

# As Teorias de Lavoisier e suas Contribuições para a Revolução Industrial: Uma Proposta para o Ensino de Química no Ensino Médio

## Lavoisier's Theories and Their Contributions to the Industrial Revolution: A Proposal for Chemistry Teaching in High School

Éder Barros de Almeida,<sup>a</sup> Waldmir Nascimento de Araujo Neto,<sup>a</sup> Simone Pereira da Silva Ribeiro<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária-CT, Bloco A, Instituto de Química, CEP 21941-909, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

\*E-mail: [spsilva@iq.ufrj.br](mailto:spsilva@iq.ufrj.br)

Submissão: 30 de Outubro de 2025 – Aceite: 2 de Fevereiro de 2026 – Publicado online: 18 de Fevereiro de 2026

The lack of interest of high school students in Chemistry has challenged teachers to adopt more attractive and contextualized pedagogical strategies. This article describes the proposal, application, and evaluation of the virtual Thematic Workshop “A Química Mudando a Sociedade” (Chemistry Changing Society), carried out with students from the Colégio Militar do Rio de Janeiro. The workshop aimed to integrate chemical concepts, specifically Lavoisier’s contributions, with the historical context of the 19th-century Industrial Revolution, using David Ausubel’s Theory of Meaningful Learning as a foundation. The methodology, conducted entirely online due to the COVID-19 pandemic, involved four stages: registration and diagnosis of prior knowledge (subsumers), study of interdisciplinary materials (advance organizers), integration of concepts, and formative assessment. The results, analyzed through questionnaires and the construction of concept maps, indicated a transition from Rote Learning to Meaningful Learning, especially noticeable in responses requiring interdisciplinary correlation. A student opinion survey revealed high satisfaction with the initiative, highlighting interdisciplinarity and the assessment methodology. It is concluded that the thematic workshop proved to be an effective tool for teaching Chemistry, capable of promoting more meaningful and contextualized learning.

**Keywords:** Thematic workshop; meaningful learning; interdisciplinarity; Ausubel; concept map.

## 1. Introdução

O ensino de Química no Ensino Médio frequentemente enfrenta obstáculos como o desinteresse discente, a excessiva teorização, a falta de contextualização dos conteúdos e a carência de atividades práticas.<sup>1,2</sup> Essa desconexão entre o conhecimento científico e a realidade do aluno dificulta a percepção da Química como uma ferramenta útil para a sua formação como indivíduo.<sup>3</sup> Fatores como a carga horária reduzida e a escassez de abordagens que relacionem os conceitos ao cotidiano agravam esse cenário.<sup>4-6</sup>

Em contrapartida, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ressaltam a importância da interdisciplinaridade e da abordagem histórica para tornar o conhecimento científico significativo, apresentando-o como uma construção humana dinâmica.<sup>7</sup> Assim, a integração entre ciências humanas, como História e Geografia, e ciências da natureza pode ser uma estratégia eficaz para o desenvolvimento do pensamento científico, pois contextualiza as ideias e os fatos que

constituem o progresso do conhecimento.

Nesse panorama, as Oficinas Temáticas configuram-se como uma estratégia pedagógica promissora, ao possibilitar a abordagem de conteúdo a partir de temas que evidenciam a influência da ciência e da tecnologia na sociedade.<sup>8</sup> Essa abordagem alinha-se à Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a qual postula que a aquisição de novos conhecimentos depende da ancoragem em conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, os subsunçores.<sup>9-10</sup> A aprendizagem significativa se efetiva quando ocorre uma interação não arbitrária entre o novo conhecimento e os subsunçores, resultando em uma ressignificação e na capacidade do aluno de expressar o conteúdo com suas próprias palavras, distinguindo-se da mera memorização característica da aprendizagem mecânica.<sup>10</sup> Nesse sentido, as Oficinas Temáticas são reconhecidas como ferramentas capazes de promover questionamentos que conduzem a uma aprendizagem significativa.<sup>11</sup>

Como instrumento para verificar a ocorrência da aprendizagem significativa, os mapas conceituais destacam-

se por sua capacidade de externalizar a hierarquia e as conexões entre conceitos, funcionando tanto como ferramenta de aprendizagem quanto de avaliação.<sup>12</sup> Eles permitem identificar conflitos cognitivos durante sua estruturação e atuam como organizadores do conhecimento. Estímulos visuais, como os mapas, são processados mais rapidamente pela cognição humana do que textos puramente verbais.<sup>12,13</sup>

Do ponto de vista histórico-científico, os alicerces da Química Moderna, tal como é apresentada atualmente no Ensino Médio, devem-se em grande parte às contribuições de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). Seu diferencial residiu no tratamento quantitativo dos dados experimentais e na criação de uma nomenclatura sistematizada. A Lei da Conservação das Massas, postulada por Lavoisier, revolucionou o pensamento científico ao introduzir o rigor quantitativo nos experimentos. Suas contribuições impulsionaram, direta ou indiretamente, descobertas subsequentes, como as Leis Ponderais e o desenvolvimento da Calorimetria, que foram fundamentais para o avanço tecnológico da Revolução Industrial no século XIX.<sup>14</sup>

Esse período representou uma profunda transformação socioeconômica, marcada pela transição de uma produção manual para um processo mecanizado. O estudo do calor, princípio de funcionamento das máquinas térmicas, foi crucial nesse processo. O maior controle de processos em sistemas fechados e da energia térmica envolvida nas reações facilitou a construção de máquinas mais eficientes, impactando os transportes e a produção industrial, e reconfigurando a sociedade de rural para urbana.<sup>15,16</sup> Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo investigar como estudantes constroem relações interdisciplinares entre conceitos históricos e químicos em Educação à Distância (EaD), a partir da análise qualitativa de mapas conceituais e respostas discursivas, no âmbito de uma Oficina Temática “A Química Mudando a Sociedade”, uma proposta de intervenção pedagógica para o Ensino Médio que associa o estudo das Leis de Lavoisier e o desenvolvimento da calorimetria ao advento das máquinas térmicas na Revolução Industrial. A oficina, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, buscou integrar as disciplinas de Química e História. Embora os dados empíricos tenham origem em uma dissertação de mestrado e em uma obra de caráter didático,<sup>17,18</sup> o presente artigo realiza um recorte analítico inédito, centrado na análise qualitativa da produção conceitual dos estudantes em ambiente EaD, aspecto não desenvolvido nos trabalhos anteriores.

A aprendizagem significativa, na tradição ausubeliana, demanda que novos conteúdos encontrem subsunções disponíveis e sejam integrados de modo não arbitrário, o que, em ambiente remoto, desloca o eixo do “conteúdo bem exposto” para o desenho de mediações pedagógicas intencionais, que possam articular sequências de

organizadores prévios, tarefas de integração e ciclos de devolutiva. A literatura pós-pandemia indica que o ensino remoto emergencial expôs,<sup>19</sup> com nitidez, o quanto a aprendizagem se torna vulnerável quando há baixa interação, avaliação pouco formativa e mediação reduzida meramente à entrega de materiais. Por outro lado, quando o desenho didático privilegia interação, clareza de objetivos e *feedback* frequente, é possível sustentar desempenho e engajamento, ainda que com variações por contexto e perfil discente. Nesse quadro, discutir aprendizagem significativa em contexto de EaD exige tratar o remoto como processo de aprendizagem com custos próprios, como por exemplo, atenção fragmentada, assimetria de acesso, e autoria difusa por consulta a fontes externas, mas também com oportunidades, que envolvem registro de interações, rastreamento e verificação de dinâmicas de fluxo de trabalho, e a possibilidade de reestudo, que consideramos especialmente relevantes para o Ensino de Química.

Dentro deste cenário, mapas conceituais ganham estatuto de ferramenta privilegiada de mediação e evidência, pois além de organizarem o conhecimento por hierarquias e proposições, permitem observar mudanças na estrutura de relações conceituais, ou seja, índices de integração. Os mapas são particularmente úteis em ambientes *online*, nos quais o professor precisa perceber aspectos do pensamento do estudante para retroalimentar o processo. Estudos recentes em contextos digitais mostram o uso de mapas para caracterizar padrões de estrutura de conhecimento em aprendizagem *online* e reforçam sua pertinência tanto como estratégia de ensino quanto como avaliação formativa.<sup>20</sup> Sínteses quantitativas recentes<sup>21</sup> apontam efeitos robustos de intervenções com mapas conceituais no desempenho acadêmico, com a ressalva de que os ganhos dependem do modo de implementação, e não apenas da ferramenta. No remoto, o mapa conceitual pode funcionar como “interface” entre materiais assíncronos, encontros síncronos e tarefas de integração, permitindo justificar com maior rigor inferências sobre transições entre aprendizagem mecânica e significativa.

Além desta introdução, o artigo organiza-se em três seções principais. A seção Experimental apresenta detalhadamente os procedimentos metodológicos empregados na concepção e desenvolvimento da Oficina Temática, bem como os materiais e instrumentos utilizados em suas etapas. Na seção Resultados e Discussão são analisados os dados provenientes das Avaliações Virtuais e da construção dos mapas conceituais, a fim de avaliar a integração conceitual e o papel da mediação pedagógica na promoção da aprendizagem significativa no ambiente remoto da Oficina Temática “A Química Mudando a Sociedade”. Por fim, a seção Conclusões sintetiza os principais achados do estudo, destacando suas contribuições para o ensino de Química.

## 2. Experimental

A Oficina Temática “A Química Mudando a Sociedade” foi aplicada a partir de 01 de setembro de 2020, no Colégio Militar do Rio de Janeiro, e foi desenhada para constituir um ambiente virtual, procurando caracterizar uma prática de Educação à Distância, em termos das necessidades sanitárias situadas no momento da pandemia de COVID-19. A Oficina foi dividida em 4 etapas, conforme cronograma apresentado na Figura 1.

### 2.1. Etapa 1: Contextualização e diagnóstico inicial

A Etapa 1 apresentou um conjunto de eventos distintos, e teve início antes do primeiro encontro com os alunos, propriamente. As primeiras atividades desta etapa foram o convite aos alunos para participarem da Oficina Temática seguido da inscrição. Estes procedimentos foram realizados por telefone celular, no *WhatsApp*. O primeiro encontro com os alunos foi realizado através de duas reuniões virtuais idênticas, com duas horas de duração cada, pelo aplicativo *Google Meet*, nos dias 12 e 15 de setembro de 2020. A primeira foi para alunos da 1ª e 2ª série e a outra para alunos da 3ª série.

A programação do primeiro encontro seguiu a seguinte sequência:

- Apresentação: Esclarecimentos sobre o cronograma, etapas e funcionamento geral da oficina;
- Fundamentação Teórica: Exposição introdutória aos princípios da Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e ao modelo de avaliação formativa a ser adotado;
- Sensibilização: Exibição do vídeo “Aprendizagem Significativa O Segredo de Beethoven” com o objetivo de ilustrar a presença dos conceitos da aprendizagem significativa no cotidiano.<sup>22</sup> Trata-se de um vídeo com duração de 11 minutos aproximadamente. Ele se encontra na plataforma YouTube, com o link de acesso: <https://youtu.be/PGoau28tSWU?si=nHY6kKMU6NQOeVIS>. Como material de apoio complementar, foi disponibilizado um segundo vídeo, cujo título é “Aprendizagem Significativa”.<sup>23</sup> Este vídeo, de aproximadamente 9 minutos de duração, é uma videoaula explicativa sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa. Ele se encontra na plataforma do YouTube, com o link de acesso: <https://youtu.be/RaT8vbXduFA>.

- Avaliação Diagnóstica (AV1): Ao final do encontro foi disponibilizado, via *WhatsApp*, um questionário em formato Word® – denominado Avaliação Virtual 1 (AV1) – contendo duas questões discursivas, cujos enunciados se encontram no Quadro 1, sobre os temas abordados. Este instrumento visou mapear os subsunçores prévios dos alunos sobre os temas a serem trabalhados. O prazo para resposta foi de três dias.

Quadro 1. Questões da AV1

Questão	Enunciado
01	“Descreva um exemplo de descoberta científica procurando indicar, sem precisão exata, o período da história que ela tenha ocorrido”. Instrução: Descreva através de um texto de no máximo cinco linhas.
02	“Descreva pelo menos uma mudança que a sociedade sofreu que, segundo você, pode ter ocorrido devido à influência, direta ou indireta, da descoberta científica citada na questão 01”. Instrução: Descreva através de um texto de no máximo cinco linhas.

### 2.2. Etapa 2: Apresentação dos organizadores prévios

A segunda etapa consistiu em dois encontros síncronos de uma hora de duração, realizados em 19 e 22 de setembro de 2020. A primeira reunião foi destinada aos alunos da 1ª e 2ª série, e a outra para os alunos da 3ª série. Seu objetivo central foi a disponibilização dos organizadores prévios, ou seja, materiais base que apresentavam os conceitos de História e Química de forma isolada, com o intuito de consolidar os conceitos específicos das disciplinas antes da integração conceitual, que ocorrerá em etapa posterior. As atividades desta etapa envolveram um estudo do material disponibilizado, que consistiu em três textos, dois com conceitos de química e um com conceitos de História e quatro vídeos. Foram também disponibilizados dois vídeos complementares. O prazo de duração para as devidas consultas e estudos pelos alunos foi de 10 dias.

Os textos de química foram escritos pelo primeiro autor do artigo e estão descritos no Quadro 2. O texto de Química 1 “TQ1- A Lei de Lavoisier”, apresenta um resumo teórico sobre a Lei da Conservação das Massas de Lavoisier.<sup>24</sup> Já o texto de química 2 “TQ2- Consequências Científicas da Lei de Lavoisier (Resumo teórico)” é um texto complementar



Figura 1. Cronograma da Oficina Temática “A Química Mudando a Sociedade”

**Quadro 2.** Descrição dos textos da etapa 2

Texto	Tema	Título	Link de Acesso
TQ1	Química	TQ1 – Lei da Conservação das Massas <sup>24</sup>	<a href="https://youtu.be/spgrkdtcrog">https://youtu.be/spgrkdtcrog</a>
TQ2	Química	TQ2 – Principais consequências da Lei de Lavoisier (Resumo teórico) <sup>25</sup>	<a href="https://youtu.be/x2y5o5_pfh">https://youtu.be/x2y5o5_pfh</a>

ao TQ1 e apresenta as principais contribuições da Lei da Conservação das Massas.<sup>25</sup> Nele são abordados a construção pioneira do calorímetro, a Lei das Proporções Definidas (Lei de Proust), a Lei das Proporções Múltiplas (Lei de Dalton) e a Teoria Atômica de Dalton.

O texto de História TH1 “A Importância da Revolução Industrial no Mundo da Tecnologia” discorre sobre como a Revolução Industrial transformou a produção e a sociedade, substituindo o trabalho artesanal pelas máquinas e permitindo a produção em massa. Aborda, ainda, como esse processo gerou avanços e também conflitos trabalhistas, cujos efeitos ainda influenciam a tecnologia e as relações de trabalho até os dias atuais.<sup>26</sup>

Os vídeos de Química, VQ1 e VQ2, são videoaulas de Química, que foram gravadas com o uso do aplicativo *PowerPoint*<sup>®</sup>. O vídeo VQ1, cujo título é “VQ1 – Lei de Lavoisier” tem a duração aproximada de 8 minutos, e apresenta uma aula explicativa sobre a Lei da Conservação das Massas de Lavoisier.<sup>27</sup> Já o vídeo VQ2, cujo título é “VQ2 - Consequências da Lei de Lavoisier” tem aproximadamente 30 minutos de duração e apresenta a Lei de Proust, a Lei de Dalton, a Teoria Atômica de Dalton, a definição de calorímetro e o calor liberado em reações químicas e a aplicação destes conceitos na construção de máquinas térmicas levando a uma mudança da forma de produção da sociedade através da industrialização.<sup>28</sup>

Os vídeos de História, VH1 e VH2, são videoaulas utilizando a técnica de vídeo animação, encontrados na plataforma *YouTube*. O vídeo VH1 “A Revolução Industrial – Resumo Desenhado” tem aproximadamente 7 minutos de duração. Nele é apresentada a Revolução Industrial no contexto da Inglaterra no século XVIII, ressaltando as mudanças políticas que favoreceram a transição do trabalho artesanal para o uso de máquinas e a produção em escala.<sup>29</sup> Já

o vídeo VH2, “Industrialização na Inglaterra” tem duração de 5 minutos. No vídeo é apresentada a revolução industrial do século XVIII e como o desenvolvimento científico influenciou os meios de produção, o espaço geográfico e as relações humanas tanto no âmbito cultural como estrutural.<sup>30</sup>

Os alunos também puderam acessar dois vídeos extras chamados de “Vídeos Complementares”, VC1 e VC2, que fornecem informações adicionais aos textos, TH1, TQ1 e TQ2 e aos vídeos, VH1, VH2, VQ1 e VQ2. O vídeo complementar VC1 “Biografia 12 – Lavoisier” tem duração de 5 minutos aproximadamente, e relata a vida do cientista Lavoisier e suas principais descobertas científicas.<sup>31</sup> Já o vídeo VC2 “Demonstração Experimental da Lei de Lavoisier” com duração de 1 minuto, aproximadamente, apresenta a metodologia e conclusões de um experimento laboratorial envolvendo vinagre (ácido acético) e bicarbonato de sódio para a confirmação da Lei da Conservação da Massa de Lavoisier.<sup>32</sup> O Quadro 3 apresenta os descritores dos vídeos da etapa 2.

A reunião da etapa 2 foi encerrada, estabelecendo um prazo de onze dias para a próxima reunião, para que os alunos pudessem ler todo o material disponibilizado. Na oportunidade, também foi criado um grupo do aplicativo *WhatsApp*, disponibilizado aos alunos para que eventuais dúvidas pudessem ser esclarecidas.

### 2.3. Etapa 3: Integração conceitual e avaliação da aprendizagem

Esta etapa é entendida como a etapa de integração da Oficina Temática, em que o aluno teve a oportunidade de combinar os conhecimentos de História e Química, que foram apresentados de forma isolada na etapa 2. Portanto, a etapa 3 foi o fechamento do processo de construção dos

**Quadro 3.** Descritores dos vídeos da etapa 2

Vídeo	Tema	Título	Link de Acesso
VQ1	Lei das reações químicas	VQ1 - Lei de Lavoisier <sup>27</sup>	<a href="https://youtu.be/zpputiq-pc">https://youtu.be/zpputiq-pc</a>
VQ2	Lei das reações químicas	VQ2 - Consequências da lei de Lavoisier <sup>28</sup>	<a href="https://youtu.be/lmzpfmbssc">https://youtu.be/lmzpfmbssc</a>
VH1	1ª Revolução industrial	A revolução industrial – resumo desenhado <sup>29</sup>	<a href="https://youtu.be/qpxaj1xepko">https://youtu.be/qpxaj1xepko</a>
VH2	Capitalismo durante o século XIX- 2ª Revolução Industrial	Industrialização da Inglaterra <sup>30</sup>	<a href="https://youtu.be/bbzv7xfmm4">https://youtu.be/bbzv7xfmm4</a>
VC1	Biografia de Lavoisier	Biografia 12 – Lavoisier <sup>31</sup>	<a href="https://youtu.be/p7bpbopusu">https://youtu.be/p7bpbopusu</a>
VC2	Experimento sobre a Lei da Conservação da Massa	Demonstração experimental da Lei de Lavoisier <sup>32</sup>	<a href="https://youtu.be/zbwztys8msc">https://youtu.be/zbwztys8msc</a>

**Quadro 4.** Descritores dos vídeos e textos da etapa 3

Material	Formato	Título	Link de Acesso
MI1	Vídeo	A Grande Revolução Industrial – Geografia <sup>34</sup>	<a href="https://youtu.be/zot8j-gzja0a">https://youtu.be/zot8j-gzja0a</a>
MI2	Texto	MI2 - Mapa conceitual <sup>35</sup>	<a href="https://youtu.be/mqjsa51o2yk">https://youtu.be/mqjsa51o2yk</a>
VE1	Vídeo	VE1 (Construindo um Mapa Conceitual) <sup>36</sup>	<a href="https://youtu.be/_wpgpilmco?si=q2jj4ffadvy9_qgj">https://youtu.be/_wpgpilmco?si=q2jj4ffadvy9_qgj</a>
VE2	Vídeo	VE2 - Editando um vídeo <sup>37</sup>	<a href="https://youtu.be/pzu-apivpc4">https://youtu.be/pzu-apivpc4</a>

Organizadores Prévios. Foram disponibilizados aos alunos os Materiais Integradores MI1 e MI2, as Avaliações Virtuais AV2 e AV3, os Vídeos Explicativos VE1 e VE2, além da Pesquisa de Opinião dos Alunos (PO).

A etapa 3 foi realizada no formato de uma videoaula assíncrona, disponível no link: <https://youtu.be/rEeYwTp9Hx0>, intitulada “Etapa 3- Oficina Temática (reunião).<sup>33</sup> Nessa videoaula, com duração aproximada de 7 minutos, foram apresentadas as atividades da etapa 3, bem como os documentos disponibilizados: MI1 e MI2; AV2 e PO. Além disso, foi apresentado um método de produção de vídeos usando o *PowerPoint*®, com o objetivo de orientar os alunos na elaboração e entrega da AV3.

O Material Integrador 1, MI1, é o vídeo “A Grande Revolução Industrial – Geografia com duração de 5 minutos aproximadamente.<sup>34</sup> O vídeo mostra a relação entre o desenvolvimento científico e tecnológico e a industrialização no ocidente, com destaque ao século XIX, além de apresentar informações pertinentes ao tema na atualidade. O Material Integrador 2, MI2, é um mapa conceitual dos principais tópicos do tema central da Oficina Temática.<sup>35</sup> O mapa conceitual foi escolhido para ser o MI2 da oficina, pois ele é uma forma alternativa de linguagem que procura estimular a aprendizagem através da visualização geral do conteúdo apresentado.

Os vídeos VE1 e VE2 são materiais explicativos. No vídeo “VE1 (Construindo um Mapa Conceitual)”, com aproximadamente 5 minutos de duração, são apresentadas algumas orientações sobre a construção de um mapa conceitual.<sup>36</sup> O exemplo utilizado no vídeo demonstra a construção do MEI2, um mapa conceitual sobre os temas abordados na Oficina Temática. Já o vídeo “VE2 - Editando um vídeo”, com cerca de 3 minutos de duração, aborda a edição de vídeos utilizando o aplicativo *PowerPoint*®.<sup>37</sup> Ambos os vídeos tiveram o intuito de orientar os alunos na construção dos mapas conceituais na forma de figura ou animação usando o *PowerPoint*®, já que estes mapas correspondem à Avaliação Virtual 3 (AV3) da Oficina Temática. Os descritores dos vídeos e textos da etapa 3 se encontram no Quadro 4.

Para se observar a presença da aprendizagem significativa numa atividade pedagógica após o acesso do aluno aos Organizadores Prévios é necessária a realização de novas avaliações. No caso da Oficina Temática, as Avaliações Virtuais AV2 e AV3, foram os instrumentos utilizados. A AV2

foi um questionário com 04 questões, enviado pelo *WhatsApp* na forma de documento *Word*®. As duas primeiras perguntas foram as mesmas utilizadas na AV1 (Quadro 1), enquanto as outras duas eram inéditas e aprofundavam a discussão do tema (Quadro 5). Já a AV3 consistiu em uma tarefa na qual os alunos deveriam expressar o aprendizado obtido por meio da construção de um mapa conceitual. A AV3 foi entregue pelos alunos em formato de texto, ou na forma de um vídeo explicativo.

**Quadro 5.** Questões inéditas da AV2

Questão	Enunciado
03	“Procure explicar, citando um exemplo, em no máximo de cinco linhas, como a colaboração de Lavoisier modificou o pensamento de cientistas no século XIX.”
04	“Procure explicar, citando um exemplo, em no máximo de cinco linhas, como a colaboração de Lavoisier influenciou no processo de desenvolvimento da sociedade do século XIX.”

A Pesquisa de Opinião, PO, (Quadro 6) foi entregue aos alunos, via *WhatsApp*, na forma de documento *Word*®, para que eles pudessem expressar as suas impressões sobre a experiência adquirida com a participação na Oficina Temática. A PO tinha cinco questões: quatro eram objetivas, e as respostas possíveis eram: (a) péssima, (b) ruim, (c) regular, (d) bom e (e) excelente e a última era discursiva, e pedia uma avaliação geral da Oficina Temática, como pode ser observado no Quadro 6.

**Quadro 6.** Questionário de Opinião dos Alunos

Questão	Enunciado
01	“Como você avalia o seu entendimento da química após o contato da oficina de estudos, a química mudando a sociedade?”
02	“Como você avalia a iniciativa da oficina de estudos, a química mudando a sociedade, no que se refere a integrar as disciplinas da área de ciências da natureza, como a química, com disciplinas da área das ciências humanas, como História e Geografia, em suas atividades?”
03	“Qual conceito você atribui ao processo de avaliação formativo, procurando priorizar a linguagem usada pelo aluno durante as atividades pedagógicas, praticado pela oficina de estudos, a química mudando a sociedade?”
04	“Qual conceito você atribui à conduta do seu professor nas atividades da oficina de estudos, a química mudando a sociedade?”
05	“Em no máximo 5 (cinco linhas), descreva as impressões adquiridas na sua participação na oficina de estudos, a química mudando a sociedade.”

#### 2.4. Etapa 4: Encerramento e consolidação

A etapa 4, última etapa da Oficina Temática, foi realizada no dia 20 de novembro de 2020, através de um único encontro virtual com as mesmas características das reuniões das etapas 1 e 2. A reunião teve 1 hora de duração e teve a presença de todos os alunos que participaram da Oficina Temática de todas as séries do Ensino Médio. Durante o encontro foi feito um levantamento das entregas de tarefas da etapa, as Avaliações Virtuais AV2 e AV3, como também, o Questionário de Pesquisa de Opinião dos Alunos. O encontro foi finalizado com uma roda de conversa, em que os alunos comentaram as dificuldades encontradas nas atividades da Oficina Temática, dando destaque para a elaboração do mapa conceitual, AV3.

### 3. Resultados e Discussão

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir da implementação da Oficina Temática, considerando-se o conjunto de instrumentos avaliativos e analíticos empregados ao longo do processo formativo. A organização da seção segue uma lógica progressiva, que parte da caracterização do recorte empírico, adesão e inscrição dos estudantes na oficina, e avança para a análise das avaliações virtuais AV1, AV2 e AV3, concebidas como dispositivos complementares para acompanhar a mobilização, reorganização e integração dos conhecimentos dos alunos. Inicialmente, a AV1 é discutida em sua função diagnóstica, voltada à identificação da presença e da qualidade dos subsunçores. Em seguida, a AV2 é analisada com foco em indícios de transição entre formas de aprendizagem mecânica e aprendizagens conceitualmente mais elaboradas. A AV3, por meio dos mapas conceituais, permite aprofundar essa análise ao tornar visível a organização relacional do conhecimento construído pelos estudantes. Por fim, os resultados são integrados em uma discussão mais ampla sobre a mediação pedagógica no ambiente remoto da oficina, articulando os dados empíricos às condições didáticas e às questões do ensino em contextos de EaD. Essa estrutura busca interpretar os resultados à luz dos objetivos do estudo e das limitações do recorte empírico adotado.

#### 3.1. Adesão e inscrição na Oficina Temática

A Oficina Temática contou com a participação de 13 estudantes do Ensino Médio, sendo 4 alunos da primeira série, 3 da segunda série e 6 da terceira série, conforme apresentado na Tabela 1. A adesão ocorreu de forma voluntária e foi mediada por convites realizados em ambiente digital, por meio do aplicativo *WhatsApp*, estratégia adotada em função das restrições impostas pelo contexto da pandemia de COVID-19. Após o processo de inscrição, os estudantes foram organizados em grupos correspondentes às suas respectivas séries, de modo a preservar certa homogeneidade escolar nas interações e nas análises subsequentes.

Embora o número de participantes seja reduzido, trata-se de uma característica compatível com propostas formativas implementadas em condições excepcionais de ensino remoto, especialmente em contextos institucionais nos quais a divulgação presencial e o acompanhamento contínuo dos estudantes estavam severamente limitados. Nesse sentido, a adesão observada não é interpretada como indicativa de representatividade estatística, mas como suficiente para sustentar uma análise qualitativa e formativa dos processos de aprendizagem mobilizados pela oficina.

A distribuição etária apresentada na Tabela 1 indica que os estudantes participantes situam-se majoritariamente na faixa entre 15 e 18 anos, correspondente às séries finais do Ensino Médio. Essa relativa homogeneidade etária permite minimizar variações associadas ao desenvolvimento cognitivo geral, favorecendo a análise dos resultados a partir de outros fatores, como o tempo de escolarização e as estratégias cognitivas mobilizadas pelos alunos ao longo da oficina. Assim, os dados de adesão e caracterização dos participantes cumprem, neste estudo, a função de contextualizar o recorte empírico adotado, sem pretensão de generalização, mas fornecendo elementos suficientes para a interpretação dos resultados apresentados nas seções subsequentes.

#### 3.2. Análise da Avaliação Virtual 1 (AV1): diagnóstico da presença dos subsunçores

A AV1 foi concebida como um instrumento diagnóstico

**Tabela 1.** Idade dos alunos da oficina temática

Primeira Série		Segunda Série		Terceira Série	
Aluno	Idade (anos)	Aluno	Idade (anos)	Aluno	Idade (anos)
A1	16	A2	16	A3	17
B1	15	B2	16	B3	17
C1	16	C2	17	C3	16
D1	15	-	-	D3	17
-	-	-	-	E3	17
-	-	-	-	F3	18

com o objetivo de identificar a presença e a qualidade dos subsunçores mobilizados pelos estudantes antes do contato sistemático com os organizadores prévios da oficina. À luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, parte-se do pressuposto de que a aprendizagem de novos conteúdos depende da existência de conceitos relevantes, relativamente estáveis e diferenciados na estrutura cognitiva do aprendiz, capazes de ancorar novas informações de modo não arbitrário. Nesse sentido, a AV1 não buscou avaliar domínio conceitual aprofundado, mas mapear como os estudantes significavam, inicialmente, as noções de descoberta científica e de transformação social associada à ciência.

Para a análise das respostas da AV1, foram utilizados descritores adaptados de Cardoso *et al.*,<sup>38</sup> apresentados no Quadro 7. Esses descritores permitem caracterizar qualitativamente as respostas dos alunos em três níveis: presença do subsunçor (SP), ausência do subsunçor (SA) e subsunçor malformado (SMD). Tal categorização mostrou-se adequada para distinguir não apenas a existência de um conhecimento prévio, mas também sua coerência conceitual e seu potencial para sustentar aprendizagens posteriores.

**Quadro 7.** Característica dos descritores da AV1. Adaptado de Cardoso *et al.*<sup>38</sup>

Questão 01	
Descritor	Comentário
SP	O aluno consegue identificar uma descoberta científica.
SA	O aluno não apresenta a menor noção do que seja uma descoberta científica.
SMD	O aluno cria uma possível confusão entre uma descoberta científica e uma invenção, por exemplo.
Questão 02	
Descritor	Comentário
SP	O aluno consegue descrever as alterações da sociedade com a presença da descoberta respondida na questão 01.
SA	O aluno não consegue estabelecer uma correlação entre a descoberta científica respondida na questão 01 e as mudanças sociais ocorridas.
SMD	Ele responde correlacionando os eventos, porém insistindo na confusão entre descoberta e invenção. Ele também pode ter conhecimento da descoberta científica, mas não consegue dimensionar como ela influenciou na sociedade.

As respostas dos estudantes à AV1, classificadas de acordo com esses descritores, encontram-se sintetizadas na Tabela 2. Essa sistematização permitiu identificar padrões gerais e exceções relevantes para a compreensão do ponto de partida cognitivo dos participantes da oficina.

A análise das respostas à Questão 1 revelou uma uniformidade significativa, com todos os estudantes classificados no descritor SP. À primeira vista, esse resultado poderia ser interpretado como indicativo de um subsunçor bem estabelecido acerca do conceito de descoberta científica. No entanto, considerando o contexto remoto em que a avaliação foi aplicada, é plausível inferir que a elaboração das respostas tenha sido influenciada pela consulta a fontes externas, como livros didáticos e materiais disponíveis na internet. Esse comportamento, longe de invalidar o instrumento, indica que o subsunçor estava potencialmente disponível na estrutura cognitiva dos alunos, ainda que sua manifestação inicial tenha sido mediada pela busca de uma formulação considerada mais precisa ou legitimada socialmente.

Já as respostas à Questão 2 permitem uma leitura mais refinada da qualidade desses subsunçores. Embora a maioria dos estudantes tenha sido classificada no descritor SP, evidenciando a capacidade de relacionar descobertas científicas a transformações sociais, dois casos foram identificados como subsunçores malformados (SMD). Nessas respostas, observou-se dificuldade em estabelecer uma correlação conceitualmente consistente entre a descoberta mencionada e seus impactos sociais, bem como a persistência de confusões entre os conceitos de descoberta científica e invenção tecnológica. Tais resultados sugerem que, embora o subsunçor estivesse presente, sua estrutura ainda era frágil ou pouco diferenciada, o que poderia comprometer a ancoragem de novos conhecimentos sem uma mediação pedagógica adequada.

Com o objetivo de adensar a análise qualitativa da AV1 e tornar mais explícito o modo como os descritores foram mobilizados, são apresentados e discutidos a seguir três excertos das respostas dos estudantes à Questão 2, um de cada série do Ensino Médio participante da oficina. Essa escolha busca oferecer ao leitor uma visão transversal do grupo investigado, sem a pretensão de esgotar o conjunto das respostas, mas permitindo ilustrar diferentes modos de articulação entre descobertas científicas e transformações sociais. Os excertos selecionados

**Tabela 2.** Respostas da AV1 considerando os descritores

	Questão 01			Questão 02		
	SP	AS	SMD	SP	AS	SMD
Primeira Série	4	0	0	3	0	1
Segunda Série	3	0	0	3	0	0
Terceira Série	6	0	0	5	0	1
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>2</b>

devem ser lidos como produções situadas, que revelam potencialidades, ambiguidades e limites próprios do processo formativo.

“Com a descoberta do próton e do grande espaço vazio dentro do átomo mudou completamente a forma como o mundo da ciência entendia a atomística. Daí iniciou-se um estudo sobre o núcleo do átomo em si. A estruturação da tabela periódica atual (números atômicos ou  $Z$ ), a criação de energia nuclear e de armas nucleares (muito ruim última), além de outras diversas mudanças decorrentes dessa descoberta.” (Resposta da Questão 2 da AV1, estudante A1-1ª série)

“A penicilina foi utilizada no contexto da segunda guerra mundial, salvando milhares de vidas de soldados aliados e inaugurando a era dos antibióticos na medicina. Estes vêm sendo utilizados, até hoje, como arma vital no combate de doenças causadas por contaminação bacteriana.” (Resposta da Questão 2 da AV1, estudante C2-2ª série)

“Devido a descoberta e o aperfeiçoamento da pólvora, as táticas e as armas de guerra ganharam novas formas e poderio. Com isso, a pólvora permitiu a confecção de bombas, de armas, que serviam de impulsão de projéteis, e de muitas outras obras primas. Dessa forma, os chineses (descobridores da pólvora) quando tomaram conhecimento de como a usar, conseguiram conquistar novos territórios e se defenderem melhor do inimigo e, atualmente, ainda pode-se ver vestígios dessa influência passada.” (Resposta da Questão 2 da AV1, estudante B3-3ª série)

A resposta do estudante A1 (1ª série), ao relacionar a estrutura do átomo, a organização da tabela periódica e o desenvolvimento da energia nuclear, evidencia uma tentativa de articular conceitos científicos complexos a impactos sociais e tecnológicos amplos. Observa-se, contudo, que essa articulação se dá por meio de uma enumeração de consequências, com fraca explicitação das mediações históricas, conceituais ou sociotécnicas que conectam tais elementos. Essa resposta sugere a presença de subsunções gerais sobre atomística e energia nuclear, provavelmente adquiridos em diferentes contextos escolares e extraescolares, mas ainda pouco diferenciados e hierarquizados. Trata-se, portanto, menos de uma evidência de aprendizagem significativa consolidada e mais de um indício de conhecimentos disponíveis que carecem de reorganização conceitual e de problematização histórica para que possam sustentar relações mais consistentes entre ciência, tecnologia e sociedade.

Nas respostas dos estudantes C2 (2ª série) e B3 (3ª série) observa-se um avanço na explicitação do vínculo entre descobertas científicas e contextos históricos específicos, como a Segunda Guerra Mundial e o uso da pólvora na China. Em ambos os casos, a dimensão social aparece de forma mais contextualizada, associada a conflitos, estratégias de poder e transformações nas práticas humanas. Ainda assim, essas respostas permanecem marcadas por narrativas amplas e, em certa medida, lineares, nas quais a descoberta científica é apresentada como causa direta de mudanças sociais, sem a problematização de fatores econômicos, políticos ou culturais mais complexos. Essa característica, longe de desqualificar as produções, revela a dificuldade dos estudantes em superar explicações causalistas simplificadas quando são convidados a integrar conhecimentos científicos e históricos. Assim, os excertos analisados reforçam a importância de compreender a AV1 como diagnóstico inicial de um campo de tensões conceituais que orienta a mediação pedagógica nas etapas subsequentes da oficina.

Considera-se assim que a AV1 cumpriu papel diagnóstico ao revelar suas limitações e ambiguidades. Entendemos que isso reforça a importância das etapas subsequentes da oficina, especialmente a apresentação dos organizadores prévios e das atividades integradoras, como estratégias voltadas à estabilização, diferenciação e ressignificação dos subsunções identificados. A análise da AV1 constitui o ponto de partida empírico para a interpretação dos avanços observados nas avaliações posteriores, particularmente no que se refere à transição da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa.

3.3. Análise da Avaliação Virtual 2 (AV2): transição da aprendizagem mecânica para a significativa

A AV2 foi concebida com o objetivo de investigar possíveis deslocamentos no modo como os estudantes mobilizaram os conhecimentos trabalhados ao longo da oficina, especialmente no que se refere à transição da aprendizagem mecânica (AM) para a aprendizagem significativa (AS). Para isso, a AV2 retomou as Questões 1 e 2 da AV1 (Quadro 1), possibilitando a comparação direta entre as respostas iniciais e posteriores dos alunos, e introduziu duas questões inéditas (Quadro 5), elaboradas de modo a exigir maior articulação conceitual entre conhecimentos químicos, históricos e sociais.

A análise das respostas baseou-se em critérios adaptados de Cardoso *et al.*,<sup>38</sup> distinguindo situações em que os estudantes se limitaram à reprodução de termos e explicações presentes nos materiais didáticos disponibilizados (Quadros 2, 3 e 4), classificadas como aprendizagem mecânica, daquelas em que se observaram tentativas de estabelecer relações entre conhecimentos prévios, novos conceitos e, em alguns

casos, conteúdos de outras disciplinas, caracterizadas como aprendizagem significativa. Tal distinção foi tratada como um *continuum* interpretativo, reconhecendo que respostas podem apresentar diferentes graus de elaboração conceitual.

A Tabela 3 sintetiza o comportamento de aprendizagem identificado nas quatro questões da AV2, permitindo observar tendências gerais e variações entre séries e questões. Todavia, é importante explicitar que a classificação das respostas dos estudantes nas categorias de aprendizagem mecânica (AM) e aprendizagem significativa (AS) deve ser percebida como um recurso analítico empregado para identificar tendências discursivas e modos predominantes de mobilização conceitual em cada resposta, dentro de um contexto pedagógico específico e temporalmente situado. Entendemos que processos de aprendizagem raramente se manifestam de forma pura ou estável, sendo atravessados por ambiguidades, sobreposições e deslocamentos parciais entre formas mais reprodutivas e tentativas de integração conceitual. Assim, a tabela deve ser lida em articulação com as análises qualitativas apresentadas, como um instrumento de apoio à interpretação dos dados, e não como evidência conclusiva da ocorrência, ou ausência, de aprendizagem significativa.

A leitura da Tabela 3 revela uma tendência clara de aumento da frequência de respostas classificadas como aprendizagem significativa à medida que se avança da Questão 1 para a Questão 4, em todas as séries analisadas. Esse comportamento sugere que as atividades desenvolvidas nas Etapas 2 e 3 da Oficina Temática contribuíram para ampliar a capacidade dos estudantes de articular conceitos e atribuir sentido às relações entre ciência, tecnologia e sociedade, especialmente quando as questões passaram a exigir maior integração conceitual e contextualização histórica.

Observa-se também que os estudantes da terceira série apresentaram, de modo geral, maior incidência de respostas classificadas como aprendizagem significativa, sobretudo nas questões inéditas (Questões 03 e 04). Esse resultado pode estar relacionado ao maior tempo de escolarização e ao acúmulo de experiências prévias com conteúdos científicos, o que tende a favorecer a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos conceitos, conforme proposto por Ausubel. No entanto, os dados disponíveis não permitem estabelecer uma relação direta ou determinística entre escolaridade, idade e ocorrência de aprendizagem significativa.

As variações observadas nas respostas dos estudantes podem ser vistas como resultado das condições didáticas e das demandas cognitivas específicas colocadas pelas questões da AV2. Os dados sugerem que a mobilização de respostas classificadas como aprendizagem significativa esteve mais relacionada à qualidade dos organizadores prévios, ao encadeamento das atividades propostas e ao grau de articulação conceitual exigido em cada questão do que a características etárias ou escolares isoladas. Essa leitura está em consonância com abordagens consolidadas na literatura, segundo as quais a aprendizagem significativa não emerge automaticamente com o avanço da escolaridade, mas depende de situações de ensino que favoreçam a ativação, a reorganização e a ressignificação dos conhecimentos prévios dos estudantes.

Com o intuito de aprofundar a discussão qualitativa da AV2, optou-se por analisar novamente excertos das respostas dos estudantes A1 (1ª série), C2 (2ª série) e B3 (3ª série), mantendo os sujeitos previamente discutidos na análise da AV1. Essa decisão visa permitir ao leitor acompanhar, ainda que de forma localizada, possíveis deslocamentos nas formas de articulação conceitual desses estudantes entre o momento diagnóstico inicial e uma etapa posterior da oficina. Reconhece-se que a manutenção dos mesmos sujeitos não autoriza generalizações nem comparações conclusivas, trata-se de uma estratégia analítica para tornar visíveis continuidades, recorrências e limites nas narrativas produzidas. Importante destacar que o estudante B3 será retomado na análise da AV3, referente aos mapas conceituais, por ter produzido um material que permite discutir de modo mais detalhado a externalização gráfica das relações conceituais, favorecendo a articulação entre diferentes instrumentos avaliativos utilizados no estudo.

“Por meio da teoria da conservação de massas de lavoisier houve o desenvolvimento da termodinâmica e criação das leis ponderais. Juntos permitiram à sociedade industrializar-se por meio da criação de motores à combustão e outras invenções. Assim houve uma transição de uma sociedade manufatureira para industrial durante o século XIX.” (Resposta da Questão 4 da AV2, estudante A1-1ª série)

**Tabela 3.** Características de aprendizagem na AV2

	Questão 01		Questão 02		Questão 03		Questão 04	
	AM	AS	AM	AS	AM	AS	AM	AS
<b>Primeira Série</b>	4	0	3	1	1	3	0	4
<b>Segunda Série</b>	2	1	1	2	0	3	0	3
<b>Terceira Série</b>	3	3	2	4	1	5	0	6
<b>Total</b>	9	4	6	7	2	11	0	13

“A contribuição de Lavoisier na física e na química culminou no desenvolvimento de motores a combustão, o que acelerou o processo de revolução industrial a partir do desenvolvimento de máquinas a vapor que substituíram o maquinário mecânico e de tração animal. Esse período marcou uma mudança no modelo de produção e uma nova divisão social com 2 classes: burguesia e proletariado.” (Resposta da Questão 4 da AV2, estudante C2-2ª série)

“Através da teoria da conservação das massas de Lavoisier tornou-se possível o desenvolvimento de novas leis, que foram fundamentais para o desenvolvimento da física, como a termodinâmica, e das máquinas, como os motores à combustão e as máquinas à vapor. Desse modo, a sociedade anterior ao século XIX inicia o processo de industrialização passando da manufatura à indústria.” (Resposta da Questão 4 da AV2, estudante B3-3ª série)

As respostas dos três estudantes à Questão 4 da AV2 evidenciam uma ampliação do repertório conceitual mobilizado em relação à AV1, com maior aproximação ao eixo central da oficina, a articulação entre a Lei da Conservação das Massas, o desenvolvimento da Química moderna e a Revolução Industrial. Nos três excertos, observa-se a incorporação de termos como “leis ponderais”, “termodinâmica”, “motores à combustão” e “máquinas a vapor”, indicando contato efetivo com os organizadores prévios disponibilizados nas etapas anteriores. No entanto, do ponto de vista da aprendizagem significativa, essas respostas ainda se estruturam majoritariamente sob a forma de narrativas causais amplas, nas quais a contribuição de Lavoisier aparece como um ponto de origem quase linear para processos científicos, tecnológicos e sociais complexos. Tal característica aponta a tendência dos estudantes a construir explicações históricas simplificadas quando mobilizam novos conceitos em contextos interdisciplinares.

Ao mesmo tempo, quando comparadas às respostas da AV1, as produções da AV2 sugerem indícios de reorganização conceitual, especialmente na tentativa de articular conceitos químicos específicos a transformações nos modos de produção e na organização social. A resposta do estudante C2, por exemplo, introduz explicitamente a noção de classes sociais, ampliando o escopo da análise para além do domínio técnico-científico. Já as respostas de A1 e B3 revelam maior estabilidade na associação entre ciência e industrialização, embora ainda apresentem dificuldades em diferenciar processos científicos, tecnológicos e históricos em níveis distintos de mediação. Esses elementos não permitem afirmar decisivamente a consolidação de uma aprendizagem significativa, mas indicam movimento de

algo como uma “re-ancoragem” conceitual que parece ser favorecido pelas condições didáticas da oficina. Assim, a análise da AV2 reforça a compreensão de que a transição da aprendizagem mecânica para formas mais elaboradas de compreensão não ocorre de modo abrupto ou homogêneo, mas se manifesta em deslocamentos parciais, atravessados por simplificações narrativas e limites interpretativos que precisam ser considerados.

Entende-se que a AV2 oferece indícios consistentes de deslocamento em direção a formas mais elaboradas de aprendizagem, sem que isso implique afirmar a superação plena da aprendizagem mecânica. Os resultados indicam, antes, um processo em construção, no qual os estudantes passam a mobilizar os conteúdos de maneira progressivamente mais integrada, preparando o terreno para as análises realizadas a partir da Avaliação Virtual 3 e dos mapas conceituais.

#### 3.4. Análise da Avaliação Virtual 3 (AV3): mapas conceituais

A AV3 consistiu na construção de mapas conceituais pelos estudantes, entendidos neste estudo como instrumentos que favorecem a reorganização cognitiva por meio da mudança de linguagem, da linearidade textual para a representação relacional, exigindo hierarquização, diferenciação progressiva e explicitação de relações conceituais. Esses aspectos são amplamente reconhecidos na literatura como indicadores relevantes da ocorrência de aprendizagem significativa, na perspectiva ausubeliana.<sup>10,18</sup> Nesse sentido, a AV3 teve como objetivo analisar se os conhecimentos mobilizados nas Etapas 2 e 3 da Oficina Temática foram integrados de modo não arbitrário, evidenciando avanços na estrutura conceitual dos estudantes.

Com base nesses pressupostos, adotaram-se como referência os critérios clássicos propostos por Novak e Gowin<sup>12</sup> para a avaliação de mapas conceituais, os quais contemplam três dimensões analíticas: proposições, hierarquia e ligações cruzadas, conforme descrito no Quadro 8. Esses critérios permitem avaliar a qualidade das relações estabelecidas entre os conceitos e o grau de integração do conhecimento construído pelo aluno.

**Quadro 8.** Descritores propostos para a avaliação dos mapas conceituais<sup>12</sup>

Quesito	Descrição
Proposições	Estão relacionados com o significado entre dois conceitos unidos por uma linha ou seta.
Hierarquia	Avalia a ordenação dos conceitos. Uma ordenação feita de um conceito geral para um conceito específico, recebe uma maior pontuação.
Ligações cruzadas	Avalia a distribuição das linhas que ligam os conceitos. Esse quesito é capaz de avaliar se o mapa conceitual apresenta ou não uma poluição visual em sua apresentação.

Considerando a necessidade de operacionalizar esses critérios para fins avaliativos, foram incorporadas as contribuições de Lima *et al.*,<sup>39</sup> que propõem a qualificação dos mapas conceituais a partir dos mesmos quesitos. A partir desse referencial, estabeleceu-se neste trabalho um sistema de pontuação que permitisse sintetizar a análise qualitativa dos mapas conceituais produzidos pelos estudantes, conforme apresentado no Quadro 9.

**Quadro 9.** Critérios de pontuação e classificação de mapas conceituais. Adaptado de Lima *et al.*<sup>39</sup>

Quesito	Qualificação dos Mapas Analisados	Pontuação*
Proposições	Bastante satisfatório	5 pontos
	Pouco satisfatório	3 pontos
	Não satisfatório	1 ponto
Hierarquia	Bastante satisfatório	5 pontos
	Pouco satisfatório	3 pontos
	Não satisfatório	1 ponto
Ligações cruzadas	Bastante satisfatório	5 pontos
	Pouco satisfatório	3 pontos
	Não satisfatório	1 ponto

Com base nesses critérios, os mapas conceituais elaborados pelos estudantes participantes da Oficina Temática foram analisados à luz dos três quesitos descritos, e as pontuações atribuídas a cada dimensão encontram-se sintetizadas na Tabela 4. A análise do conjunto dos mapas indica que a maioria dos estudantes apresentou desempenho classificado como satisfatório ou bastante satisfatório, o que sugere não apenas domínio pontual de conceitos, mas a capacidade de organizar o conhecimento químico de forma hierárquica e relacional. Esse resultado aponta para a construção de proposições semanticamente consistentes e para a articulação progressiva entre conceitos fundamentais da Química e seus

desdobramentos históricos e tecnológicos, aspecto central para a aprendizagem significativa na Educação Química.

No que se refere às ligações cruzadas, observou-se que apenas um estudante apresentou desempenho classificado como não satisfatório, caracterizado pela predominância de conexões extensas e pouco informativas, o que comprometeu a explicitação das relações conceituais estabelecidas. Tal dificuldade pode ser interpretada como indício de um processo de integração conceitual ainda em consolidação, especialmente no que diz respeito à articulação entre diferentes domínios do conhecimento químico e suas interfaces interdisciplinares. Quanto ao quesito hierarquia, um caso específico revelou limitações na articulação entre conceitos químicos centrais, resultando em uma organização conceitual fragmentada e pouco diferenciada, o que sugere dificuldades na distinção entre níveis de generalidade conceitual. Já no quesito proposições, um dos mapas analisados apresentou relações semanticamente frágeis e conceitos pouco conectados, indicando uma integração conceitual incipiente e uma apropriação ainda parcial do vocabulário científico.

Esses casos, entretanto, configuram exceções no conjunto analisado e não comprometem a tendência geral observada. Ao contrário, contribuem para evidenciar a potência dos mapas conceituais como instrumentos avaliativos e formativos no ensino de Química, na medida em que permitem tornar visíveis tanto os avanços quanto as fragilidades do processo de construção conceitual dos estudantes. Em especial, em contextos de ensino remoto, tais instrumentos mostraram-se sensíveis para captar nuances do pensamento discente que dificilmente seriam identificadas por avaliações tradicionais, reforçando seu papel na mediação pedagógica e na promoção de aprendizagens conceitualmente significativas.

A Tabela 4 sintetiza os resultados da AV3, evidenciando a distribuição das pontuações atribuídas aos mapas conceituais

**Tabela 4.** Resultado da avaliação dos Mapas Conceituais, AV3

Turma	Aluno	Proposições	Hierarquia	Ligações Cruzadas
Primeira Série	A1	3	3	1
	B1	3	1	3
	C1	5	5	3
	D1	5	5	3
Segunda Série	A2	5	5	5
	B2	5	5	5
	C2	3	5	3
Terceira Série	A3	3	3	3
	B3	5	5	3
	C3	5	5	5
	D3	5	5	3
	E3	1	3	3
	F3	3	3	3



estequiometria ao desenvolvimento industrial. Essas conexões indicam que o estudante não apenas hierarquizou conceitos, mas foi capaz de integrá-los em um mesmo campo explicativo, característica reconhecida na literatura como um forte indício de aprendizagem significativa.

Além disso, o uso de cores e de elementos visuais associados aos conceitos, como ícones representando indústrias, sugere uma apropriação ativa do conteúdo por parte do aluno. Longe de se constituírem como elementos decorativos, tais recursos visuais funcionam como suportes cognitivos que auxiliam na organização do pensamento e na estabilização das relações conceituais, aspecto particularmente relevante em contextos de ensino remoto.

Em síntese, a análise dos mapas conceituais produzidos na AV3 evidenciou que esse instrumento se mostrou particularmente adequado para acompanhar e interpretar o processo de construção conceitual dos estudantes no contexto da oficina. Ao permitir a visualização da hierarquização dos conceitos, da qualidade das proposições e das ligações cruzadas estabelecidas, os mapas conceituais possibilitaram identificar não apenas os avanços associados à aprendizagem significativa, mas também fragilidades e tensões próprias do processo de apropriação do conhecimento químico. Em especial no ambiente remoto em que a oficina foi realizada, a AV3 revelou-se um recurso avaliativo sensível e formativo, capaz de tornar visíveis aspectos do pensamento discente que não emergiriam por meio de instrumentos avaliativos tradicionais. Assim, os resultados obtidos reforçam o papel dos mapas conceituais como mediadores pedagógicos relevantes no ensino de Química, sobretudo em propostas que buscam articular conteúdos científicos, contextos históricos e implicações tecnológicas de forma integrada e significativa.

### 3.5. Aprendizagem significativa e mediação pedagógica no ambiente remoto da oficina

À luz dos resultados apresentados nas análises das Avaliações Virtuais AV1, AV2 e AV3, esta seção propõe uma leitura interpretativa do papel da mediação pedagógica na promoção da aprendizagem significativa no ambiente remoto da Oficina Temática “A Química Mudando a Sociedade”. Diferentemente das seções anteriores, voltadas à apresentação e discussão direta dos dados empíricos, o foco aqui é integrar esses resultados em um quadro analítico mais amplo, buscando compreender como o desenho didático, os instrumentos avaliativos e as tecnologias digitais mobilizadas contribuíram para a construção e reorganização dos conceitos químicos e históricos trabalhados ao longo da oficina.

A realização integral da oficina em formato remoto, decorrente das condições impostas pela pandemia de COVID-19, é compreendida neste estudo como aspecto pedagógico que atravessa e tensiona o processo de ensino-

aprendizagem. Os dados analisados sugerem que, em ambientes virtuais, a mediação pedagógica assume contornos específicos, deslocando o protagonismo da interação presencial imediata para o planejamento intencional das atividades, a organização sequencial dos conteúdos e a escolha de estratégias avaliativas coerentes com os objetivos formativos. Assim, a aprendizagem significativa observada não pode ser atribuída à simples utilização de tecnologias digitais, mas à forma como essas tecnologias foram integradas a uma proposta pedagógica articulada e teoricamente fundamentada.

Os resultados da AV1 evidenciam a relevância da mediação inicial ao permitir o levantamento dos subsunçores relacionados às noções de descoberta científica e de transformação social. Em contexto remoto, a possibilidade de consulta a fontes externas, frequentemente apontada como fragilidade da Educação a Distância, mostrou-se um aspecto ambivalente. Se, por um lado, pode interferir na espontaneidade das respostas, por outro revela práticas de busca e seleção de informações que fazem parte da cultura digital dos estudantes. Nesse sentido, a mediação pedagógica adotada na oficina não se orientou pela tentativa de eliminar tais práticas, mas por sua problematização e incorporação crítica ao processo formativo, reconhecendo-as como parte constitutiva do cenário cognitivo contemporâneo.

A progressão observada entre a AV1 e a AV2, bem como os resultados associados à construção dos mapas conceituais na AV3, reforçam o papel central da mediação pedagógica na transição da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa. A utilização de organizadores prévios disciplinares, seguida pela introdução de materiais integradores e de tarefas que exigiam articulação entre conceitos de Química, História e tecnologia, favoreceu a construção de relações explicativas mais consistentes. Nesse processo, os mapas conceituais destacaram-se como instrumentos avaliativos e formativos relevantes, ao exigirem hierarquização conceitual, estabelecimento de proposições e explicitação de relações, permitindo ao professor acompanhar o percurso de aprendizagem dos estudantes em um contexto no qual a observação direta das interações presenciais não era possível.

Por fim, a análise integrada dos resultados indica que a mediação pedagógica desempenhou papel decisivo na sustentação de processos de aprendizagem significativa no ambiente remoto da oficina, ainda que se trate de uma experiência situada, com número reduzido de participantes e inserida em um contexto institucional específico. Mais do que atestar a eficácia de uma proposta didática particular, os resultados discutidos nesta seção apontam para implicações relevantes para o ensino de Química, especialmente no que se refere ao planejamento de práticas pedagógicas mediadas por tecnologias digitais. Em consonância com a

tradição da Educação Química brasileira, os dados sugerem que a intencionalidade didática, a avaliação formativa e o uso de instrumentos de representação conceitual são elementos fundamentais para que o ensino remoto possa favorecer aprendizagens conceitualmente significativas, contextualizadas e socialmente referenciadas.

#### 4. Conclusão

Este estudo analisou a implementação da Oficina Temática “A Química Mudando a Sociedade” como uma proposta formativa situada, desenvolvida integralmente em ambiente remoto, e fundamentada nos pressupostos da Teoria da aprendizagem significativa. Ao considerar o ensino remoto não apenas como circunstância contingencial, mas como condição pedagógica que atravessa o processo de ensino-aprendizagem, buscou-se compreender de que modo diferentes estratégias de mediação e avaliação contribuíram para a mobilização e reorganização dos conhecimentos dos estudantes no ensino de Química.

A análise articulada das Avaliações Virtuais AV1, AV2 e AV3 permitiu identificar indícios de deslocamentos no modo como os alunos passaram a relacionar conceitos químicos e históricos ao longo da oficina, especialmente no que se refere à articulação entre as leis ponderais associadas a Lavoisier e os processos históricos da Revolução Industrial. Esses deslocamentos são interpretados como movimentos progressivos de integração conceitual, favorecidos pelo encadeamento das atividades propostas e pela intencionalidade pedagógica que orientou o desenho da oficina.

A AV1 cumpriu sua função diagnóstica ao revelar a presença de subsunçores iniciais relacionados às noções de descoberta científica e transformação social, ainda que, em alguns casos, esses conhecimentos prévios se apresentassem de forma pouco diferenciada ou conceitualmente instável. A comparação entre as respostas da AV1 e da AV2 evidenciou mudanças no modo como esses subsunçores passaram a ser mobilizados, sobretudo quando as questões exigiam maior articulação conceitual e interdisciplinar. Em contexto remoto, esse resultado sugere que a mediação pedagógica se materializou na organização sequencial das tarefas, na escolha dos organizadores prévios e na formulação de questões que demandavam explicitação de relações entre conceitos.

A análise da AV3, por meio dos mapas conceituais, acrescentou uma dimensão qualitativa central para a compreensão dos resultados. Em um ambiente de ensino remoto, no qual a observação direta das interações em sala de aula é limitada, os mapas conceituais funcionaram como interfaces privilegiadas de mediação pedagógica, permitindo externalizar a organização hierárquica do conhecimento, a qualidade das proposições e, em alguns casos, a presença de ligações cruzadas entre diferentes domínios conceituais.

Esses instrumentos tornaram visíveis tanto avanços quanto fragilidades no processo de construção conceitual, reforçando seu potencial avaliativo e formativo no ensino de Química em ambientes virtuais.

É importante ressaltar que os resultados aqui discutidos devem ser compreendidos à luz das limitações do estudo. O número reduzido de participantes, o caráter voluntário da adesão e o contexto institucional específico impõem cautela quanto a generalizações. Além disso, práticas recorrentes em ambientes digitais, como a consulta não mediada a fontes externas, tensionam a leitura de instrumentos diagnósticos e deslocam o foco da análise da correção formal das respostas para a qualidade das relações conceituais estabelecidas. Consideramos que essas limitações, longe de invalidarem o estudo, reforçam a necessidade de abordagens avaliativas que levem em conta as especificidades pedagógicas do ensino remoto.

Dessa forma, este trabalho não pretende afirmar a eficácia universal da proposta estudada, mas contribuir para a discussão sobre condições de mediação pedagógica no ensino de Química em ambientes remotos. Os resultados sugerem que propostas que articulam história da ciência, conteúdos químicos e instrumentos avaliativos baseados na organização relacional do conhecimento podem favorecer processos de ressignificação conceitual, desde que sustentadas por um desenho didático coerente e intencional. Espera-se que esta análise possa subsidiar investigações futuras, com recortes empíricos mais amplos e diferentes configurações de ensino, aprofundando a compreensão sobre o papel da mediação pedagógica e da EaD na promoção de aprendizagens conceitualmente mais elaboradas em Química.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), e à Direção e coordenadores do Colégio Militar do Rio de Janeiro, em especial às professoras, Major Denise de Oliveira Rosa, Capitão Cinthia Pereira e a Capitão Nathalia da Motta Lopes de Oliveira. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

#### Referências Bibliográficas

1. Cardoso, S. P.; Colinvaux, D.; Explorando a motivação para estudar Química. *Química Nova* **2000**, *23*, 401. [[Crossref](#)]
2. Silva, A. M.; Proposta para tornar o Ensino de Química mais atraente. *Revista de Química Industrial* **2011**, *7*. [[Link](#)]
3. Chassot, A.; *Para que(m) é útil o ensino?*, 2a. ed., Ulbra: Canoas, 2004.

4. Miller, J. D.; Scientific literacy: a conceptual and empirical review. *Daedalus* **1983**, *112*, 29. [Link]
5. Matthews, M. R.; *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*, 1a. ed., Routledge: New York, 1994.
6. Trassi, R. C. M.; Castellani, A. M.; Gonçalves, J. E.; Toledo, E. A.; Tabela periódica interativa: um estímulo à compreensão. *Acta Scientiarum* **2001**, *23*, 1335. [Crossref]
7. Ministério da Educação. Base nacional comum curricular. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>. Acesso em: 19 outubro 2025.
8. Panucci, F. L.; Santos, C. A.; Almeida, L. B.; Vantagens e desvantagens sobre a aprendizagem percebidas pelos alunos de graduação do ensino presencial mediado com o powerpoint: um estudo exploratório. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación* **2011**, *9*, 94. [Link]
9. Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; Hanesian, H.; Psicologia Educacional, Tradução Eva Nick, 1a. ed., Interamericana: Rio de Janeiro, 1980.
10. Moreira, M. A.; Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares, 1a. ed., Livraria da Física: São Paulo, 2011.
11. Driver, R.; Oldham, V.; A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education* **2008**, *13*, 105. [Crossref]
12. Novak, J. D.; Gowing, D. B.; Aprender a Aprender, 1a. ed., Plátano Edições Técnicas: Lisboa, 1996.
13. Souza, N. A.; Boruchovitch, E.; Mapas Conceituais: Estratégia de Ensino/Aprendizagem e Ferramenta Avaliativa. *Educação em Revista* **2010**, *26*, 195 [Crossref]
14. Greenberg, A.; Uma Breve História da Química, 1a. ed., Edgard Blucher: São Paulo, 2009.
15. Smith, A.; A Riqueza das nações investigação sobre a natureza e suas causas, 1a. ed., v. 1, Nova Cultural: São Paulo, 1988.
16. Hobsbawm, E. J.; Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo, 6a. ed., Forense: Rio de Janeiro, 2014.
17. Almeida, E. B.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021. [Link]
18. Almeida, E. B.; Ribeiro, S. P. S., Neto, W. N. A.; A Química Mudando a Sociedade: uma oficina temática interdisciplinar para o ensino de química, 1a. ed., EditSBQ: São Paulo, 2022. [Link]
19. Iglesias-Pradas, S.; Hernández-García, A.; Chaparro-Peláez, J.; Prieto, J. L.; Emergency remote teaching and students' academic performance in higher education during the COVID-19 pandemic: A case study. *Computers in Human Behavior* **2021**, *119*, 106713. [Crossref]
20. Izci, E.; Akkoc, E. A.; The impact of concept maps on academic achievement: a meta-analysis. *Heliyon* **2024**, *10*, 1. [Crossref]
21. He, X.; Fang, J.; Cheng, H. N. H.; Men, Q.; Li, Y.; Investigating online learners' knowledge structure patterns by concept maps: A clustering analysis approach. *Education and Information Technologies* **2023**, *28*, 11401. [Crossref]
22. Jaques, R.; Poniwass, M.; Padilha, D.; Aprendizagem Significativa-O Segredo de Bethovem. Disponível em: <<https://youtu.be/PG0au28tSWU?si=nHY6kKMU6NQOeVIS>>. Acesso em: 29 outubro 2025.
23. Lucena, A.; Aprendizagem Significativa. Disponível em: <<https://youtu.be/RaT8vbXduFA>>. Acesso em: 29 outubro 2025.
24. Almeida, E. B.; TQ1 - Lei da Conservação das Massas (Resumo Teórico). Disponível em: <<https://youtu.be/spgrKdctcrog>>. Acesso em: 29 outubro 2025.
25. Almeida, E. B.; TQ2 - Principais Consequências da Lei de Lavoisier (Resumo Teórico). Disponível em: <<https://youtu.be/x2y5o5PpFHU>>. Acesso em: 29 outubro 2025.
26. Cavalcanti, Z. V.; Silva, M. L. S.; Resumos do VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica, Maringá, Brasil, 2017. [Link]
27. Almeida, E. B.; VQ1 – Lei de Lavoisier. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=ZppUTlq\\_-pc](https://www.youtube.com/watch?v=ZppUTlq_-pc)>. Acesso em: 29 outubro 2025.
28. Almeida, E. B.; VQ2 - Consequências Científicas da Lei de Lavoisier. Disponível em: <<https://youtu.be/lmZpFInbsCc>>. Acesso em: 29 outubro 2025.
29. Historiar-te; Revolução Industrial - Resumo Desenhado. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=qpxaj1XEPko>>. Acesso em: 29 outubro 2025.
30. Moreira, L.; Industrialização na Inglaterra. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=BbzV7XFFmM4>>. Acesso em: 29 outubro 2025.
31. O Mundo da Ciência.; Biografia 12 – Antoine Lavoisier. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gNw4LYBvFdI>>. Acesso em: 29 outubro 2025.
32. Grupo de Químicos Jovens; Demonstração Experimental da Lei de Lavoisier. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZBwzTYS8mSc>>. Acesso em: 29 outubro 2025.
33. Almeida, E. B.; Etapa 3 – Oficina Temática (Reunião). Disponível em: <<https://youtu.be/rEeYwTp9Hx0>>. Acesso em 29 outubro 2025.
34. Entender; A Grande Revolução Industrial – Geografia. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=zoT8J-gZJa0>>. Acesso em: 29 outubro 2025 .
35. Almeida, E. B.; MI2 - Mapa Conceitual. Disponível em: <<https://youtu.be/MQjsa51o2yk>>. Acesso em: 29 outubro 2025.
36. Almeida, E. B.; VE1 (Construindo um Mapa Conceitual). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=WpGpIIMCo>>. Acesso em: 29 outubro 2025.
37. Almeida, E. B.; VE2 - Editando um vídeo. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=PzU-ApIVPC4>>. Acesso em 29 outubro 2025.
38. Cardoso, S. O. O.; Dickman, A. G.; Simulação Computacional Aliada à Teoria da Aprendizagem Significativa: Uma Ferramenta para Ensino e Aprendizagem do Efeito Fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **2012**, *29*, 891. [Crossref]
39. Lima, J. A.; Sampaio, C. G.; Barroso, M. C. S.; Vasconcelos, A. K. P.; Saraiva, F. A.; Avaliação da aprendizagem em Química com uso de mapas conceituais. *Revista Thema* **2017**, *14*, 37. [Crossref]