10.35362/issn.1850-0013-796

Abordagens CTS no ensino de física. Um panorama das publicações no Brasil *

Enfoques CTS en la enseñanza de la física. Un panorama de las publicaciones en Brasil

STS Approaches in Physics Education. An Overview of Publications in Brazil

Thiago Brañas de Melo , Rafael Schepper Gonçalves , Matheus Liduino Moreira , Rafaela Bianca Ferreira Moço , Julio Cesar dos Santos Moreira e Alvaro Chrispino **

Este artigo tem como objetivo mapear artigos que relacionam ensino de física e as abordagens CTS (ciência-tecnologia-sociedade) usando a análise de redes sociais (ARS). Os dados foram extraídos de 49 artigos publicados em 15 periódicos brasileiros de ensino e educação entre 2001 e 2022. As redes foram formadas por coautoria, colaboração entre instituições e palavras-chave. As instituições de maior destaque foram universidades públicas, no eixo Sudeste-Sul do país. As palavras-chave relevantes, incluindo ensino de física, CTS, formação de professores, tecnologia, entre outras, refletem as áreas de interesse dos pesquisadores brasileiros, além das temáticas física moderna e contemporânea (FMC), energia e radioatividade. Quanto às citações, não há uma grande diferenciação entre os trabalhos gerais do ensino de CTS no Brasil e seu subcampo de ensino de física. Percebe-se uma preocupação com temas gerais ou globais, com potencial para estudos de caso locais que possam popularizar práticas educativas alinhadas com a sociedade atual.

Palavras-chave: ensino de física; CTS; análise de redes sociais; pesquisa bibliográfica

* Recebimento do artigo: 22/11/2024. Entrega do parecer: 02/02/2025. Recebimento do artigo final: 25/07/2025.
** *Thiago Brañas de Melo*: professor permanente do Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE) do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Brasil. Correio eletrônico: thiago.melo@cefet-rj.br. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1477-2047. *Rafael Schepper Gonçalves*: doutor pelo Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE) do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Brasil. Correio eletrônico: rafa.schepper@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7551-5824. *Matheus Liduino Moreira*: mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE) do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Brasil. Correio eletrônico: matheus.liduino@aluno.cefet-rj.br. ORCID: https://orcid.org/0009-0002-3457-2720. *Rafaela Bianca Ferreira Moço*: mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE) do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Brasil. Correio eletrônico: rafaela.moco@aluno.cefet-rj.br. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-5521-1661. *Julio Cesar dos Santos Moreira*: doutorando no Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE) do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Brasil. Correio eletrônico: juliusmoreira@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7002-0360. *Alvaro Chrispino*: professor permanente do Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE) do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Brasil. Correio eletrônico: alvarochrispino@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9914-3471.

10.35362/issn.1850-0013-796

Este artículo tiene como objetivo mapear artículos académicos que relacionan la enseñanza de la física y los enfoques CTS (ciencia, tecnología y sociedad) utilizando el análisis de redes sociales (ARS). Los datos fueron extraídos de 49 artículos publicados en 15 revistas brasileñas de enseñanza y educación entre 2001 y 2022. Las redes se formaron por coautoría, colaboración entre instituciones y palabras clave. Las instituciones más destacadas fueron universidades públicas, concentradas en el eje Sudeste-Sur del país. Las palabras clave relevantes –incluyendo enseñanza de la física, CTS, formación docente y tecnología, entre otras– reflejan las áreas de interés de los investigadores brasileños, además de las temáticas de física moderna y contemporánea (FMC), energía y radiactividad. En cuanto a las citas, no hay una diferenciación significativa entre los trabajos generales sobre la enseñanza CTS en Brasil y su subcampo de enseñanza de la física. Se percibe una preocupación por temas generales o globales, con potencial para estudios de caso locales que puedan popularizar prácticas educativas alineadas con la sociedad contemporánea.

Palabras clave: enseñanza de física; CTS; análisis de redes sociales; investigación bibliográfica

This article aims to map articles that relate physics education and STS (science-technology-society) approaches through a social network analysis (SNA). Data were extracted from 49 articles published in 15 Brazilian teaching and education journals between 2001 and 2022. The networks were formed by co-authorship, institutional collaboration, and keywords. The most prominent institutions were public universities, concentrated in the Southeast-South axis of the country. Relevant keywords, including physics education, STS, teacher training, and technology, among others, reflect the areas of interest of Brazilian researchers, as well as the themes of modern and contemporary physics (MCP), energy, and radioactivity. Regarding citations, there is no significant differentiation between general works on STS education in Brazil and its subfield of physics education. There is a noticeable concern with general or global issues, with potential for local case studies that could popularize educational practices aligned with contemporary society.

Keywords: *physics teaching; STS; social network analysis; bibliographic research*

10.35362/issn.1850-0013-796

Introdução

Assim como a educação em geral, o ensino de física no Brasil passou por diversas mudanças em suas formas e objetivos ao longo do tempo. Na década de 1960, por exemplo, alguns projetos de física foram importados para sua implementação no Brasil, como o elaborado pelo Physical Science Study Committee (PSSC) e traduzido pela Universidade de Brasília. Posteriormente, com o envolvimento do Ministério da Educação (MEC), da Fundação Nacional do Material Escolar (FENAME), do Programa de Expansão e Melhoria do Ensino (PREMEN) e do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), deu-se o que foi o principal projeto de ensino de física da época, denominado Projeto de Ensino de Física (PEF) (Moreira, 2000).

O pensamento pedagógico utilizado no projeto, segundo Gaspar (2004), tinha fortes influências do método científico, tendo a experimentação como cerne do aprendizado, no qual o aluno, a todo tempo, era estimulado a construir o conhecimento de forma individual, como se não fosse necessária a presença de um professor de física no processo de sistematização desses conhecimentos para contribuir com a constituição dos saberes dos estudantes, também denominada instrução programada. As atividades visavam o uso de leituras e experimentos, independentemente do professor. Assim, o texto seria entremeado de questões, exigindo não só a leitura, mas também respostas às perguntas e realização de cálculos e atividades práticas.

Apesar da proposta da instrução programada ter sido implementada no Brasil por muitos professores, alguns relatos demonstram a fragilidade dessa metodologia, pois os conteúdos pareciam não ter uma fundamentação teórica robusta, eram bem fragmentados, tratando dos temas de forma superficial, além da percepção de que o aluno não deveria ser o único agente responsável pelo processo de aprendizagem. Dessa maneira, tanto no Brasil quanto fora, a instrução programada não se demonstrou efetiva e foi muito criticada na década de 1970 por alguns estudiosos (Gaspar, 2004).

Com o passar do tempo, outras correntes educacionais ganharam destaque com novas propostas pedagógicas. O construtivismo, por exemplo, foi uma dessas abordagens, centrando a aprendizagem no aluno e servindo de base para novas ideias que trouxeram um novo significado às práticas educacionais. Para exemplificar tal fato, podemos citar uma parceria do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) da USP com alguns professores do ensino médio, que tinham uma visão pautada em uma abordagem dialógica professor-aluno (Menezes, 1996).

A física é comumente evitada pelos alunos e considerada uma disciplina difícil (Gleiser, 2000). Para mudar essa percepção, diversas iniciativas surgiram nas últimas décadas buscando aproximar o ensino de física da realidade dos estudantes. Essas propostas destacam a importância de relacionar o conteúdo com as esferas sociais, políticas, econômicas, culturais e históricas. Uma dessas tentativas é o uso das abordagens em ciência-tecnologia-sociedade (CTS). Assim, as abordagens CTS no ensino de física possibilitam apresentar caminhos que ajudam os alunos a

desmistificarem a disciplina, aproximando-os do conhecimento científico mais crítico. Isso contribui para que suas ideias preconcebidas e seus receios em relação à física possam ser revistos por eles mesmos, uma vez que essa perspectiva aproxima, humaniza e integra a física às diferentes realidades. Parte-se da premissa de que a física é interdisciplinar e dialoga com o contexto do aluno - algo que as correntes de pensamento do passado não consideravam.

Dessa maneira, entender como o ensino de física tem se relacionado com CTS nas produções acadêmicas brasileiras é fundamental para uma melhor reflexão acerca de um ensino de física contextualizado. Nesse viés, buscamos apresentar uma revisão bibliográfica baseada em publicações em periódicos nacionais com maiores graus de impacto e relevância para a área de ensino de ciências. Fizemos essa pesquisa a partir do mapeamento de autores, instituições, palavras-chave e referências mais citadas nos trabalhos de CTS e ensino de física.

1. Contextualização teórica

O século XX marcou a ascensão da ciência ocidental moderna como fonte absoluta de conhecimento, um movimento que ocorre desde o Renascimento, quando a ciência começou a se constituir como um parâmetro para a verdade, uma esperança para um futuro moderno capaz de possibilitar mais desenvolvimento político e econômico.

> "De fato, o sucesso da mecânica nos séculos precedentes, somado ao desenvolvimento da teoria eletromagnética e da termodinâmica, e sua natural participação na revolução industrial e no desenvolvimento da economia capitalista, com todas as transformações sociais advindas disso, impulsionaram o sentimento de que a ciência seria uma grande fonte de progresso e bem-estar social" (Lima & Nascimento, 2019, p. 590).

Ao final da 2ª Guerra Mundial, nos Estados Unidos da América e na Europa, a confiança e o otimismo acerca dos efeitos científicos cresceram, pois havia o sentimento de que a ciência e a tecnologia foram os responsáveis pela vitória dos Aliados (Reino Unido, França, Polônia, Estados Unidos e União Soviética). De acordo com López-Cerezo (1998), esse período representa a visão essencialista e triunfalista da relação CTS, representada pelo modelo linear de desenvolvimento. Tal modelo pode ser sintetizado da seguinte forma: mais ciência igual a mais tecnologia igual a mais riqueza igual a mais bem-estar social.

No entanto, ainda no século XX, a imagem da ciência e dos ideais inspirados por ela entrou em descrédito, tendo seu valor, impacto, poder de destruição e neutralidade questionados. Por exemplo, percebeu-se que a "modernidade"

poderia vir acompanhada de uma destruição ambiental e que o desenvolvimento do armamentismo nuclear não era apenas uma curiosidade epistêmica vivida pelos cientistas (Lima & Nascimento, 2019). O modelo linear de desenvolvimento foi posto em desconfiança.

> "Já na segunda metade do século XX, com os inúmeros efeitos negativos, tais como derramamento de petróleo, acidentes nucleares e o uso de armas de alto poder destrutivo em conflitos armados, esses fatos colocaram os avanços científicos em rodas de debates, sobretudo a necessidade de rever os posicionamentos políticos perante a ciência e a tecnologia (CT)" (Carvalho *et al.*, 2021, p. 240).

Diante desse contexto, em que as imagens da ciência e da tecnologia estão cercadas por mitos e distorções, gerando dificuldades para a construção de um conhecimento científico de forma mais crítica, surge o movimento CTS nas décadas de 1960 e de 1970.

Acerca dos estudos CTS, Bazzo *et al.* (2003) escrevem:

> "Os estudos CTS buscam compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto desde o ponto de vista dos seus antecedentes sociais como de suas consequências sociais e ambientais, ou seja, tanto no que diz respeito aos fatores de natureza social, política ou econômica que modulam a mudança científico-tecnológica, como pelo que concerne às repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança. O aspecto mais inovador deste novo enfoque se encontra na caracterização social dos fatores responsáveis pela mudança científica. Propõe-se em geral entender a ciência-tecnologia não como um processo ou atividade autônoma que segue uma lógica interna de desenvolvimento em seu funcionamento ótimo (resultante da aplicação de um método cognitivo e um código de conduta), mas sim como um processo ou produto inerentemente social onde os elementos não-epistêmicos ou técnicos (por exemplo: valores morais, convicções religiosas, interesses profissionais, pressões econômicas, etc.) desempenham um papel decisivo na gênese e na consolidação das ideias científicas e dos artefatos tecnológicos" (Bazzo *et al.*, 2003, p.125).

Nas palavras de Cutcliffe (2003):

> "A missão central do campo CTS até a presente data é expressar a interpretação da ciência e da tecnologia como um processo social. Neste ponto de vista, a ciência e a tecnologia são vistas como projetos complexos em que os valores culturais, políticos e econômicos nos ajudam a configurar os processos tecnocientíficos, os quais, por sua vez, afetam os valores mesmos e a sociedade que os sustenta" (Cutcliffe, 2003, p. 18, tradução nossa).

Nesse contexto, o enfoque dado pelo movimento CTS se encontra com as questões didáticas, propondo como referência o corpo de conhecimentos que emerge das análises histórica, filosófica, sociológica e política sobre a ciência.

No espírito desse movimento está o desejo de oferecer, por meio da educação das atitudes relacionadas com a ciência, uma visão mais autêntica da ciência e da tecnologia em seu contexto social, desvinculadas de imagens mitificadas e tendenciosas (cientificismo e tecnocracia), ao mesmo tempo que reconhece a tecnologia como atividade diferente, integrada e equiparável com a ciência, e não só como mera ciência aplicada (Vázquez-Alonso & Manassero-Mas, 2001).

O propósito da educação CTS, segundo Membiela (2001), é promover a alfabetização tecnocientífica, de maneira que se capacite os cidadãos a participarem do processo democrático de tomada de decisão e se promova a ação cidadã voltada para a resolução de problemas relacionados com a ciência e com a tecnologia.

Colocando-se em voga a questão da tomada de decisão, Silva (2021) destaca, dentre seus principais objetivos, a capacitação dos educandos para a tomada de decisões, promovendo a conscientização sobre seus direitos e deveres na sociedade. Essa formação, centrada no compromisso de cooperação, busca incentivar mudanças sociais em prol da melhoria da qualidade de vida para toda a população.

O preparo de cidadãos para a utilização adequada do conhecimento científico na tomada de decisão, para Conrado *et al.* (2012), é essencial para seu engajamento acerca da relevância desses temas para a sociedade, como, por exemplo, aqueles atrelados aos problemas socioambientais, como a mudança climática. Ainda referente a esse tema, Auler e Delizoicov (2015) ponderam que é fundamental:

> "[...] uma maior participação do conjunto da sociedade em processos decisórios – participação naquilo que é essencial, não apenas quando as decisões centrais já foram tomadas; participação na concepção e não apenas na execução. Esta

> ‘pseudoparticipação’, ou a impressão de estar participando, ocorre sempre após a definição do essencial: após a definição do currículo nas escolas, após a definição da agenda de pesquisa (das políticas públicas, por exemplo, para a ciência-tecnologia), após o consumo/uso de produtos (cabe à sociedade reciclar), sem uma participação na discussão do que é produzido para consumir. Ocorre sem uma problematização da agenda de pesquisa capturada pela teoria da inovação, a serviço da lógica consumista, da obsolescência programada, geradora de insustentabilidade socioambiental” (Auler & Delizoicov, 2015, p. 290).

Neste quadro, consideramos o potencial da tomada de decisão sobre processos que envolvem, em maior ou menor intensidade, assuntos relacionados a questões científicas e tecnológicas e seus desdobramentos sobre a sociedade, tanto no quesito individual quanto no coletivo. Dessa forma, prosseguiremos com os encaminhamentos metodológicos que deram suporte à nossa investigação.

2. Metodologia

O grupo de pesquisa CTS e educação, do CEFET/RJ, tem desenvolvido, desde 2010, um mapeamento do ensino CTS no Brasil, com base em um amplo levantamento bibliográfico realizado em periódicos científicos, bem como teses e dissertações. Durante a escrita desse texto, o banco de dados continha, no total, 538 artigos que trouxesse CTS em seus títulos, palavras-chave ou resumos, publicados em 36 periódicos brasileiros das áreas de ensino e educação, que permitiram investigar a representação do ensino de física no contexto da abordagem CTS.

Para analisarmos os dados levantados, decidimos utilizar a análise de redes sociais (ARS) para explorar as relações entre as diversas informações presentes nos artigos de ensino de física com enfoque CTS. Os estudos sobre ARS fundamentam-se na teoria de grafos e possibilitam externalizar conexões entre grupos e categorias, além de realizar a análise de um grande volume de dados, organizar grupos, comparar a intensidade das interações e proporcionar uma visualização panorâmica eficiente. Um grafo é definido como um conjunto de vértices (ou atores sociais) cujas relações são representadas por arestas e arcos.

A definição de redes sociais está longe de conceitos unificadores. Data da década de 1940, o desenvolvimento de conceitos estruturais que possibilitaram o estudo das relações em rede (Chrispino *et al.*, 2013). Uma rede social é a forma de descrever uma estrutura social por meio de uma ou múltiplas relações, em que os *nós* representam os atores sociais, que podem ser amigos, organizações, professores, aparatos tecnológicos entre outros. As relações entre esses atores podem ocorrer em diversas áreas do conhecimento, como comunicação, economia, relações pessoais, entre outras.

10.35362/issn.1850-0013-796

> "Uma rede pode ser vista como uma metáfora para observar os padrões de conexão de um grupo social, a partir das conexões estabelecidas entre os diversos atores. A abordagem de rede tem, assim, seu foco na estrutura social, onde não é possível isolar os atores sociais e nem suas conexões [...] Para estudar essas redes, no entanto, é preciso também estudar seus elementos e seus processos dinâmicos" (Recuero, 2009, p. 24).

É importante explicitar que as redes sociais não estão apenas vinculadas às redes utilizadas na internet para comunicações, mas a todo o tipo de estrutura social que se estabelece em rede, sem hierarquia e com relações horizontais que partilham valores, identidades e objetivos em comum.

Na ARS, as redes sociais geram grafos, que são as representações gráficas dessas redes, e permitem cálculos de centralidade para cada ator, possibilitando investigar quais são os atores com maior relevância em uma rede. Quanto mais relações e articulações esse ator tiver por suas conexões, mais relevante ele é na estrutura da rede social à qual pertence. Entretanto, ter mais conexões não implica, necessariamente, maior realce na rede, pois, em muitos casos, não é a quantidade de conexões que confere maior relevância, mas sim a posição do ator em um dado contexto dentro da rede, isto é, a qualidade de suas conexões frente ao conjunto.

Neste trabalho, focaremos em quatro medidas de centralidades: as medidas de centralidade de grau (*degree centrality*), centralidade de intermediação (*betweenness centrality*), centralidade de proximidade (*closeness centrality*) e a centralidade PageRank. Vale destacar que este último algoritmo também define uma centralidade por vetores. Essas métricas foram geradas pelo *software* Gephi.[1]

A centralidade de grau[2] na rede social tem relação direta com o número de linhas incidentes em um vértice do grafo e, portanto, pode-se dizer que é a quantidade de conexões que um ator tem dentro da rede social. Quanto mais conexões houver no vértice (ou nó), maior será sua importância e mobilização quantitativa na rede. Já a centralidade de intermediação[3] caracteriza a capacidade do ator de se manter conectado aos círculos mais importantes das redes sociais, ligando-se aos principais caminhos por onde são estabelecidos os fluxos de rede, funcionando tal qual uma ponte que realiza conexões entre grupos da rede. A centralidade de proximidade[4] caracteriza a capacidade do ator de monitorar o fluxo de informação

[1] Disponível em: https://gephi.org/.
[2] Para gerar a centralidade de grau no Gephi, basta clicar em *Estatística -> Visão Geral da Rede -> Grau Médio*. Os valores podem ser acessados na aba *Laboratório de Dados*.
[3] Para gerar a centralidade de intermediação no Gephi, basta clicar em *Estatística -> Visão Geral da Rede -> Diâmetro da Rede*. Os valores podem ser acessados na aba *Laboratório de Dados*.
[4] Para gerar a centralidade de proximidade no Gephi, basta clicar em *Estatística -> Visão Geral da Rede -> Diâmetro da Rede*. Os valores podem ser acessados na aba *Laboratório de Dados*.

e perceber o que acontece na rede social, informando o quão próximo um nó está dos principais atores por onde são estabelecidos os fluxos de rede. Por fim, o PageRank[5] pode ser descrito como a avaliação da relevância que um ator tem em uma rede, sendo seu valor obtido pela quantidade, qualidade e contexto desse indivíduo na rede social.

Após gerar as métricas de centralidade, passa-se para uma análise mais qualitativa da amostra, em que as relações nas redes sociais formadas são interpretadas. Para Creswell (2010), esse tipo de pesquisa se caracteriza como mista, congregando características de abordagens qualitativa e quantitativa ao mesmo tempo. Segundo o autor, as pesquisas mistas estão em crescente uso pelos pesquisadores, ao ponto de que a metodologia evolui e aumenta a complexidade da análise, frequentemente alcançando uma natureza mais interdisciplinar. Neste caso, tem-se uma parte mais quantitativa, ao buscar as métricas da ARS, apoiadas pela teoria de grafos, simultaneamente a uma interpretação mais sociológica das relações. Nas palavras de Marteleto:

> "A análise de redes estabelece um novo paradigma na pesquisa sobre a estrutura social. Para estudar como os comportamentos ou as opiniões dos indivíduos dependem das estruturas nas quais eles se inserem, a unidade de análise não são os atributos individuais (classe, sexo, idade, gênero), mas o conjunto de relações que os indivíduos estabelecem através das suas interações uns com os outros. A estrutura é apreendida concretamente como uma rede de relações e de limitações que pesa sobre as escolhas, as orientações, os comportamentos, as opiniões dos indivíduos" (2001, p. 72).

As estruturas analisadas são extraídas diretamente dos artigos que compõem a amostra, caracterizando o que Gil (2002) chama de pesquisa bibliográfica. Mais especificamente, catalogaram-se todas as autorias e seus vínculos institucionais, as palavras-chave e as referências presentes nos artigos mapeados. A partir desses metadados, obtêm-se os resultados para discutir as relações estabelecidas das abordagens CTS no ensino de física nas publicações brasileiras. Nos parágrafos seguintes, daremos início à discussão dos resultados.

[5] Para gerar a centralidade de intermediação no Gephi, basta clicar em *Estatística -> Visão Geral da Rede -> PageRank*. Os valores podem ser acessados na aba *Laboratório de Dados*.

3. Resultados

3.1. Periódicos especializados envolvidos

Este estudo investiga a representação do ensino de física no banco de dados supracitado, aplicando um filtro que resultou em 49 artigos publicados em 15 revistas científicas distintas. Os periódicos que compõem essa amostra, bem como a quantidade de artigos em cada um deles, estão listados no **Quadro 1**.

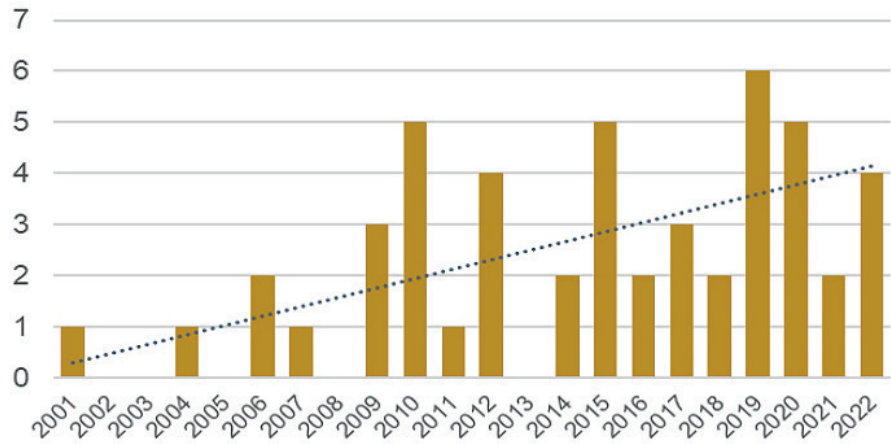
Quadro 1. Artigos por periódico

Periódico	**Quantidade de artigos**
Experiências em Ensino de Ciências	10
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	5
Ciência & Educação	5
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	5
Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia	4
Revista Brasileira de Ensino de Física	4
Revista Ciências & Ideias	3
Revista de Ensino de Ciências e Matemática - REnCiMa	3
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	2
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	2
Scientia Plena	2
Ciência em Tela	1
Educar em revista	1
Ensino, Saúde e Ambiente	1
Investigações em Ensino de Ciências	1

Fonte: os próprios autores (2025).

Nota-se que os periódicos com mais publicações nessa pesquisa apresentam a característica de publicar trabalhos com experiências empíricas em ensino de ciências e ensino de física. Ao aliar CTS ao ensino de física, espera-se que tratar de questões particulares da disciplina em sala de aula seja um caminho para melhor entender as ciências de forma contextualizada. Além disso, o **Gráfico 1** apresenta a distribuição dos 49 artigos por ano de publicação, evidenciando uma tendência crescente.

Gráfico 1. Artigos por ano



Fonte: os próprios autores (2025).

O **Gráfico 1** apresenta uma distribuição de frequência assimétrica no período observado, de 2001 a 2022. Entretanto, se observada a curva de tendência, é possível inferir que há um maior número de publicações no período de 2019 a 2022. Apesar de não haver uma investigação para além dos resultados postos no gráfico, dois eventos coincidem com a variação ano a ano no número de artigos. Em 2010, há um aumento no interesse pela temática, quando também acontece, pela primeira vez no Brasil, o Seminário Iberoamericano CTS, reunindo diversos autores nacionais para discutir a educação CTS no país. E, em 2020 e 2021, quando há uma diminuição nas publicações, o mundo vivenciou a pandemia da COVID-19.

3.2. Estudo das palavras-chave

Após a seleção dos artigos, tratamos os metadados a partir da ARS e iniciamos a discussão dos resultados pelas palavras-chave. Para analisá-las, combinamo-las em pares envolvendo todas as palavras-chave listadas, por entendermos que a estrutura resultante pode fornecer-nos melhores resultados que uma contagem direta (Melo *et al.*, 2016).

Depois da catalogação das palavras-chave dos 49 artigos e seu tratamento por ARS, obtivemos o resultado apresentado no **Quadro 2**. Foram calculadas as centralidades de PageRank, Proximidade e Intermediação. A partir daí, foram separadas as palavras que estavam entre as 15 com maiores valores em cada uma dessas centralidades. No **Quadro 2**, como corte analítico, listamos as palavras que atenderam a esse critério em pelo menos duas das três métricas estudadas, excluindo-se as que estavam entre os 15 maiores valores de apenas uma centralidade ou em nenhum desses ranqueamentos.

10.35362/issn.1850-0013-796

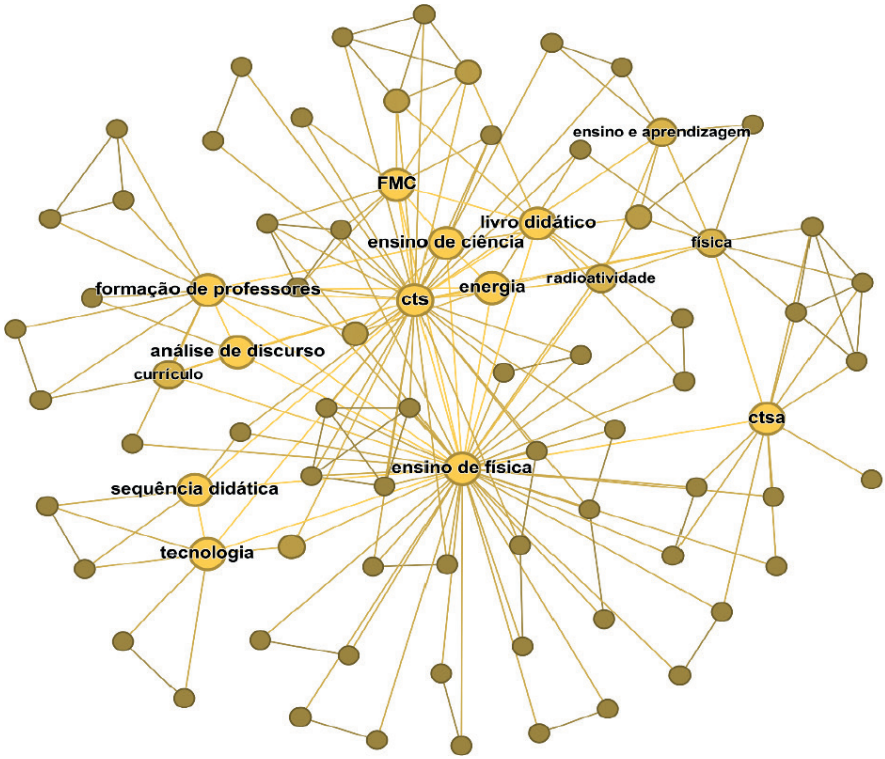
Quadro 2. Centralidades das palavras-chave

Palavra-chave	PageRank	Proximidade	Intermediação
Ensino de física	X	X	X
CTS	X	X	X
Formação de professores	X	X	X
CTSA	X	X	X
Tecnologia	X	X	X
Sequência didática	X	X	X
FMC	X	X	X
Análise de discurso	X	X	X
Livro didático	X	X	X
Energia	X	X	X
Ensino de ciências	X	X	X
Física		X	X
Currículo	X		X
Ensino e aprendizagem	X		X
Radioatividade		X	X

Fonte: os próprios autores (2025).

A rede de palavras-chave apresentou uma convergência no ranqueamento em relação às medidas de centralidade geradas. Isso pode ser melhor explicado em Melo *et al.* (2016), pela formação de uma rede com uma grande componente conexa, que se assemelha com o que os autores chamam de Orbital de palavras-chave. Nessa rede, termos ou temáticas com mais relevância no recorte do campo – neste caso, ensino de física e CTS – centralizam as relações. A rede formada pode ser vista na **Figura 1**.

Figura 1. Rede de palavras-chave



Fonte: os próprios autores (2025), gerada pelo programa Gephi.

As palavras-chave do **Quadro 2** podem ser divididas em dois grandes grupos. O primeiro está muito ligado com as grandes áreas de ensino e de educação. Essas palavras muitas vezes definem os limites das pesquisas, como é o caso de formação de professores, ensino de ciências, CTS, ensino de física, currículo, ensino e aprendizagem. A partir da ótica de Bourdieu, elas realizam um processo de marcação e aceitação do trabalho num campo científico específico (Bourdieu, 1983). Outras vezes, demarcam os objetos e as metodologias usadas, para que haja uma identificação desses elementos pelos leitores, como, por exemplo, livro didático ou análise de discurso. Esse grupo de palavras é importante e já foi discutido em Melo *et al.* (2016), sendo uma característica não apenas desse recorte de pesquisa, mas da formação do ensino CTS no Brasil, vista pela definição dos termos escolhidos pelos pesquisadores.

O segundo grande grupo está representado pelas temáticas dentro do campo da física. Essas palavras-chave – física moderna e contemporânea, radioatividade e questões energéticas – atendem às demandas por problemas disciplinares. A

realidade brasileira das disciplinas escolares afeta diretamente os interesses de pesquisa dos autores que publicam na relação ensino de física e CTS. Embora haja um movimento crescente de integração e interdisciplinaridade, especialmente ao abordar esses temas, é fundamental que a pesquisa em ensino de física, particularmente nos processos de formação inicial e continuada de professores, busque e desenvolva estratégias para o ensino desses conteúdos aos estudantes da educação básica. É essencial que os alunos construam seus saberes científicos a partir da forma como os conhecimentos sistematizados são trabalhados em sala de aula, desenvolvendo consciência crítica e posicionando-se, de acordo com suas possibilidades, sobre esses temas. Talvez, numa tentativa de tornar esse conhecimento mais acessível, pesquisadores utilizam abordagens CTS, aliando os conceitos científicos às questões sociais, históricas e filosóficas (Bennett *et al.*, 2007).

No âmbito dessa pesquisa, esclarecermos a discussão sobre alguns pontos será importante para um melhor entendimento dos resultados. O primeiro deles refere-se à questão da energia. É amplamente reconhecida a importância e os desafios que subjazem ao processo de ensino e de aprendizagem relacionado à energia e à sua conservação (Assis & Teixeira, 2003; Solbes & Tarín, 2004, 2008; Rodrigues, 2005; Barbosa & Borges, 2006; Feynman, Leighton & Sands, 2008; Campos, 2014; Souza, 2015; Silva, 2016; Rendón, 2017; Hansen *et al.*, 2020).

Interessante notar, que não temos conhecimento do que seja energia. Entretanto, como nos informa Feynman, Leighton e Sands (2008), há um fato, ou, se preferir, uma lei, que orienta todos os fenômenos naturais conhecidos até agora. Não se encontrou nenhuma exceção a essa lei – ela é exata até onde verificamos. A lei é denominada conservação da energia e enuncia que há uma certa quantidade, do que chamamos de energia, que não se altera nas múltiplas modificações pelas quais a natureza passa. Como não é nossa pretensão aprofundarmos o estudo dessa lei, indicamos a analogia encontrada em Feynman, Leighton e Sands (2008).

Há pontos de confluência entre os autores supracitados, relacionados à complexidade do processo de ensino e de aprendizagem da temática da energia e, no panorama nacional, inúmeras pesquisas nos alertam sobre a dificuldade que os educandos enfrentam quando se deparam com esse assunto, como nos comunicam Hansen *et al.* (2020), em estudo que trata sobre o estado da arte da noção de energia e sua subjacente conservação, bem como Campos (2014), que chama nossa atenção para a complexidade envolvida na apreensão da ideia de energia e sua conservação.

Assis e Teixeira (2003) observam que a complexidade da ideia de energia e sua conservação geram várias interpretações, especialmente no senso comum. Elas destacam que essas concepções podem dificultar o ensino e a aprendizagem de energia, sugerindo que essas dificuldades podem ser superadas com textos sobre a história da ciência, que mostram que as teorias científicas estão sempre mudando, o que ajuda os alunos a verem que o conhecimento científico evolui e não deve ser visto como um conjunto de verdades absolutas e imutáveis.

No escopo internacional, Solbes e Tarín (2004) também destacam a importância do ensino de energia como reflexo de seu viés social, resultando em inúmeros estudos em didática das ciências, que lançam mão do conceito de energia e das concepções alternativas dos estudantes sobre ele. Os autores também argumentam que as concepções de senso comum dos estudantes são obstáculos para a apreensão do conceito de energia e defendem que a melhora da compreensão dos estudantes a respeito da noção de energia pode ser alcançada se os professores partirem dessas concepções e apresentarem aos estudantes o conceito de energia e sua conservação como um conceito unificador de toda a física.

Tratando-se ainda do âmbito internacional, Rendón (2017) destaca que a não evidência do aspecto unificador desse conceito, em sala de aula, limita a compreensão dos educandos sobre essa temática, o que pode remeter a uma visão deformada e incompleta de alguns aspectos qualitativos da física.

Pelo exposto, inferimos que, tanto no panorama internacional quanto no nacional, alguns autores concordam a respeito da importância do ensino e da aprendizagem do conceito de energia.

Outro tema que ganha importância no âmbito da presente pesquisa é a temática vinculada à radioatividade no ensino de física. Sob esta ótica, Fernandez *et al.* (2021) destacam a relevância desse tema no panorama nacional, ponderando que o Novo ensino médio possibilita ao estudante, num currículo de diversos tópicos, escolher a área de ciência e tecnologia, na qual estão patentes habilidades sobre radioatividade. Trata-se de um assunto que envolve diversas aplicações para a sociedade, como no setor médico, em que é possível diagnosticar e tratar doenças, assim como em aplicações industriais e na produção de energia elétrica isenta de emissão de gases estufa. Contudo, a maneira como a radiação ionizante e os acidentes em instalações nucleares tem sido abordados pela mídia tende a estigmatizar o tema e torná-lo refratário para o jovem estudante do ensino médio.

Mesquita (2011) explica que, ao mencionar radioatividade em sala de aula, surge uma fobia automática, compreensível devido aos contextos negativos associados ao tema. Ele destaca que uma das maiores preocupações é que as radiações causam efeitos biológicos nos humanos, conhecimento adquirido no final do século XIX com a descoberta da radioatividade e dos raios X. Houve, segundo ele, um uso indiscriminado dessas radiações, levando à necessidade de pesquisas sobre seus efeitos, como danos na pele e queda de cabelo. O autor também salienta que os estudantes desconhecem os benefícios das radiações ionizantes, como a cura de tumores e a detecção precoce de doenças através de exames de raios X.

Nesse mesmo sentido, Silva (2019) assevera que a radioatividade ainda desperta o interesse da humanidade. Este, repleto de considerações fantasiosas embasadas em produções artísticas de ficção científica. Nas palavras do autor, desde a descoberta da radioatividade

10.35362/issn.1850-0013-796

> "[...] áreas como indústria, agricultura, arqueologia, recursos energéticos, dentre outras, têm intensificado a utilização das suas propriedades para melhoria do rendimento produtivo. Apesar de todo esse sucesso, ao longo dos séculos XX e XXI as grandes catástrofes ambientais decorrentes de acidentes espalharam mundo afora o terror à radioatividade" (Silva, 2019, p. 16).

Silva (2019) continua sustentando que é preciso que os estudantes atrelem conceitos de energia nuclear, seu uso e importância a uma visão mais crítica sobre a radioatividade, estabelecendo relações pertinentes entre os modelos análogos com eventos da física nuclear para, assim, contribuir com o desenvolvimento da física moderna e contemporânea (FMC).

Faz quase duas décadas que Marques e Silva (2005) sinalizam a ocorrência de um movimento de maior interesse pela FMC inserida na grade curricular do ensino médio brasileiro (15 a 17 anos). Vários livros didáticos vêm trazendo em seu conteúdo comentários ou capítulos ligados ao assunto; no entanto, normalmente, destacados do contexto do restante da obra e da realidade brasileira quanto a conteúdos curriculares. Tratando-se desse assunto, Kikuchi (2018) afirma que a inserção da FMC está ocorrendo a partir de diferentes tópicos e abordagens, contudo, ainda de maneira pontual. Trabalhos com propostas didáticas aplicadas podem ajudar o professor interessado em abordar assuntos de FMC em suas aulas, através de uma adequação de acordo com sua realidade escolar.

Paulo Neto, Oliveira e Siqueira (2019) sugerem que, ao comparar o estágio atual de desenvolvimento científico e tecnológico no âmbito do ensino de física nas escolas de ensino médio, nota-se, por meio de uma análise panorâmica dos currículos, que, não obstante estejamos no século XXI e muitas descobertas importantes e construções revolucionárias tenham sido realizadas ao final do século XX, a maior parte das escolas continua com um currículo no qual a física ensinada é predominantemente (e quase que exclusivamente, em certas escolas) aquela desenvolvida anteriormente ao século XX, o que traz prejuízos aos estudantes quanto ao entendimento do mundo atual.

No que tange à FMC, Silva (2019) argumenta que avanços científicos e tecnológicos têm gerado uma nova noção de mundo por meio da disseminação rápida dos conhecimentos, sem tempo para o aprimoramento dos conceitos científicos. Tais avanços devem também estar presentes no cotidiano escolar, como prevê a lei de diretrizes e bases e os parâmetros curriculares nacionais, desde o currículo até as práticas educacionais. Dessa forma, os tópicos de FMC precisam estar presentes no ensino de física, tanto por força legal quanto por se tratar de conhecimentos que perpassam a contemporaneidade.

Pelo exposto, notamos a relevância das temáticas vinculadas à questão da energia, da radioatividade e da FMC no ensino de física, temas que emergiram na presente pesquisa. Sendo assim, vamos voltar a análise para os trabalhos que dão base para o referencial dos artigos.

3.3. Obras mais citadas

Quando levantadas as obras mais citadas pelos 49 artigos de ensino de física e CTS, optamos pela centralidade de grau de entrada, que representa uma distribuição de frequência absoluta, apresentada no **Quadro 3**, uma vez que citação é uma aresta direcionada nas relações entre os artigos e suas referências.

Quadro 3. Referências mais usadas nos artigos

Referência	Artigos
Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2002). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio Pesquisa em educação em ciências (Belo Horizonte), 2(2), 1-23.	16
Brasil (2002). PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC.	12
Freire, P. (1970). Pedagogia do Oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra.	11
Auler, D., & Bazzo, W. A. (2001). Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. Ciência & Educação, 7(01), 01-13.	8
Bardin, L. (2011). Análise de conteúdo. Edições 70. Lisboa. Portugal.	8
Auler, D. (2002). Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciências (Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis).	7
Auler, D., & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científico-tecnológica para quê?. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), 3(02), 122-134.	6
Brasil (1996). Lei nº 9.394/96. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília	6
Brasil (1997). Parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF	6
Delizoicov, D., Angotti, J. A., & Pernambuco, M. M. (2002). Ensino de ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez	6

Fonte: os próprios autores (2025).

O artigo que tem sido amplamente citado na área das ciências em geral é o de Santos e Mortimer (2002); quando se trata das abordagens CTS no ensino de física, esse trabalho se destaca como a principal referência. Tal resultado tem se mantido ao longo de pelo menos uma década (Chrispino *et al.*, 2013), em todos os recortes temáticos realizados pelo grupo CTS e educação, do CEFET/RJ. O texto se caracteriza por uma revisão de literatura baseada fortemente em trabalhos referenciados pela comunidade internacional. Nele, os autores fazem:

> "[...] uma análise crítica sobre pressupostos de currículos de ensino de ciências com ênfase em CTS, de modo a fornecer subsídios para a elaboração de novos modelos curriculares que alcancem os objetivos educacionais desejados com a abordagem CTS. Nesse contexto, eles fizeram um breve histórico sobre as mudanças curriculares ocorridas entre as décadas de 1970 e 2000, e citam materiais didáticos produzidos e recomendações curriculares brasileiras em CTS sugeridas nesse período, além de destacar a evolução tecnológica no mundo contemporâneo e a necessidade de superar os mitos ao redor da ciência, como, por exemplo, o da ciência neutra e salvacionista" (Bouzon *et al.*, 2018, pp. 221-222).

O resultado sobre as citações também evidenciou que os documentos oficiais brasileiros, principalmente os editados perto da virada para o século XXI, são muito presentes nos trabalhos de ensino de física e CTS. Eles provavelmente figuram como justificativas de pesquisas que buscam adaptar as práticas educativas ao currículo oficial vigente.

Três livros estão entre as dez obras mais citadas. O primeiro deles é um livro de metodologia de Maurice Bardin. O segundo é a obra magna de Paulo Freire, que, segundo Amorim e Melo (2023), vem, com o passar dos anos, assumindo um papel de relevância no cenário brasileiro de ensino de ciências e CTS. O terceiro livro é um texto base para formação de professores em ciências que traz, em sua primeira unidade, os pressupostos de "ciência para todos" e "ciência e tecnologia como cultura" como desafios para o ensino de ciências, além de colocar CTS como um instrumento capaz de ealiza-los (Delizoicov *et al.*, 2002).

Ainda no **Quadro 3**, chama a atenção a forte presença de obras de Décio Auler entre os trabalhos mais citados em ensino de ciências. Apesar de ser formado em física, seus textos mais citados não são sobre o ensino de física, mas são marcados pela alfabetização científico-tecnológica por meio de CTS. A tomada de decisão mais bem fundamentada e com participação ampliada de diversos atores sociais é a tônica dos textos de Auler. Em suas palavras:

> “O ensino de ciências deve, também, propiciar a compreensão do entorno da atividade científico-tecnológica, potencializando a participação de mais segmentos da sociedade civil, não apenas na avaliação dos impactos pós-produção, mas, principalmente, na definição de parâmetros em relação ao desenvolvimento científico-tecnológico. Participando, dessa forma, no direcionamento, ou seja, na definição da agenda de investigação” (Auler, 2002, p. 2).

Em outro olhar para os resultados, identificamos que todos os textos entre os mais citados estão publicados em português e quase todos são originários do Brasil. Além disso, de forma diferente dos dados provindos das palavras-chave, as referências principais não estão restritas ao ensino de física e suas temáticas, mas trazem discussões mais abrangentes ou aportes metodológicos.

3.4. Autores mais citados

Nesta etapa, analisamos a catalogação dos autores das produções bibliográficas examinadas, o que permite compreender a construção coletiva do conhecimento na área. Como aponta Foucault (2006), a autoria não é um ato espontâneo ou individual, mas uma posição discursiva que representa diferentes sujeitos. Assim, ao identificar os autores mais relevantes neste recorte sobre ensino de física e CTS nas publicações brasileiras, busca-se revelar os movimentos de representação que atravessam e constituem esse campo. Ao catalogar as autorias, independentemente da ordem em que elas aparecem nos artigos, obtêm-se os nomes que estão listados no **Quadro 4**. Neste quadro, estão os autores que assinaram pelo menos 4 dos 49 artigos da amostra dessa pesquisa.

Quadro 4. Artigos por autores

Nome	Instituição	Artigos
Luciano Fernandes Silva	UNIFEI	5
Claudio José de Holanda Cavalcanti	UFRGS	4
Deise Miranda Vianna	UFRJ	4
Fernanda Ostermann	UFRGS	4

Fonte: os próprios autores (2025).

Os autores que aparecem nessa pesquisa são identificados a partir de suas trajetórias acadêmicas, as quais podem ser consultadas em plataformas como o Google Acadêmico e a Plataforma Lattes, que reúne os currículos dos pesquisadores brasileiros. No entanto, o mais importante ao mencionar esses nomes é entender como suas produções se conectam à temática abordada. Não se trata apenas de listar os autores, mas de destacar o porquê de suas contribuições serem relevantes para o contexto discutido aqui. Ou seja, além de ser possível consultar o Lattes de qualquer um, é essencial perceber como o trabalho de cada autor se alinha ao objetivo dessa pesquisa, enriquecendo o debate e trazendo novas perspectivas à área em questão.

Luciano Fernandes Silva é graduado em física pela Universidade de São Paulo (USP-1996), mestre e doutor em educação (2001 e 2007) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Desde 2008, é professor e pesquisador na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). É editor de periódicos na área de pesquisa. Esta está vinculada aos seguintes temas: educação em ciências, ensino de física, educação ambiental, enfoque CTSA e temas controversos.

Seus principais trabalhos têm em comum a abordagem do ensino de física por meio de temas controversos e relevantes para a sociedade. Eles destacam a importância de integrar questões ambientais e sociais no currículo de física, utilizando a abordagem CTS para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. Além disso, todos os estudos enfatizam a necessidade de preparar professores de física para lidar com esses temas de maneira eficaz, promovendo uma educação que não apenas transmite conhecimentos científicos, mas também desenvolve a consciência crítica dos alunos sobre os impactos e desafios relacionados à ciência e tecnologia na sociedade contemporânea.

Cláudio José de Holanda Cavalcanti possui graduação em bacharelado em física (1989), mestrado em física (1993) e doutorado em física (2001), todos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Desde 2006, é professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foi coordenador do Programa de Pós-Graduação em ensino de física da UFRGS. Foi editor adjunto de periódicos da área.

Os trabalhos de Cláudio José de Holanda Cavalcanti buscam enriquecer o ensino de física no ensino médio através da introdução de tópicos de FMC, fornecendo materiais didáticos inovadores, como textos e pôsteres, que facilitam a compreensão de conceitos complexos como supercondutividade e partículas elementares. Além disso, Cavalcanti explora a importância de refletir sobre a educação em ciências no contexto da pós-verdade, incentivando uma abordagem crítica e filosófica para entender como as “pós-verdades” influenciam a percepção científica. Em conjunto, esses trabalhos promovem uma educação científica mais profunda e contextualizada, preparando melhor os professores e alunos para os desafios contemporâneos.

Deise Miranda Vianna possui graduação e mestrado em física (1973 e 1982) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e doutorado em educação pela Universidade de São Paulo (1998). Atualmente, é professora aposentada titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro, ligada ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da UFRJ e ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Biociências e Saúde da Fundação Oswaldo Cruz. Ocupou diversos outros cargos e funções na comissão de ensino Sociedade Brasileira de Física, até os dias atuais.

Os textos de Deise Miranda Vianna trazem a preocupação com a qualidade e a estrutura do ensino de física no Brasil. Eles abordam, por exemplo, a inclusão de tópicos de FMC no ensino médio, destacando a importância de ouvir os professores sobre essa prática. Além disso, Vianna analisa a carência de professores de ciências na educação básica, propondo a ampliação das vagas no ensino superior como solução e mostrando as políticas públicas e contextos sociais na formação de professores de física.

Fernanda Ostermann é licenciada em física (1987), tem mestrado (1991) e doutorado (2000) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). De 1989 a 1992, atuou como professora de física na rede pública estadual de ensino de Porto Alegre. É professora do Departamento de Física da UFRGS (1994). Atualmente, ocupa o cargo de professora titular e atua no Programa de Pós-graduação em Ensino de Física. Foi vice-presidente da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC), de 2015 a 2017 e presidente da mesma (biênio 2017-2019). Atua na editoria de diversos periódicos da área. É líder do grupo “Pesquisa em Ensino de Física sob a perspectiva sociocultural”.

Os trabalhos da Fernanda Ostermann exploram a importância de incluir tópicos de FMC, destacando os desafios e benefícios dessa abordagem. A pesquisadora enfatiza uma educação científica que valoriza as diversas epistemologias. Em conjunto, seus trabalhos visam proporcionar uma educação científica mais profunda e crítica, preparando melhor os alunos para aplicar conceitos científicos em diferentes contextos.

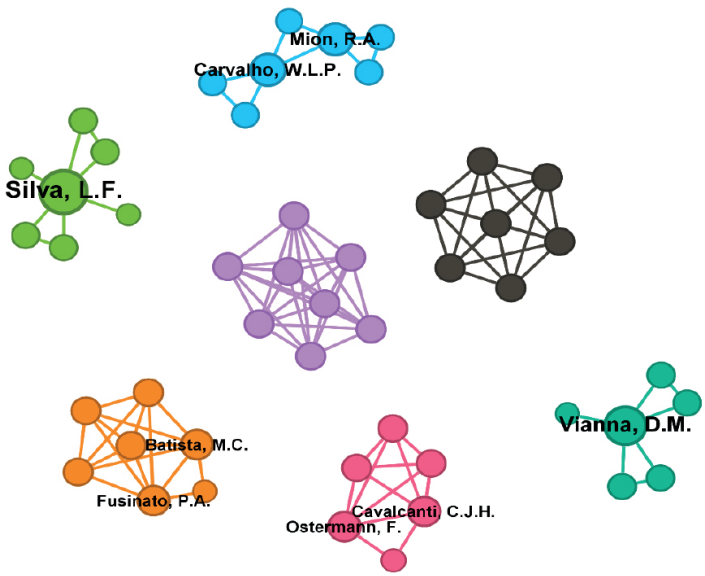
Esses autores aparecem em outras amostras com alguma relevância, juntamente com nomes como Décio Auler, Walter Bazzo, Rosimeri Silveira, Wildson Santos, Maria Delourdes Maciel e Carmem Lúcia Amaral (Albuquerque, 2018; Ganhor, 2022). Albuquerque (2018) mostra que, entre os autores de destaque no ensino de física, Deise Vianna e Fernanda Ostermann apresentam coautorias com outros autores da área, mas sem conexão com outros grupos de pesquisadores maiores, como os centrados em torno da UFSC, UFSCAR e UNICSUL. Da mesma forma, Ganhor (2022) localiza trabalhos dos quatro pesquisadores destaques da presente pesquisa publicados em periódicos e em eventos da área, mas seus resultados não apresentam nenhum desses nomes entre os mais influentes do campo, quando se trata das publicações em todo o campo de ensino de ciências. Isso pode representar que os

trabalhos deles estão mais voltados especificamente para o ensino de física, sem uma influência maior em trabalhos fora desse escopo.

3.5. Redes de coautoria

Outra análise que se faz é a rede de coautorias. Para isso, selecionou-se componentes que tivessem pelo menos seis autores conectados por seus trabalhos publicados. Dessas sub-redes, as centralidades de proximidade, de intermediação e PageRank foram geradas. A métrica de proximidade não gerou resultados relevantes devido à baixa conexidade das coautorias em geral, como se pode ver na **Figura 2**.

Figura 2. Rede de coautorias



Fonte: os próprios autores (2025), gerada pelo programa Gephi.

Ao gerar o ranqueamento da centralidade de intermediação e PageRank, houve uma confluência entre os valores. O resultado dos oito autores mais centrais na rede de coautoria está apresentado no **Quadro 5**. Na **Figura 2**, destaca-se algumas sub-redes, nas quais os autores com maiores centralidades pelas coautorias (**Quadro 5**) estão presentes. Luciano Fernandes Silva lidera as centralidades nas coautorias. Ele publicou com outros seis autores em cinco diferentes artigos, ou seja, ele, por suas coautorias, facilita a interação entre outros pesquisadores, sendo um elo entre seus trabalhos.

Quadro 5. Centralidades dos autores

Nome	Instituição	Intermediação	PageRank
Luciano Fernandes Silva	UNIFEI	0,001983	0,020119
Deise Miranda Vianna	UFRJ	0,001220	0,016599
Washington Luiz Pacheco De Carvalho	UNESP	0,001220	0,012210
Rejane Aurora Mion	UEPG	0,001220	0,012210
Michel Corci Batista	UTFPR	0,000305	0,010390
Polônia Altoé Fusinato	UEM	0,000305	0,010390
Claudio José de Holanda Cavalcanti	UFRGS	0,000229	0,010414
Fernanda Ostermann	UFRGS	0,000229	0,010414

Fonte: os próprios autores (2025), gerada pelo programa Gephi.

Um aspecto central dos pesquisadores analisados é sua atuação acadêmica. Embora apresentem trajetórias distintas, todos possuem formação inicial em física e destacam a formação de professores como linha de pesquisa em seus currículos. Esse fator pode contribuir para sua recorrente presença em publicações da área, além de vinculá-los a programas de pós-graduação em ensino ou educação.

Além disso, a centralidade das redes de coautorias desse trabalho segue um padrão observado em diversos recortes de pesquisa, com instituições do eixo Sul-Sudeste do Brasil ocupando posições de destaque. Esse panorama é refletido também nos vínculos institucionais dos pesquisadores. Para aprofundar essa análise, apresentamos a centralidade de grau de cada instituição, que tenha sido declarada pelo menos uma vez nos artigos nas filiações dos autores (**Quadro 6**); as redes de colaborações institucionais (**Figura 3**); e as métricas de intermediação e PageRank dessas redes (**Quadro 7**), uma vez que a centralidade de proximidade, novamente, não forneceu subsídios para análise devido ao baixo grau de conexidade dos dados.

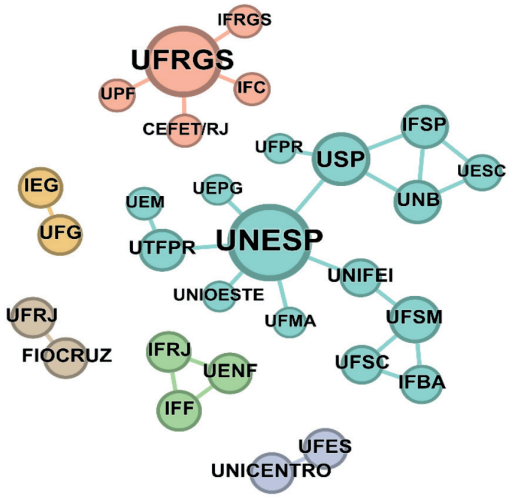
Quadro 6. Artigos por instituição

Instituição	Artigos
UNESP	9
UNIFEI	6
UFRGS	5
UTFPR	4

UFSM	4
UFRJ	4
UFS	3
USP	3
UFSC	3

Fonte: os próprios autores (2025), gerada pelo programa Gephi.

Figura 3. Rede de colaborações institucionais



Fonte: os próprios autores (2025), gerada pelo programa Gephi.

Quadro 7. Centralidades das instituições

Instituição	PageRank	Intermediação
UNESP	0,079907	0,170114
UFRGS	0,072074	0,098850
USP	0,048348	0,075862
UFSM	0,040100	0,055172
IFSP	0,035676	0,029885
UnB	0,035676	0,013793
UTFPR	0,034141	0,013793

Fonte: os próprios autores (2025).

Buscamos em Araújo-Queiroz, Silva e Prudêncio (2019), uma explicação para esses dados. Ambos justificam a concentração da produção nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste (esta última representada pela Universidade de Brasília - UnB) pela consolidação de programas de pós-graduação que formam pesquisadores do campo há décadas. Porém, os autores alertam que já existe uma produção nacional em CTS fora desse eixo prevalente, muito ligada aos resultados de dissertações e teses, apesar de ainda não alcançar efetivamente os periódicos mais relevantes da área. Portanto, cabe aos pesquisadores locais utilizarem essas pesquisas como referenciais, já que, em um campo tão polissêmico como CTS, é necessário ter cuidado para não se fechar às perspectivas de outros grupos.

Considerações finais

O ensino de física, desde a metade do século passado, tem sido caracterizado por uma abordagem tradicional, focada principalmente na transmissão de conhecimentos teóricos e na resolução de problemas matemáticos. Essa ênfase reflete, em grande parte, a estrutura dos exames de ingresso nas universidades públicas, que privilegiam a física clássica em detrimento da física moderna e contemporânea (FMC), reforçando um modelo de ensino voltado para a memorização de fórmulas e a aplicação de métodos padronizados. Esse formato contribui para a manutenção de uma abordagem fragmentada, que limita a conexão dos conceitos físicos com suas aplicações no mundo real e reduz o espaço para reflexões críticas sobre os avanços científicos e tecnológicos da atualidade.

Como consequência, essa forma de ensino, embora eficaz na exposição dos princípios fundamentais da física, frequentemente falha em estabelecer vínculos entre esses princípios e suas aplicações práticas e contextos sociais. Além disso, pode representar um desafio para os alunos, pois exige um alto nível de habilidade matemática e abstração, tornando o aprendizado menos acessível e afastando aqueles que têm dificuldades com essa abordagem predominantemente teórica.

A abordagem CTS oferece uma nova perspectiva para o ensino de física, destacando a interação entre ciência, tecnologia e sociedade. Ela busca tornar o ensino mais relevante e acessível, ao integrar questões sociais e tecnológicas no currículo. Dessa forma, os alunos podem compreender melhor o papel da física em suas vidas cotidianas e no contexto social em que estão inseridos. Além disso, essa abordagem promove o pensamento crítico e a tomada de decisões informadas, habilidades cada vez mais necessárias no século XXI.

O grupo de pesquisa CTS e rducação, do CEFET/RJ, tem se dedicado ao mapeamento da abordagem CTS no ensino de física, com foco específico em identificar os artigos dessa área. Um dos primeiros resultados é a baixa representatividade de trabalhos no campo: apenas 49 artigos foram encontrados em 36 diferentes periódicos, o que representa menos de 10% das publicações catalogadas.

Ao utilizar a ARS, foi identificada a relevância de determinados autores que, desde suas formações iniciais, estão inseridos dentro do contexto, sendo formados em física, vinculados a departamentos de física/licenciatura em física e com a formação de professores como foco de suas atuações e pesquisas. Os nomes mais relevantes deste recorte se encontram em instituições do eixo Sul-Sudeste do Brasil, vinculados a programas de pós-graduação. Suas temáticas de pesquisas, como temas controversos, educação ambiental, FMC, epistemologias no ensino de física básica e formação de professores, indicam que há uma motivação para um ensino de física que vai além do tradicional de memorizações. Há uma busca por questões contemporâneas, contextualizando o ensino de física.

A rede de palavras-chave endossa esse cenário, quando temáticas específicas da física como energia, radioatividade e FMC se mostram bastante relevantes para as pesquisas. Pensando na funcionalidade deste panorama traçado pela rede de palavras-chave, essa abordagem pode ser um início para os docentes que buscam aprimorar suas práticas, deixando-as com um melhor posicionamento diante do mundo atual.

Na análise das citações presentes nos artigos, a presença de Décio Auler, com seu trabalho reconhecidamente focado em processos decisórios, mostra que a força necessária para a transformação do ensino de física vai além das escolhas de métodos. O autor alerta sobre os riscos de uma "formação fragmentada, unicamente disciplinar, pautada hegemonicamente pela resolução mecânica de problemas idealizados, desvinculados de contextos sociais" (Auler, 2007, p. 17). Busca-se formar para "a problematização e abordagem de temas, de problemas reais, cada vez mais complexos, caracterizados por conflitos de interesses, não limitados a posturas do tipo certo ou errado" (Auler, 2007, p. 17). A concretização de CTS no ensino (de física) é uma virada política de uma cultura favorecedora do autoritarismo para uma cultura de participação (Auler & Bazzo, 2001).

Financiamento

O presente artigo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e por Bolsa de Produtividade em Pesquisa em Educação/CNPq, com pesquisa voltada ao tema.

Agradecimento

Agradecemos ao Grupo CTS e Educação, do CEFET/RJ, por nos permitiu usar o seu banco de dados para realizarmos esta investigação. Agradecemos também a Breno Ricardo pela revisão textual em língua portuguesa.

Declaração de uso de IA

Declaramos que a ferramenta de inteligência artificial generativa Microsoft Copilot foi utilizada exclusivamente para fins de correção ortográfica e gramatical do texto e eventuais melhorias linguísticas. Nenhuma parte do conteúdo, ideias, análises ou argumentos científicos apresentados no artigo foi produzida ou modificada pela IA. Toda a elaboração conceitual, metodológica e interpretativa é de responsabilidade integral dos autores.

Referências bibliográficas

Amorim, Cassiano de Oliveira & Melo, Thiago Brañas (2023). CTS e freire: Uma análise de redes a partir das citações. Em Anais do XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Brasil: Realize Editora.

Araújo-Queiroz, Marcelo Bruno, Silva, Rodrigo da Luz & Prudêncio, Christiana Andréa Vianna (2018). Estudos CTS na educação científica: tendências e perspectivas da produção stricto sensu no Nordeste brasileiro. Revista Exitus, 8(3), 310-339.

Assis, Alice & Teixeira, Ode Pacubi Baierl (2003). Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de energia. Ciência e Educação, 9(1), 41-52.

Auler, Décio (2002). Interações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade no contexto da formação de professores de ciências [Tese de doutorado em educação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

Auler, Décio (2007). Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. Ciência & ensino, 1(esp), 1-20.

Auler, Décio & Bazzo, Walter Antônio (2001). Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. Ciência & Educação, 7(1), 1-13.

Auler, Décio & Delizoicov, Demétrio (2015). Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. Linhas Críticas, 21(45), 275-296.

Bazzo, Walter Antônio *et al.* (2003). Introdução aos estudos CTS (Ciência, tecnologia e sociedade). Madrid: OEI.

Barbosa, João Paulino Vale & Borges, Antônio Tarciso (2006). O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 23(2), 182-217.

Bennett, Judith, Lubben, Fred & Hogarth, Sylvia (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. Science Education, 91(3), 347-370.

Berraondo, José Gutiérrez (2018). Diseño iterativo de una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre el principio generalizado del trabajo y la energía en cursos universitarios de física general [Tese de doutorado em física aplicada]. Vizcaya: Universidad del País Vasco.

Bourdieu, Pierre (1983). O campo científico. Em Renato Ortiz (Org.), Pierre Bourdieu: sociologia (122-155). São Paulo: Ática.

Bouzon, Júlia Damazio, Brandão, Juliana, Santos, Tais Conceição dos & Chrispino, Alvaro (2018). O ensino de química no ensino CTS brasileiro: uma revisão bibliográfica de publicações em periódicos. Química Nova na Escola, 40(3), 214-225.

Campos, Alexandre (2014). A Conceitualização do Princípio de Conservação de Energia Mecânica Os Processos de Aprendizagem e a Teoria dos Campos Conceituais [Tese de doutorado em educação]. São Paulo: Universidade de São Paulo.

Carvalho, Tainá de Araújo, Dias, Kleber Mendes Pereira, Russo, Ana Lúcia Rodrigues Gama, Braga, Eduardo dos Santos Oliveira, Santos, Amanda Ribeiro dos, Santos, Taís Conceição dos & Chrispino, Alvaro (2021). A contextualização no Ensino CTS: uma análise das redes sociais. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, 14(1).

Conrado, Dália Melissa *et al.* (2012). Uso do conhecimento evolutivo na tomada de decisão de estudantes do ensino médio sobre questões socioambientais. Revista Contemporânea de Educação, 7(14), 335-358.

Chrispino, Alvaro, Lima, Leonardo Silva, Albuquerque, Marcia Bengio de, Freitas, Ana Claudia & Silva, Marco Aurélio da (2013). A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos? Ciência & Educação (Bauru), 19, 455-479.

Creswell, John W. (2010). Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre: Artmed.

Cutcliffe, Stephen H. (2003). Ideas, máquinas y valores: Los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Anthropos Editorial.

Fernandez, João Vitor Martins *et al*. (2021). Uma nova estratégia para o ensino de física nuclear e radioatividade para o novo ensino médio: autoaprendizagem guiada por aplicativo web. Revista Brasileira de Ensino de Física, 43.

Feynman, Richard P., Leighton, Robert B. & Sands, Matthew (2008). Lições de física de Feynman: a edição definitiva. Porto Alegre: Bookman.

Foucault, Michael (2006). O que é um autor? Em Ditos e Escritos: Estética – literatura e pintura, música e cinema (vol. III) (264-298). Rio de Janeiro: Forense Universitária.

Ganhor, João Paulo (2022). O subcampo CTS na Educação em Ciências e suas compreensões acerca do conceito de participação: uma análise bibliométrica e bourdieusiana [Tese de doutorado em educação em ciências e educação matemática]. Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Gaspar, Alberto (2004). Cinquenta anos de ensino de Física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade de recolocar o professor no centro do processo educacional. Revista de estudos da educação, 13(21), 71–91.

Gil, Antonio Carlos (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Editora Atlas.

Gleiser, Marcelo (2000). Por que ensinar Física. Física na escola, 1(1), 4-5.

Hansen, Taís Regina *et al.* (2020). O conceito de energia em periódicos da área de educação em ciências: a discussão da conservação/degradação de energia em práticas educativas de perspectivas Freire-CTS. Investigações em Ensino de Ciências, 25(1), 120-139.

Kikuchi, Ligia Ayumi (2018). Ensino de Física Moderna e Contemporânea do Ensino Médio. Em Anais da XXIII Semana da Física.

Lima, Nathan Willig & Nascimento, Matheus Monteiro (2019). Nos becos da episteme: caminhos confluentes para uma contra colonização didática em meio à crise da verdade. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 36(3), 589-598.

López-Cerezo, José Antonio (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. Revista Iberoamericana de Educación, 18, 41-68.

Marques, Adilio Jorge & Silva, Claudio Elias (2005). Utilização da Olimpíada Brasileira de Astronomia como introdução à Física Moderna no Ensino Médio. Física na Escola, 2(6), 34-35.

Marteleto, Regina (2001). Análise de redes sociais-aplicação nos estudos de transferência da informação. Ciência da informação, 30(1), 71-81.

Melo, Thiago Brañas, Pontes, Fernanda Costa da Cruz de, Albuquerque, Marcia Bengio de, Silva, Marco Aurelio & Chrispino, Alvaro (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.

Membiela, Pedro (2001). Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las Ciências. Em P. Membiela (Ed.), Ensenãnza de las Ciências desde la perspectiva Ciência- Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía (91-103). Madrid: Narcea Ediciones.

Menezes, Luiz Carlos (1996). Paulo Freire e os Físicos. En M. Gadotti (Org.), Paulo Freire: uma bibliografia (640-641). São Paulo: Cortez Editora.

Mesquita, Marcelo David Silva (2011). Matéria e radiação: uma abordagem contextualizada ao Ensino de Física [Dissertação de mestrado profissional em ensino de ciências]. Brasília: Universidade de Brasília.

Moreira, Marco Antonio (2000). Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. Revista brasileira de ensino de física, 22(1), 94-99.

Paulo Neto, Jonas Guimarães, Oliveira, Antônio Nunes de & Siqueira, Marcos Cirineu Aguiar (2019). Ensino de Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: o que pensam os envolvidos? Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, 6(1), 65-89.

Recuero, Raquel (2009). Redes Sociais na Internet. Porto Alegre: Sulina.

Rodrigues, Gizella Menezes (2005). A abordagem do conceito de energia através de experimentos de caráter investigativo, numa perspectiva integradora [Dissertação de mestrado em ensino de ciências]. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Rendón, María Cristina (2017). A propósito del principio de conservación de energía: una propuesta de reorganización conceptual para su enseñanza desde la perspectiva de Robert Mayer [Trabalho de conclusão de curso em licenciatura em matemática e física]. Medellín: Universidade de Antioquia.

Silva, Davson José (2019). A problematização no ensino da radioatividade em nível médio [Dissertação de mestrado profissional em ensino de física]. Rio de Janeiro: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

Silva, Jonathan Barros (2021). Uma Análise Sobre o Conceito de Tomada De Decisão na Literatura Fundamentada Pelo Movimento CTS [Dissertação de mestrado em educação científica e formação de professores]. Bahia: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Silva, Renato Peron (2016). Conservação da energia mecânica: uma sequência didática inspirada na ideia de UEPS [Dissertação de mestrado profissional de ensino de física]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.

Solbes, Jordi & Tarin, Francisco (2008). Generalizando el concepto de energía y su conservación. Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, (22), 155-180.

Solbes, Jordi & Tarin, Francisco (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. Enseñanza de las Ciencias, 22(2), 185-194.

Souza, Vitor Ribeiro (2015). Uma proposta para o ensino de energia mecânica e sua conservação através do uso de analogias [Dissertação de mestrado em ensino de física]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Vázquez-Alonso, Ángel & Manassero-Mas, María Antonia (2001). Opiniones entre las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. Tarbiya: Revista de investigación e innovación educativa, (27), 27-56.