Ensino de Física. Para isso, foram utilizadas as palavras-chave “levantamento, revisão da literatura, estado da arte, metanálise” com suas respectivas traduções para o inglês e para o espanhol nos títulos dos artigos. O intervalo de busca foi definido entre janeiro de 2000 a junho de 2020. Ao todo, os autores encontraram 31 artigos do tipo mapeamento (MAP) publicados em nove diferentes periódicos: *Revista Enseñanza de la Física*; *Enseñanza de las Ciencias*; *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*; *Acta Scientiae*; *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*; *Investigações em Ensino de Ciências*; *Revista Brasileira de Ensino de Física*; *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*.

Portanto, em posse dos dados contidos no apêndice de Fontes e Rodrigues (2022), acessamos o Currículo *Lattes* de todos os autores dos 31 artigos MAP para obter informações a respeito de sua vinculação acadêmica (aluno, professor ou técnico) na época que publicaram as revisões (com exceção dos estrangeiros). Desse modo, nosso *corpus* é constituído por 69 pesquisadores-autores de 31 artigos MAP em Ensino de Física. Na Figura 1 são descritas as etapas metodológicas.



Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com Amabile *et al.* (2001), e Sonnenwald (2007) alguns critérios para a classificação de redes sociais, são a natureza dos atores e das conexões entre eles, a área de conhecimento dos atores, a afiliação institucional, o nível de organização no qual os atores se encontram, e o foco geográfico. Com isso, este trabalho considerou:

- a) **atores:** autores de artigos MAP do Ensino de Física;
- b) **conexão entre atores:** artigos em coautoria. Ou seja, ator A será conectado com ator B se ambos compartilham autoria do mesmo artigo;
- c) **área de conhecimento dos atores, afiliação institucional, nível de organização dos atores, foco geográfico:** sem restrição.

Para a classificação dos atores que formam a rede de coautoria foi utilizada a informação disponível em seus respectivos Currículos *Lattes*, e tendo como base o ano de publicação do artigo segundo consta nos arquivos disponíveis pelos periódicos. Neste contexto, consideramos como alunos os autores que estavam cursando graduação, mestrado ou doutorado no mesmo ano de publicação do artigo. Analogamente, consideramos como professores os autores que já atuavam como professores universitários quando da data da publicação do artigo.

Assim, o presente trabalho se trata de uma pesquisa majoritariamente quantitativa aplicada a dados relacionais (HIGGINS; RIBEIRO, 2018), uma vez que estuda a coautoria, que representa uma relação patente de interação e envolvimento entre dois ou mais pesquisadores. Utilizamos tanto o software Gephi versão 0.9.7, quanto à linguagem R de programação para construir e analisar a rede.

## MÉTRICAS

As redes sociais geralmente são estudadas a partir da teoria de grafos. Os grafos são um conjunto de pontos (nós ou vértices) ligados em pares por linhas (ou arcos). Os pontos representam os agentes, que podem ser indivíduos, grupos, países, a depender do que está sendo estudado. As linhas representam as relações entre os pontos (HIGGINS; RIBEIRO, 2018). No presente estudo, os pontos são pesquisadores, autores dos artigos MAP, e a coautoria são as linhas. Atribuiu-se peso às coautorias de tal forma que linhas mais grossas representam maior colaboração entre dois pontos. Os conceitos utilizados para análise da rede dos pesquisadores foram:

a) **Grau de colaboração.** Conforme explicado por Leite *et al.* (2014, p. 306) “o grau de colaboração de uma rede pode ser medido a partir da média dos graus dos vértices que representam os sujeitos participantes na rede”. Segundo os autores, essa é uma medida interessante, pois é independente do tamanho da rede.

b) **Componentes conectados.** Em geral as redes de coautoria apresentam muitos componentes conectados. Desse modo, cada componente conectado da rede é um subgrupo, um conjunto de pesquisadores que trabalham de maneira isolada dos outros grupos. Em nosso caso, também contabilizamos pesquisadores que publicaram artigos MAP sozinhos como componente conectado.

c) **Centralidade de intermediação.** Está relacionada à potencialidade de controlar o fluxo de informação na rede. Por exemplo, se o menor caminho entre atores B e H é B – C – F – H, então dizemos que os dois atores C e F, que estão entre B e H, podem controlar a informação entre B e H. Equações e formalização matemática do conceito de centralidade de intermediação podem ser vistos em Freeman (1979).

## RESULTADOS

Ao todo, foram identificados 69 diferentes autores (pontos) dos quais 2 têm artigos sem coautoria e 67 são coautorias (linhas). A média de autores por artigo subiu de 2,1 na primeira década, 2000-2010, para 2,6 entre 2011-2020. Em todo o período, a média de autores por artigo é 2,5. De modo geral, 77% dos artigos têm 2 ou 3 autores. Os valores para as métricas da rede e dos atores são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. A rede de coautoria entre os autores dos artigos MAP é reproduzida na Figura 2.

**Tabela 1** – Valores das métricas avaliadas para a rede de coautoria em artigos do tipo mapeamento em Ensino de Física

Métricas da rede	Valor
Autores (pontos)	69
Coautorias (linhas)	67
Grau de colaboração	1,9
Componentes conectados	24

Fonte: Autoria própria (2023).

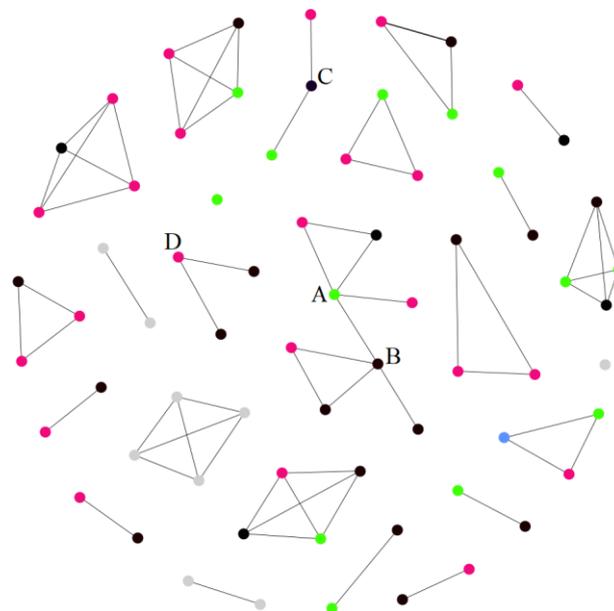
**Tabela 2** – Valores da centralidade de intermediação para os atores em artigos do tipo mapeamento em Ensino de Física

Centralidade de intermediação	Valor normalizado
Ostermann, F. (ponto A)	0,0061
Moreira, M. A. (ponto B)	0,0061
Ribeiro, J. L. P. (ponto C)	0,00044
Errobidart, N. G. C. (ponto D)	0,00044
Demais pontos	0

Fonte: Autoria própria (2023).

Note que apenas 4 pontos têm valor de centralidade de intermediação diferente de zero. Isto aconteceu pois, na rede investigada, a grande maioria dos pontos se encontram conectados sem intermediação (ver Figura 2).

**Figura 2** – Rede de coautoria em artigos do tipo mapeamento em Ensino de Física



Fonte: Autoria própria (2023).

**Legenda:** pontos cor-de-rosa são alunos; pontos verdes são alunos e professores universitários; pontos pretos são professores universitários; pontos em cinza são pesquisadores estrangeiros; e o ponto azul é técnico.

**Nota:** o ponto verde A, Fernanda Ostermann, é a única pesquisadora da amostra que publicou mais de um artigo MAP enquanto aluna, e, posteriormente, como professora universitária. Todos os outros 12 pontos verdes apresentam duplo vínculo (aluno e professor universitário) na mesma data de publicação do artigo.

Dos 69 autores que compõem a rede, tem-se a seguinte distribuição de vínculo institucional quando da data de publicação do artigo MAP:

- 23 eram exclusivamente estudantes, em sua grande maioria (93%) alunos de pós-graduação;
- 23 eram exclusivamente professores universitários; em geral, orientadores em programas de pós-graduação na área da Educação em Ciências;

- 13 eram alunos de pós-graduação ao mesmo tempo em que são professores universitários (incluindo o caso da Fernanda Ostermann), na maioria dos casos professores de institutos federais;
- 1 é técnico;
- 9 são estrangeiros (sem Currículo *Lattes*) e não computamos seus vínculos institucionais.

Algumas características se destacam na rede da Figura 2. Primeiro, não há colaboração internacional em artigos do tipo mapeamento em Ensino de Física. Isto é, autores estrangeiros coautoram entre si, enquanto o mesmo acontece com autores brasileiros. Ressaltamos apenas um caso atípico, da pesquisadora Ileana María Greca, que embora seja estrangeira, possui currículo cadastrado na plataforma *Lattes* e no ano de publicação do artigo MAP atuava como professora universitária no Brasil. Por esse motivo, optamos por contabilizá-la como não estrangeira.

Segundo, com exceção de um único artigo, todos os outros artigos MAP em Ensino de Física nacionais têm pelo menos um aluno entre seus coautores. Desses, apenas um é coautorado por um professor universitário e dois alunos de graduação, os outros artigos são coautorados por pelo menos um aluno de pós-graduação. Terceiro, os pesquisadores que eram alunos e professores universitários ao mesmo tempo (pontos verdes), colaboram tanto com professores universitários (pontos pretos) quanto com alunos (pontos cor-de-rosa) e com técnicos (ponto azul). Esse fenômeno é uma consequência do incomum vínculo institucional duplo que, em geral, acontece em instituições de ensino distintas. Por fim, também notamos que todos os artigos nacionais analisados possuem pelo menos um autor com alguma titulação (graduação, mestrado ou doutorado) em Física ou Ensino/Educação em Ciências. Dentre todos os autores com a titulação avaliada, apenas quatro autores possuem titulação em outras áreas do conhecimento.

## DISCUSSÃO

Neste trabalho consideramos dados bibliométricos e relacionais da rede formada pelos pesquisadores-autores de artigos MAP em Ensino de Física. Lembramos que o número médio de autores por artigo encontrado é 2,5, resultado que põe a pesquisa em Ensino de Física próxima a outras áreas, como Ciências da Informação e Matemática (HILÁRIO; GRÁCIO, 2017). Os artigos analisados têm majoritariamente 2 ou 3 autores, resultado também encontrado no campo da Educação Tecnológica (ZERVAS, 2014). Segundo Levitt (2015), se considerarmos o impacto das citações, então 2 ou 3 autores por artigo constitui o melhor intervalo para o campo geral da Educação.

Contudo, ao considerarmos a intensidade de colaboração na rede de pesquisadores, encontramos o valor de 1,9 (ver Tabela 1), inferior ao valor de 2,8 reportado por Leite *et al.* (2014) também no campo geral da Educação. Uma razão que ajuda compreender a diferença entre nosso resultado e de Leite *et al.* (2014) pode estar relacionada ao tipo de rede de pesquisadores em cada uma das pesquisas. Enquanto nós definimos a rede a partir de artigos, Leite *et al.* (2014) elaboraram uma rede egocêntrica, a partir da produção de pesquisadores bolsistas de produtividade 1A CNPq, coordenadores de grupos de pesquisa. Conforme

explicam os autores, redes egocêntricas são um tipo de rede social que “priorizam relações tramadas a partir do pesquisador principal para então alcançar os demais participantes” (LEITE *et al.* 2014, p. 294).

Desse modo, é razoável o resultado que redes egocêntricas de líderes de grupos de pesquisa apresentem maior grau de colaboração científica, visto que, em geral, pertencer a grupos de pesquisas estabelecidos levam a maior produção bibliográfica e a maior qualidade das publicações, índices que estão relacionados ao grau de colaboração (ROCHA; SEMPERE; SEBASTIÁN, 2008; KYVIK; REYMERT, 2017).

Ademais, encontra-se aumento no número médio de autores ao longo dos anos: de 2,1 para 2,6 entre 2000-2010 e 2011-2020, respectivamente. Ao mesmo tempo, Fontes e Rodrigues (2022) haviam registrado que tais artigos MAP apresentaram maior qualidade metodológica, considerando o mesmo período, a partir de parâmetros relacionados à reprodutibilidade e à confiabilidade. Portanto, pode-se apontar para uma relação entre o maior número de autores por artigo, e maior qualidade na descrição dos processos metodológicos no âmbito do Ensino de Física. Esse resultado não é restrito à Educação em Ciências, visto que outras pesquisas já indicaram a correlação entre qualidade e número de autores (LIAO, 2011). Além disso, nota-se a majoritária presença de artigos MAP coautorados: 29 em 31. Esse resultado dominante da produção coautorada também não é fenômeno exclusivo dos artigos do tipo mapeamento, ou do Ensino de Física. Diversos estudos na literatura têm apontado para essa mesma constatação a respeito do aumento de artigos coautorados em relação aos artigos com um único autor (GREENE, 2007; CAMPBELL; SIMBERLOFF, 2022). Portanto, os resultados discutidos até o momento sugerem que a pesquisa do tipo mapeamento da área em Ensino de Física acompanha tendências gerais da pesquisa acadêmica, dentro e fora da área da Educação em Ciências.

O resultado do número de componentes conectados, em relação ao número de pontos, indica que a pesquisa do tipo mapeamento em Ensino de Física ocorre de maneira isolada de outros pesquisadores da área. Desse modo, há diversos agrupamentos de atores que se relacionam entre si por meio da coautoria, mas não se relacionam com o restante da rede (HAYASHI *et al.*, 2012). Este não é um resultado exclusivo do tipo de pesquisa de mapeamento, do Ensino de Física, ou devido ao baixo número de atores na rede, visto que outras pesquisas empíricas na área da Educação em Ciências como Zervas *et al.* (2014) e Carvalho *et al.* (2021), também relataram que boa parte das colaborações ocorre em grupos isolados. Todos os componentes conectados nos quais temos informação sobre vínculo institucional são compostos por alunos, principalmente de pós-graduação. Note que a rede da Figura 2 não apenas apresenta diversos componentes conectados, como também apresenta muitos atores com centralidade de intermediação zero. Ou seja, com exceção de quatro componentes conectados que contêm os pontos A, B, C e D, pode-se afirmar que não há um ator mais centralizado que controle o fluxo de informações.

Uma reflexão acerca do conjunto desses resultados – muitos componentes conectados, majoritária presença de alunos de pós-graduação nos componentes, e muitos valores de centralidade de intermediação igual a zero – nos sugerem que artigos do tipo mapeamento se constituem como uma ferramenta de introdução do aluno à pesquisa acadêmica. As pesquisas do tipo mapeamento, ao se constituírem como partes de dissertações e teses que posteriormente são

publicadas em formas de artigos em periódicos, tornam mais difícil a inserção de agentes externos para além da relação orientador-orientando na colaboração de pesquisas desta modalidade. Ao mesmo tempo, nossos resultados parecem indicar que pesquisadores não se especializam nas ferramentas englobadas pelos artigos do tipo mapeamento. Pelo contrário, as ferramentas e os conhecimentos próprios das pesquisas de mapeamento estão pulverizados na rede de pesquisadores, o que permite que grupos não conectados as utilizem em isolamento. Portanto, as pesquisas do tipo mapeamento constituem um conjunto de métodos derivados da análise bibliográfica e que são apropriadas por pequenos grupos de pesquisadores na busca de sínteses, articulações e tendências.

A dinâmica de coautoria envolvendo alunos em artigos de mapeamentos sugere diferentes interpretações para as motivações da colaboração científica. Tendo em vista que pesquisas desse tipo têm um caráter formativo, resultado de introdução a um campo do saber, elas não se constituem em atividades de publicação complexas *a priori*. Nesse contexto, os motivos para colaboração não parecem se constituírem na investigação para resolução de problemas complexos, na combinação de diferentes expertises ou de áreas do saber tal como elencando por Bukvova (2010). Talvez a motivação para colaboração em pesquisas do tipo mapeamento se dê mais no âmbito do aprendizado ou aperfeiçoamento de habilidades de pesquisa, e no âmbito institucional a depender de cada programa de pós-graduação. Sabe-se que alguns programas de pós-graduação em Educação em Ciências atribuem créditos para publicações de alunos, desde que estas sejam em conjunto com seus orientadores e/ou professores do Programa, fator que contribui para a compreensão da dinâmica de colaboração científica entre alunos e professores.

A constatação que pesquisas de mapeamento são coautoradas por alunos sugere também proximidade de vínculos institucionais e geográficos. A tendência de colaboração com pares mais próximos é um resultado conhecido, e de certo modo, esperado, visto que outras pesquisas já observaram esse mesmo fenômeno em diferentes escopos (GLÜCKLER; LAZEGA; HAMMER, 2017; SIMÕES *et al.*, 2020). Desse modo, por um lado, pesquisas do tipo mapeamento apresentam um regionalismo ainda mais intenso, uma sobreposição de fenômenos, uma vez que além de compartilharem da mesma instituição de ensino, os atores também se conectam por meio da relação professor-aluno (com destaque para a relação orientador-orientando). Por outro lado, a quantidade expressiva de atores que eram alunos e professores ao mesmo tempo em instituições distintas, opera em sentido contrário ao regionalismo institucional. No fim, acreditamos que o modelo de colaboração em pesquisas de mapeamento seja majoritariamente regional em sentido institucional e geográfico, porém trabalhos futuros são necessários para avaliar em que medida tal tipo de pesquisa é mais ou menos concentrada institucionalmente se comparada a outras na área da Educação em Ciências.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho identificou a rede de colaboração científica entre os autores dos artigos do tipo mapeamento na área do Ensino de Física a partir da relação formal de coautoria. Resgatando a pergunta norteadora da pesquisa – quais as características da rede de pesquisadores que se dedicam a traçar

panoramas da área do Ensino de Física? –, constatamos que os resultados encontrados evidenciam quatro pontos.

Primeiro, a pesquisa MAP em Ensino de Física acompanha tendências mais gerais da pesquisa acadêmica em seus aspectos bibliométricos, como o número de autores por artigo e a proporção de artigos coautorados. Segundo a pesquisa MAP não é fruto de colaborações internacionais. Pesquisadores brasileiros, via de regra, coautoram com seus pares brasileiros, e o mesmo é válido para os estrangeiros. Nenhum dos artigos analisados tem coautoria entre universidades nacionais com universidades do exterior. Terceiro, a rede de pesquisadores analisada indica que a pesquisa MAP acontece de forma isolada, majoritariamente em duplas ou trios, sem conexão com outros pesquisadores da rede.

Quarto, a pesquisa MAP tem a característica marcante de ser coautorada por alunos, em geral de pós-graduação. Este resultado sugere que artigos MAP decorrem da apropriação das ferramentas de levantamento bibliográfico que alunos utilizam ao longo de seu trabalho formativo como jovem pesquisador. Diante dessa hipótese, pesquisas futuras podem avaliar a concordância entre os temas das revisões nos artigos, com os temas das dissertações e das teses dos alunos que as coautoram. Note que para que os atores terem sido considerados alunos, o ano de publicação do artigo foi igual ou anterior à data de finalização da pós-graduação conforme indicado no Currículo *Lattes*. Ou seja, é possível que os artigos MAP, frutos de trabalhos de pós-graduação, também se constituam no **primeiro** artigo publicado pelo aluno em coautoria com orientador ou professor do programa de pós-graduação no qual está vinculado. Essa constatação reforçaria a discussão apresentada de que artigos MAP atuam como uma pesquisa formadora e de introdução às publicações acadêmicas. Contudo, não temos dados para sustentar essa hipótese, restando em aberto o questionamento para investigações posteriores.

Futuras pesquisas podem ampliar o objeto considerado para toda a área do Ensino de Ciências, incluir mais periódicos do que aqueles considerados para a coleta de dados, ou abarcar novos parâmetros de busca por artigos. Desse modo, pode-se obter uma quantidade maior de dados, o que permitirá calcular outras métricas topológicas para a rede de pesquisadores. Por fim, os resultados apresentados neste trabalho poderão subsidiar outros pesquisadores da Educação em Ciências, em geral, e do Ensino de Física, em particular, a compreender um perfil dessa área de pesquisa.

# A network analysis for research mapping Physics Education research field

## ABSTRACT

Research in Science Education is a relatively recent activity compared to other areas of knowledge. However, there is constant movement and dozens of works that have proposed to map, articulate and systematize research results in integrative perspectives over the years. Given this context, this paper analyzed the characteristics of the network of researchers who dedicated themselves to tracing panoramas in the area of Physics Education between 2000 and 2020. This is an empirical research in which it analyzes data from the authors of 31 mapping type papers published in Iberoamerican journals. The analysis revealed that mapping type research follows more general trends in academic research in bibliometric aspects, such as the number of authors per article and the proportion of co-authored articles. It was found that the collective of analyzed researchers does not form a cohesive community, as they work in small groups isolated from other actors in the network. There is no international collaboration between higher education institutions. In addition, the presence of students in all co-authorships of national articles was also observed. Finally, the discussion carried out indicates multiple paths for future research.

**KEYWORDS:** Science Education. Co-authorship. Scientific collaboration. Social network.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo nº 140901/2022-1.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRINO, D. M.; QUEIROZ, S. L. Pesquisas do tipo estado arte sobre o Ensino de Química no Brasil (2000-2016). **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 3, p. 638-655, 2020. Disponível em: [https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen19/REEC\\_19\\_3\\_7\\_ex1703\\_335.pdf](https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen19/REEC_19_3_7_ex1703_335.pdf). Acesso em: 20 nov. 2022.

AMABILE, T. M. et al. Academic-practitioner collaboration in management research: A case of cross-profession collaboration. **The Academy of Management Journal**, v. 44, n. 2, 418-431, 2001. Disponível em: <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/3069464>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BUKVOVA, H. Studying Research Collaboration: A Literature Review. **Sprouts: Working Papers on Information Systems**, v. 10, n. 3, p. 1-17, 2010. Disponível em: [https://aisel.aisnet.org/sprouts\\_all/326/](https://aisel.aisnet.org/sprouts_all/326/). Acesso em: 14 jan. 2023.

CAMPBELL, S. E.; SIMBERLOFF, D. Forty years of invasion research: more papers, more collaboration... bigger impact?. **NeoBiota**, v. 75, p. 57-77, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/neobiota.75.86949>. Acesso em: 15 jan. 2023.

CARVALHO, et al. A contextualização no ensino CTS: uma análise das redes sociais. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. 238-260, 2021. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/rbect/article/view/12594>. Acesso em: 14 jan. 2023.

CHANG, Y-H.; CHANG, C-Y.; TSENG, Y-H. Trends of Science Education Research: An Automatic Content Analysis. **Journal of Science Education and Technology**, v. 19, n. 4, p. 315-331, 2010.

COUTINHO, R. X. et al. Brazilian scientific production in science education. **Scientometrics**, v. 92, n. 3, p. 697-710, 2012.

FONTES, D. T. M.; RODRIGUES, A. M. Fundamentação teórica no ensino de eletromagnetismo: uma revisão da literatura em periódicos nacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, p. 965-991, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e72040>. Acesso em: 03 dez. 2022.

FONTES, D. T. M.; RODRIGUES, A. M. Tendencias de investigación en la enseñanza de la física en revistas académicas iberoamericanas. **Revista De Enseñanza De La Física**, v. 34, n. 2, p. 33-45, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v34.n2.39481>. Acesso em: 05 dez. 2022.

FREEMAN, L. C. Centrality in Social Networks: conceptual clarification. **Social Networks**, v. 1, p. 238-263, 1979.

GEHLEN, S. T.; SCHROEDER, E.; DELIZOICOV, D. A abordagem histórico-cultural no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

GIL-PÉREZ, D. New trends in science education. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 8, p. 889-901, 1996.

GLÜCKLER, J.; LAZEGA, E.; HAMMER, I. **Knowledge and networks**. Springer: Nature, 2017.

GREENE, M. The demise of the lone author. **Nature**, v. 450, n. 7173, p. 1165-1165, 2007. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/4501165a>. Acesso em: 15 jan. 2023.

HAYASHI, C. R. M. et al. Análise de redes de colaboração científica entre educação especial e fonoaudiologia. **Revista Interamericana de Bibliotecología**, v. 35, n. 3, p. 285-397, 2012. Disponível em: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-09762012000300004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-09762012000300004). Acesso em: 16 jan. 2023.

HIGGINS, S. S.; RIBEIRO, A. C. **Análise de redes em ciências sociais**. Brasília, DF: Enap, 2018.

HILÁRIO, C. M.; GRÁCIO, M. C. C. Scientific collaboration in Brazilian researches: a comparative study in the information science, mathematics and dentistry fields. **Scientometrics**, v. 113, n. 2, p. 929-950, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-017-2498-4>. Acesso em: 15 jan. 2023.

JESUS, L. G. **As teorias de aprendizagem em pesquisas da área de Educação em Ciências: uma análise cienciométrica em periódicos brasileiros**. 2014. 185 f. (Dissertação de mestrado) – Universidade do Sudoeste da Bahia, Bahia, Brasil, 2014.

KYVIK, S.; REYMERT, I. Research collaboration in groups and networks: differences across academic fields. **Scientometrics**, v. 113, n. 2, p. 951-967, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11192-017-2497-5.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.

LEITE, D. et al. Avaliação de redes de pesquisa e colaboração. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, v. 19, n. 1, p. 291-312, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aval/a/tvqZPTRfdvFZBmGrSn7HKhz/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 jan. 2023.

LEVITT, J. M. What is the optimal number of researchers for social science research?. **Scientometrics**, v. 102, n. 1, p. 213-225, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-014-1441-1>. Acesso em: 15 jan. 2023.

LIAO, C. H. How to improve research quality? Examining the impacts of collaboration intensity and member diversity in collaboration networks. **Scientometrics**, v. 86, n. 3, p. 747-761, 2011. Disponível em: <https://akjournals.com/view/journals/11192/86/3/article-p747.xml>. Acesso em: 15 jan. 2023.

LIN, T. J.; LIN, T. C.; POTVIN, P.; TSAI, C. C. Research trends in science education from 2013 to 2017: A systematic content analysis of publications in selected journals. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 3, p. 367-387, 2019.

MIZRUCHI, M. S. Social network analysis: Recent achievements and current controversies. **Acta sociologica**, v. 37, n. 4, p. 329-343, 1994.

NASCIMENTO, M. M.; AGOSTINI, G.; MASSI, L. Testando as fronteiras do Ensino: análise da taxa de aderência à área dos seus bolsistas de produtividade. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 28, e22011, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/NjSsrHrBdF68BCWb8YXTSQf/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MEGID NETO, J. **Tendências da pesquisa acadêmica sobre o ensino de Ciências no nível fundamental**. 1999. 365 f. Tese. (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MELO, T. B. *et al.* Um olhar sobre controvérsias nas publicações nacionais de ensino CTS pela análise de redes sociais. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 2, p. 357-381, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/76883/47616>. Acesso em: 10 jan. 2023.

NARDI, R. **A área de ensino de ciências no Brasil: fatores que determinaram sua constituição e suas características, segundo pesquisadores brasileiros**. 2005. 166 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2005.

ROCHA, J. R.; SEMPERE, M. J. M.; SEBASTIÁN, J. Estructura y dinámica de los grupos de investigación. **Arbor**, v. 184, n. 732, p. 743-757, 2008. Disponível em: <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/219>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SIMÕES, R. C. M. et al. Produção nacional sobre metodologias ativas no ensino de Ciências: uma análise em redes nas revistas Qualis A1 da Área de Ensino. **Ensino e**

**Tecnologia em Revista**, v. 4, n. 2, p. 1-21, 2020. Disponível em:  
<https://revistas.utfpr.edu.br/etr/article/view/13034>. Acesso em: 17 jan. 2023.

SONNENWALD, D. H. (2007). Scientific collaboration. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 41, n. 1, p. 643-681.

ZERVAS, P. et al. Studying research collaboration via co-authorship analysis in the field of TEL: the case of Educational Technology & Society Journal. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, 14., 2014, Atenas. **Anais [...]**. Grécia, 2014. Disponível em:  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6901486>. Acesso em: 15 jan. 2023.

**Recebido:** abril 2023.

**Aprovado:** abril 2023.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.3895/etr.v7n1.16709>.

**Como citar:**

FONTES, D. T. M.; RODRIGUES; A. M. Uma análise de rede para as pesquisas do tipo mapeamento em Ensino de Física. **Ens. Technol. R.**, Londrina, v. 7, n. 1, p. 364–378, jan./abr. 2023. Disponível em:  
<https://periodicos.utfpr.edu.br/etr/article/view/16709>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Daniel Trugillo Martins Fontes  
Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Sala 2023 do Edifício Principal, Rua do Matão, n. 1371, Cidade Universitária, São Paulo, São Paulo, Brasil.

**Direito autoral:**

Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

