

# Um estudo bibliométrico sobre a resolução de problemas em química

## RESUMO

**Natany Dayani de Souza Assai**

[natanyassai@id.uff.br](mailto:natanyassai@id.uff.br)

[orcid.org/0000-0002-0851-9187](https://orcid.org/0000-0002-0851-9187)

Universidade Federal Fluminense (UFF), Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.

**Everton Bedin**

[bedin.everton@gmail.com](mailto:bedin.everton@gmail.com)

[orcid.org/0000-0002-5636-0908](https://orcid.org/0000-0002-5636-0908)

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil.

**Lucicleia Pereira Silva**

[lucicleia.silva@uepa.br](mailto:lucicleia.silva@uepa.br)

[orcid.org/0000-0002-5311-2407](https://orcid.org/0000-0002-5311-2407)

Universidade Estadual do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

A bibliometria, como método, possibilita o mapeamento de um tema/conhecimento científico específico. Neste estudo, no âmbito da Educação Química, objetiva-se analisar a inter-relação entre autores e seus impactos nas produções científicas acerca da metodologia de Resolução de Problemas, utilizando a análise bibliométrica como suporte. Para isso, empregou-se a plataforma Web of Science para coleta de dados e o software VOSviewer para análise, com base em indicadores como distribuição de publicações, citações, coocorrência e acoplamento bibliográfico. Os resultados evidenciaram um aumento nas publicações sobre o tema a partir de 2010, com uma transição da aprendizagem em ciências de uma perspectiva individual para uma abordagem coletiva, focada no exercício da cidadania. A predominância de citações de trabalhos norte-americanos está associada ao movimento STEM, que impulsionou a promoção da Ciência. Observa-se, assim, uma tendência curricular em direção a uma educação com enfoque investigativo em diferentes níveis de ensino, incluindo o Brasil. Destaca-se, portanto, a necessidade de estratégias e metodologias que abordem problemas em sala de aula, a fim de desenvolver habilidades como a “tomada de decisão”, alinhando-se a uma tendência pedagógica no ensino de Química.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bibliometria; Ensino; ABP; Química; Web of Science.

# A bibliometric study on problem solving in chemistry

## ABSTRACT

Bibliometrics, as a method, enables the mapping of a specific scientific topic/knowledge. In this study, within the field of Chemical Education, the aim is to analyze the interrelationship among authors and their impacts on scientific productions regarding the Problem-Solving methodology, supported by bibliometric analysis. For this purpose, the Web of Science platform was used for data collection, and the VOSviewer software was employed for analysis, based on indicators such as publication distribution, citations, co-occurrence, and bibliographic coupling. The results revealed a growth in publications on the topic from 2010 onward, with a shift from an individual perspective in science learning to a collective approach focused on citizenship. The prominence of citations from North American works is linked to the STEM movement, which fostered the promotion of Science. Thus, there is a curricular trend toward investigative education at different teaching levels, including Brazil. Consequently, the need for strategies and methodologies that address classroom problems is emphasized, aiming to develop skills such as "decision-making" and aligning with a pedagogical trend in Chemistry education.

**KEYWORDS:** Bibliometrics; Teaching; PBL; Chemistry; Web of Science.

## INTRODUÇÃO

A publicação em periódicos/revistas é a forma de comunicação mais utilizada por pesquisadores para difundir os resultados de suas pesquisas, oriundas dos centros de pesquisa e de universidades. Soma-se a isso uma crescente preocupação da comunidade acadêmica em rastrear a “estrutura intelectual” dessas produções nas diversas áreas, culminando em investigações qualitativas de caráter bibliográfico, como estado da arte e revisão de literatura, e análises quantitativas, como a bibliometria e a cienciometria (Ferreira, 2002; Melo Ribeiro, 2017). Nesse aporte, esse tipo de pesquisa é fundamental para mapear o desenvolvimento histórico e a evolução de determinado tema e/ou conhecimento científico, ao permite apontar perspectivas futuras de pesquisa sobre o objeto de estudo em questão.

A bibliometria, a cienciometria e a infometria compreendem um grupo de técnicas quantitativas de avaliação (Vanti, 2002). Escolhida para compor este estudo, a bibliometria constitui uma “régua” para analisar publicações acadêmicas, utilizando dados quantitativos e tratamentos estatísticos como indicadores para analisar as características da produção em uma determinada área e o seu grau de difusão (Melo Ribeiro, 2017). A Bibliometria examina as relações entre diferentes variáveis que apresentam diversas regularidades de distribuição, por exemplo, o número de artigos que originam n citações, o número de instituições produzindo anualmente n doutorados, o número de autores com n artigos. Assim, os índices bibliométricos proporcionam avaliar a produtividade e a qualidade da pesquisa desses autores/pesquisadores, por meio da medição com base nos números de publicações e citações dos diversos pesquisadores (Vanti, 2002).

Esse tipo de pesquisa mostra-se efetiva enquanto metodologia, uma vez que possui critérios e procedimentos metodológicos bem definidos, e permite explorar diversos temas em âmbito acadêmico nacional e/ou internacional (Melo Ribeiro, 2017; Santos et al., 2022), vislumbrando indicativos e lacunas que podem ser exploradas. No que se refere ao ensino de Ciências, Razera (2016) argumenta que apesar de a área estar devidamente consolidada com uma crescente produção científica nos mais diversos campos de estudo nos últimos 50 anos, ainda existem lacunas a serem abordadas, principalmente em aspectos que não estão sendo explorados em uma dimensão métrica. Ou seja, ainda carece de estudos a partir de análises cienciométricas e bibliométricas.

O próprio autor em colaboração realizou em 2019 um estudo para traçar um perfil métrico sobre a formação de professores em Educação em Ciências, baseado em artigos de cinco periódicos reconhecidos da área (Razera et al., 2019). Os resultados encontrados para os indicadores de conteúdo, autoria, filiação dos autores e referências foram importantes, pois ressaltaram a relevância e a expressividade do tema na área, ao mesmo tempo que evidenciaram um perfil de pouca produção teórica e autonomia epistêmica marcada pela importação de referenciais de outros campos, como Educação, Filosofia e Psicologia. Estes resultados podem auxiliar na condução para novos direcionamentos de produção para a temática.

Algumas pesquisas recentes, conexas ao campo da Educação Química, usufruíram da análise bibliométrica, utilizando temas pertinentes à área como objetos de estudo. Joaquim e colaboradores (2020), por exemplo, buscaram mapear a técnica de mapas mentais na plataforma Web of Science (WoS) entre os anos de 2017 e 2020; os autores reforçaram a variedade de índices e correlações possíveis, utilizando a plataforma. Já Chaves e Aguiar (2022) debruçaram-se sobre o tema “diversidade de gênero” no ensino de química, utilizando a WoS como plataforma de busca. Como resultados, os autores reforçam um baixo número de produções em periódicos sobre a temática abordada, e que a plataforma WoS, plataforma internacional, não reflete a produção real brasileira sobre o tema.

A metodologia da Resolução de Problemas (RP) figura entre as abordagens metodológicas atuais na Educação Química. Desse ponto de vista, reiterando a importância em investigar a metodologia RP, corroborado por Eylon e Linn (1998), que consideram a RP como uma das principais perspectivas de pesquisa na Educação Química (Tsaparlis, 2021, tradução nossa), questiona-se: qual é o panorama das publicações científicas sobre a metodologia RP na Educação Química, com base em uma análise bibliométrica, e quais lacunas e tendências futuras podem ser identificadas? Nesse sentido, essa investigação busca analisar a inter-relação autoral e seus desdobramentos sobre as produções científicas em relação à metodologia de RP a partir da análise bibliométrica.

## APORTE TEÓRICO

A RP compreende uma sequência complexa de atividades, processos e comportamentos, para a qual existem variados modelos que têm sido usados ao longo dos anos. Stamovlasis e Vaipolou (2021) consideram a RP como um processo cognitivo de uma situação desafiadora em que a mente humana se encontra ao tentar chegar a uma resposta sobre um problema na experiência cotidiana ou enquanto realiza trabalhos científicos. Assim, esse problema configura “uma situação nova ou diferente do que já foi aprendido, que requer a busca de estratégias ou conhecimentos ou de técnicas, ou ambos, para encontrar a solução” (Batinga & Teixeira, 2014, p. 25). Os problemas se caracterizam por uma amplitude de possibilidades, por permitirem diferentes caminhos para resolução, exigindo do indivíduo maior envolvimento, argumentação e variadas estratégias, requerendo uma interlocução com outros saberes empíricos e científicos. Silva e Batinga (2022) sintetizam que um bom problema instiga a criatividade, provoca o raciocínio e é passível de solução.

Cooper e colaboradores (2008) argumentam que melhorar as habilidades de Resolução de Problemas (RP) dos alunos é um objetivo importante para a maioria dos professores de química. Além disso, Graulich (2015), ao discutir a RP, também atribui ao professor a ação de avaliar e de incorporar estratégias de resolução de problemas distintas, a depender dos níveis de ensino. Especificamente, a RP é um processo pelo qual o estudante descobre uma combinação dos conhecimentos prévios que ele pode aplicar para alcançar a solução de uma nova situação (nesse caso, o problema). Nesse quesito, implica discutir a resolução de problemas por parte dos alunos e processos de ensino e

aprendizagem envolvidos, bem como a escolha de problemas e/ou a elaboração deles por parte dos professores.

No âmbito da ação – resolver problemas –, Polya (1978) argumenta que o professor deveria se colocar no lugar do aluno, reconhecer seus conhecimentos prévios, tentar entender o que se passa na mente dele, e fazer uma pergunta ou indicar um passo que poderia ter ocorrido ao próprio aluno. Assim, cabe ao professor diagnosticar as habilidades, o contexto e o nível conceitual, para elaborar um problema coerente que possibilite uma resolução adequada. No que se refere à solução dos problemas, Polya (1978) propôs um modelo em quatro etapas: compreensão do problema; construção de uma estratégia de resolução; execução da estratégia; e, revisão da solução (Poly, 1978; Gazonni & Ost, 2009).

Reif (1981, 1983) sugeriu ainda que para que alguém seja capaz de resolver problemas é preciso ter disponível: (a) uma estratégia para resolução de problemas; (b) a base de conhecimento correta; e, (c) uma boa organização desses conhecimentos (Tsaparlis, 2021, tradução nossa). Nesse contexto, Zoller (1993) identifica a RP, com o pensamento crítico e a tomada de decisão, como uma habilidade de alta ordem cognitiva, assumindo essas capacidades como os resultados mais importantes de uma aprendizagem efetiva.

No âmbito da escolha e/ou elaboração de problemas, Assai e Bedin (2024) ressaltam que um problema que possui essas características de acessar habilidades de alta ordem cognitiva demanda algumas características, como: incentivar enunciados que favoreçam indagações científicas e que não sejam longos e exaustivos; utilizar contextos e temas socio científicos que estejam de acordo com a realidade do aluno; revisar e validar as variáveis do problema, proporcionando ajustes antes de aplicá-lo; motivar o aluno a encontrar soluções de formas diversas; e, elaborar problemas abertos que possibilitem diversidade de estratégias e caminhos para resolvê-los.

## ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

De acordo com Soares, Picolli e Casagrande (2018), os estudos bibliométricos são desenvolvidos a partir das informações obtidas de grandes bases de dados, como *Web of Science* e Scopus. Portanto, esse estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliométrica e os dados são provenientes dos trabalhos selecionados na plataforma *Web of Science*. O acesso à plataforma *Web of Science* (WoS) deuse a partir do portal de periódicos da CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES), pelo acesso CAFe (Comunidade Acadêmica Federada – CAFe). O CAFe permite o acesso dos periódicos e materiais assinados pela CAPES por meio de dados institucionais do usuário.

Dado o tema em estudo – metodologia RP –, foram utilizadas as palavras-chave “problem solving” e “chemistry education”, simultaneamente. O uso dos conectivos lógicos “e” (and) e “ou” (or) foram necessários para direcionar o foco dos resultados às áreas de interesse, nesse caso a Educação Química. A busca foi realizada por tópico (título, resumo e palavras-chave), resultando em 844 trabalhos, os quais foram exportados em um arquivo no formato texto (txt) e,

posteriormente, analisados. Vale ressaltar que não houve delimitação de recorte temporal.

A análise dos dados ocorreu a partir do *software* VOSviewer. O *software*, como ferramenta bibliométrica, elabora redes de conexões entre alguns indicadores relevantes para a produção científica. Os indicadores possíveis de serem exploradas pelo VOSviewer estão disponíveis na Tabela 1, os quais, com exceção de “cocitação” e “coautoria”, foram a base das análises bibliométricas.

**Tabela 1**

*Tipos de redes bibliométricas elaboradas no VOSviewer*

Tipo de análise	Unidade de análise	Descrição da relação
Distribuição de trabalhos	Documentos	A relação dos itens é baseada no número de documentos produzidos em determinado período
Coocorrência	Todas as palavras-chave	A relação dos itens é determinada com base no número de documentos nos quais as palavras-chave ocorrem juntos
Citação	Documentos, fontes, autores, universidades ou países	A relação dos itens é determinada com base no número de vezes que eles foram citados nos documentos
Acoplamento bibliográfico	Documentos, fontes, autores, organizações ou países	A relação de itens é determinada com base no número de referências que eles compartilham nos documentos
Cocitação	Referências citadas, fontes citadas, autores citados	A relação dos itens é determinada com base no número de vezes que são citados em conjunto nos documentos
Coautoria	Autores, universidades e países	A relação dos itens é determinada com base na coautoria de documentos.

Fonte: Lima (2017); Chaves e Aguiar (2022).

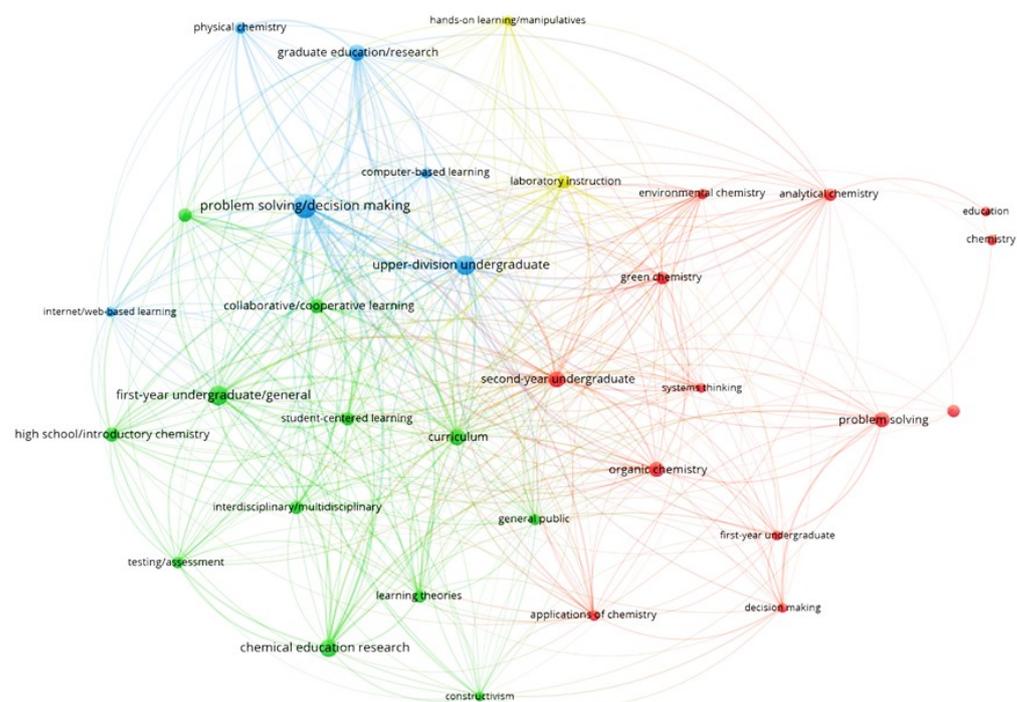
O indicador **distribuição de citações** estabelece relação entre o número de produções no decorrer do tempo, proporcionando analisar a tendência de crescimento do tema em estudo. O indicador de **coocorrência** estabelece relação entre as palavras-chaves das produções, inferindo que as palavras que se repetem em diversos documentos possuem conceitos relacionados. O indicador **citação** representa que consultar ou fazer referência a uma obra anterior demonstra a compatibilidade existente entre ambas. De maneira análoga, o indicador **cocitação** compreende que quando dois ou mais trabalhos são citados em um mesmo documento, maior é a relação do conteúdo. O indicador **acoplamento bibliográfico** relaciona a frequência em que documentos e/ou autores são citados em um mesmo documento, demonstrando que quanto mais são citados, maior a influência deles sobre o campo de estudo. Já o indicador **coautoria** tece relações sobre os coautores dos documentos. A relação entre coautores permite evidenciar se há parceria entre pesquisadores e/ou grupos de pesquisa, buscando identificar onde estão as redes que pesquisam sobre a temática de interesse.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O indicador de **coocorrência** permitiu relacionar a ocorrência de palavras-chave nas produções, evidenciando informações sobre as tendências de pesquisa do tema em estudo. Dentre os 844 trabalhos analisados, encontrou-se 1562 palavras-chave por autor, utilizando como filtro um mínimo de 20 ocorrências, ou seja, foram selecionadas palavras-chave que se repetiram ao menos em 20 trabalhos. Desta forma, a seleção resultou em 33 palavras-chave, representadas na Figura 1.

**Figura 1**

*Mapa de ocorrência de palavras-chave*



Fonte: dados da pesquisa a partir do software Vosviewer (2023).

Para interpretar a Figura 1, é possível verificar cores distintas, as quais organizam os *clusters* (conjuntos) relacionados de acordo com suas semelhanças. Logo, as palavras-chave de mesma cor compartilham conexões entre si, assim como as palavras com maior quantidade de citações apresentam escala de tamanho maior.

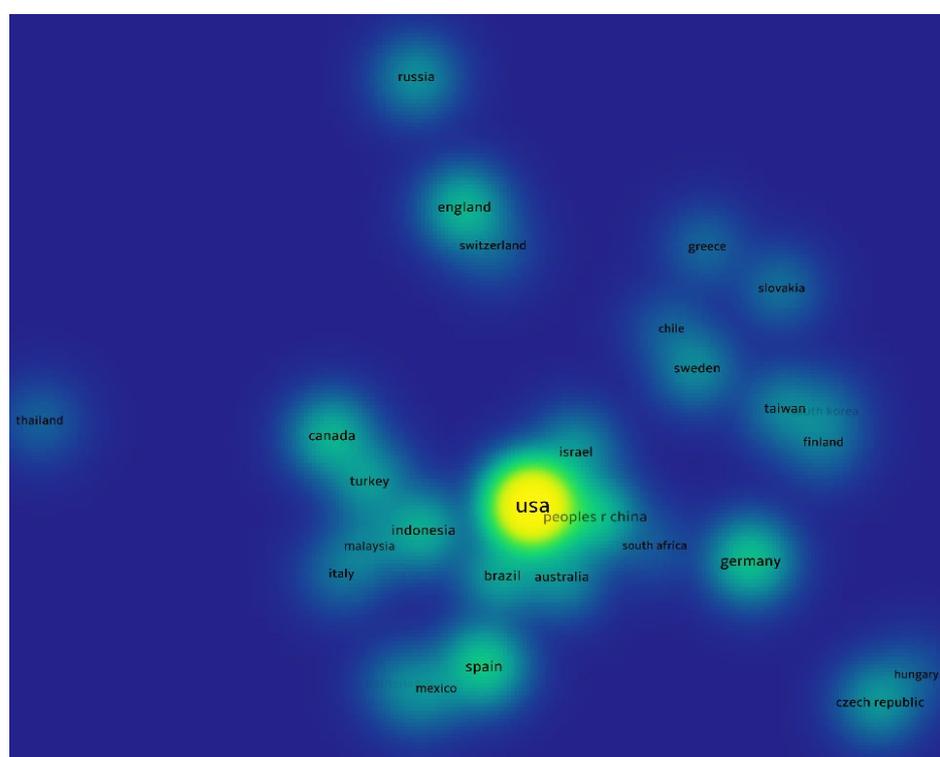
As palavras-chave com mais ocorrências foram: *problem solving/decision making* (186), *upper-division undergraduate* (121), *first-year undergraduate* (114), *chemical education research* (92) e *curriculum* (77), respectivamente. Infere-se que a RP, como metodologia de ensino, está pautada nas pesquisas na área de Educação Química, sendo uma tendência curricular, interpretada pela presença da palavra currículo. Além disso, a incidência dos termos *upper-division undergraduate* e *first-year undergraduate* reforça essa hipótese, ao denotar pesquisas que consideram o compromisso com a graduação/formação inicial dos futuros profissionais de química, que atuarão em salas de aula (Fernandes & Campos, 2017). Nessa conjuntura, a RP, como metodologia para ser

implementada na sala de aula da educação básica, está intrinsicamente relacionada à necessidade de abordar e discutir a metodologia nos cursos de Licenciatura e/ou formação continuada. Sem instrumentalizar o professor, não há como requerer ou garantir que metodologias e estratégias sejam implementadas nas escolas sem a formação adequada.

A análise sobre a **recorrência de citações** de autores por país resultou em um quantitativo de 70 países. Ao selecionar as produções representativas, com no mínimo cinco citações, essa quantidade reduziu para 33 países. A Figura 2 apresenta um mapa de densidade.

**Figura 2**

*Mapa de citação por países*



Fonte: dados da pesquisa a partir do software Vosviewer (2023).

Na Figura 2, é possível observar uma predominância de citações nos EUA em 338 produções, totalizando mais de 5500 citações. Esse fato não é absolutamente surpreendente, visto que a *Web of Science* é uma plataforma data-base do próprio país. Entretanto, em termos conceituais, a hipótese é que, dada a natureza do tema, a discussão acerca da metodologia RP, a predominância de citações em continente norte-americano se fundamenta principalmente no movimento STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics Education*), que surgiu em 1990, e ganhou notoriedade com proporções significativas nos EUA a partir de 2001.

O movimento propõe uma abordagem de ensino voltada às quatro áreas estratégicas: Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, consideradas fundamentais à manutenção e desenvolvimento dentro do contexto atual e da sociedade contemporânea (Pugliese, 2020; Melo, 2022). Os pressupostos do

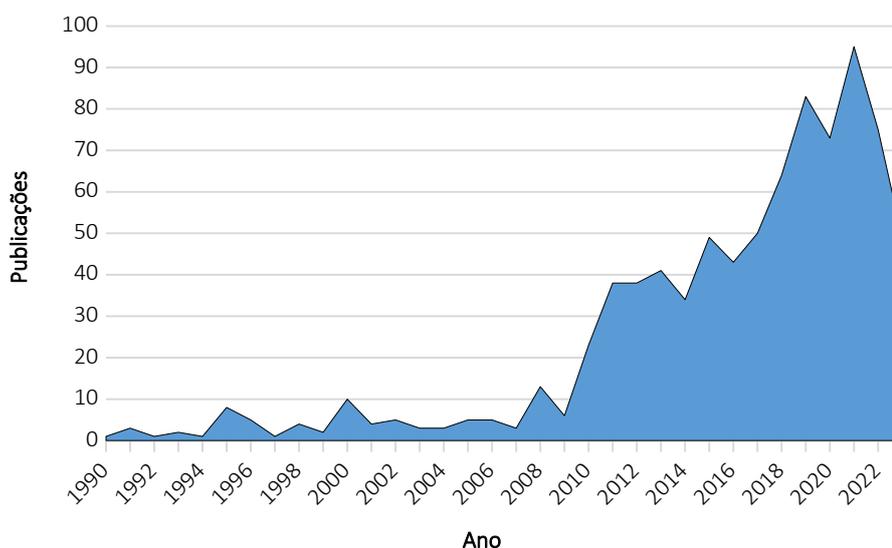
movimento STEM reiteram o estímulo do pensamento crítico do indivíduo não apenas para o desempenho profissional ou para a capacitação para o trabalho, mas para se constituir “como cidadão que realiza decisões éticas, sensatas, coletivas e modificantes em sociedade” (Tolentino Neto et al., 2021, p. 50), estimulando a reflexão em situações requeridas cotidianamente.

Esse pensamento vai ao encontro da concepção da RP, pois essa metodologia pressupõe a ação de propiciar aos estudantes, assim como o domínio de procedimentos, o uso dos conhecimentos para responder às mais variadas e diferentes situações (Echeverría & Pozo, 1998). Nesse sentido, Pugliese (2020, p. 220) reforça essa teoria, ao concordar que uma possível interpretação para o movimento STEM seria assumi-lo como abordagem ou metodologia, “mais ligado a uma forma de se ensinar ciências, cujo método é baseado em solução de problemas”. Dessa forma, compreende-se que ensinar e aprender Ciências na perspectiva do STEM pressupõe uma aprendizagem integrada, ativa e centrada no aluno, a partir de problemas que utilizam conceitos científicos aplicados a situações da vida real.

O Brasil é citado em 25 produções, com 96 citações. Desde os anos 2000, a Educação Química gerencia suas discussões pautadas em uma abordagem investigativa e de formação para a cidadania no ensino e na aprendizagem de Química (Bedin, 2019), corroborando aos documentos norteadores nacionais (Brasil, 2000; 2006) e se aproximando dessa tendência ainda que de forma tímida. No que se referem ao **período das publicações**, estão distribuídas entre 1991 e 2023, totalizando um período de 32 anos. A distribuição anual das produções está apresentada no Gráfico 1.

### Gráfico 1

*Quantidade de publicações entre 1990-2023*



Fonte: Autoria própria (2024).

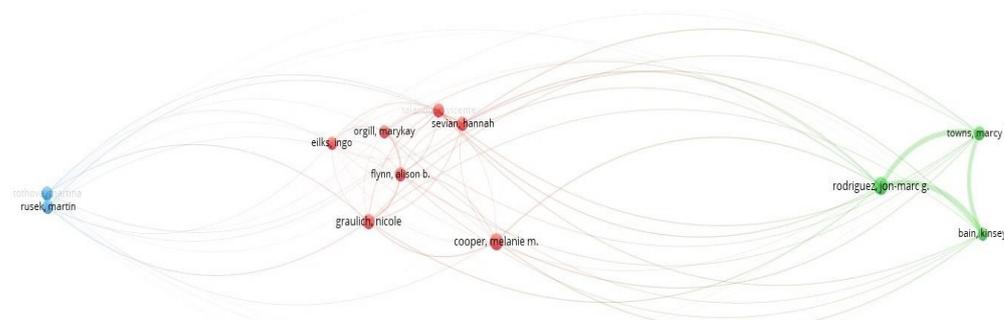
No Gráfico 1, verifica-se que há um crescimento relevante das produções a partir do ano de 2010. Atribui-se a esse fato a hipótese da expansão e da

influência das tendências do STEM para outros países, o que, por consequência, levou os pesquisadores a exercerem aprofundamentos dos estudos sobre o tema. De acordo com Pugliese (2020), o STEM é um movimento que nasce nos EUA e se disseminou, carregando marcas características do sistema educacional estadunidense, incorporado em outros sistemas de ensino em outros países, tornando-se uma tendência internacional. No Brasil, o movimento ainda é insipiente, “mas é possível perceber certa presença direta do movimento por iniciativa de organizações não-governamentais com foco na escola pública; empresas educacionais que oferecem atividades STEM como produto; e escolas privadas que implementaram atividades nesse formato” (Pugliese, 2020, p. 217).

No indicador **acoplamento bibliográfico**, buscou-se os autores que compartilham citações/autores. Dessa forma, foram selecionados 12 autores que partilham citações em pelo menos 20 documentos, conforme apresentado na Figura 3.

**Figura 3**

*Mapa de acoplamento bibliográfico de autores*



Fonte: dados da pesquisa a partir do software Vosviewer (2023).

Esse indicador pressupõe que quanto mais citações de determinado autor, mais influente ele é acerca do tema em questão. Ademais, a presença dos três *clusters* sugerem que há uma maior relação na região central da figura, representado pelo *cluster* vermelho. Em seguida, o cluster verde, que apesar de possuir menor quantidade de citações entre si, apresentam uma coerência e inter-relação autoral, expressas pelas linhas mais espessas. Isso significa que há uma congruência entre os autores citados nos documentos; logo, infere-se que há um referencial teórico ou metodológico comum que subsidia essas pesquisas.

Buscando elucidar a discussão, a Tabela 2 apresenta os *clusters*, os autores selecionados e suas respectivas quantidade de citações.

**Tabela 2**
*Citações por autores e clusters a eles relacionados*

Cluster	Autor	Citações
●	Cooper, Melanie M.	400
●	Talanquer, Vicente.	224
●	Orgill, Marykay.	272
●	Flynn, Alison B.	212
●	Graulich, Nicole.	135
●	Towns, Marcy H.	116
●	Rodriguez, Jon-Marc G.	114
●	Bain, Kinsey.	103
●	Eilks, Ingo.	76
●	Sevian, Hannah.	33
●	Rusek, Martin.	23
●	Tothova, Martina.	23

Fonte: Autoria própria (2024).

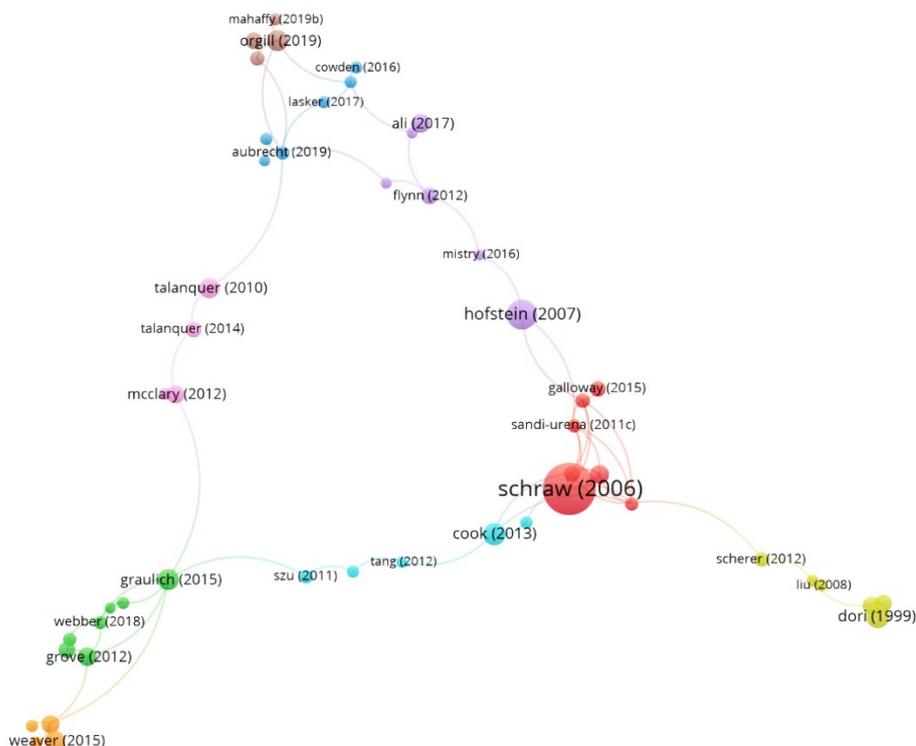
Melanie M. Cooper surge como a pesquisadora mais citada, possuindo como enfoque a discussão sobre habilidades na RP relacionadas à metacognição. A título de exemplo, Cooper e colaboradores (2008) argumentam que embora exista um grande conjunto de pesquisas sobre RP, a avaliação da resolução significativa de problemas é muito difícil, sobretudo para cursos com grande número de alunos, nos quais as interações individuais não são viáveis.

Logo, os autores utilizam um conjunto de ferramentas de *software* para RP em grupos, e avaliam as estratégias de resolução dos alunos e as habilidades deles à medida que mudam ao longo do tempo. Já Cooper e Sandi-Urena (2009) relatam o desenvolvimento e a validação de um instrumento destinado a avaliar a habilidade metacognitiva de estudantes na RP de química, chamado Inventário de Atividades Metacognitivas. Os autores defendem a influência da metacognição na aprendizagem e na RP, uma vez que a promoção da atividade metacognitiva pode produzir melhorias substanciais na resolução de problemas e, conseqüentemente, na aprendizagem em química.

É possível perceber que esse *cluster* (vermelho) compreende os cinco autores mais citados nos documentos analisados. Infere-se, portanto, que há um determinado grupo de pesquisadores que colaboram entre si na discussão acerca da RP. Essa afirmação, inclusive, pode ser corroborada pelo indicador **citação**. Ou seja, no que se refere ao indicador **citação** por documento, a busca por documentos com mais de 30 citações resultou em 88 trabalhos, dos quais 49 estão relacionados entre si. A Figura 4 ilustra os documentos selecionados.

**Figura 4**

*Mapa de citação por documento*



Fonte: dados da pesquisa a partir do software Vosviewer (2023).

O documento mais citado é de Schraw (2006), com 598 citações, o qual apresenta uma revisão de pesquisas sobre aprendizagem autorregulada, e discute as implicações desta pesquisa para o ensino de química. O autor concentra-se em três componentes da aprendizagem autorregulada: cognição, metacognição e motivação, relacionando estes aspectos da autorregulação com as práticas atuais no ensino de química. Em um segundo momento, o autor apresenta seis estratégias de ensino para melhorar a autorregulação na sala de aula de ciências, entre elas a estratégia de RP. Vale ressaltar que este autor (Schraw) também aborda aspectos metacognitivos da aprendizagem, assim como Sandi Urena (2011), justificando a conexão entre os artigos na Figura 4. Sandi Urena, por sua vez, colabora com o autor mais citado, Cooper (Quadro 2).

É possível perceber que a Figura 4 remonta publicações de quatro entre os cinco autores mais citados na Figura 3: Talanquer (2010, 2014), Orgill (2019), Graulich (2015) e Flynn (2012). A convergência entre os dados demonstra a representatividade desses autores para o tema de RP.

Flynn e Biggs (2012) apresentam a experiência de transformar uma disciplina de laboratório de química sintética, orgânica e medicinal, do quarto ano da Universidade de Ottawa, de um formato de laboratório tradicional para um formato de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). Foram desenvolvidos problemas autênticos que se assemelhavam muito aos tipos de problemas que os cientistas enfrentam regularmente. Os autores compreendem que a utilização desses problemas auxiliou na aprendizagem dos conceitos envolvidos na

disciplina; logo, a abrangência de citações de artigo demonstra a importância de utilizar a RP em aulas experimentais.

Graulich (2015) – 99 citações – discute sobre a RP em química orgânica. A autora argumenta que os problemas na química orgânica são classificados de acordo com seu conteúdo – principalmente como matemático, não matemático e mecanismos. Todavia, a resolução de problemas de química orgânica depende mais frequentemente de tendência na reatividade do que matemática, criando mecanismos para prever mudança ou racionalizar relações espaciais. Portanto, resolver dados espectrais e propor mecanismos ou o passo a passo de síntese (solução mecanicista de problemas) são mais frequentemente usados em química orgânica do que em química geral e, portanto, representam uma nova maneira de pensar para alunos em aulas de química orgânica.

A autora, ainda, ressalta que os alunos dependem fortemente da memorização mecânica, e que os exercícios tradicionais de química orgânica, que se limitam a informar o produto, são frequentemente resolvidos sem uma compreensão mais profunda (Graulich, 2015). De acordo com a autora, as práticas atuais se resumem a “problemas” que os alunos respondem de forma sistematiza, e que “os alunos fazem o que queremos que eles façam”. Ou seja, uma receita de bolo, com resultados previstos e sistematizados, sem uma reflexão prévia ou possibilidade de explorar alternativas e/ou caminhos distintos para a resolução. Esse fato torna-se um problema, pois as concepções alternativas, lacunas de conceitos químicos fundamentais ou estratégias de raciocínio errôneas parecem estar ocultas sob uma resposta aparentemente correta.

Assim, é necessária uma combinação apropriada de estratégias instrucionais e de avaliação correspondente para mudar a percepção dos alunos e sua aprendizagem em longo prazo. Logo, pesquisas futuras deverão estabelecer não apenas estratégias instrucionais para promover estratégias de raciocínio bem-sucedidas que não se resumam a questões mecanicistas, mas avaliar que tipo de tarefas são úteis para melhorar a solução mecanicista de problemas e proporcionar outros tipos de habilidades (Graulich, 2015).

Talanquer, em suas produções de 2010 e 2014, possui 94 e 55 citações, respectivamente. Talanquer (2010) discute a importância de um currículo de Química focado em como os químicos “pensam” e como as formas de raciocínio químico podem ser usadas para resolver problemas significativos e realistas em diversas áreas. Para o autor, propor julgamentos e tomada de decisão são aspectos críticos do pensamento químico, ao passo que a função do ensino de química na escola é desenvolver habilidades que permitam ao estudante propor julgamento e tomada de decisão acerca de questões relevantes de cunho político, econômico, ambiental e social (Talanquer, 2010; 2014).

Na pesquisa de 2014, Talanquer (2014) expande a ideia, ao listar os processos cognitivos que fundamentam a tomada de decisão em um movimento crítico por parte do aluno. Nesse sentido, o autor apresenta dez processos cognitivos principais, que podem resultar em um sistema de tendências no julgamento e tomada de decisão, baseados em três aspectos (processos associativos principais, raciocínio indutivo e julgamento afetivo). Assim, a i) ativação associativa, a ii) fluência e a iii) substituição de atributo compreendem

os processos associativos principais; o raciocínio indutivo compreende a iv) tomada de decisão por uma razão, v) similaridade de superfície, vi) reconhecimento; vii) generalização; viii) rigidez, enquanto os julgamentos afetivos compreendem ix) excesso e confiança e x) afeto. Evidencia-se, assim, as potencialidades e as contribuições da abordagem da RP, a partir da pluralidade de ações e dos processos cognitivos que podem vir a desenvolver. Logo, é importante para professores e pesquisadores terem consciência desses processos cognitivos, ao passo que podem elaborar suas atividades e problemas, proporcionando ênfase a determinadas características.

A preocupação de uma modificação curricular expressada nas pesquisas de Talanquer reforça a emergência das palavras-chave “currículo” e àquelas voltadas a distintos níveis de ensino, corroborando à análise de coocorrências das palavras-chave presentes na Figura 1. As ideias de Orgill (2019) – 102 citações – vão ao encontro das concepções de Talanquer, ao citar que o ensino de química implementa sistemas de pensamento reducionistas, sendo preciso avançar no sentido de preparar os estudantes para uma participação efetiva e democrática em decisões políticas, tendo embasamento científico.

Compreende-se que as pesquisas sobre a RP no âmbito da plataforma analisada preocupam-se, sobretudo, a discutir e/ou elucidar sobre a importância dos processos cognitivos envolvidos na resolução de problemas científicos. Delimitar quais processos cognitivos são necessários na RP é uma forma de incentivar e estimular os alunos a desenvolverem estes processos, buscando uma resolução efetiva do problema. Nesse ínterim, Talanquer apresenta a definição de “*Chemical Thinking*”, traduzido no Brasil para “pensamento químico”, como uma compreensão conceitual de conceitos fundamentais de Química, seguindo progressões de aprendizagem bem definidas, apresentando aos estudantes formas contemporâneas de pensamento e resolução de problemas em química, envolvendo-os em atividades realistas de tomada de decisão e solução de problemas (Talanquer & Polard, 2010; Almeida & Broietti, 2023).

Complementarmente, vale ressaltar que as publicações, com exceção de Schraw (2006), datam de 2010 em diante, corroborando às tendências de expansão de pesquisas sobre a RP desde este período, conforme apresentados no Gráfico 1.

## CONCLUSÃO

A utilização do software VOSViewer como ferramenta bibliométrica auxiliou no mapeamento das produções, à medida que forneceu relações entre índices relevantes para compreender o panorama do tema, as inter-relações autorais e os desdobramentos destas sobre o tema RP. Nesse quesito, esse estudo possibilita compreender o movimento de abrangência das publicações e citações em âmbito internacional e seus desenvolvimentos.

O indicador de coocorrência das palavras-chave sugere a RP como tendência curricular para diversos níveis de ensino, e um compromisso com a formação de professores de química. O indicador de citações por países indica uma predominância norte-americana, justificada pela origem da própria plataforma; o movimento STEM auxiliou a expandir os pressupostos de incentivo a um ensino

de Ciências/Química pautado em uma postura investigativa e na RP. Para o indicador ano de publicação, verificou-se um crescimento de produções sobre RP a partir de 2010, abarcando uma tendência de ensino para a área de ensino de Química nos últimos anos.

As tendências de pesquisa que emergem desta análise bibliográfica, a partir dos indicadores citação e acoplamento bibliográfico, sugerem que até 2010 os autores buscaram compreender como ocorre a aprendizagem em Ciências do ponto de vista metacognitivo, ressaltando a importância do papel da autorregulação nesse processo. Assim, a RP surge como uma estratégia para favorecer o desenvolvimento da autorregulação. Nos últimos quinze anos, há um deslocamento da aprendizagem de ciências voltada da perspectiva individual para uma aprendizagem direcionada para o exercício da cidadania num viés coletivo. Os autores sugerem a necessidade de estratégias e metodologias que abordem problemas em sala de aula, para simular e favorecer habilidades que considerem a “tomada de decisão”, essencialmente almejada.

Como limitações da pesquisa, aponta-se a dificuldade em acessar alguns artigos na íntegra, uma vez que determinados periódicos não possuem acesso gratuito. Isso dificulta uma análise qualitativa mais densa. Entretanto, compreende-se que o *corpus* analisado expressa uma representatividade da área, a fim de direcionar ações e pesquisas futuras no que se refere à Resolução de Problemas.

## REFERÊNCIAS

- Assai, N., & Bedin, E. (2024). Resolução de problemas no ensino de Química: uma revisão integrativa. *Revista Diálogo Educacional*, 24(82).  
<https://doi.org/10.7213/1981-416X.24.082.AO05>
- Almeida, F. G., & Broietti, F. C. D. (2023). Explorando o pensamento químico de licenciandos em aulas experimentais remotas. *Química nova na escola*, 45(1), 69-84. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160296>
- Batinga, V. T. S., & Teixeira, F. M. (2014). A abordagem da resolução de problemas por uma professora de química: análise de um problema sobre a combustão do álcool envolvendo o conteúdo de estequiometria. *RBECT*, (1)1, 24-52.
- Bedin, E. (2019). Filme, experiência e tecnologia no ensino de ciências química: uma sequência didática. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 9(1), 101-115.
- Brasil. (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC.
- Brasil. (2006). *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)*. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC.
- Brasil. (2018). Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC.
- Chaves, M. C., & Aguiar, R. (2022). M. *Análise bibliométrica das produções acadêmicas sobre diversidade de gênero e química*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vila Velha.
- Cooper, M. M., Cox Jr., C. T., Case, E E., & Stevens R. (2008). An Assessment of the Effect of Collaborative Groups on Students' Problem-Solving Strategies and Abilities. *Journal of Chemical Education*, 85(6), 866-872.
- Cooper, M. M., & Sandi-Urena, S. (2009) Design and Validation of an Instrument To Assess Metacognitive Skillfulness in Chemistry Problem Solving. *Journal of Chemical Education*, 86(2), 240-245.
- Echeverría, M. D. P, & Pozo, J. I. (1998). Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: Pozo, J. I. (Org.). *A solução de problemas*. (pp.43-65). Artes Médicas.
- Eylon, B. H, & Linn, M. C. (1998). Learning and instruction: An examination of four research perspectives in science education, *Review of Educational Research*, 58(3), 251–301.

- Fernandes, L. S., & Campos, A. F. (2017). Tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 458-482.
- Ferreira, N. S. de A. (2002). As pesquisas denominadas “estado da arte”. *Revista Educação & Sociedade*, 79, 257-272.
- Flynn, A. L., & Biggs, R. (2012). The Development and Implementation of a Problem-Based Learning Format in a Fourth-Year Undergraduate Synthetic Organic and Medicinal Chemistry Laboratory Course. *Journal of Chemical Education*, 89(1), 52-57.
- Gazzoni, A., & Ost, G. (2009). A resolução de um problema: Soluções alternativas e variações na formulação. *VIDYA*, 28(2), 37-45. Recuperado de <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/341>
- Graulich, N. (2015). The tip of the iceberg in organic chemistry classes: how do students deal with the invisible? *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1) 9-21. <https://doi.org/10.1039/C4RP00165F>
- Joaquim, A. C., Alves, E. H. Gomes, K., & Duque, M. E. M. (2010). Análise bibliométrica: o uso de mapas mentais no ensino de química. In Anais do 11° Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia, São Paulo.
- Lima, P. N. de. (2017). *Análise Bibliométrica: conceitos, Métodos e Softwares*. Unpublished.
- Melo, G. C. (2022). *Panorama da STEM literacy nas pesquisas de educação STEM*. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Melo Ribeiro, H. C. (2017). Bibliometria: quinze anos de análise da produção acadêmica em periódicos brasileiros. *Biblios*, 69, 1-20.
- Orgill, M., York, S., & Mackellar, J. (2019). Introduction to systems thinking for the chemistry education Community. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2720-2729. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00169>
- Polya, G. (1978). *A arte de resolver problemas*. Interciência.
- Razera, J. C. C. (2016). Contribuições da cienciometria para a área brasileira de Educação em Ciências. *Ciência & Educação*, 22(3), 557-560.
- Razera, J. C. C., Matos, M. S., & Bastos, F. (2019). Um perfil métrico das pesquisas que destacam a formação de professores na área brasileira de educação em ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(1), 200-222.
- Pugliese, G. O. (2020). Stem Education – um panorama e sua relação com a educação brasileira. *Currículo sem Fronteiras*, 20(1), 209-232. <http://dx.doi.org/10.35786/1645-1384.v20.n1.12>

- Santos, A. L. F. *et al.* (2022). Três tipos de estudos de revisão nas pesquisas Educacionais: caracterização e análise. *Revista Tópicos Educacionais*, 28(2), 135-160. <https://doi.org/10.51359/2448-0215.2022.255963>
- Silva, S. P.; Batinga, V. T. S. (2022). Ensino e Aprendizagem Baseados na Resolução de Problemas: um processo formativo no mestrado em ensino das ciências. In: Campos A. F.; Batinga, V. T. S. B. (Orgs). *Experiências de pesquisa sobre resolução de problemas no ensino das ciências*. (pp. 137–162). Ed. EDUPE.
- Soares, S. V., Picolli, I. R. A., & Casagrande, J. L. (2018). Pesquisa bibliográfica, pesquisa bibliométrica, artigo de revisão e Ensaio teórico em administração e contabilidade. *Administração: ensino e pesquisa*, 19(2), 308–339. <https://doi.org/10.13058/raep.2018.v19n2.970>
- Stamovlasis, D., & Vaiopoulou, J. (2021). Methodological and Epistemological Issues in Science Education Problemsolving Research: Linear and Nonlinear Paradigms. In: Tsarpalis, G. *Problems and problem solving in chemistry education: analysing data, looking for patterns and making deductions*. (pp.387-413). Royal Society of Chemistry.
- Talanquer, V., & Pollard, J. (2010). Let's teach how we think instead of what we know. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 74-83. <https://doi.org/10.1039/C005349J>
- Talanquer, V. (2012). Chemistry Education: Ten Heuristics To Tame. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1091-1097.
- Tsarpalis, G. (2021). *Problems and problem solving in chemistry education: analysing data, looking for patterns and making deductions*. London: Royal Society of Chemistry.
- Tolentino Neto, L. C. B. *et al.* (2021). Entendendo as Necessidades da Escola do Século XXI a Partir do Movimento STEM. 1 ed. Recife: Even3 Publicações.
- Vanti, N. A. P. (2002). Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. *Revista Ciência da Informação*, 31(2), 152-162.
- Zoller, U. (1993). Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS, *Journal of Chemical Education*, 70, 195–197.

**Recebido:** 03 out. 2024

**Aprovado:** 19 mar. 2025

**DOI:** <https://doi.org/10.3895/actio.v10n1.19262>

**Como citar:**

Assai, N. D. de S.; Bedin, E.; & Silva, L. P. (2025). Um estudo bibliométrico sobre a resolução de problemas em química. *ACTIO*, 10(1), 1-18. <https://doi.org/10.3895/actio.v10n1.19262>

**Correspondência:**

Natany Dayani de Souza Assai

Rua Ellis Hermydio Figueira, 783 - Aterrado, Volta Redonda - RJ

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



**Received:** Oct. 3th, 2024

**Approved:** Mar. 19, 2025

**DOI:** <https://doi.org/10.3895/actio.v10n1.19262>

**How to cite:**

Assai, N. D. de S.; Bedin, E.; & Silva, L. P. (2025). A bibliometric study on problem solving in chemistry. *ACTIO*, 10(1), 1-18. <https://doi.org/10.3895/actio.v10n1.19262>

**Address:**

Natany Dayani de Souza Assai

Rua Ellis Hermydio Figueira, 783 - Aterrado, Volta Redonda - RJ

**Copyright:** This article is licensed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence.

