

# Educação em Química: ferramentas culturais digitais e estruturas teóricas para o ensino e avaliação da atomística

Milene Graciele de Almeida <sup>[1]\*</sup>, Marcelo Maia Cirino <sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup> [milene.almeida@uel.br](mailto:milene.almeida@uel.br), <sup>[2]</sup> [mmcirino@uel.br](mailto:mmcirino@uel.br), Departamento de Química, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil

\*Autora correspondente

## Resumo

Este artigo explora a aplicação da Teoria da Ação Mediada de James V. Wertsch ao ensino de estrutura atômica em programas de graduação em química. Utiliza Recursos Educacionais Abertos e mapas conceituais criados com o CmapTools como ferramentas culturais digitais. Este estudo teórico-exploratório revisa a literatura de autores como Wertsch, Vygotsky e Novak, analisando como as ferramentas culturais digitais podem facilitar a internalização, o domínio e a apropriação de conceitos de estrutura atômica. Os resultados mostram que a Teoria da Ação Mediada, ao enfatizar a mediação por meio de ferramentas culturais e a tensão entre indivíduos e instrumentos, fornece um marco sólido para abordar a natureza abstrata da aprendizagem da estrutura atômica. Recursos Educacionais Abertos, com suas licenças abertas e formatos variados, como simulações e animações, juntamente com mapas conceituais digitais, com sua estrutura hierárquica, servem como ferramentas eficazes para o ensino e a avaliação. O estudo conclui que a combinação da Teoria da Ação Mediada, Recursos Educacionais Abertos e mapas conceituais pode aprimorar o ensino da estrutura atômica. No entanto, desafios como a falta de ferramentas culturais digitais específicas e a necessidade de formação e desenvolvimento profissional de professores permanecem. Pesquisas futuras devem se concentrar em avaliações empíricas dessa abordagem em ambientes educacionais reais.

**Palavras-chave:** atomística; educação em química; mapas conceituais; recursos educacionais abertos; teoria da ação mediada.

## *Chemistry Education: digital cultural tools and theoretical frameworks for teaching and assessing atomistics*

### **Abstract**

*This article explores the application of James V. Wertsch's Theory of Mediated Action to teaching atomic structure in undergraduate chemistry teacher education programs. It uses Open Educational Resources and concept maps created with CmapTools as digital cultural tools. This theoretical-exploratory study reviews literature from authors such as Wertsch, Vygotsky, and Novak, analyzing how digital cultural tools can facilitate the internalization, mastery, and appropriation of atomic structure concepts. Results show that the Theory of Mediated Action, by emphasizing mediation through cultural tools and the tension between individuals and instruments, provides a strong framework for addressing the abstract nature of learning atomic structure. Open Educational Resources, with their open licenses and varied formats like simulations and animations, along with digital concept maps, with their hierarchical structure, serve as effective tools for teaching and assessment. The study concludes that combining the Theory of Mediated Action, Open Educational Resources, and concept maps can improve teaching atomic structure. Nonetheless, challenges such as the lack of specific digital cultural tools and the necessity for teacher training and professional development remain. Future research should focus on empirical evaluations of this approach in real educational settings.*

**Keywords:** *atomistics; chemistry education; concept maps; open educational resources; theory of mediated action.*

## 1 Introdução

A atomística compreende o estudo do átomo e, no ensino superior, tem como objetivo proporcionar aos estudantes uma compreensão aprofundada da estrutura, do comportamento e das propriedades da matéria. Na Química, o átomo é a unidade fundamental e, como afirmam Atkins, Jones e Laverman (2018, p. 1), “quase todos os conceitos e definições fazem alusão a ele, e pouco pode ser compreendido sem levá-lo em conta”.

Para o estudante e futuro licenciado em Química, o conhecimento sobre a estrutura da matéria e suas propriedades é de extrema importância, uma vez que o ensino e a aprendizagem dos conceitos envolvidos na atomística apresentam desafios decorrentes de sua complexidade e do elevado nível de abstração requerido para sua representação (Wartha *et al.*, 2010). Para superar tais desafios, é essencial conhecer propostas didáticas que utilizem recursos capazes de apoiar a abordagem do conteúdo e contribuir para a formação do pensamento químico (Wartha *et al.*, 2010; Wertsch, 1985, 1998b).

De acordo com Oliveira e Gois (2022, p. 106), o professor exerce um papel de relevância no processo de formação dos licenciandos em Química, pois é o responsável “não apenas em relação à aprendizagem, mas também em sua carreira”. A partir da prática educativa de um docente motivado, as ações em sala de aula contribuem para o desenvolvimento das atividades propostas para o ensino, bem como para a implementação de práticas, habilidades e competências que dialoguem com o contexto de vivência do estudante.

Nesse cenário, a inserção das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no campo educacional possibilita ao professor utilizar Recursos Educacionais Abertos (REA) como instrumentos de mediação conceitual e de apoio à prática pedagógica. Esses recursos podem favorecer a internalização do conhecimento por meio do domínio e da apropriação promovidos pelas ferramentas culturais digitais. Além disso, ampliam o repertório dos estudantes ao vincularem a interpretação conceitual ao contexto do ambiente escolar, reforçando a conexão entre os conceitos apropriados e o meio sociocultural em que estão inseridos (Wertsch, 1998b).

Para que a utilização da tecnologia pelo docente se destaque e seja significativa, são necessários processos contínuos de formação e capacitação, especialmente no que diz respeito à elaboração de sequências didáticas estruturadas. Essas sequências devem apresentar os conceitos a serem trabalhados, indicar os recursos a serem empregados e envolver os estudantes na construção de materiais, oportunizando a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos nas aulas de Química (Fialho, 2018; Wartha *et al.*, 2010; Wertsch, 1985).

Na análise do domínio e da apropriação conceitual mediada por tecnologia, busca-se respaldo na Teoria da Ação Mediada de James V. Wertsch (1998b), que apresenta contribuições relevantes para a interpretação da aprendizagem e da prática pedagógica, especialmente ao valorizar o uso de diferentes ferramentas culturais, inclusive digitais. Essa teoria também orienta quanto aos diversos meios e práticas de mediação possíveis para direcionar os estudantes ao desenvolvimento de capacidades específicas e habilidades variadas em seus contextos socioculturais (Bakhtin, 1981; Fialho; Vianna Filho; Schmitt, 2018; Mortimer, 1995; Nunes; Del Pino, 2008; Pereira; Ostermann, 2012; Wertsch, 1991, 1998a, 1998b).

Dessa forma, a Teoria da Ação Mediada pode ser aplicada na análise da internalização de conceitos por meio da elaboração de mapas conceituais digitais, distribuídos abertamente, como os produzidos no REA CmapTools. Essa ferramenta permite que o conteúdo abordado nas aulas seja descrito por meio de signos, organizados hierarquicamente, o que favorece a estruturação do conhecimento (Novak; Cañas, 2010).

A atomística, no ensino e na aprendizagem de Química, destaca-se por seus conceitos fundamentais, considerados “conceitos mais básicos, que estruturam todo o estudo da área” (Messenger Neto; Sá; Brito, 2022, p. 13). A ausência de domínio e apropriação desses fundamentos conceituais básicos por parte dos licenciandos pode levar a um ensino da ciência química pautado em reproduções pouco significativas, em que a mera memorização de conceitos não contribui para a formação do pensamento científico e crítico do futuro professor de Química (Messenger Neto; Sá; Brito, 2022).

Considerando a inserção dos REA como ferramentas instrucionais de apoio à formação do licenciado em Química, tanto no ensino quanto na avaliação dos conceitos aprendidos, observa-se a

escassez de estudos fundamentados em teorias que expliquem o processo de ensino e aprendizagem por meio de REA. Nesse sentido, o presente artigo busca compreender como ocorre o processo de ensino-aprendizagem mediado por ferramentas culturais digitais, à luz da Teoria da Ação Mediada de James V. Wertsch (1998b).

Assim, este trabalho tem como objetivo contribuir com estudantes e futuros professores de Química, ao evidenciar, de forma descritiva, a articulação entre a Teoria da Ação Mediada, os REA e os mapas conceituais elaborados no CmapTools, concebidos como instrumentos para a transposição didática no ensino de conceitos e para a avaliação da aprendizagem em atomística.

Este estudo, de cunho teórico-exploratório, contempla um levantamento bibliográfico que apresenta um breve histórico da Teoria da Ação Mediada, dos REA e do software CmapTools, destacando o uso de REA em formatos *online* e *offline* como possibilidades para o ensino e a aprendizagem da atomística.

Assim, propõem-se alternativas aos licenciandos e professores de Química para promover a internalização do conhecimento, com base no processo de domínio e apropriação conceitual, bem como para avaliar o conhecimento por meio de REA disponibilizados em mapas conceituais digitais elaborados no software CmapTools.

O restante artigo está estruturado em seis seções. Na Seção 2, apresenta-se o método adotado para esta pesquisa; na Seção 3, delinea-se a Teoria da Ação Mediada de James V. Wertsch, com foco em seus princípios voltados ao domínio e à apropriação no processo de internalização do conhecimento; na Seção 4, discute-se sobre os REA, suas principais características e sua qualificação como ferramentas culturais digitais, destacando sua potencialidade colaborativa na internalização de conceitos com elevado grau de abstração; na Seção 5, apresentam-se os mapas conceituais, suas potencialidades e, a partir de uma revisão da literatura, evidencia-se a lacuna de estudos que integrem mapas conceituais e REA em cursos de Licenciatura em Química; na Seção 6, propõe-se a integração de REA e mapas conceituais elaborados no CmapTools, conciliados com a Teoria da Ação Mediada, para avaliar o ensino e a aprendizagem da atomística em termos de domínio e apropriação no processo de internalização do conhecimento; por fim, a Seção 7 apresenta as considerações finais e as perspectivas para investigações futuras.

## 2 Método da pesquisa

Este artigo apresenta um estudo de natureza teórica e exploratória, fundamentado na análise de pesquisas previamente realizadas por outros autores sobre a temática em questão. Segundo Gil (2002, p. 41), esse tipo de investigação “tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema de pesquisa, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses”. Assim, a hipótese pode referir-se a ocorrências em casos específicos.

A investigação foi conduzida por meio de levantamento bibliográfico, com o propósito de promover um estudo da literatura e reunir conhecimentos teóricos advindos de trabalhos já desenvolvidos no contexto acadêmico, os quais contribuem para a argumentação acerca das ferramentas compatíveis com a promoção do ensino e da aprendizagem do conteúdo de atomística. Nesse contexto, estabeleceram-se relações assimétricas entre a teoria e os recursos educacionais, ou seja, observaram-se diferenças na forma como teorias pedagógicas e recursos educacionais interagem e se manifestam na prática educativa, com o objetivo de identificar sua influência mútua na promoção do conhecimento.

Dentre as assimetrias, destacam-se a adoção de REA sem fundamentação teórica consistente, em que não se ressalta a construção contextualizada do conhecimento por meio dessas ferramentas culturais digitais, e o uso superficial do CmapTools, sem a devida exploração de seu potencial dialógico e de elaboração mediada.

Desse modo, a pesquisa exploratória permitiu evidenciar as características e potencialidades da Teoria da Ação Mediada, destacando sua aplicabilidade como referencial teórico em investigações sobre o uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) por licenciandos e docentes da área de Química. Com base na revisão da literatura, foram apresentadas as origens dos

REA e dos mapas conceituais, que podem ser consultados em repositórios específicos ou elaborados no software CmapTools.

As vantagens da utilização dos mapas conceituais como ferramenta cultural digital são descritas e referenciadas em Cañas *et al.* (2004), Novak (2010) e Novak e Cañas (2010) com foco no recurso educacional e em sua capacidade para promover e avaliar o ensino e a aprendizagem da atomística. Ao abordar as principais características da Teoria da Ação Mediada, foram discutidos conceitos-chave como ferramentas culturais, aqui representadas pelos REA e pelos mapas conceituais, com ênfase na mediação proporcionada por esses recursos e na sua disponibilidade em formato digital para serem utilizadas no ensino da atomística. Para formular este estudo, foram utilizadas fontes primárias de James V. Wertsch (1998b), autor da referida teoria, bem como estudos empíricos e de revisão de pesquisadores da área.

Destaca-se o aporte teórico da Teoria da Ação Mediada para a compreensão do processo de internalização do conhecimento, sendo apresentadas reflexões acerca do domínio e da apropriação de conceitos no contexto sociocultural do estudante, elementos fundamentais na perspectiva de Wertsch (1998b).

Foi realizada uma revisão da literatura sobre a aplicação de mapas conceituais no ensino e na aprendizagem da atomística, complementada por referências sobre os REA e os mapas conceituais elaborados com o uso do CmapTools. O objetivo foi demonstrar como ferramentas culturais mediadoras podem favorecer processos interativos entre o estudante e os conceitos a serem dominados e apropriados.

Por fim, destaca-se nas discussões, sob perspectiva de Giordan (2008), Fialho (2018) e Oliveira e Mortimer (2022) e demais autores colaboradores, a relevância do papel docente na elaboração de planos de aula que integrem a mediação por meio de ferramentas culturais no processo de ensino. Ressalta-se, ainda, a importância da formação e da familiaridade dos professores com as TDIC, a fim de possibilitar a introdução de ferramentas culturais digitais mediadoras do conhecimento, promovendo o desenvolvimento de habilidades voltadas à produção e à ressignificação dos conceitos de atomística.

### **3 Teoria da Ação Mediada**

A Teoria da Ação Mediada teve seu desenvolvimento inicial nos estudos de Vygotsky (2008); no entanto, a partir da perspectiva sócio-histórica, foi aprimorada por James V. Wertsch (1998b), o qual aborda, em seus trabalhos, a tensão irreduzível entre o agente e o meio mediacional. O autor afirma que, em toda ação mediada por ferramentas culturais, essas exercem papel fundamental na internalização do conhecimento.

Para a formulação da Teoria da Ação Mediada, Wertsch baseou-se nos trabalhos de Vygotsky (2008) e de Bakhtin (1981), abordando aspectos como a produção de significados, o desenvolvimento humano e a internalização do conhecimento, compreendida em termos de domínio e apropriação (Wertsch, 1998b).

Nesse contexto, uma das principais contribuições de Wertsch está na aproximação sociocultural da mente, em contraposição ao termo histórico-cultural adotado por Vygotsky (Wertsch, 1985). Em suas pesquisas, Wertsch (1985) buscou compreender o funcionamento da mente humana a partir da investigação do meio social em que o indivíduo está inserido, observando materialmente onde o fenômeno da aprendizagem se manifesta.

Assim, a Teoria da Ação Mediada pode ser compreendida como uma unidade extensiva dos processos mentais dos sujeitos que utilizam meios mediacionais situados em contextos culturais, institucionais e históricos, resultando em ações mediadas (Oliveira; Mortimer, 2022). Ao investigar o funcionamento da mente humana, Wertsch (1998a) considerou os aspectos do meio social e material do indivíduo como manifestações complementares do fenômeno da aprendizagem.

Com base na descrição da aprendizagem científica, Vygotsky (2008) já apontava a necessidade de uma atitude mediada diante do objeto de aprendizagem. Nesse caso, o desenvolvimento de conceitos científicos é centrado na semântica. Para Vygotsky (2008), os processos mentais mediados

por ferramentas e signos podem ser compreendidos como suporte às funções mentais voltadas para o domínio do conhecimento.

A partir dessas conclusões, Wertsch (2010) define que a mediação é fundamental para o desenvolvimento das ações humanas, especialmente na relação entre fala e pensamento, envolvendo uma combinação irreduzível entre o agente e a ferramenta cultural. Assim, em Wertsch (1998a), a mente humana e seu funcionamento são mediados por ferramentas culturais inseridas no contexto sociocultural específico da vivência do indivíduo.

Wertsch (1998b) utiliza os termos agente e ferramenta cultural, os quais derivam da noção de ação mediada desenvolvida por Vygotsky (1991), que já destacava a relevância da mediação cultural no desenvolvimento humano. O termo *agente* refere-se ao sujeito atuante no processo de mediação e na interação com seu ambiente, fornecendo suporte e orientação para a promoção do desenvolvimento cognitivo e da aquisição de habilidades (Wertsch, 1998b).

Quanto às ferramentas culturais, essas dizem respeito a quaisquer meios ou artefatos empregados para promover a aprendizagem e contribuir para a resolução de problemas. Entre esses recursos incluem-se objetos físicos, como livros, calculadoras e computadores, além de conceitos, símbolos e a linguagem, elementos que colaboram com a atividade mental do agente e expandem suas capacidades cognitivas (Wertsch, 1998b).

Além dos estudos de Vygotsky (2008), Wertsch (1998b) analisou também os trabalhos de Bakhtin (1981) sobre a translinguística, investigando o uso de gêneros discursivos e linguagens sociais. Os gêneros discursivos referem-se aos enunciados produzidos em comunicações verbais, enquanto as linguagens sociais correspondem aos tipos de transmissores envolvidos nas interações por conversação.

As contribuições de Bakhtin no que se refere à dialogicidade, à multivocalidade e às ferramentas de mediação complementam e enriquecem as formulações da teoria de Wertsch, ampliando suas conclusões sobre a aquisição do conhecimento (Bakhtin, 1981; Wertsch, 1995).

Ainda com base em Bakhtin, Wertsch explora o modelo de transmissão e comunicação, utilizando como exemplo situações de comunicação na língua inglesa, com base no uso de metáforas (Wertsch, 1985). Esse modelo, segundo Wertsch (1991), pode ser aplicado ao ambiente escolar, influenciando e transformando o processo mediacional no ensino de Ciências e Matemática, por favorecer a formação de novas formas de pensamento.

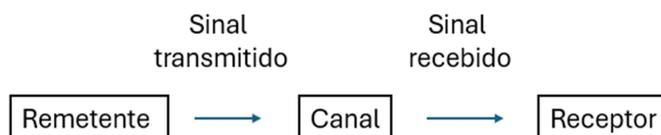
Contudo, Wertsch (1991) adverte que o uso de metáforas na comunicação pode induzir a interpretações equivocadas, reduzindo-a a um modelo linear de transmissão, representado como a simples transferência de ideias por um canal a receptores passivos, com o conhecimento tratado de forma estática. No ensino de Química, pode-se exemplificar esse processo em situações em que a transmissão de conceitos pelo professor (remetente), mediada por uma linguagem (canal) que não integra o contexto sociocultural do estudante, transforma-o em receptor passivo, recebendo conceitos prontos sem a necessidade de mediação ou reinterpretação.

Um exemplo pode ser citado a partir da abordagem de definições. Conforme Messenger Neto, Sá e Brito (2022, p. 14) exemplificam em *Conceitos químicos em debate*, ao definir substâncias e misturas na Química, esta “pode ser definida como a porção da matéria que apresenta um dado constituinte, enquanto a mistura seria uma porção que apresenta mais de um dado constituinte”. Nesse caso, o termo “constituinte” pode tornar-se “abstrato” por não estar integrado ao vocabulário dos estudantes, levando-os a concepções equivocadas e interferindo na aquisição de outros conhecimentos da ciência química.

Para evitar essa distorção, Wertsch (1991) propõe o modelo de transmissão e comunicação derivado da metáfora do conduíte, representado na Figura 1. Nesse modelo, o conhecimento é simplesmente transferido de forma linear entre emissor e receptor. O autor enfatiza, entretanto, que o conhecimento deve ser construído por meio da mediação com ferramentas culturais em uma abordagem sociocultural. Neste trabalho, consideram-se como tais ferramentas os REA e o CmapTools. Assim, o canal de comunicação pode ser configurado de acordo com o contexto sociocultural do estudante, refletindo suas concepções e visões de mundo, de modo a transformá-lo em

receptor ativo, capaz de realizar ações e elaborar significados sobre conceitos científicos em conformidade com suas vivências.

Figura 1 – Modelo de transmissão e comunicação a partir da metáfora linguística



Fonte: traduzido e adaptado de Wertsch (1991, p. 72)

Sob uma perspectiva bakhtiniana, considera-se inviável conceber um significado ou mensagem únicos sem algum grau de problematização. Isso ocorre porque, ao compartilhar uma mensagem, o remetente a codifica a partir de sua própria perspectiva, o que pode ou não manter um único sentido posteriormente transmitido ao receptor. Este, por sua vez, pode decodificá-la de modo passivo ou, ainda, não estabelecer a devida identificação e interpretação (Wertsch, 1991). Nessa perspectiva, o modelo de comunicação linear de transmissão de conceitos (Figura 1) contrasta com a ação mediada, em que a comunicação ocorre de forma ativa e são considerados os meios mediacionais.

Dessa forma, Wertsch (1991) evidencia a importância da linguística no processo da ação mediada. Com base nos estudos de Bakhtin (1981), o autor aponta que, nesse modelo de comunicação, a transmissão pode ocorrer de duas maneiras: a primeira refere-se à argumentação sobre a correção ou incorreção de determinada abordagem; a segunda está relacionada à identificação de formas pelas quais os conhecimentos transmitidos, a partir de uma ou mais abordagens, podem ser incorporados em cenários mais inclusivos, ou seja, aqueles que favorecem a criação de insights motivadores (Wertsch, 1991).

Wertsch (1998a) observa que tanto Vygotsky quanto Bakhtin concentraram-se em estudar como a linguagem e outros sistemas semióticos podem ser utilizados na produção de significados, sendo o significado, em especial, o elemento que molda a ação humana dentro de uma dada situação sociocultural.

Nesse sentido, a Teoria da Ação Mediada, originada na perspectiva histórico-cultural, amplia a compreensão da mediação por ferramentas culturais inseridas no contexto sociocultural do indivíduo. Ao fazê-lo, revela a presença de uma tensão irreduzível entre o sujeito e o meio mediacional por ele utilizado ao executar uma ação, tensão essa que constitui uma unidade de análise pertinente ao estudo do desempenho no processo de aprendizagem (Oliveira; Mortimer, 2022; Pereira; Ostermann, 2012).

Conforme Wertsch (1998b), o meio mediacional, ou as ferramentas culturais, molda as formas pelas quais diferentes culturas, instrumentos de trabalho e linguagens influenciam o indivíduo. A tensão irreduzível, nesse caso, refere-se à relação entre o sujeito e o uso dessas ferramentas culturais dentro de seu próprio contexto sociocultural.

Atualmente, busca-se compreender como se estabelece a relação entre o indivíduo e a ferramenta cultural digital, a qual permite o acesso a uma ampla variedade de recursos mediacionais disponibilizados via internet. Contudo, a utilização eficaz de um meio mediacional digital pode tornar-se complexa na ausência de um mediador capaz de empregar signos e elementos semióticos. Esse mediador precisa possuir habilidades específicas para orientar a organização do acesso a fontes fidedignas, de modo que contribuam efetivamente para a aquisição do conhecimento (Pereira; Ostermann, 2012).

De acordo com Pereira e Ostermann (2012, p. 34), “a escolha de uma ferramenta cultural pode basear-se fortemente na orientação de outros, proporcionada através da interação social”. Um exemplo prático é a escolha do livro didático no ensino básico: ainda que os professores conheçam as teorias que o fundamentam, tendem a optar pelo material que melhor se adequa ao cenário sociocultural dos estudantes.

Alguns critérios estabelecidos na Teoria da Ação Mediada orientam os professores na seleção de ferramentas culturais digitais. Entre seus princípios, destacam-se a necessidade de maior

disponibilidade técnica, o planejamento intencional e o uso de estratégias como *scaffolding* (termo em inglês que remete à construção de estruturas de apoio, representado na Teoria da Ação Mediada como a construção e elevação do conhecimento a níveis mais complexos) e a contextualização (Wertsch, 1991). Assim, as ferramentas escolhidas não devem ser reduzidas à transmissão passiva de conceitos (metáfora do conduíte), mas possibilitar uma ação criativa em seu uso, promovendo a reflexão no processo de mediação.

Dessa maneira, torna-se evidente a necessidade de um plano de ação que favoreça tanto a internalização quanto o domínio da ferramenta cultural digital, bem como do conhecimento que ela proporciona. Nessa perspectiva, a ferramenta mediacional digital deve ser utilizada com habilidade para que possibilite ao indivíduo um acesso apropriado ao conhecimento (Pereira; Ostermann, 2012).

Ao se utilizar uma ferramenta cultural, é pertinente recorrer ao conceito de domínio, uma vez que este está presente em praticamente todas as formas de ação mediada (Pereira; Ostermann, 2012). Wertsch (1998b) esclarece que a internalização do conhecimento está relacionada à noção de apropriação por parte do indivíduo, conceito esse advindo dos estudos de Bakhtin (1981), que compreendia a apropriação como o processo pelo qual o sujeito toma posse de palavras e termos, tornando-os próprios.

Entretanto, a apropriação do conhecimento não implica, necessariamente, o domínio da ferramenta cultural digital disponibilizada. O indivíduo pode interagir com a ferramenta e utilizar seu conteúdo sem, no entanto, conseguir mobilizá-lo em contextos distintos daquele em que foi originalmente inserido. Assim, o papel das ferramentas culturais digitais, contextualizadas segundo o ambiente sociocultural, é essencial para que, por meio de uma mediação eficaz, a internalização se converta em domínio e o conhecimento adquirido possa ser compreendido e utilizado (Oliveira; Mortimer, 2022).

No contexto educacional, compreende-se que o uso de ferramentas culturais envolve a adoção de recursos mediacionais de natureza visual, tecnológica e social, com o objetivo de mediar o acesso ao conhecimento (Wertsch, 1991). No ensino de Química, observa-se que a teoria científica e seus inúmeros conceitos evidenciam a necessidade de estratégias que auxiliem os estudantes na compreensão de conceitos abstratos, como os relacionados à estrutura atômica (Atkins; Jones; Laverman, 2018).

Segundo Oliveira e Mortimer (2020), no ensino superior, as aulas de Química geralmente são organizadas e conduzidas com foco na transmissão de conteúdo. Nesse modelo, o professor detém o conhecimento, enquanto o estudante se mantém passivo, apenas recebendo informações sem estabelecer relações com os conceitos. Nessa configuração, não há internalização do conhecimento, mas apenas uma aprendizagem superficial, centrada na memorização para fins avaliativos (Oliveira; Mortimer (2020).

Como evidência empírica que corrobora tais reflexões, cita-se o artigo *Os percursos de transformação da Ação Mediada por Recursos Educacionais: o ponto de vista de uma professora de Química Orgânica de Ensino Superior*, de Oliveira e Mortimer (2020). Nesse estudo, os autores analisam o processo reflexivo de uma professora a partir de entrevista, apontando limitações e possibilidades no uso de recursos educacionais no ensino de Química Orgânica, com impactos nas dificuldades enfrentadas em sua prática docente.

Retoma-se, nesse ponto, a metáfora trabalhada nos estudos de Bakhtin e detalhada por Wertsch (1991), pois ela expressa os aspectos de uma abordagem bakhtiniana do significado, o qual é traduzido pelo indivíduo com base em seu contexto sociocultural. Nessa perspectiva, o conceito de átomo pode ser construído a partir de uma imagem não comprometida, formulando-se como uma função textual dialogada e aparentemente irrefutável. Contudo, no ambiente de sala de aula, a autoridade atribuída a um texto pode ocasionar a rejeição do significado literal do conceito, caso não ocorra um processo de mediação adequado (Wertsch, 1991).

Nesse cenário, a utilização de recursos educacionais na prática da mediação é amplamente defendida por autores como Vygotsky (2008), Wertsch (1991, 1998b), Giordan (2008), Quadros e Mortimer (2014), Oliveira, Sá e Mortimer (2019), e Oliveira e Mortimer (2022). Tais recursos

contribuem para a compreensão de modelos com elevado grau de abstração e favorecem a formação de significados no ambiente de aprendizagem.

Diante do exposto, a Teoria da Ação Mediada, proposta por James V. Wertsch (1998b), apresenta-se como uma abordagem promissora para compreender e enfrentar os desafios educacionais contemporâneos. Ao empregar ferramentas culturais digitais como instrumentos de mediação de conceitos, busca-se que o indivíduo alcance a internalização do conhecimento, apropriando-se e dominando a ferramenta mediacional utilizada.

À luz do exposto, os Recursos Educacionais Abertos (REA) configuram-se como ferramentas culturais acessíveis on-line e off-line, distribuídas sob licenças abertas e em formatos diversificados, com potencial para apoiar a construção de significados e a internalização de conceitos abstratos em atomística no ensino superior de Química, sem descurar das limitações e das potencialidades das representações conceituais recorrentes nesse campo de ensino.

#### 4 Recursos Educacionais Abertos (REA)

Os REA ganharam destaque no início do século XXI. O movimento em prol desses recursos surgiu em 2002, impulsionado pela crescente disponibilidade da internet e pela percepção de que o compartilhamento aberto de materiais educacionais poderia democratizar o acesso à educação em escala global (Fialho, 2018).

De acordo com a Declaração de Paris sobre os REA, formalizada em congresso mundial em 2012, entende-se por REA todo material de ensino, aprendizagem e investigação, em quaisquer suportes, digitais ou não, que estejam em domínio público ou licenciados de maneira a permitir livre acesso, adaptação e redistribuição por terceiros, desde que sejam respeitados os direitos de propriedade intelectual e atribuída a devida autoria (UNESCO, 2012). Essa declaração reforçou e ampliou objetivos já estabelecidos em documentos anteriores, determinando diretrizes para apoiar, promover, facilitar e incentivar tanto a produção quanto o uso desses recursos (UNESCO, 2002).

Após a pandemia de COVID-19, a integração de tecnologias no ensino e na aprendizagem avançou significativamente. Segundo Medeiros *et al.* (2021), os REA contribuíram de forma expressiva com o sistema educacional, especialmente no suporte a professores atuando remotamente. Dessa forma, os impactos da pandemia foram mitigados na educação, o que resultou em uma reformulação do guia de práticas para a Educação Aberta, conduzida pela UNESCO.

O denominado movimento REA fundamenta-se no princípio de que o acesso a recursos educacionais deve garantir liberdade para uso, personalização, aprimoramento e redistribuição, promovendo um espaço educacional acessível, contínuo e inclusivo. Nesse contexto, Fialho (2018), Medeiros *et al.* (2021) e Cavichioli-Lauermann e Mallmann (2023, p. 150) apresentam as liberdades essenciais para o uso dos REA, conhecidas como os “5Rs”: *review* (revisar), *reuse* (reutilizar), *remix* (remixar), *redistribute* (redistribuir) e *retain* (reter).

Ao analisarem teses e dissertações brasileiras que utilizam REA como objeto de investigação, Cavichioli-Lauermann e Mallmann (2023) constataram que, no processo de ensino-aprendizagem, as práticas mais recorrentes referem-se ao reuso, à retenção e à redistribuição. Os autores indicam, portanto, a necessidade de formação docente voltada para práticas de revisão e remixagem, bem como a importância da articulação com políticas públicas educacionais que fomentem a criação de repositórios e o compartilhamento sistemático de conteúdos, consolidando a educação aberta.

A licença *Creative Commons* (CC) constitui uma organização internacional sem fins lucrativos que padroniza o uso de obras em conformidade com as leis de direitos autorais (Fialho, 2018). No acesso ao *site*<sup>1</sup> é possível explorar artigos, instruções, vídeos e diferentes conteúdos orientadores sobre as licenças disponíveis, de modo a escolher aquela que seja mais adequada para o trabalho a ser licenciado de forma aberta.

De acordo com Santana (2012), para que um recurso educacional seja disponibilizado de maneira aberta, pode-se utilizar seis tipos de licenças, sendo a CC BY a mais permissiva, uma vez que

---

<sup>1</sup> Creative Commons. Disponível em: <https://creativecommons.org/>

permite a distribuição, adaptação, remixagem e desenvolvimento do material, desde que seja atribuída a autoria de forma apropriada.

A licença CC BY revela-se particularmente compatível com os princípios dos REA, pois não impõe restrições ao uso dos recursos, o que potencializa seus benefícios sociais ao promover uma educação verdadeiramente aberta (Fialho, 2018). Diversos projetos e iniciativas têm utilizado essa licença para criar e disseminar REA em distintas áreas do conhecimento.

Segundo Alvarenga e Cristovão (2023), o movimento REA continua em expansão, com o propósito de tornar a educação mais acessível e inclusiva por meio do compartilhamento de materiais educacionais de qualidade. Os autores destacam que, no contexto da educação a distância, o uso de Objetos Educacionais (OE), disponibilizados pelas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), estimula a curiosidade e incentiva os estudantes na busca ativa pelo conhecimento.

Mortimer e Machado (2017, p. 321) esclarecem que os REA “seguem a mesma linha dos objetos de aprendizagem, com a ressalva de que os elementos, além de utilizados e reutilizados, podem também ser modificados e adaptados livremente”. Nessa perspectiva, os OE também podem ser classificados como REA, ainda que não sejam passíveis de modificação, uma vez que sua licença restringe-se às possibilidades de revisão, reutilização e retenção.

Assim como os REA, os OE encontram-se armazenados em ambientes digitais e podem ser acessados em formatos diversos, texto, vídeo, áudio, imagem, softwares e aplicativos, desde que estejam sob licenças abertas (Mortimer; Machado, 2017). De acordo com Cirino e Souza (2000) e Alves (2020, p. 510), os OEs são definidos como materiais acessíveis em formatos como imagens, páginas HTML, animações ou simulações, “jogos”, “bibliotecas digitais”, “hipertextos”, “videoaulas”, “softwares, dentre outros” e possuem potencial significativo para a construção do conhecimento contribuindo com a “prática pedagógica”.

Cirino e Souza (2000) e Braga (2019) ressaltam a relevância da criação e do uso de repositórios de conteúdo pedagógico para o ensino de Ciências, pois estes se configuram como ferramentas ativas no processo didático e na formação cidadã dos estudantes, viabilizando diferentes temáticas voltadas à aquisição do conhecimento. Nesse contexto, repositórios compostos por materiais didáticos licenciados sob *Creative Commons* são considerados bens públicos e podem ser utilizados livremente por docentes para fomentar o ensino e a aprendizagem.

Os REA, além de promoverem a continuidade da produção aberta, geram benefícios diversos ao contribuir para transformações culturais e sociais. Esse impacto se intensifica ao considerar as TDIC, que oferecem possibilidades de ativação da criatividade e favorecem o domínio e a apropriação de conceitos científicos (Santana, 2012).

No ensino de Química, as representações digitais assumem papel central. Oliveira e Mortimer (2022) classificam os recursos educacionais digitais como ferramentas fundamentais para a construção de conhecimento especializado. Os autores observam que os conteúdos da Química envolvem fenômenos e processos em escala atômica, sendo, portanto, altamente abstratos. Por isso, a utilização de representações visuais ou digitais dessas entidades ou fenômenos auxilia significativamente na compreensão por parte dos estudantes.

A utilização de OEs e REAs é apontada como alternativa pedagógica viável, aplicável a todas as áreas do conhecimento e, em especial, ao ensino de Química. Conforme destacam Cirino e Souza (2000), UNESCO (2012), Mortimer e Machado (2017) e Fialho (2018), tais recursos contribuem de forma significativa para a aprendizagem, sobretudo diante das dificuldades relacionadas ao domínio conceitual. Ao serem empregados como ferramentas instrucionais digitais, ampliam as possibilidades didáticas, oferecendo novas formas de abordagem dos conteúdos curriculares.

Dessa forma, observa-se que o movimento REA mantém sua trajetória de expansão, com vistas a uma educação mais acessível e equitativa. No contexto da atomística, os REAs e os OEs podem incluir simulações, animações, vídeos, infográficos e softwares interativos, configurando-se como ferramentas culturais digitais capazes de abordar conceitos complexos e contribuir para a compreensão desses temas por parte dos estudantes.

## 5 Mapas conceituais e suas potencialidades para avaliar o ensino e a aprendizagem da atomística

Os mapas conceituais são representações visuais que organizam hierarquicamente conceitos e suas relações, configurando-se como ferramentas gráficas de representação do conhecimento (Novak; Cañas, 2010).

A elaboração de mapas conceituais teve início em meados de 1972, na Universidade de Cornell, a partir das pesquisas de Novak, que buscou compreender como as crianças assimilavam conhecimentos científicos. Com base nesses estudos, o autor idealizou a representação do conhecimento por meio da configuração dos mapas conceituais (Novak; Cañas, 2010).

Segundo Novak e Cañas (2010), na construção dos mapas conceituais, os conceitos são organizados dentro de uma estrutura representacional, sendo suas relações indicadas por linhas conectadas por palavras, verbos ou frases de ligação que explicitam a natureza da associação entre os conceitos apresentados.

Desse modo, os mapas conceituais se tornaram ferramentas de grande relevância no campo educacional, uma vez que proporcionam diversas vantagens para o processo de ensino e aprendizagem. Ao serem utilizados em sala de aula, esses instrumentos podem auxiliar na compreensão de conceitos complexos, pois promovem a visualização do conhecimento, permitindo uma representação clara e organizada das relações conceituais apropriadas (Cañas *et al.*, 2004).

A inserção dos mapas conceituais no ambiente escolar favorece a construção ativa do conhecimento, estimulando a criatividade e o envolvimento do estudante em sua elaboração (Dantas *et al.*, 2021). A estrutura dos mapas pode colaborar na formação da memória, sendo ferramentas versáteis, adaptáveis a diferentes estilos de aprendizagem e aplicáveis a diversas áreas do conhecimento, inclusive em contextos avaliativos (Dantas *et al.*, 2021).

A literatura especializada apresenta diversos trabalhos que discutem e exploram as potencialidades dos mapas conceituais no ensino e aprendizagem das ciências, evidenciando seu caráter inovador tanto no aspecto teórico quanto metodológico. Destacam-se, entre essas contribuições, os estudos de Novak e Cañas (2010), Trindade e Hartwig (2012), Fialho, Vianna Filho e Schmitt (2018), Tavares, Müller e Fernandes (2018), Ferreira, Mateus e Moretti (2022) e Silveira e Vasconcelos (2023).

Com o intuito de investigar a aplicação de mapas conceituais no ensino e aprendizagem da atomística, foi realizada uma pesquisa bibliográfica abrangendo publicações entre os anos de 2019 e 2025. Foram consultadas as plataformas “Periódicos Capes”, “Web of Science” e “Google Acadêmico”, utilizando-se das palavras-chave “mapas conceituais”, “átomo” e “atomística”, combinadas entre si pelo operador booleano “AND”. Contudo, a busca não resultou em número expressivo de artigos dentro dos critérios estabelecidos para inclusão e exclusão.

Os critérios de seleção priorizaram artigos escritos em língua portuguesa, revisados por pares, com recorte empírico e que apresentassem os termos de interesse no título, no resumo e nas palavras-chave. No Periódicos Capes e no Web of Science não foram identificados artigos que atendessem aos critérios. Já no Google Acadêmico, foram encontrados onze artigos com a combinação “mapa conceitual” and “átomo”, porém nenhum com o termo “atomística”.

Desses onze artigos, após análise dos resumos e palavras-chave, apenas dois apresentaram pesquisas empíricas com aplicação de “mapa conceitual” e “átomo”, sendo, portanto, incluídos neste estudo. Os demais apresentavam revisões bibliográficas, e apenas dois enfocavam o ensino de Química, sendo os outros voltados ao ensino de Física.

Os dois artigos selecionados atenderam aos critérios de inclusão e propuseram estratégias de uso de mapas conceituais no ensino da atomística, embora com foco restrito ao conceito de átomo. O primeiro, de autoria de Alves, Alanis e Costa (2010), apresenta uma proposta de introdução à Física no ensino médio partindo do conceito de átomo. O uso do mapa conceitual é sugerido como ferramenta didática para avaliação da aprendizagem, sendo inclusive apresentado um exemplo elaborado com o software CmapTools. Contudo, este mapa não é referenciado diretamente no corpo do artigo.

O segundo artigo, de Nunes e Del Pino (2008), descreve uma estratégia didática com uso de mapas conceituais para identificar e avaliar o conhecimento dos componentes curriculares de Química e Biologia, favorecendo a interdisciplinaridade. O estudo do átomo é abordado com estudantes do

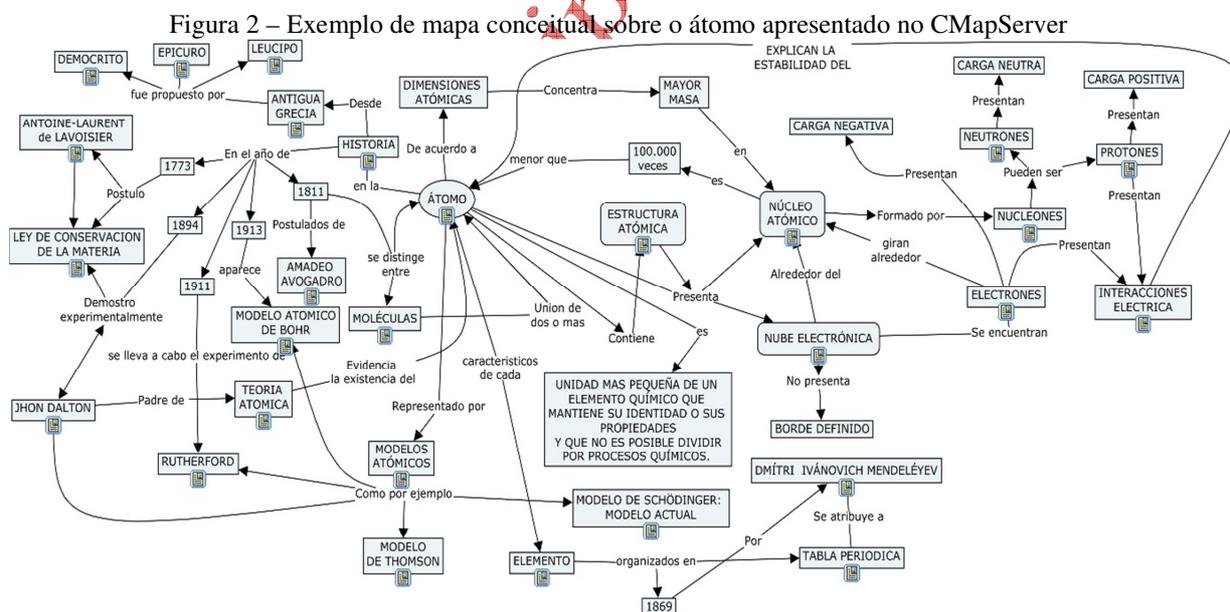
ensino médio. Os autores relatam dificuldades dos estudantes tanto na elaboração dos mapas quanto na organização conceitual, atribuídas à falta de familiaridade com a ferramenta ou à compreensão limitada dos conceitos relacionados ao átomo. Os mapas conceituais, neste trabalho, foram elaborados manualmente pelos discentes. Para que obstáculos nesse processo sejam superados, Nunes e Del Pino (2008) sugerem o aumento da inclusão de atividades com mapas conceituais no ensino, bem como a reelaboração constante desses mapas, favorecendo a organização de pensamentos e percepções não explicitadas no processo inicial de formulação.

Durante a pesquisa nos bancos de dados, foram localizados vários estudos com uso de mapas conceituais no ensino de Química, predominantemente voltados ao ensino médio e a outros conceitos químicos que não englobam a atomística, o foco da presente investigação. Foram analisados diversos artigos, nos quais se evidenciou a escassez de estudos com aplicação didática dos mapas conceituais no ensino superior utilizando-se da estratégia dos REA.

Observou-se, assim, que os REA em formato de software para elaboração de mapas conceituais constituem uma possibilidade a ser mais amplamente explorada, especialmente no contexto das TDIC na formação docente. A inserção de softwares gratuitos como o CmapTools<sup>2</sup> pode contribuir significativamente para o processo de ensino-aprendizagem, oferecendo aos futuros licenciados em Química alternativas metodológicas para promoção e avaliação do conhecimento.

Nesse sentido, o CmapTools<sup>2</sup> é um software de autoria de mapas conceituais desenvolvido pelo Institute for Human and Machine Cognition (IHMC) da University of West Florida. A ferramenta é multiplataforma, podendo ser utilizada *online* ou *offline*, mediante cadastro no site, com possibilidade de download para computadores de mesa, notebooks e tablets.

O site oficial permite o acesso a materiais instrucionais e ao repositório CMapServer, no qual usuários podem compartilhar e analisar modelos de mapas conceituais elaborados por estudantes e pesquisadores. No aplicativo para download, esse repositório contém exemplos de mapas conceituais prontos, que podem servir de base para novos estudos e práticas pedagógicas. A Figura 2 apresenta um exemplo de mapa conceitual sobre o átomo, extraído do servidor CMapServer.



Fonte: <https://cmap.ihmc.us/cmaptools/cmaptools-download/> (Cmap, 2025)

Ao acessar os mapas conceituais armazenados no CMapServer, é possível exportá-los nos formatos XML/XTM, o que possibilita seu compartilhamento com professores e a integração com outras ferramentas tecnológicas que podem contribuir na construção e na formatação dos mapas.

<sup>2</sup> Cmap Tools. Disponível em: <https://cmap.ihmc.us>

Durante a elaboração, podem ser inseridas mídias como sons, imagens e vídeos, por meio de links, além da possibilidade de complementação de mapas previamente disponíveis de forma aberta no CMapServer ou, ainda, da criação de redes colaborativas entre os elaboradores.

Na Figura 2, ao analisar o mapa conceitual sobre o átomo, observa-se que a elaboração é em rede, ou seja, os conceitos estão interconectados, evidenciando as relações acerca do conteúdo conceitual do mapa e o encadeamento entre eles (Aguiar; Correia, 2013). Para Aguiar e Correia (2013), quando um mapa apresenta ligações hierárquicas e cruzadas, significa que, em seu processo de elaboração, ocorreu a expansão da criatividade e o estímulo à revisão integrativa. Nesse sentido, o mapa conceitual, ao ser acessado pelos pares, oportuniza diferentes percursos interligados entre si e possibilita o acesso ao conteúdo conceitual sobre o átomo por meio dos links adicionados em referência ao conteúdo representado.

A aplicabilidade do mapa representado na Figura 2 para o ensino de Química pode ocorrer na exemplificação aos estudantes, visto que, a partir de um exemplo real, é possível analisar, elaborar e compreender os elementos que caracterizam um bom mapa conceitual. Em relação à construção de um mapa colaborativo, o professor pode orientar os estudantes a, ao analisar o mapa, identificar lacunas no conhecimento exposto, acrescentando conceitos ainda não contemplados, ou, ainda, disponibilizar *links* de acesso a conteúdos mais robustos para complementar a teoria apresentada.

Nesse contexto, o CMapTools configura-se como um Recurso Educacional Aberto (REA) com elevado potencial para a significação de conceitos químicos, sobretudo no contexto do ensino da atomística nos cursos de licenciatura em Química (CMAP, 2025). Atkins, Jones e Lavermann (2018) ressaltam a importância da apropriação dos conceitos relacionados à atomística, destacando que o domínio desses saberes é fundamental para a compreensão dos demais conteúdos da Química.

Nesse sentido, Mortimer (1995), no artigo “Concepções atomistas dos estudantes”, evidencia as dificuldades enfrentadas pelos discentes para compreender a existência de espaços vazios entre as partículas da matéria, concluindo que a construção sólida dos conceitos atômicos exige o domínio integral do atomismo, tanto no que se refere à compreensão dos modelos atômicos quanto à internalização de conceitos mais avançados, como a ligação química.

Nunes e Del Pino (2008), em suas investigações, realizaram uma análise utilizando mapas conceituais como estratégia de avaliação em rede, abordando o tema “átomo”. Os autores relataram dificuldades dos estudantes na elaboração dos mapas e uma evidente insegurança ao descreverem os conceitos atômicos. Essas dificuldades podem ser atribuídas à escassa utilização dessa estratégia didática em sala de aula e à insegurança quanto ao domínio dos conceitos exigidos.

Ao refletirem sobre a natureza abstrata do conceito de átomo, Wartha *et al.* (2010) evidenciam, em sua pesquisa, a necessidade de articulação entre os diversos aspectos do conhecimento químico relacionados ao átomo para o desenvolvimento de demais conceitos na ciência Química. Os autores argumentam que o conhecimento do conceito de elemento químico é estruturante, servindo de base para a correta compreensão de outros conceitos fundamentais como átomo, molécula, substância, reações químicas e ligações químicas.

O avanço tecnológico aplicado ao ensino e à aprendizagem é abordado por Cavalcante e Silva (2022), que apontam a emergência de novas oportunidades nas práticas pedagógicas com o apoio das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC). Estas, segundo os autores, permitem a apropriação do conhecimento de forma ágil, promovem aulas mais dinâmicas e atrativas, além de posicionarem o estudante como protagonista no processo de construção do saber. Os autores reforçam, ainda, o papel das TDIC como ferramentas instrucionais aliadas do processo educativo, pois favorecem o compartilhamento de informações entre pares e contribuem significativamente para a aprendizagem.

Dessa forma, constata-se que, no ensino da atomística, os mapas conceituais podem ser caracterizados como uma ferramenta tecnológica de grande valor, por facilitarem a visualização e a interconexão de informações relativas a modelos atômicos, estrutura atômica, distribuição eletrônica, propriedades dos elementos químicos e ligações químicas. A inserção dessa estratégia didática nas aulas de Química pode fomentar uma construção mais sólida do conhecimento, além de favorecer a

identificação das inter-relações entre os conceitos específicos da atomística e os demais tópicos da Química.

Conclui-se, portanto, que a utilização do software CMapTools para o ensino e a aprendizagem da atomística configura-se como uma estratégia eficaz de inserção de ferramentas culturais digitais em aulas de Química. Ao possibilitar a elaboração de mapas conceituais, esse recurso contribui para que os estudantes alcancem o domínio e a apropriação dos conceitos de forma acessível e significativa, favorecendo a internalização do conhecimento.

## **6 Teoria da Ação Mediada, REA e CmapTools: conciliações para analisar e avaliar o ensino e a aprendizagem da atomística**

Com a ampliação contínua dos recursos digitais voltados à promoção do ensino e da aprendizagem, bem como com a inserção dos REAs nas práticas escolares como suporte ao professor no planejamento e condução das aulas, torna-se necessária a adoção de teorias que forneçam subsídios para analisar e compreender como ocorre a aprendizagem por parte do estudante, assim como o processo de ensino ao ampliar as possibilidades didáticas do docente (Giordan, 2008).

Nesse sentido, a integração entre a Teoria da Ação Mediada, os REA e os mapas conceituais, elaborados com o uso do software CmapTools, no contexto do ensino da atomística, pode contribuir para uma aprendizagem centrada na internalização do conhecimento, à medida que se analisam os conceitos de domínio e apropriação das ferramentas culturais sob a perspectiva da referida teoria (Giordan, 2008).

Segundo Giordan (2008), ao adotar-se a Teoria da Ação Mediada como unidade de análise do ensino e da aprendizagem mediadas por ferramentas culturais digitais, torna-se possível explicar a natureza das ações humanas realizadas nesse contexto, como no uso dos REA e na construção de mapas conceituais, sobretudo por meio do reconhecimento da “tensão irreduzível” entre o indivíduo e a ferramenta cultural.

Nessa perspectiva, a aplicação de uma metodologia de ensino estruturada exige que a sala de aula seja concebida como um ambiente social no qual os indivíduos possuem cultura e identidade próprias (Wertsch, 1998b). Assim, o desenvolvimento dos conceitos da atomística deve ser planejado por meio de atividades que promovam a interação entre estudante e professor, sendo este o agente educador responsável por explicitar o propósito das atividades e ampliar os horizontes do conhecimento por meio de uma mediação eficaz (Giordan, 2008).

As práticas pedagógicas mediadas por ferramentas culturais digitais, notadamente os REAs, podem promover mudanças sociais e culturais, dependendo da abordagem utilizada no contexto escolar. Quando integrados como instrumentos de ensino, os recursos digitais contribuem para a prática docente e colaboram com a aprendizagem discente, desde que viabilizem processos nos quais os estudantes possam, de fato, manipular os REA de maneira ativa (Echalar *et al.*, 2018).

Ao interagir com ferramentas culturais digitais, o estudante torna-se protagonista do processo de aquisição do conhecimento; no entanto, é imprescindível que se mantenha ativo, desenvolvendo ações significativas em relação ao contexto e à realidade sociocultural na qual está inserido (Echalar *et al.*, 2018).

O professor, por sua vez, ao dispor de um planejamento estruturado, atua como mediador, organizando sua prática de modo a despertar o interesse do estudante, utilizando-se da linguagem e de outros sistemas semióticos para orientá-lo no uso das ferramentas culturais digitais (Giordan, 2008).

Dessa forma, o estudante amplia sua percepção quanto aos objetivos da aprendizagem, compreendendo a intencionalidade, a cultura e a sensibilidade envolvidas, e realizando uma leitura mais contextualizada do ambiente sociocultural ao qual pertence, o que resulta em interpretações e representações conceituais mais apropriadas (Lima; Guerreiro, 2019). De acordo com Feuerstein, Feuerstein e Falik (2014), o professor, enquanto agente mediador, pode mobilizar os conhecimentos já adquiridos pelo estudante ao longo de sua vida e integrá-los a novos saberes, promovendo transformações cognitivas significativas.

Na abordagem mediada por tecnologia, o professor assume a função de intermediador entre o estudante e o REA, organizando os conteúdos por meio de estímulos e estratégias didáticas que

favorecem a construção do conhecimento. Quando os conceitos são estruturados previamente no planejamento pedagógico, a interação do estudante com a ferramenta cultural digital pode resultar em respostas positivas no processo de aprendizagem (Feuerstein; Feuerstein; Falik, 2014).

Assim, ensino e aprendizagem passam a ser compreendidos como uma unidade dialética, que, conforme Vygotsky (2008), intervém na zona de desenvolvimento proximal do estudante, ampliando os níveis de significação do conhecimento. O papel do professor, nesse processo, é o de promover uma mediação intencional, planejando situações que favoreçam o pensar, o criar, o cocriar, bem como o protagonismo do estudante na construção de seu próprio conhecimento.

Ao integrar os REA, o processo de mediação assume a forma de mediação digital, pois o uso de objetos educacionais diversos, disponibilizados por meio de ambientes digitais, exige uma didática com base autoral, caracterizada pela colaboração e interatividade entre professor e estudante (Coll; Mauri; Onrubia, 2010). De acordo com esses autores, as ferramentas culturais digitais geram reflexão e pensamento comunicável, em virtude de seu alto potencial mediador no processo de ensino.

Um exemplo a ser mencionado é o uso de vídeos animados para a aprendizagem e a compreensão da teoria atômica, nos quais o estudante realiza pesquisas de forma independente, sem a necessidade de orientações, adquirindo o conhecimento exclusivamente por meio da mediação digital, sem a presença de interações humanas, como a instrução do professor. No entanto, embora a tecnologia constitua uma ferramenta relevante para o aprimoramento do ensino e da aprendizagem, ela não substitui a ação humana, pois a experiência e a prática docente são fundamentais para o desenvolvimento de habilidades socioemocionais e para a contextualização dos conceitos no ambiente sociocultural do estudante.

Desse modo, o uso isolado das ferramentas culturais digitais não garante, por si só, a aprendizagem do estudante. É indispensável a mediação docente, que, baseada em uma formação crítica, reconheça o potencial da tecnologia e promova sua integração didática de forma significativa (Coll; Mauri; Onrubia, 2010).

Para que as tecnologias digitais sejam exploradas em sua plenitude como recursos didáticos e pedagógicos, é necessário interpretá-las como ferramentas culturais mediadoras que oportunizam o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, promovendo a apropriação de saberes em níveis mais elevados (Wertsch, 1998b).

Ao abordar as ferramentas culturais digitais disponibilizadas por REA, destaca-se o seu potencial colaborativo nas práticas pedagógicas, uma vez que promovem situações de confronto cognitivo, diálogo, compartilhamento, interação, participação, produção, autoria e coautoria, oferecendo ao estudante a oportunidade de vivenciar experiências que o ensino baseado apenas na transmissão de conceitos não é capaz de proporcionar (Echalar *et al.*, 2018). Dessa forma, os REA são considerados recursos relevantes para a instrução de conteúdos de Química, especialmente aqueles de natureza mais abstrata.

Ao discutir as ideias vinculadas ao conceito de atomismo, Wertsch (1991) esclarece que as associações formuladas pelo indivíduo estão ligadas à metafísica, ainda que independentes da sociedade. Ressalta-se que os conceitos são moldados pelo ambiente social e, do mesmo modo que as concepções de átomo foram criadas em um plano abstrato, a constituição do indivíduo se dá por meio da linguagem e da cultura, as quais apenas se desenvolvem no contexto das comunidades onde estão inseridas.

Considerando que os REA são recursos abertos e disponibilizados online, estes podem contribuir para a formação de referenciais, para a construção e reconstrução do pensamento, além de proporcionar, de maneira lúdica, a compreensão de conceitos em uma perspectiva universal. Os conteúdos relacionados à atomística, por serem elaborados por autores de diferentes culturas, são compartilhados em rede e podem ser acessados livremente (Atkins; Jones; Laverman, 2018; Fialho, 2018; Giordan, 2008).

Nunes e Del Pino (2008) relatam que, ao compreender um conceito, são formadas redes significativas que se conectam a outros já internalizados, pertencentes a conteúdos correlacionados a diferentes objetivos da aprendizagem. Assim, os REA com acesso aberto podem auxiliar o estudante na compreensão de fenômenos químicos que exigem alto grau de abstração, favorecendo o

enriquecimento do processo de aprendizagem. Ao possibilitar a compreensão do saber científico, estimula-se o senso crítico, gerando novas interpretações e relações com os conceitos previamente internalizados (Ferreira; Mateus; Moretti, 2022; UNESCO, 2002).

Para o ensino de Química, o professor pode acessar repositórios educacionais mantidos pelo Ministério da Educação e Comunicação (MEC), como o Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE)<sup>3</sup>. Esse portal oferece gratuitamente animações, simulações, imagens, hipertextos, áudios, vídeos e diversos softwares que podem contribuir para a prática pedagógica (Coll; Mauri; Onrubia, 2010; Feuerstein; Feuerstein, 2014).

Contudo, a utilização de recursos educacionais no ensino da atomística não deve se configurar como prática isolada. Conforme argumentam Oliveira e Mortimer (2022), os meios semióticos devem ser empregados para expressar conceitos fundamentados no contexto cultural em que o indivíduo está inserido. Os autores também afirmam que as representações devem gerar significados diversos, devendo ser discutidas e situadas a partir das experiências do sujeito, pois elas evidenciam formas externas que influenciam as representações mentais. Nesse sentido, propõem-se o uso de modelos, diagramas e simulações como instrumentos de interpretação de fenômenos complexos e não observáveis, que exigem formas eficazes de comunicação à sociedade.

A elaboração de mapas conceituais pode auxiliar o sujeito na reflexão e organização do conhecimento em um processo significativo, permitindo sua estruturação e, posteriormente, o compartilhamento coletivo com outros estudantes. Fialho, Vianna Filho e Schmitt (2018) destacam que, no ensino de Química e demais Ciências, a utilização de mapas conceituais favorece a aprendizagem significativa e pode ser aplicada em diferentes contextos, inclusive na avaliação.

A prática pedagógica que integra REA e mapas conceituais, à luz da Teoria da Ação Mediada, colabora para o domínio e a apropriação do conhecimento, desde que o ensino seja promovido por meio de ferramentas culturais (Wertsch, 1998b). Com a mediação do professor e o uso dessas ferramentas, surgem oportunidades para romper com o ensino meramente expositivo, proporcionando aos estudantes experiências diversificadas no processo de aprendizagem (Giordan, 2008).

Os mapas conceituais contribuem para a aprendizagem ao facilitar a compreensão e a relação entre conceitos. As ligações entre eles, realizadas por meio de palavras ou verbos conectores, compõem proposições que promovem o entendimento dos conceitos científicos (Fialho; Vianna Filho; Schmitt, 2018).

Na estrutura dos mapas conceituais, os conceitos são organizados de maneira hierárquica (Novak; Cañas, 2010): no topo, posicionam-se os conceitos mais amplos e gerais; nas demais ligações, os conceitos mais específicos. Entretanto, um mapa conceitual elaborado por um estudante deve gerar significados e refletir sua forma particular de organizar o conhecimento. Para isso, Novak e Cañas (2010) recomendam que se inicie a construção com o conceito principal, derivado de uma questão geradora que instaura a situação de aprendizagem. A resposta a essa questão será representada no mapa por meio das conexões entre conceitos e verbos de ligação.

Nunes e Del Pino (2008) defendem que a prática pedagógica que incorpora a elaboração de mapas conceituais como forma de avaliação do conhecimento é válida. As conexões realizadas por meio dos verbos de ligação permitem apresentar, complementar e enriquecer o conhecimento.

No ensino da atomística, área teórica que serve de base para a aprendizagem de outros conceitos da Química, a utilização de mapas conceituais permite aos estudantes dominarem e se apropriarem dos conteúdos, configurando-se como uma estratégia inovadora no ambiente educacional por favorecer novas percepções (Nunes; Del Pino, 2008). Ressalta-se que cada estudante elabora seu mapa a partir de sua própria interpretação e compreensão dos conceitos trabalhados em sala.

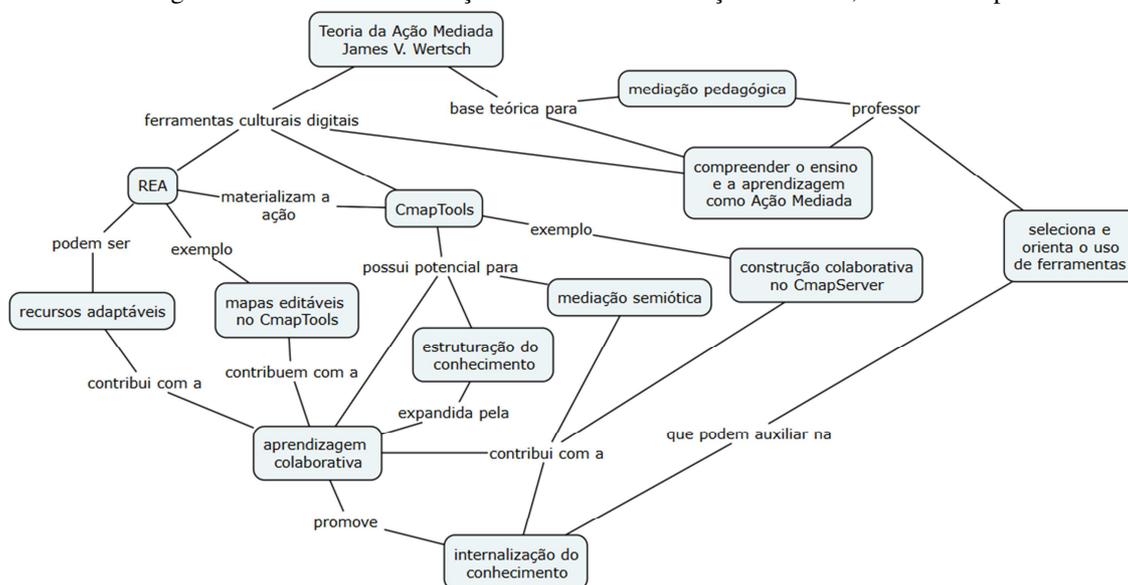
Em síntese, conforme ilustrado na Figura 3, a Teoria da Ação Mediada fornece o embasamento teórico para compreender o processo de ensino e aprendizagem por meio do uso de ferramentas culturais digitais, como os Recursos Educacionais Abertos (REA) e o CmapTools. Os REA destacam-se por serem acessíveis, reutilizáveis e adaptáveis a diferentes contextos socioculturais, a exemplo dos

---

<sup>3</sup> BIOE – Banco Internacional de Objetivos Educacionais. Disponível em: <https://mecred.mec.gov.br/perfil/8577>

mapas editáveis disponibilizados no CmapServer. O CmapTools, por sua vez, sobressai entre os diversos recursos digitais para a elaboração de mapas conceituais, ao possibilitar a articulação, a hierarquia e as conexões evidentes entre conceitos.

Figura 3 – Síntese da articulação entre a Teoria da Ação Mediada, REA e CmapTools



Fonte: elaborado pelos autores

No âmbito da ação mediada na prática pedagógica, a utilização de mapas prontos disponibilizados no CmapServer, quando empregados apenas como demonstração, sem possibilidade de edição, reforça a transmissão unilateral do conhecimento. Entretanto, quando aplicados por meio da construção colaborativa, evidencia-se seu potencial como artefato cultural, ao promover a socialização do conhecimento e possibilitar a demonstração do processo cognitivo do estudante na articulação entre os conceitos.

Portanto, ao empregar ferramentas culturais digitais, disponibilizadas como REA, e o software CmapTools para avaliação dos conhecimentos em atomística, a Teoria da Ação Mediada e seus fundamentos fornecem subsídios para o planejamento das aulas e para a verificação do domínio e da apropriação tanto dos recursos digitais quanto dos conceitos internalizados pelo estudante.

Assim, destaca-se que o discente, futuro licenciado em Química, ao integrar a Teoria da Ação Mediada, os REA e a elaboração de mapas conceituais com o uso do software CmapTools, poderá desenvolver ações internas e externas nas quais se expressam o domínio e a apropriação das ferramentas culturais.

## 7 Considerações finais

Diante da utilização de estratégias instrucionais mediadas por ferramentas culturais digitais, evidenciam-se as vantagens do aporte teórico da Teoria da Ação Mediada, da adoção de Recursos Educativos Abertos (REA) como suporte didático e da elaboração de mapas conceituais no software CmapTools tanto para o ensino quanto para a avaliação da aprendizagem da atomística e de demais conceitos da Química.

As bases teóricas apresentadas pela Teoria da Ação Mediada fundamentam-se na mediação de conceitos por meio de ferramentas culturais, de modo que estas favoreçam a produção de significados pelo estudante, possibilitando associações com situações presentes em seu meio sociocultural. Nesse processo, o papel do professor se mostra fundamental, especialmente na mediação do processo de aprendizagem, seja por meio de diferentes recursos digitais, da linguagem oral ou de elementos semióticos, criando a tensão irreduzível entre estudante e ferramenta e propiciando condições para o desenvolvimento das atividades propostas com base na motivação.

Conclui-se, assim, que a articulação entre teoria e ferramentas culturais digitais pode contribuir significativamente para a internalização do conhecimento, promovendo o domínio e a apropriação dos conceitos da atomística. Por meio dessa mediação, torna-se possível fomentar a construção de ideias criativas e significativas, incentivando a aprendizagem e favorecendo a elaboração de novos saberes.

Os REAs, ao serem inseridos na prática docente, configuram-se como ferramentas culturais digitais mediadoras, apoiando o professor na promoção e compartilhamento de conceitos. Essa prática revela-se especialmente eficaz em conteúdos que exigem abstração, dada a necessidade de visualizações que favoreçam a compreensão.

Na avaliação do ensino e da aprendizagem dos conceitos da atomística, os mapas conceituais elaborados no CmapTools oferecem ao estudante oportunidades de estruturar, representar e reorganizar os conhecimentos adquiridos. Ao estabelecer relações hierárquicas entre os conceitos, novas conclusões podem ser incorporadas, ampliando e aprofundando as concepções já existentes.

No contexto da formação de professores de Química, observa-se a necessidade de práticas educacionais criativas e efetivas desde a formação inicial. Essas práticas devem ser disponibilizadas aos licenciandos com vistas ao desenvolvimento de novas habilidades e à consolidação da aprendizagem de conceitos fundamentais, que serão futuramente aplicados no exercício docente.

A formação continuada, pautada em novas teorias e recursos educacionais, tem se mostrado essencial para permitir que o ensino de conteúdos químicos ultrapasse visões simplistas da ciência e possibilite aos estudantes associá-los a fenômenos do cotidiano, promovendo a contextualização do saber científico.

De modo geral, ao considerar a utilização de ferramentas culturais digitais no ensino da atomística, é imprescindível atentar-se às condições de trabalho do professor, como infraestrutura física e acesso a tecnologias, bem como à necessidade de capacitação para o uso efetivo dessas estratégias. Além disso, é relevante a análise prévia da disponibilidade de recursos (*online* ou *off-line*) e das possibilidades de sua aplicação no ambiente escolar.

Destaca-se também que os bancos de objetos educacionais carecem da inserção de novos recursos específicos para a atomística, sendo este um dos desafios atuais. A ausência de ferramentas culturais digitais voltadas a esse conteúdo representa uma lacuna importante nos repositórios de REA.

A integração entre a Teoria da Ação Mediada, os Recursos Educacionais Abertos e os mapas conceituais configura-se como um caminho promissor para o ensino da atomística. Essa combinação favorece uma aprendizagem dinâmica e contribui para uma compreensão mais profunda dos conceitos fundamentais da Química. É fundamental que educadores em formação e instituições de ensino continuem a explorar e desenvolver estratégias que incorporem ferramentas culturais digitais nas práticas pedagógicas, com vistas à melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem na área.

Dessa forma, busca-se demonstrar a coerência entre o referencial teórico e a prática pedagógica, evidenciando o potencial dos REA na mediação da aprendizagem e dos mapas conceituais na avaliação do conhecimento. Verifica-se a carência de estudos que articulem simultaneamente a Teoria da Ação Mediada, os REA e os mapas conceituais no contexto do ensino da atomística. Assim, são recomendadas investigações que explorem empiricamente essa tríade, com o objetivo de compreender como se dá a internalização do conhecimento, o domínio e a apropriação dos conceitos a partir de tais ferramentas no processo educativo.

### **Agradecimentos**

À Universidade Estadual de Londrina (UEL) e a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

### **Financiamento**

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio de bolsa de doutorado concedida ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

### **Conflito de interesses**

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

#### Nota

Este artigo é derivado de estudo teórico do projeto de doutorado do curso de Doutorado em Química da Universidade Estadual de Londrina – Paraná (UEL – PR). O projeto encontra-se cadastrado na Plataforma Sucupira com acesso ao resumo disponível por meio do link: <https://sucupira.capes.gov.br/observatorio/detalhamento/projetos-de-pesquisa/736782?search=Milene+Graciele+de+Almeida&size=20&page=0>.

#### Contribuições ao artigo

**ALMEIDA, M. G.:** concepção ou desenho do estudo/pesquisa; análise e/ou interpretação dos dados; elaboração e redação do manuscrito; revisão crítica, com participação intelectual significativa. **CIRINO, M. M.:** concepção ou desenho do estudo/pesquisa; revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito; supervisão geral e coordenação do projeto ou estudo. Todos os autores participaram da escrita, discussão, leitura e aprovação da versão final do artigo.

#### Referências

AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 141-157, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4265>. Acesso em: 10 ago. 2025.

ALVARENGA, V. B. L.; CRISTOVÃO, H. M. Objetos de aprendizagem organizados com base no padrão LOM-IEEE adaptado a uma ontologia operacional de domínio na web semântica. **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação**, v. 16, n. 1, p. 263-285, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26512/rici.v16.n1.2023.47618>.

ALVES, M. F. S.; ALANIS, D.; COSTA, L. G. Um mapa conceitual sobre a evolução do conceito do átomo: uma introdução à Física de partículas elementares para o Ensino Médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2., 2010, Ponta Grossa. **Anais [...]**. Ponta Grossa: UTFPR, 2010.

ALVES, T. R. S. Os objetos de aprendizagem no ensino de química: um levantamento exploratório junto a professores do ensino médio. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 2, p. 508-524, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/3820>. Acesso em: 7 ago. 2025.

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

BAKHTIN, M. **The dialogic imagination**: four essays. 1 ed., Austin: University of Texas Press, 1981.

BRAGA, J. V. **Repositórios de objetos de aprendizagem para o ensino de ciências e mediação por tecnologias da informação e comunicação**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2019. 151f. Disponível em: <http://www.btdt.ueg.br/handle/tede/110>. Acesso em: 7 ago. 2025.

CAVALCANTE, J. S.; SILVA, J. A. Ferramentas tecnológicas no ensino de química: um estudo de revisão. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 4, p. 2.566-2.576, 2022. DOI: <https://doi.org/10.48017/dj.v7i4.2327>.

CAVICHIOLO-LAUERMANN, R. A.; MALLMANN, E. M. Recursos Educativos Abiertos (REA) en tesis doctorales y trabajos fin de estudios brasileños entre 2002 y 2019. **Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa**, v. 22, n. 2, p. 149-168, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17398/1695-288X.22.2.149>.

CAÑAS, A. J.; HILL, G; CARFF, R; SURI, N.; LOTT, J.; GÓMEZ, G.; ESKRIDGE, T. C.; ARROYO, M.; CARVAJAL, R. Cmaptools: a knowledge modeling and sharing environment. *In: CONCEPT MAPS: THEORY, METHODOLOGY, TECHNOLOGY*, 1., 2004, Espanha. **Proceedings [...]**. Pamplona, 2004. Disponível em: <https://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-283.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CIRINO, M. M.; SOUZA, A. R. Objetos de aprendizagem como ferramenta instrucional para professores de química no ensino médio. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 7., 2000, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABRAPEC, 2000. Disponível em: <https://axpfep1.if.usp.br/~profis/arquivos/viienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/600.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2025.

COLL, C.; MAURI, T.; ONRUBIA, J. A incorporação das tecnologias da informação e da comunicação na educação: do projeto técnico-pedagógico às práticas de uso. *In: COLL, C.; MONEREO, C. (org.). Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as Tecnologias da Informação e da Comunicação*. Porto Alegre: Artmed, 2010, p. 66-93.

DANTAS, K. R.; SILVA, C. D. D.; SANTOS, K. C. P.; ARAÚJO-DE-ALMEIDA, E. Refletindo sobre o uso dos mapas conceituais com CmapTools na formação continuada de professores da educação básica. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e135101119313, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19313>.

ECHALAR, A. D. L. F.; NASCIMENTO, N. A.; CARVALHO, R. M. A.; MALAQUIAS, A. G. B.; PEIXOTO, J. Trabalho docente mediado por tecnologias: ecos e repercussões. **Educação em Foco**, v. 23, n. 1, p. 319-340, 2018. DOI: <https://doi.org/10.34019/2447-5246.2018.v23.19972>.

FERREIRA, L. H.; MATEUS, P. G.; MORETTI, A. A. S. A Teoria da Aprendizagem Significativa em pesquisas na área de Ensino de Ciências da Natureza: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 29, n. 2, p. 444-468, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5335/rep.v29i2.12999>.

FEUERSTEIN, R.; FEUERSTEIN, R. S.; FALIK, L. H. **Além da inteligência: aprendizagem mediada e a capacidade de mudança do cérebro**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

FIALHO, N. N.; VIANNA FILHO, R. P.; SCHMITT, M. R. O uso de mapas conceituais no ensino da tabela periódica: um relato de experiência vivenciado no PIBID. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 4, p. 267-275, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160119>.

FIALHO, N. N. Formação de professores: a disseminação do conhecimento por meio de Recursos Educacionais Abertos. **Revista Transmutare**, v. 3, n. 2, p. 197-211, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.3895/rtr.v3n2.9977>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados**. Ijuí: Unijuí, 2008.

LIMA, M. B. R. M.; GUERREIRO, E. M. B. R. Perfil do professor mediador: proposta de identificação. **Educação**, v. 44, p. e22, p. 1-27, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1984644434189>.

MEDEIROS, R.; DOARTE, M.; VITERBO, J.; MACIEL, C.; BOSCARIOLI, C. Uma análise comparativa entre repositórios de recursos educacionais abertos para a educação básica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 32., 2021, Online. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbie.2021.218668>.

MESSENDER NETO, H. S.; SÁ, L. V.; BRITO, M. M. **Conceitos químicos em debate**. 1. ed., Salvador: EDUFBA, 2022.

MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 23-26, 1995. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/aluno.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2025.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: ensino médio**. 3. ed., São Paulo: Scipione, 2017.

NOVAK, J. D. **Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations**. 2. ed. New York: Taylor and Francis, 2010.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.5i1.009029>.

NUNES, P.; DEL PINO, J. C. Mapa conceitual como estratégia para a avaliação da rede conceitual estabelecida pelos estudantes sobre o tema átomo. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 1, p. 53-63, 2008. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eencijs/index.php/eenci/article/view/338>. Acesso em: 25 mar. 2025.

OLIVEIRA, R. C.; GOIS, J. Motivação dos docentes nos cursos de Licenciatura em Química no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. **Revista Principia**, v. 59, n. 1, p. 95-108, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4520>.

OLIVEIRA, L. A.; SÁ, E. F.; MORTIMER, E. F. Transformação da ação mediada a partir da ressignificação do uso de objetos mediadores em aulas do ensino superior. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p. 251-274, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2019u251274>.

OLIVEIRA, L.; MORTIMER, E. F. Os percursos de transformação da ação mediada por recursos educacionais: o ponto de vista de uma professora de química orgânica de ensino superior. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, e19940, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-2117202010134>.

OLIVEIRA, L. A.; MORTIMER, E. F. Percepções de professores de Química do Ensino Superior sobre o uso de modelos moleculares em meus percursos profissionais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, e38016, p. 1-29, 2022. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u935963>.

PEREIRA, A. P., OSTERMANN, F. A aproximação sociocultural à mente de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 1, p. 23- 39, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000100002>.

QUADROS, A. L.; MORTIMER, E. F. Fatores que tornam o professor de ensino superior bem-

sucedido: analisando um caso. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 1, p. 259-278, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320140010016>.

SANTANA, B. Materiais didáticos digitais e recursos educacionais abertos. *In*: SANTANA, B.; ROSSINI, C.; PRETTO, N. L. (org.) **Recursos Educacionais Abertos**: práticas colaborativas políticas públicas. 1. ed. São Paulo: Casa da Cultura Digital, 2012, p. 133-142. Disponível em: <https://www.aberta.org.br/livrorea/livro/home.html>. Acesso em: 2 ago. 2025.

SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P. Uma revisão sistemática da literatura da inter-relação entre experimentação e aprendizagem significativa no ensino da química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 22, n. 3, p. 484-507, 2023. Disponível em: [https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen22/REEC\\_22\\_3\\_6\\_ex2062\\_891.pdf](https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen22/REEC_22_3_6_ex2062_891.pdf). Acesso em: 26 mar. 2025.

TAVARES, L. C.; MÜLLER, R. C. S.; FERNANDES, A. C. O uso de mapas conceituais como ferramenta metacognitiva no Ensino de Química. **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 14, n. 29, p. 63-78, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v14i29.5561>.

TRINDADE, J. O.; HARTWIG, D. R. Uso combinado de mapas conceituais e estratégias diversificadas de ensino: uma análise inicial das ligações químicas. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 83-91, 2012. Disponível em: [https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34\\_2/06-PE-70-11.pdf](https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_2/06-PE-70-11.pdf). Acesso em: 2 ago. 2025.

UNESCO. Forum on the impact of open courseware for higher education in developing countries. Final report. Paris: UNESCO, 2002. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000128515>. Acesso em: 28 mar. 2025.

UNESCO. 2012 Paris OER declaration. *In*: World Open Educational Resources (OER) Congress. UNESCO, Paris, June 20-22, 2012. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246687>. Acesso em: 07 ago. 2025.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

WARTHA, E. J.; ALVES, L. C.; SANJUAN, M. E. C.; SANTOS, C. V. Uma proposta didática para a elaboração do pensamento químico sobre elemento químico, átomos, moléculas e substâncias. **Experiências em Ensino de Ciências**. v. 5, n. 1, p. 7-20, 2010. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/324>. Acesso em: 25 mar. 2025.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky and the social formation of mind**. Cambridge: Harvard University, 1985.

WERTSCH, J. V. **Voices of the mind**: a sociocultural approach to mediated action. 1. ed. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

WERTSCH, J. V. A necessidade da ação na pesquisa sociocultural. *In*: WERTSCH, J. V.; DEL RÍO, P.; ALVAREZ, A. (org.). **Estudos socioculturais da mente**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998a. p. 56-71.

WERTSCH, J. V. **Mind as action**. 1. ed. New York: Oxford University Press, 1998b.

WERTSCH, J. V. Texto e dialogismo no estudo da memória coletiva. **Educação e Pesquisa**, v. 36, n. especial, p. 123-132, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022010000400010>.